



OsloMet – storbyuniversitetet

GRUPPE NR.
19

TILGJENGELIGHET
Åpen

Institutt for Bygg- og energiteknikk – Energi og miljø i bygg

Postadresse: Postboks 4 St. Olavs plass, 0130 Oslo

Besøksadresse: Pilestredet 35, Oslo

Telefon: 67 23 50 00

www.oslomet.no

MASTEROPPGAVE

MASTEROPPGAVENS TITTEL Økt energieffektivisering og klimagassutslipp i bygg. Hvordan harmoniserer dette med hverandre?	DATO 23.05.2018
	ANTALL SIDER / ANTALL VEDLEGG 149 / 41
FORFATTERE Adam Sjøstad	VEILEDER Dimitrios Kraniotis

UTFØRT I SAMMARBEID MED	KONTAKTPERSON
-------------------------	---------------

<p>SAMMENDRAG</p> <p>Denne masteroppgaven har i hensikt å evaluere to ting:</p> <ol style="list-style-type: none">1) Vil klimagassutslipp for et småhus øke eller minke gjennom sitt livsløp ved å utføre dette bygget etter forskjellige ambisjonsnivåer for energieffektivisering?2) Hvor stor vil betydningen for klimagassutslipp være for et småhus gjennom sitt livsløp, ved å dokumentere energibruken etter henholdsvis energitiltaks - og energirammemetoden for evaluering etter TEK17? <p>For å finne svar på dette så har LCA metodikk blitt anvendt til denne oppgaven. Det er utarbeidet 6 ulike tilfeller i TEK17 nivået, 9 tilfeller i Passivhusnivået og 5 tilfeller i Plussushusnivået. For å kunne sammenligne disse tilfellene så har det iht. NS-EN 15978 blitt definert en funksjonell enhet som gjør at disse ulike tilfellene blir funksjonelt ekvivalente og kan videre sammenlignes. Den funksjonelle enheten er basert på krav til termisk komfort og energibehov. Det er presentert forslag til dimensjonering av bygningskomponenter, energiforsyning og energiproduksjon for hvert vurdert tilfelle. Ut ifra hvert forslag så har det blitt utarbeidet en Autodesk Revit modell. Disse modellene har videre blitt brukt i samsvar med LCA verktøyet One Click LCA © som har kvantifisert bygningsmasse ifra Autodesk Revit modell. I One Click LCA © så har all kvantifisert bygningsmasse fått tildelt en EDP. Dette har generert i resultater for klimagassutslipp gjennom byggets livsløp for samtlige tilfeller. Ved endt tolkning av resultatene så konkluderes det med at klimagassutslipp gjennom byggets livsløp vil minke ved økende ambisjonsnivå for energieffektivisering hvis man vurderer dette etter samme tilfelle gjennom alle ambisjonsnivåer samtidig som at forutsatt energieffektiviseringsnivå for tilfeller som produserer energi er tilsvarende det foregående ambisjonsnivået og at betydningen for klimagassutslipp ved å dokumentere energibruken for ett småhus etter energitiltaks - eller energirammemetoden iht. TEK17 ansees ut ifra resultatene i dette studiet å ha liten betydning relativt sett for omgivelsene.</p>
--

3 STIKKORD
Energieffektivisering
LCA
Klimagassutslipp

Prosjektbeskrivelse

Hensikten bak denne masteroppgaven er å vurdere hva konsekvensene for klimagassutslipp er gjennom hele byggets livsløp, ved å opprette byggverk etter ulike ambisjonsnivåer for energieffektivisering.

Teamet for denne masteroppgaven er LCA, klimagassutslipp og energieffektivisering.

Oppgaven er bygd opp på følgende måte:

- Innledning
- Teori
- Metode
- Resultater og diskusjon
- Konklusjon

Forord

Innledningsvis vil det rettes en stor takk til mine medstudenter i «vi snakkes i morgen» klubben som har sittet i samme datarom, HVER dag og utarbeidet sine individuelle masteroppgaver samtidig som meg. Dere har vært uvurderlige og jeg har virkelig satt pris på deres innspill, latter og mulighet til å ventilere mine personlige utfordringer med dere. Det har vært ett hektisk semester og deres innflytelse har vært personlig motiverende, så nok en gang stor takk til «vi snakkes i morgen» klubben som har bestått av Andrei, Elina, Kristian, Marie, Martin, Mathias og Paulos.

Takk til Ann Karina Lassen for lån av den «lille rød» LCA boka og for den tiden du har avsett for å diskutere spørsmål vedrørende min masteroppgave og til Katharina Bramslev ifra Grønn Byggallianse for at du tok deg tid til en samtale sammen med veileder og meg der vi fikk mye gode innspill og ideer til utforming av oppgaven.

Gjennom dette semesteret så har noe av tiden gått med på å være student assistent i faget ventilasjonsteknikk. Dette har vært en fin måte å koble av på og det rettes stor takknemlighet mot faglærer Mads Mysen og masterstudentene i 2017 kullet for energi og miljø i bygg for deres inspirasjon og motivasjon gjennom arbeidet med masteroppgaven.

En stor hyllest går ut til min familie og mine venner som har vært tålmodige og forståelsesfull gjennom denne perioden. Nok en stor hyllest går ut til gutta i «fredagsjammen» som har tatt sted hver fredag på øveriet. Det har vært som meditasjon å få mulighet til skru på ampen og spille hodet fri for tanker ved jevne mellomrom.

Sist men ikke minst så skal det rettes storslagent og vel fortjent takk til veileder Dimitrios Kraniotis AKA Mr «Virkelig» AKA Mr «Ett øyeblikk». Din kompetanse og erfaring har vært enestående og kan ikke sammenlignes. Du har motivert, engasjert og inspirert til å være seg selv og tørre å skille seg ut og være ett individ. Dette settes det stor pris på. Vi har gjennom denne ferden hatt mange fruktbare diskusjoner fylt med latter og noe forvirring. I løpet av den tiden du har disponert til veiledning så har vi blitt godt kjent med hverandre og jeg betrakter deg nærmere som en venn enn en veileder.

Oslo, mai 2018



Adam Sjøstad

Sammendrag

Staten Norge vil redusere utslipp av klimagasser ifra bygg samtidig som at krav til energieffektiviseringsnivå i bygg blir høyere og mer ambisiøse. Hva er da konsekvensene for klimagassutslipp gjennom byggets livsløp ved å utføre det samme bygget etter ulike ambisjonsnivåer for energieffektivisering?

Dette spørsmålet danner hovedhensikten for denne masteroppgaven der det har blitt utarbeidet to del problemstillinger, en primær og en sekundær. Den primærproblemstillingen tar sikte på å evaluere om klimagassutslipp vil øke eller minke ved å utføre ett småhus etter ulike ambisjonsnivåer for energieffektivisering. Den sekundære problemstilling ble utarbeidet etter at arbeidet med denne oppgaven hadde påbegynt der denne skal ta sikte på å evaluere hvor stor betydningen vil klimagassutslippet for ett småhus gjennom dens livsløp være ved å dokumentere energibehovet etter energiramme - og energiltaksmetoden iht. TEK17.

For å finne svar på dette så har LCA metodikk blitt anvendt til denne oppgaven. Det er valgt å vurdere konsekvenser av klimagassutslipp for tre ambisjonsnivåer av energieffektivisering, der disse er TEK17, Passivhus og Plusshus. Det er utarbeidet 6 ulike tilfeller i TEK17 nivået, 9 tilfeller i Passivhusnivået og 5 tilfeller i Plusshusnivået. Disse ulike tilfellene er utarbeidet i hovedsak med hensyn på konstruksjonsmateriale og energiforsyning. For å kunne sammenligne disse tilfellene så har det iht. NS-EN 15978 blitt definert en funksjonell enhet som gjør at disse ulike tilfellene blir funksjonelt ekvivalente og kan videre sammenlignes. Den funksjonelle enheten er basert på krav til termisk komfort og energibehov.

Den funksjonelle enheten har blitt verifisert ved å dokumentere energibruk og behov etter simuleringverktøyet SIMIEN mens krav til termisk komfort er dokumentert i WUFI ® Plus. Det er presentert forslag til dimensjonering av bygningskomponenter, energiforsyning og energiproduksjon for hvert vurdert tilfelle. Ut ifra hvert forslag så har det blitt utarbeidet en Autodesk Revit modell. Disse modellene har videre blitt brukt i samsvar med LCA verktøyet One Click LCA © som har kvantifisert bygningsmasse ifra Autodesk Revit modell. I One Click LCA © så har all kvantifisert bygningsmasse fått tildelt en EDP. Dette har generert i resultater for klimagassutslipp gjennom byggets livsløp for samtlige tilfeller.

Ved endt tolkning av resultatene så konkluderes det med at klimagassutslipp gjennom byggets livsløp vil minke ved økende ambisjonsnivå for energieffektivisering hvis man vurderer dette etter samme tilfelle gjennom alle ambisjonsnivåer samtidig som at forutsatt energieffektiviseringsnivå for tilfeller som produserer energi er tilsvarende det foregående ambisjonsnivået og at betydningen for klimagassutslipp ved å dokumentere energibruken for ett småhus etter energiltaks - eller energirammemetoden iht. TEK17 ansees ut ifra resultatene i dette studiet å ha liten betydning relativt sett for omgivelsene.

Abstract

The state of Norway wants to reduce the emissions of greenhouse gases from buildings simultaneously as the requirements for energy efficiency in buildings are getting higher and more ambitious. What are the consequences for greenhouse gas emissions during a buildings life cycle if one erects this same building after different levels of ambitions for energy efficiency?

This question establishes the main purpose for this master thesis where there has been developed two research questions, one primary and one secondary. The primary research question aims to evaluate if the greenhouse gas emissions will increase or decrease by erecting a single house dwelling after different levels of ambition for energy efficiency. The secondary research question was compiled during the work of this master thesis where the aim for the secondary research question was to evaluate the impact of greenhouse gas emissions for a single house dwelling during its life cycle by documenting the energy demand after the energy frame - and energy measure method in compliance with the Norwegian building regulation TEK17.

To try and seek the answers to these questions the LCA methodology was applied for this master thesis. It was chosen to consider the consequence of greenhouse gas emissions for three different levels of ambition for energy efficiency, where these were TEK17, Passivhouse and Plushouse. Six different cases were developed in the TEK17 level, nine cases in Passivhouse level and five cases in the Plushouse level. The different cases were developed by mainly considering different construction materials and energy supply systems. To be able to compare these different cases there was in accordance with NS-EN 15978 defined a functional unit that made the different cases functionally equivalent and therefore made it possible to compare these cases throughout the thesis. The functional unit is based on requirements for thermal comfort and energy demand.

The functional unit has for this thesis been verified by documenting the energy use and demand using the simulation tool SIMIEN while the requirements for thermal comfort were documented with WUFI® Plus. Suggestions regarding the sizing of building components, energy supply systems and energy production systems are presented in each considered case. After each suggestion a model has been made in Autodesk Revit. These models are then further used in compliance with the LCA tool One Click LCA © where the building mass for each model has been quantified in accordance with the Autodesk Revit model. In One Click LCA © the quantified building masses were assigned a specific EPD. This process generated the results for greenhouse gas emissions during the buildings life cycle for all considered cases.

After interpretation of the results it was concluded that the greenhouse gas emissions throughout the buildings life cycle will decrease with increased level of ambition for energy

efficiency if one considers this after the same case throughout all the different levels of energy efficiency simultaneously that the assumed level of energy efficiency for the cases with energy production are the same as the previous level. The impact of greenhouse gas emissions by documenting the energy demand of a single house dwelling after the energy frame - or energy measure method in accordance with TEK17 is considered to have no relative contribution to the environment.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag.....	ii
Abstract	iii
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 Hensikt.....	2
1.3 Problemstilling.....	2
1.4 Publikum som kan ha nytte av dette studiet.....	3
2 Teori.....	4
2.1 LCA – (Life Cycle Assessment)	4
2.1.1 Generelt	4
2.1.2 For byggverk.....	12
2.2 EPD – (Environmental Product Declaration)	18
2.2.1 Generelt	18
2.2.2 Utarbeidelse av EPD	20
2.2.3 Innhold i en EPD.....	26
2.3 Ambisjonsnivåer for energieffektivisering i Norge.....	32
2.3.1 TEK17	32
2.3.2 Passivhus og lavenergi.....	35
2.3.3 Plusshus.....	40
3 Metode.....	43
3.1 Kollektive valg som gjelder alle ambisjonsnivåer	43
3.1.1 Bygningskategori	43
3.1.2 Levetid og referanseanalyseperiode.....	43
3.1.3 Utforming og geometri	43
3.1.4 Ytre miljø og belastninger.....	46
3.1.5 Indre miljø og belastninger	47
3.1.6 Luftmengder	48
3.1.7 Vannforbruk.....	50

3.1.8	Systemgrense.....	51
3.1.9	Produkter/Materialer/Database.....	51
3.2	Funksjonell enhet.....	52
3.2.1	Kriterie A – Termisk komfort.....	52
3.2.2	Kriterie B – Bygningsrelatert energikrav.....	52
3.2.3	Filosofi og definisjon av den funksjonelle enheten.....	53
3.3	Verifikasjon av gyldigheten for den funksjonelle enheten.....	54
3.4	Arbeidsprosess for oppgaven.....	55
3.5	Ambisjonsnivå 1 - TEK17.....	57
3.5.1	Beskrivelse av referanse bygg og tilfeller.....	57
3.5.2	Hva som skal inkluderes i LCA vurderingen.....	58
3.5.3	Utdypning av kriterie B.....	59
3.5.4	Verifikasjon av den funksjonelle enheten.....	60
3.5.5	LCI.....	72
3.6	Ambisjonsnivå 2 – Passivhus.....	85
3.6.1	Beskrivelse av tilfeller.....	85
3.6.2	Hva som skal inkluderes i LCA vurderingen.....	86
3.6.3	Utdypning av kriterie B.....	86
3.6.4	Verifikasjon av den funksjonelle enheten.....	87
3.6.5	LCI.....	100
3.7	Ambisjonsnivå 3 – Plusshus.....	102
3.7.1	Beskrivelse av tilfeller.....	102
3.7.2	Hva som skal inkluderes i LCA vurderingen.....	104
3.7.3	Utdypning av kriterie B.....	104
3.7.4	Verifikasjon av den funksjonelle enheten.....	105
3.7.5	LCI.....	117
4	Resultater og diskusjon.....	119
4.1	Ambisjonsnivå 1 – TEK17.....	119
4.2	Ambisjonsnivå 2 –Passivhus.....	128

4.3	Ambisjonsnivå 3 – Plusshus	133
4.4	Sammenligninger på tvers av ambisjonsnivåer.....	138
5	Konklusjon	144
5.1	Svar på problemstilling	144
5.2	Forslag til videre arbeid	145
5.3	Mangler ved dette studiet	146
6	Referanser	147
7	Vedlegg	150

Figurliste

Figur 1 - Illustrasjon av hensikten for oppgaven	2
Figur 2 - Grafisk representasjon på hvilke ambisjonsnivåer som hver problemstilling skal omfatte	3
Figur 3 - Faser i en LCA – kilde: (ISO 14040:2006)	4
Figur 4 - Eksempel på en funksjonell enhet vs en deklartert enhet	5
Figur 5 - Illustrasjon av en generell enhetsprosess – kilde: (Simonen, 2014).....	6
Figur 6 – Elementer som inngår i LCIA fasen – kilde: (ISO 14040:2006)	8
Figur 7 - Illustrasjon som viser sammenheng mellom LCI og LCIA samt hva som inngår ved LCIA fasen av vurderingen.	9
Figur 8 – Eksempel på hva som ligger til grunn når man skal beregne en ekvivalent utslipps enhet for karbondioksid CO ₂ - kilde: (Simonen, 2014)	10
Figur 9 - Elementer som inngår i tolkningsfase av en LCA – kilde: (ISO 14044:2006)	11
Figur 10 - Flytdiagram for LCA av byggverk – kilde: (NS-EN 15978:2011).....	12
Figur 11 - Faser og moduler som et byggverk gjennomgår i løpet av sin levetid	14
Figur 12 - Moduler som inngår i en "vugge til port" vurdering	14
Figur 13- Moduler som inngår i en "vugge til grav" vurdering.....	15
Figur 14- Moduler som inngår i en "vugge til vugge" vurdering.....	15
Figur 15 - Eksempel på en informasjonsmodul ifra en EPD	20
Figur 16 - Flytskjema for utarbeidelse av EPD i Norge - kilde: (Grini & Fossdal, 2008).....	21
Figur 17 – Viser at ved utarbeidelse av en EPD så må man følge og lage denne EPD-en etter regler og retningslinjer for beskrives i den tilhørende PCR-en for det aktuelle produktet.....	22
Figur 18 - Moduler som er obligatorisk og valgfritt å inkludere ut ifra hvilken type EPD som skal utarbeides.....	23
Figur 19 – Innhold i en EPD - del 1 – Generellinformasjon	26
Figur 20 – Innhold i en EPD - del 2 – Informasjon om produsent eller interesseorganisasjon	27
Figur 21 – Innhold i en EPD – del 3 – Informasjon om produktet.....	28
Figur 22 – Innhold i en EPD – del 4 – Systemgrenser som inkluderes for valgt EPD	29
Figur 23 – Innhold i en EPD – del 5 – Hvordan ressursforbruk presenteres i en EPD	30
Figur 24 - Innhold i en EPD – del 6 – Hvordan miljøpåvirkninger presenteres i en EPD	31
Figur 25 – Innhold i en EPD – del 7 – Frivillig deklarerer av kjemikalier i produktet.....	31
Figur 26 – Innhold i en EPD – del 8 – Eventuelle opplysning om påvirkninger til inn klima..	31
Figur 27 - Definisjon av hva som skal inkluderes som bruksareal iht. NS 3940:2012	32
Figur 28 - Illustrasjon som viser hva begrepet netto energibehov omfatter samt begreper og sammenhenger tilknyttet dette – kilde: (Byggdetaljeblad: 473.003-Energieffektive bygninger. Begreper og definisjoner)	34

Figur 29 - Hovedkonseptene ved utførelse av passivhus - kilde: (Byggdetaljebld: 473.010-Generelt om pasivhus.Valg og konsekvenser).....	36
Figur 31 - Systemgrensen (uthevet i rødt) som gjelder for energiproduksjon ved ett Powerhouse definert plusshus – kilde: (Byggdetaljebld: 473.003-Energieffektive bygninger. Begreper og definisjoner)	41
Figur 32 - Digital fremvisning av referanse bygg	44
Figur 33 - Utsikt mot de respektive fasadene	45
Figur 34 - Planløsning i første etasje for referanse bygg.....	45
Figur 35 - Planløsning i andre etasje for referanse bygg	46
Figur 36 - Systemgrense og moduler som er inkludert i studiet	51
Figur 37 - Illustrasjon som viser hvordan kriteriet for termisk komfort «binder» sammen den funksjonelle enheten på tvers av energieffektiviseringsnivå	53
Figur 38 - Definisjon av den funksjonelle enheten.....	54
Figur 39 – Flytskjema for hvordan arbeidsprosessen for oppgaven har vært.....	56
Figur 40 - Oversikt av det som skal inkluderes i LCA vurderingen for referanse bygget - B_CAV_EL.....	58
Figur 41 - Oversikt av hvilke kriterier som hvert tilfelle i ambisjonsnivå skal vurderes imot....	60
Figur 42 - Dokumentasjon ifra SIMIEN på at B.2 kriteriet er oppfylt for TEK17 ambisjonsnivå for referanse bygget B_CAV_EL	61
Figur 43 – Valg som er gjort for bygningsdeler og tekniske installasjoner slik at krav om totalt netto energibehov er tilfredsstilt.....	61
Figur 44 - Verdi for levert energi per år for B_CAV_EL som skal brukes i modul B6 LCA vurderingen.....	62
Figur 45 - Tegning av forslag til fundament for tilfellene i ambisjonsnivå 1	63
Figur 46 – Egenskaper for vindu i ambisjonsnivå 1 – TEK17 som skal brukes i alle tilfeller	64
Figur 47 –Snitt tegning av betongyttervegg (t.v) og betongtak (t.h) for ambisjonsnivå 1	65
Figur 48 – Snitt tegning av muryttervegg (t.v) og takkonstruksjon (t.h) for ambisjonsnivå 1 .	66
Figur 49 – Snitt tegning av yttervegg (t.v) og takkonstruksjon (t.h) utført i massivtre for ambisjonsnivå 1	68
Figur 50 - Effektvarighetskurve for kjøling og oppvarming for tilfelle B_CAV_EL_Ramme	70
Figur 51 – Dekningsgrader for maksimal effektbehov for romoppvarming for tilfelle B_CAV_VP_Ramme. Det som er uthevet i gult er verdier som ligger til grunn for dimensjonering av varmepumpen.	70
Figur 52 – Dokumentasjon av at kriterie A er tilfredsstilt for tilfellene utført i betong for ambisjonsnivå 1	72
Figur 53 – Dokumentasjon av at kriterie A er tilfredsstilt for tilfellene utført i mur for ambisjonsnivå 1	72

Figur 54 - Dokumentasjon av at kriterie A er tilfredsstilt for tilfellene utført i massivtre for ambisjonsnivå 1	72
Figur 55 - Skjermbilde 1 – Ferdig Revit modell.....	74
Figur 56 - Skjermbilde 2 – Del 1 i One Click LCA ©	75
Figur 57 - Skjermbilde 3 – Excel fil som viser hva som har blitt registrert ifra Revit modellen..	76
Figur 58 - Skjermbilde 4 – Del 2 i One Click LCA © (filtering).....	76
Figur 59 - Skjermbilde 5 – Del 3 i One Click LCA © (kombinering).....	77
Figur 60 - Skjermbilde 6 – Del 4 i One Click LCA (kombinering)	77
Figur 61 - Skjermbilde 7 – Del 5 i One Click LCA © (tildeling av EPDer til bygningsmasse)	78
Figur 62 - Skjermbilde 8 – Del 6 i One Click LCA © (input av prosjekt basert informasjon)	79
Figur 63 - Flytskjema brukt for vurdering av transport modul (A4).....	83
Figur 64 - Oversikt av at den funksjonelle enheten er verifisert ut ifra kravene for kriterie B i ambisjonsnivå 2 – Passivhus samt beregnet estimert verdi for levert energi som skal representere verdier for modul B6 for hvert enkelt tilfelle.	89
Figur 65 - Tegning av forslag til fundament for tilfellene i ambisjonsnivå 2	90
Figur 66 - Egenskaper for vindu i ambisjonsnivå 2 – Passivhus som skal brukes i alle tilfeller.	90
Figur 67 – Snitt tegning av betongyttervegg (t.v) og betongtak (t.h) for ambisjonsnivå 2	91
Figur 68 – Snitt tegning av murvegg (t.v) og takkonstruksjon (t.h) for ambisjonsnivå 2.....	92
Figur 69 - Snitt tegning av massivtrevegg (t.v) og massivtretak (t.h) for ambisjonsnivå 2.....	93
Figur 70 – Driftsparametere for vinduslufting som gjelder tilfellene utført i betong innenfor ambisjonsnivå 2	96
Figur 71 – Driftsparametere for vinduslufting som gjelder tilfellene utført i mur innenfor ambisjonsnivå 2	97
Figur 72 – Driftsparametere for vinduslufting som gjelder tilfellene utført i massivtre innenfor ambisjonsnivå 2	98
Figur 73 - Dokumentasjon av at kriterie A er tilfredsstilt for tilfellene utført i betong for ambisjonsnivå 2	99
Figur 74 - Dokumentasjon av at kriterie A er tilfredsstilt for tilfellene utført i mur for ambisjonsnivå 2	99
Figur 75 – Dokumentasjon av at kriterie A er tilfredsstilt for tilfellene utført i massivtre for ambisjonsnivå 2	99
Figur 76 - Oversikt av at den funksjonelle enheten er verifisert ut ifra kravene for kriterie B i ambisjonsnivå 3 – Plusshus samt beregnet estimert verdi for levert energi som skal representere verdier for modul B6 for hvert enkelt tilfelle.	107
Figur 77 - Tegning av forslag til fundament for tilfellene med lavenergi som forutsetning i ambisjonsnivå 3	108

Figur 78 – Snitt tegning av betongyttervegg (t.v) og betongtak (t.h) for tilfellene med lavenergi i ambisjonsnivå 3	109
Figur 79 - Driftsparametere for vinduslufting som gjelder tilfellene etter lavenergi i ambisjonsnivå 3	111
Figur 80 – Dokumentasjon av at kriterie A er tilfredsstilt for tilfellene etter lavenergi i ambisjonsnivå 3	112
Figur 81 - Energiregnskap som viser nødvendig energiproduksjon per år for tilfellene i ambisjonsnivå 3 etter FutureBuilt definisjonen	113
Figur 82 - Skjerm bilde ifra SIMIEN som viser netto energibehov. Det som er uthevet i gult er forbruk til teknisk utstyr som skal trekkes ifra energiregnskapet.	114
Figur 83 - Levert energi beregnet ifra SIMIEN.....	115
Figur 84 - Energiregnskap som viser nødvendig energiproduksjon per år for tilfellet i ambisjonsnivå 3 etter Powerhouse definisjonen	116
Figur 85 – Resultater som viser klimagassutslipp gjennom byggets livsløp for tilfellene i ambisjonsnivå 1. Ved hvert tilfelle så er det presentert resultater for evaluering etter energiramme og energiltaksmetoden.	119
Figur 86 – Andel som hver modul bidrar med til klimagassutslipp for tilfelle B_CAV_VP_Ramme (t.v) og B_CAV_VP_Tiltak (t.h).....	122
Figur 87 - Andel som hver modul bidrar med til klimagassutslipp for tilfelle MT_CAV_EL_Ramme (t.v) og MT_CAV_EL_Tiltak (t.h).....	122
Figur 88 - Andel som hver modul bidrar med til klimagassutslipp for tilfelle M_CAV_EL_Ramme (t.v) og M_CAV_EL_Tiltak (t.h)	124
Figur 89 - Andel som hver modul bidrar med til klimagassutslipp for tilfelle B_CAV_EL_Ramme (t.v) og B_CAV_EL_Tiltak (t.h)	125
Figur 90 - Andel som hver modul bidrar med til klimagassutslipp for tilfelle B_CAV_BIO_Ramme (t.v) og B_CAV_BIO_Tiltak (t.h).....	125
Figur 91 – Konsumerte mengder med primærenergi for tilfellene i ambisjonsnivå 1. Innenfor hvert tilfelle så vises resultater for vurderinger gjort etter energiramme og energiltaksmetode	126
Figur 92 – Resultater som viser mengde klimagassutslipp gjennom byggets livsløp for tilfellene i ambisjonsnivå 2	128
Figur 93 – Kakediagrammer som vises fordeling hvilke bygningskomponenter som bidrar til klimagassutslipp i modul B1-B5.....	131
Figur 94 – Resultater som viser mengder med konsumert primærenergi gjennom byggets livsløp for tilfellene i ambisjonsnivå 2.....	132

Figur 95 - Søylediagram som viser produsert energi mot konsumert energi for hvert tilfelle i ambisjonsnivå 3. Diagrammet viser også hvilket moduler det skal kompenseres for i de ulike Plusshus definisjonene.....	133
Figur 96 - Resultater som viser klimagassutslipp gjennom byggets livsløp for tilfellene i ambisjonsnivå 3. Verdiene her inkluderer bidrag ifra produsert energi.	134
Figur 97 - Resultater som viser hva hver modul gjennom livsløpet slipper ut av klimagass for tilfellene i ambisjonsnivå 3 som er vurdert etter forskjellig definisjon av plusshus. Negative verdier er for CO ₂ payback ved energiproduksjon.	136
Figur 98 - Illustrasjon som viser ideen bak sammenligningsrutene som skal anvendes ved presentasjon av resultatene på tvers av ambisjonsnivåene. Ruter a/b indikerer valg av enten ramme eller tiltaksmetode i ambisjonsnivå 1 – TEK17.....	139
Figur 99 – Søylediagram som viser klimagassutslipp for hvert tilfelle innenfor definert sammenligningsrute. Innenfor hver rute så vises resultater av klimagassutslipp for hvert ambisjonsnivå. Det er to del ruter innenfor hver rute der dette angir om det er tatt utgangspunkt i ramme eller tiltaksmetode i ambisjonsnivå 1.	140
Figur 100 – Mengde klimagassutslipp gjennom byggets livsløp i tonn CO ₂ - eq for alle tilfellene vurdert i dette studiet. Tilfellene er inndelt etter ambisjonsnivå som har blitt betraktet i dette studiet. Innenfor hvert ambisjonsnivå er det tilfellet med høyest utslipp uthevet i rødt mens det med lavest utslipp i grønt.	142

Tabelliste

Tabell 1 - Forenklet eksempel på et resultat ifra livsløpsregnskap.....	7
Tabell 2 - Eksempler på effektkategorier og midt- og endepunktskategoriindikatorer – kilde: (Heijungs & Guinée, An Overveiw of the Life Cycle Assessment Method-Past, Present and Future, 2012)	8
Tabell 3 - Indikatorer for miljøpåvirkninger (utgangsstrømmer)	17
Tabell 4 - Indikatorer for ressursbruk (inngangsstrømmer)	17
Tabell 5 - Indikatorer for avfall (utgangsstrømmer)	17
Tabell 6 - Indikatorer for utgangsstrømmer fra systemet.....	18
Tabell 7 - Minimumskrav til klimaskjerm og bygningskomponenter iht. TEK17 § 14-3 (1)	33
Tabell 8 - Energirammer som ulike bygningskategorier må overholde for å tilfredsstille krav i TEK17	33
Tabell 9 – Energiltak for småhus og boligblokker	35
Tabell 10 - Minstekrav til bygningskomponenter for å tilfredsstille enten passivhus eller lavenergi krav	37
Tabell 11 – Krav til passivhus som gjelder høyeste tillatte netto energibehov til oppvarming som er avhengig av både klima og størrelse på bygningen.....	38
Tabell 12– Krav til lavenergibygg som gjelder høyeste tillatte netto energibehov til oppvarming som er avhengig av både klima og størrelse på bygningen.....	38
Tabell 13 – Krav til varmetapstall for henholdsvis passivhus og lavenergi som er avhengig av størrelse på bygningen.....	39
Tabell 16 - Noen nøkkelverdier for geometri av bygget	44
Tabell 17 - Klimadata for Oslo	46
Tabell 18 – Felles parametere og verdier for kjøling, oppvarming og internlaster som gjelder alle ambisjonsnivåer.....	47
Tabell 19 – Minstekrav for luftmengder og driftstid for ventilasjon iht. NS 3031:2014	49
Tabell 20 – Minimumskrav for luftmengder iht. TEK17 § 13-2.....	49
Tabell 21 - Beregning av minimumsluftmengder	50
Tabell 22 - Krav som stilles til termisk komfort for tilfellene som skal vurderes i dette studiet..	52
Tabell 23 - Oversikt av de ulike tilfeller som ligger til grunn for ambisjonsnivå 1	57
Tabell 24 - Energikrav som stilles ved energirammemetoden.....	59
Tabell 25 - Energikrav som stilles ved energiltaksmetoden	59
Tabell 26 - Felles oversikt av resultatene som har blitt generert ifra SIMIEN.....	62
Tabell 27 - Oversikt av U-verdier for de ulike bygningsdeler som det skal utarbeides løsninger på for tiltaksmetoden	63

Tabell 28 - Oversikt av U-verdier for de ulike bygningsdeler i hvert tilfelle som det skal utarbeides løsninger på for rammemetoden	63
Tabell 29 – Bygningsfysiske opplysninger som gjelder materialene brukt i fundament.....	64
Tabell 30 – Sjiktkykkelser for yttervegg og tak etter energiltak og energiramme for tilfellene utført i betong	65
Tabell 31 – Bygningsfysiske opplysninger som gjelder materialene brukt i yttervegg og tak for tilfellene utført i betong.....	65
Tabell 32 – Sjiktkykkelser for yttervegg og tak etter energiramme og energiltak for tilfellene utført i murverk.....	67
Tabell 33 – Bygningsfysiske opplysninger som gjelder materialene brukt i yttervegg og tak for tilfellene utført i murverk.....	67
Tabell 34 – Sjiktkykkelser for yttervegg og tak etter energiramme og energiltak for tilfellene utført i massivtre.....	68
Tabell 35 – Bygningsfysiske opplysninger som gjelder materialene brukt i yttervegg og tak for tilfellene utført i massivtre	69
Tabell 36 – Parametere som ble endret i WUFI ® Plus slik at termisk komfort ble oppfylt for vurderte tilfeller	71
Tabell 37 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfeller B_CAV_BIO, B_CAV_EL og B_CAV_VP i ambisjonsnivå 1 etter ramme og tiltaksmetode.	80
Tabell 38 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfellet B _{prefab_CAV_EL} i ambisjonsnivå 1 etter ramme og tiltaksmetode.....	80
Tabell 39 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfellet M_CAV_EL i ambisjonsnivå 1 etter ramme og tiltaksmetode.....	81
Tabell 40 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfellet MT_CAV_EL i ambisjonsnivå 1 etter ramme og tiltaksmetode.....	82
Tabell 41 - Eksempel på hvordan distanse for frakt er beregnet	83
Tabell 42 – Oversikt av de ulike tilfellene som ligger til grunn for ambisjonsnivå 2	85
Tabell 43 - Felles krav til kriterie B som gjelder for ambisjonsnivå 2 – Passivhus	86
Tabell 44 - Særegne krav til kriterie B som gjelder hvert vurdert tilfelle med samme hovedmateriale for ambisjonsnivå 2 – Passivhus.....	87
Tabell 45 – Parametere som har blitt endret for alle tilfeller i ambisjonsnivå 2 for å kunne tilfredsstille kriterie B.....	87
Tabell 46 - Parametere som har blitt endret for alle tilfellene i ambisjonsnivå 2 med samme hovedmateriale for å kunne tilfredsstille kriterie B.....	88
Tabell 47 – Sjiktkykkelser for yttervegg og tak i ambisjonsnivå 2 for tilfellene utført i betong. 91	
Tabell 48 - Sjiktkykkelser for yttervegg og tak i ambisjonsnivå 2 for tilfellene utført i murverk 92	

Tabell 49 – Sjikttykkelser for yttervegg og tak i ambisjonsnivå 2 for tilfellene utført i massivtre	93
Tabell 50 - Nødvendig størrelse på varmepumpe for tilfellene i ambisjonsnivå 2 – Passivhus	93
Tabell 51 - Nødvendig størrelse på biobrenselkjel for tilfellene i ambisjonsnivå 2 – Passivhus	94
Tabell 52 - Nødvendig solfangerareal for de ulike tilfellene i ambisjonsnivå 2 – Passivhus	95
Tabell 53 - Forslag til solskjermingsparametere slik at kriterie A blir oppfylt for ambisjonsnivå 2 – Passivhus.....	99
Tabell 54 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfeller B_CAV_BIO, B_CAV_VP og B_CAV_SOL i ambisjonsnivå 2.....	100
Tabell 55 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfeller M_CAV_BIO, M_CAV_VP og M_CAV_SOL i ambisjonsnivå 2.....	101
Tabell 56 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfeller MT_CAV_BIO, MT_CAV_VP og MT_CAV_SOL i ambisjonsnivå 2.	101
Tabell 57 - Oversikt av de ulike tilfellene som ligger til grunn for ambisjonsnivå 3.....	102
Tabell 58 – Krav til kriterie B for tilfeller i ambisjonsnivå 3 som har lavenergi som bakenforliggende ambisjonsnivå.....	104
Tabell 59 - Krav til kriterie B for tilfeller i ambisjonsnivå 3 som har passivhus som bakenforliggende ambisjonsnivå.....	104
Tabell 60 - Forslag til ytelse for klimaskjerm og bygningskomponenter for tilfeller med lavenergi forutsetninger i ambisjonsnivå 3 slik at kriterie B kan tilfredsstilles	105
Tabell 61 – Sjikttykkelser for yttervegg og tak i ambisjonsnivå 3 for tilfellene utført i betong	109
Tabell 62 - Nødvendig størrelse på varmepumpe for tilfellene i ambisjonsnivå 3 – Plusshus	110
Tabell 63 - Nødvendig størrelse på biobrenselkjel for tilfellene i ambisjonsnivå 3 – Plusshus	110
Tabell 64 - Driftsparameter for solskjerming for tilfellene etter lavenergi i ambisjonsnivå 3. Dette gjelder for alle vinduene.....	110
Tabell 65 - Nødvendig solcelleareal for tilfellene i ambisjonsnivå 3 etter FutureBuilt definisjonen	114
Tabell 66 - Nødvendig solcelleareal for tilfellet i ambisjonsnivå 3 etter Powerhouse definisjonen	117
Tabell 67 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfellene B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Lav og B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Lav i ambisjonsnivå 3.	117
Tabell 68 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfellene B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Passiv, B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Passiv og B_CAV_VP/SOL_POWER_Passiv i ambisjonsnivå 3.	118

Tabell 69 – Resultater som viser fordeling av klimagass utslipp gjennom byggets livsløp innenfor hver livsløp modul for hvert vurdert tilfelle i ambisjonsnivå 1	120
Tabell 70 – Resultater som viser fordeling av klimagassutslipp gjennom byggets livsløp innenfor hver livsløp modul for hvert vurdert tilfelle i ambisjonsnivå 2	129

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

CO₂ innholdet i atmosfæren har økt siden den industrielle revolusjonen på 1950 tallet der 97 prosent av klimaforskere er i enighet om at trendene rundt oppvarmingen av klimaet gjennom det siste århundre er mest sannsynlig forårsaket av menneskelige aktiviteter (NASA Global Climate Change, 2018). Økt CO₂ i atmosfæren påvirker omgivelsene på en del områder f.eks. ved at gjennomsnittstemperaturen på jordkloden stiger som forårsaker at is og snø smelter som til slutt resulterer i at havnivået stiger raskere enn det tidligere har gjort (FN-sambandet, 2018). Dette utgjør en trussel for menneskeheten der dette vil forårsake at byer og land vil forsvinne.

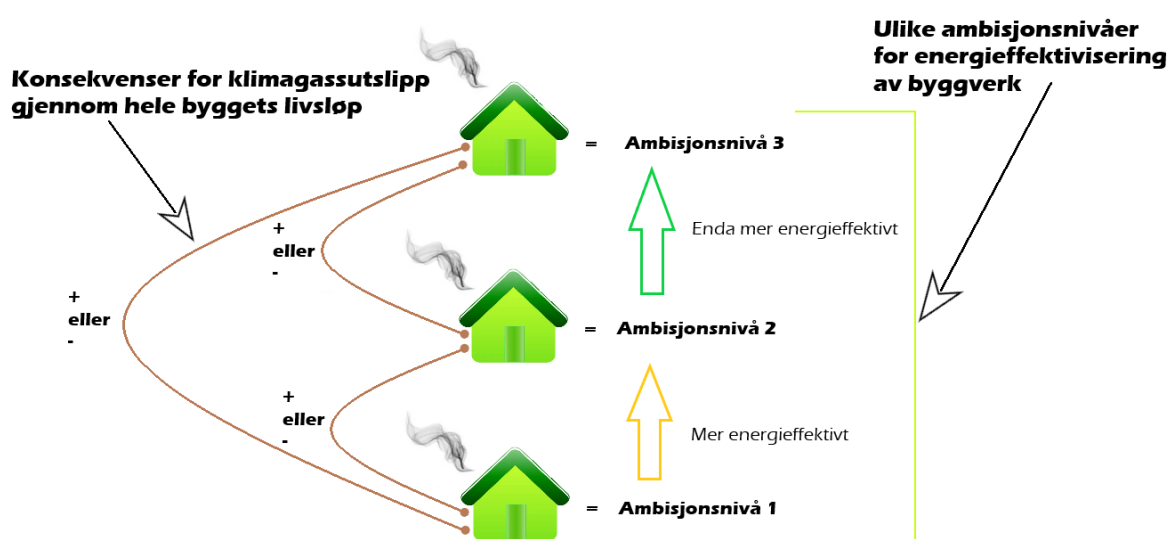
Som respons til dette så har det blitt utarbeidet internasjonale avtaler som har i formål å redusere utslipp av skadelige klimagasser. Kyotoprotokollen som ble vedtatt den 11.12.1997 og som trådte i kraft den 16.05.2005 er en slik avtale som oppgir spesifikke tall og tidsfrister for kutt i klimagassutslipp for industriland (FN-sambandet, 2018). Parisavtalen vil etter hvert ta over for Kyotoprotokollen der denne avtalen skal iverksette at verdens land klarer å begrense klimaendringene.

I forbindelse med Parisavtalen har EU og Norge satt seg ambisiøse klimamål for 2030. Begge parter har tatt på seg ansvaret for redusere utslippene av klimagasser med minst 40 prosent ifra 1990 til 2030 (Regjeringen, 2017). Videre opplyser EUs innsatsfordelingsforordning om at utslippene ifra transport, jordbruk, bygg og avfall skal reduseres med 30 prosent fra 2005 til 2030 (Regjeringen, 2017). Parallelt med dette så melder EUs Bygningsdirektiv om forslag til at krav for alle nybygg skal være nesten nullenergibygninger (nNEB) fra 2020 (Regjeringen, 2018). Dette implementerer ett høyere ambisjonsnivå for energieffektivisering enn det dagens praksis tilsier.

Staten Norge vil da redusere utslipp av klimagasser ifra bygg samtidig som at krav til energieffektiviseringsnivå i bygg blir høyere og mer ambisiøse. Bakgrunnen for denne masteroppgaven ligger dermed i et genuint ønske om å utforske og mette nysgjerrigheten rundt konsekvenser i samsvar med denne statlige målsetningen og utviklingen. Hoved inspirasjonen til utformingen og ideen rundt denne masteroppgaven kommer ifra artikkel utarbeidet av Katharina Bramslev fra Grønn Byggallianse som fremhever følgende spørsmål «Er energieffektive bygg bærekraftige?» (Bramslev, 2014).

1.2 Hensikt

Hovedhensikten bak denne masteroppgaven er å vurdere hva konsekvensene for klimagassutslipp er gjennom hele byggets livsløp, ved å opprette byggverk etter ulike ambisjonsnivåer for energieffektivisering. Ordet konsekvens i denne sammenheng menes å uttrykke om det blir mer eller mindre klimagassutslipp ved å øke energieffektiviserings nivået for byggverket. Parallelt med dette utsagnet så vil det være naturlig å fremheve at vurdering også kan sees på som en kartlegging av om bærekraftigheten følger den samme positive utviklingen som økende energieffektivisering gjør for å redusere energiforbruk/behov. For å gjøre hensikten så klar og tydelig som mulig så forsøkes det i tillegg å forklare dette ved hjelp av en illustrasjon.



Figur 1 - Illustrasjon av hensikten for oppgaven

1.3 Problemstilling

Problemstillingen for denne master oppgaven kan ansees å være oppdelt i to segmenter, henholdsvis en primær og sekundær problemstilling. Der den primære problemstilling er gjenspeilet i beskrivelsen av hensikten i delkapittelet ovenfor, så skal det videre defineres hva den primære og sekundære problemstillingen innebærer. Dette skal presiseres ved hjelp av spørsmål som det ønskes å få svar på.

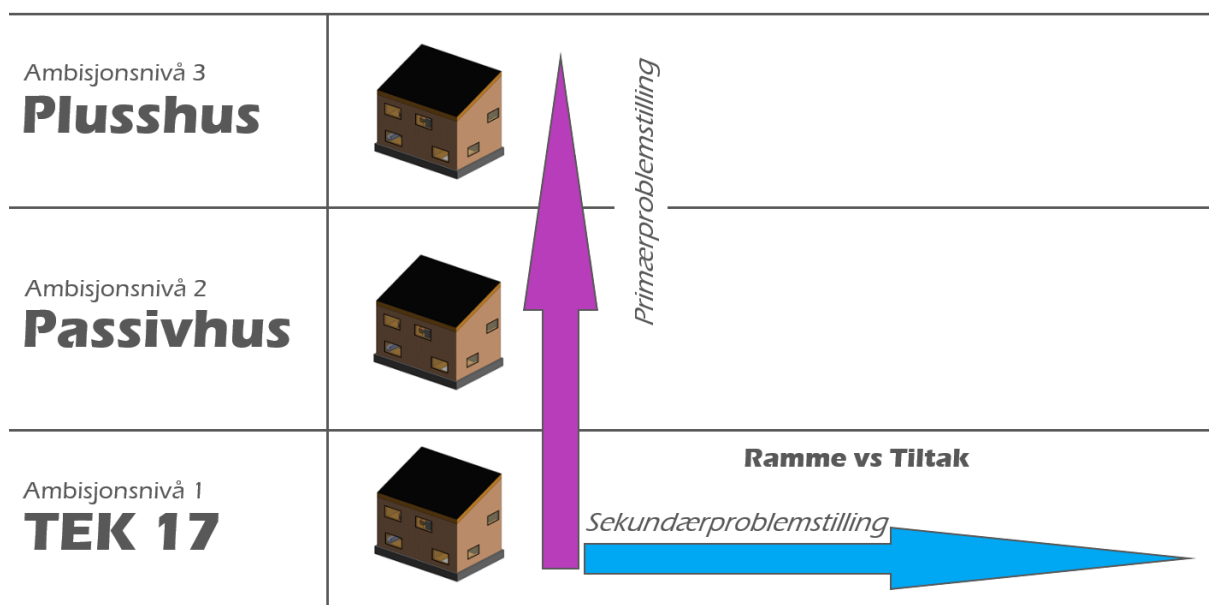
Under definisjon av den primære problemstillingen så kan det på dette tidspunktet trekkes frem at det er valgt å vurdere og sammenligne klimagassutslipp gjennom byggets levetid etter tre ulike ambisjonsnivåer for energieffektivisering. Disse er nivåene er TEK17, Passivhus og Plusshus. Den primære problemstilling er valgt å formuleres med utgangspunkt i følgende spørsmål:

Vil klimagassutslipp for et småhus øke eller minke gjennom sitt livsløp ved å utføre dette bygget etter forskjellige ambisjonsnivåer for energieffektivisering?

Den sekundære problemstillingen ble realisert etter at selve arbeidet med oppgaven hadde blitt iverksatt. Dette ble synliggjort ved påbegynt evaluering av det første ambisjonsnivået for energieffektivisering, som i dette tilfellet er TEK17. Som det senere i teori avsnittet opplyses om så er det for småhus ifølge TEK17 to måter å dokumentere tilfredsstillende energibruk på. Dette skapte utgangspunktet for den sekundære problemstilling som er valgt å formuleres ved hjelp av følgende spørsmål:

Hvor stor vil betydningen for klimagassutslipp være for et småhus gjennom sitt livsløp, ved å dokumentere energibruken etter henholdsvis energiltaks - og energirammemetoden for evaluering etter TEK17?

Avslutningsvis så vil det presenteres en visuell oversikt på hvor de ulike problemstillingene vil strekke seg med hensyn på ambisjonsnivåer.



Figur 2 - Grafisk representasjon på hvilke ambisjonsnivåer som hver problemstilling skal omfatte

1.4 Publikum som kan ha nytte av dette studiet

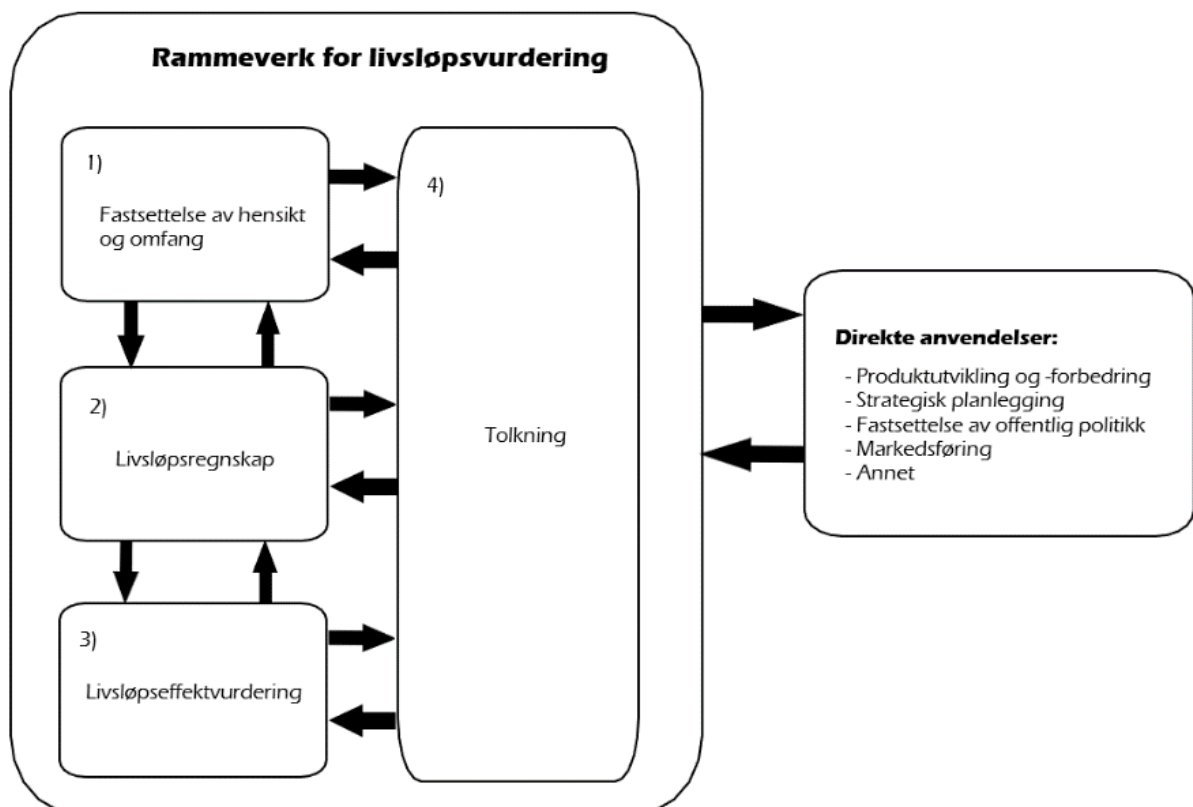
Det ansees at det publikum som kan dra nytte av dette studiet er byggherrer med fokus på bærekraft, rådgivere innenfor energi og miljø, forskere innen dette fagfeltet og beslutningstakere i samfunnet.

2 Teori

2.1 LCA – (Life Cycle Assessment)

2.1.1 Generelt

LCA er en metode for å kvantifisere miljøpåvirkninger og ressursbruk for en prosess eller et produkt i løpet av sin livssyklus. Metodikken for en LCA analyse er definert iht. standardene ISO 14040-44 der definisjonen av LCA er i forhold til ISO 14040 beskrevet som «*sammenstilling og evaluering av inngangsfaktorer, utgangsfaktorer og de potensielle miljøpåvirkninger til et produktsystem gjennom dets livsløp*» (ISO 14040:2006). Metoden innebærer prinsipielt å spore og rapportere/identifisere ressurser i form av energi som utvinnes fra naturen og emisjoner som slippes ut i naturen for et valgt produkt eller prosess som skal vurderes. Ved gjennomføring av en LCA studie så er det fire punkter som skaper rammeverket for metoden og som skal behandles:

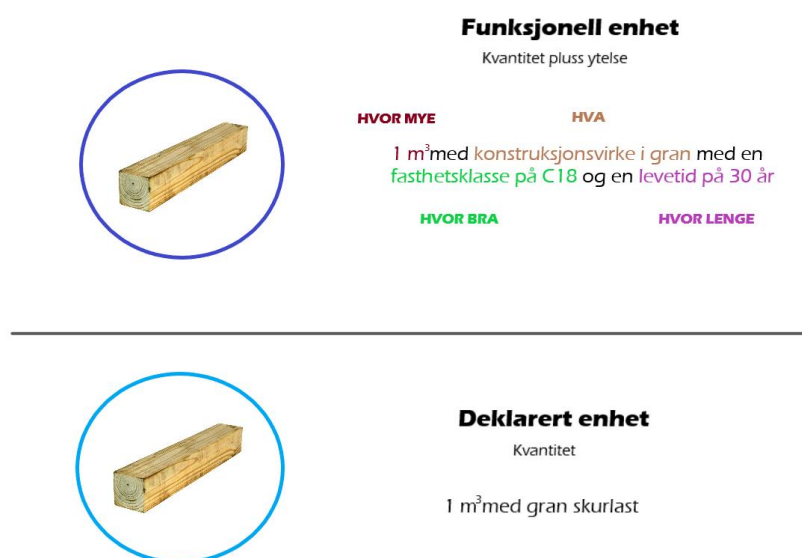


Figur 3 - Faser i en LCA – kilde: (ISO 14040:2006)

2.1.1.1 Definere hensikt og omfang

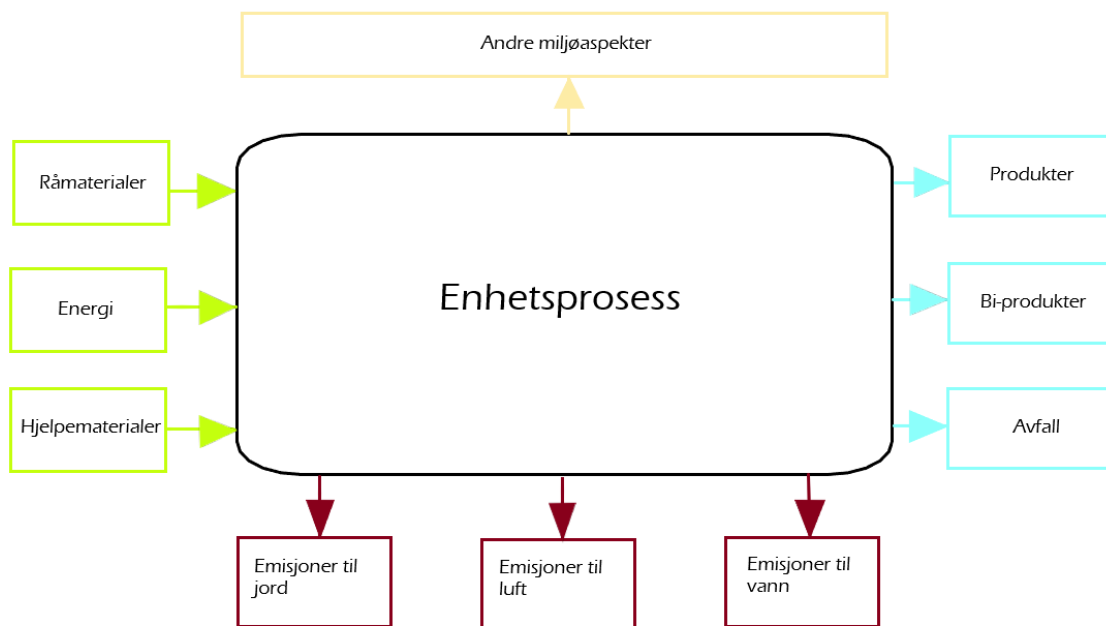
Under dette punktet skal det tydelig opplyses om hvorfor man ønsker å gjennomføre analysen, til hvilket publikum studien er rettet mot (hvem kan ha nytte av resultatene) og om resultatene er tenkt å anvendes som en komparativ erklæring som skal offentliggjøres. Omfanget for studiet innebærer i hovedsak å fastslå forutsetninger, begrensninger, funksjonell enhet, allokeringsmetode og systemgrensene som skal inkluderes. Defineringsen av hensikt og omfang gjenspeiler detaljeringsnivået for LCA studiet som er i fokus. LCA vurdering av et produkt eller prosess er en iterativ prosedyre som kan medføre at det er nødvendig å endre definisjonen av hensikt og omfang underveis i studiet.

Den funksjonelle enheten har i hensikt å beskrive «en kvantifisert prestasjon for et produktsystem til bruk som en referanseenhet» (ISO 14040:2006). Med andre ord så skal den funksjonelle enheten angi produktets ytelse i sammenheng med et bestemt bruker krav. Dette kan kartlegges ved hjelp av å stille følgende spørsmål om produktet eller prosessen; «hva», «hvor mye», «hvor bra» og «hvor lenge» (Rønning & Brekke, 2014). Den funksjonelle enheten skal harmonere med LCA studiets omfang og hensikt hvor den primære oppgaven for en funksjonelle enheten er å gi opplysninger slik at inn- og utdata kan normaliseres i forhold til denne enheten. Ved å beskrive en funksjonell enhet så skapes grunnlaget for at to ulike produkter eller prosesser kan vurderes som sammenlignbare. Det er i forbindelse med dette temaet hensiktsmessig å opplyse leser om en annen LCA enhet som også anvendes i dagens praksis. Dette kalles for en deklareret enhet og det er essensielt å ikke forveksle disse to enhetene henholdsvis den deklarererte og funksjonelle enheten med hverandre. I grove trekk så kan den deklarererte enhet beskrives som en ren kvantitet (eks 1 m²) mens den funksjonelle enhet beskriver både en kvantitet i sammenheng med en gitt ytelse.



Figur 4 - Eksempel på en funksjonell enhet vs en deklarerert enhet

Systemgrensen har som formål å angi hvilke enhetsprosesser som skal inkluderes i LCA studiet. Definisjonen av en enhetsprosess er iht. ISO 14040 beskrevet som «*minste del med kvantifiserte inngangs- og utgangsdata som vurderes i et livsløpsregnskap*» (ISO 14040:2006). En enhetsprosess kan betraktes som en «black box» der en mengde med inngangsstrømmer (ressurser fra naturen og materialer) blir konvertert til en mengde utgangsstrømmer (emisjoner til omgivelse, produkter m.m) (Heijungs & Guinée, An Overveiw of the Life Cycle Assessment Method-Past, Present and Future, 2012).



Figur 5 - Illustrasjon av en generell enhetsprosess – kilde: (Simonen, 2014)

Når systemgrensen defineres skal det gjøres valg om hvilke inn- og utgangsstrømmer som skal inkluderes i studiet.

2.1.1.2 Livsløpsregnskap (LCI)

Livsløpsregnskapet omhandler å kvantifisere alle relevante emisjoner, material- og energistrømmer inn og ut av produktets eller prosessens livssyklus. Det første steget i dette punktet innebærer datainnsamling av følgende kategorier definert iht. ISO 14040:

- emisjoner til luft, vann og jord
- produkter og biprodukter
- avfall
- inngangsstrømmer i form av energi, råmaterialer, hjelpematerialer og andre fysiske inngangsstrømmer
- andre miljøaspekter

Ved innsamling av data til kategoriene som er nevnt ovenfor så kan dette fremskaffes ved måling, beregning eller estimering. Dersom data er hentet ifra offentlige kilder så skal det oppgis en referanse for kilden (ISO 14044:2006). Ett eksempel på en database som kan anvendes i et livsløpsregnskap er en EPD (Environmental Product Declaration eller oversatt til norsk som miljødeklarasjon) som utdypes videre i kapittel 2.2.

Det neste og andre steget er databeregning. Dette steget bygger videre på det første der innsamlet data skal igjennom en beregningsprosedyre. Det som skal inkluderes i databeregningen er iht. ISO 14040:

- validering av innsamlede data
- relatering av data til enhetsprosesser
- relatering av data til den funksjonelle enhetens referansestrøm

Resultatet av et livsløpsregnskap skal ende opp med en liste over total inngangsstrømmer fra natur og total utgangsstrømmer til omgivelser. Dette punktet kan sees på som en masse og energi balanse for produktet eller prosessen i løpet av dens livssyklus.

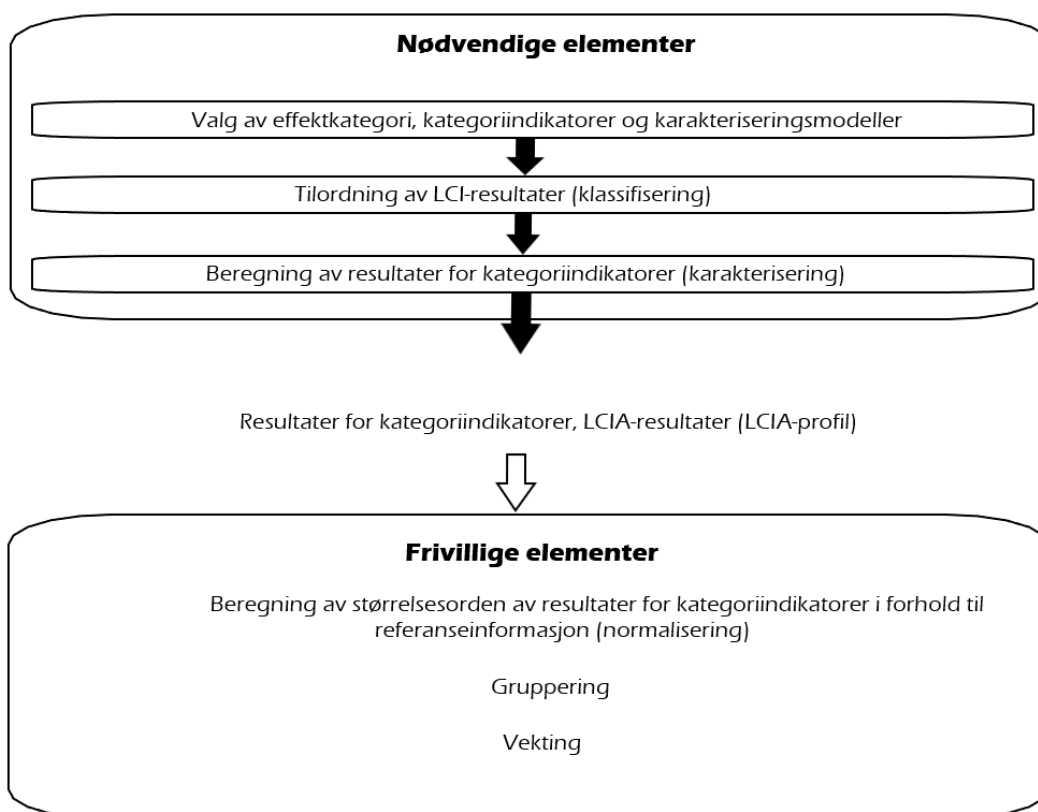
Tabell 1 - Forenklet eksempel på et resultat ifra livsløpsregnskap

		Enhet	Mengde
Inngangsstrømmer	Kull	[MJ]	42,3
	Elektrisitet	[MJ]	19,2
Utgangsstrømmer	CO ₂	[kg]	11,2
	CH ₄	[kg]	5,8
	N ₂ O	[kg]	1,2

2.1.1.3 Livsløpseffektvurdering (LCIA)

Dette tredje punktet i en LCA har i hensikt å vurdere betydningen av helse- og miljøpåvirkningene. Funnene ifra livsløpsregnskapet skal kobles opp imot bestemte effektkategorier, kategoriindikatorer og karakteriseringsmodeller der man videre prøver å etterstrebe en tolkning og forståelse av disse påvirkningene i forhold til miljøet og omgivelser. Det finnes mange ulike typer effektkategorier, kategoriindikatorer og karakteriseringsmodeller der disse bør velges på grunnlag av internasjonal anerkjennelse. En LCIA er sammensatt av både obligatoriske og frivillige elementer.

Livsløpseffektvurdering



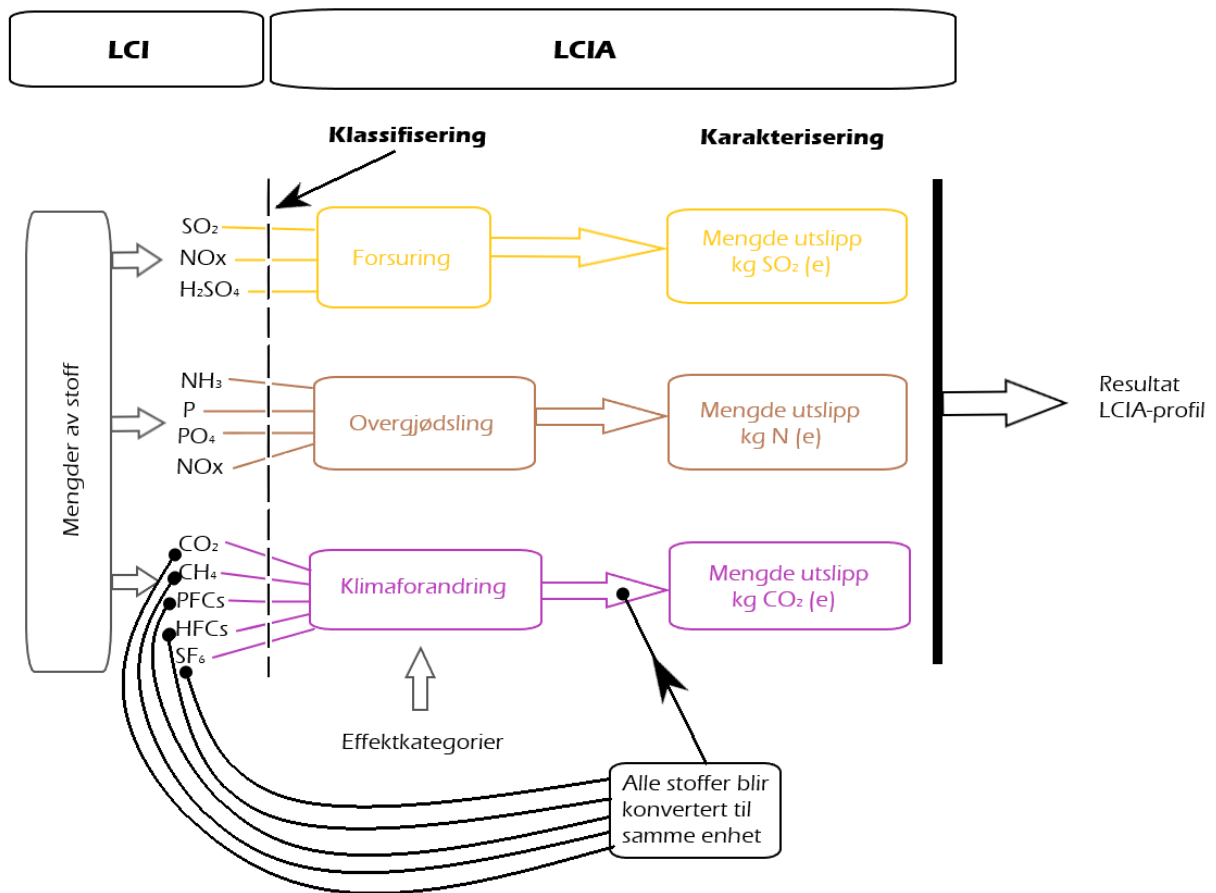
Figur 6 – Elementer som inngår i LCIA fasen – kilde: (ISO 14040:2006)

Et godt og ofte brukt eksempel på en effektkategori er klimaforandring eller også kjent som globaloppvarmingspotensial. Kategoriindikatorer beskriver hvilke fenomen (fysisk, kjemisk, biologisk osv) som oppstår ved utslipp av og utvinning av forskjellige materialer og stoffer. I dagens LCA beregninger så har det utviklet seg to ulike stadier for hvor kategoriindikatorer blir spesifisert. Disse er henholdsvis midt- og endepunktskategoriindikatorer. Tabell 2 viser eksempler på effektkategorier og forskjeller mellom midt- og endepunktskategoriindikatorer.

Tabell 2 - Eksempler på effektkategorier og midt- og endepunktskategoriindikatorer – kilde: (Heijungs & Guinée, An Overview of the Life Cycle Assessment Method-Past, Present and Future, 2012)

Effektkategori	Midtpunktskategoriindikator	Endepunktskategoriindikator
Klimaforandring	Infrarød-strålings pådriv	Tap av livsår
Forsuring	H+ konsentrasjon	Andel arter som er døde eller forsvunnet
Overgjødning	Biomasse potensial	Andel arter som er døde eller forsvunnet

Under nødvendige elementer i en LCIA så innebærer klassifiserings delen å tildele hvert enkelt resultat ifra LCI i en av de valgte effektkategoriene. Karakteriseringen innebærer å konvertere alle resultat innenfor samme effektkategori til en felles enhet, som gjøres ved å gange hvert tilhørende stoff med en karakteriseringsfaktor. Dette gjør at ulike stoffer som er innenfor samme effektkategori blir representert ved felles ekvivalent utslippsenhet. I figur 7 så er det forsøkt å vise sammenhengen mellom LCI og LCIA samt fasene i en LCIA.



Figur 7 - Illustrasjon som viser sammenheng mellom LCI og LCIA samt hva som inngår ved LCIA fasen av vurderingen.

Det ansees betydningsfullt for oppgavens relevans å forklare ytterligere til leser hva som menes med en ekvivalent utslippsenhet samt å belyse leser i korte trekk hva fenomenet klimaforandring innebærer. For denne oppgaven er det den ekvivalente utslippsenheten for karbondioksid (kg CO₂ –e) som det er aktuelt å se nærmere på.

Stoff	Utslipp (kg)		Karakteriseringsfaktor (kg CO ₂ e/kg)	=	Påvirkning (kg CO ₂ e)	
Karbondioksid, CO ₂	1,96	X	1	=	1,960	Summert ↓
Metan, CH ₄	0,0005	X	25	=	0,0125	
Karbonmonoksid, CO	0,00013	X	0	=	0	
Lystgass, N ₂ O	0,0016	X	298	=	0,477	
TOTALT ESTIMERT PÅVIRKNING AV KLIMAFORANDRING				=	2,45	

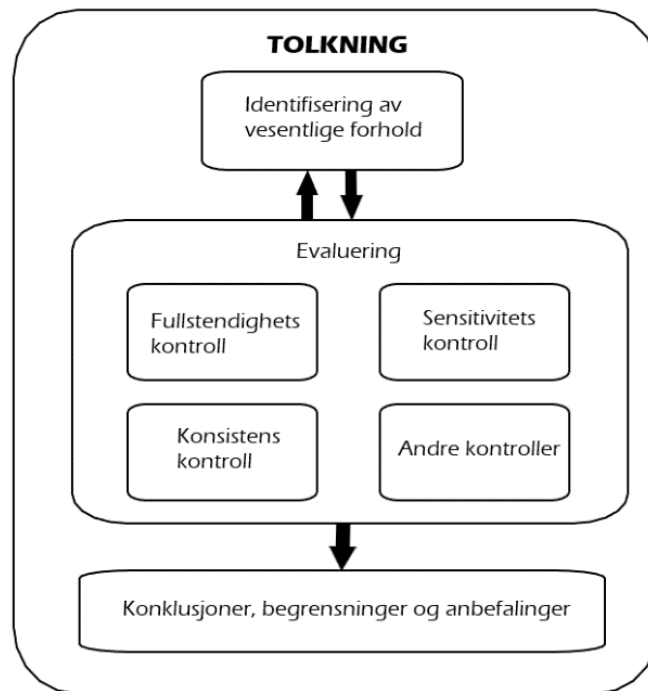
Figur 8 – Eksempel på hva som ligger til grunn når man skal beregne en ekvivalent utslipp enhet for karbondioksid CO₂ - kilde: (Simonen, 2014)

Figur 8 viser hvordan en mengde med utslipp for noen valgte stoffer blir «konvertert» til en felles enhet. Hvert stoff har sin egen karakteriseringsfaktor som ganges inn med mengde utslipp for det valgte stoffet. Verdiene på disse faktorene er bestemt ut ifra hvor stort påvirkningspotensiale hvert stoff ansees å bidra med. Dette er forskjellig ut ifra hvilken effektkategori man vurderer. Jo høyere karakteriseringsfaktoren er desto høyere er da potensialet for påvirkningen innenfor den aktuelle effektkategorien. Man ser da at et utslipp på 25 kg med karbondioksid (CO₂) bidrar like mye som utslippet av 1 kg metan (CH₄) for påvirkning av klimaforandring. For karbonmonoksid (CO) er karakteriseringsfaktoren lik 0. Dette innebærer da at utslipp av karbonmonoksid (CO) ikke har noe vesentlig betydning for påvirkningen av klimaforandring. Der igjen så har karbonmonoksid (CO) et helt annet potensiale og karakteriseringsfaktor hvis man vurderer påvirkningen innenfor en annen effektkategori. Tilslutt så summeres alle konverterte utslipp som videre gjør at det er mulig å sammenligne utslipp i fra andre prosesser ved å benytte den samme ekvivalente utslippsenheten.

Fenomenet klimaforandring kan grovt sett oppsummeres som vesentlige endringer i temperatur, nedbør eller vind som inntreffer over flere tiår eller lengre (EPA, 2018). Klimaforandringer er forårsaket av både naturlige og menneskeligskapte aktiviteter (Benestad, Mamen, Harstveit, & Fuglestad, 2018).

2.1.1.4 Tolkning

I det fjerde og siste punktet i en LCA skal man som slutt mål fremskaffe og presentere konklusjoner, presisere begrensninger og komme med anbefalinger til den tiltenkte målgruppen. Funnene ifra livsløpsregnskapet (pkt 2.1.1.2) og effektvurdering (pkt 2.1.1.3) blir i dette punktet vurdert opp mot hverandre og tolkningsfasen av en LCA er iht. ISO 14044 sammensatt av flere elementer (figur 9).



Figur 9 - Elementer som inngår i tolkningsfase av en LCA – kilde: (ISO 14044:2006)

Elementet identifisering av vesentlige forhold innebærer å avgjøre om det er samsvar mellom fastsatt hensikt og omfang og resultatene ifra LCI og LCIA fasene. Evalueringselementene har som hensikt å danne grunnlag samt bidra til videre raffinering av påliteligheten til resultatene av LCA studiet. Evalueringen skal iht. ISO 14044 bestå av følgende tre teknikker:

- Fullstendighetskontroll

Innebærer å kontrollere at all relevant informasjon og data er både fullstendig og tilgjengelig, f.eks at det ikke er noen manglende utslipp til omgivelsene som har direkte relasjoner til studiets hensikt og omfang. Ved eventuelle mangler skal det vurderes om man enten skal samle ny informasjon og data eller om man velger å modifisere studiets hensikt og omfang der denne eventuelle avgrensningen skal inkluderes i den endelige rapporten.
- Sensitivitetskontroll

Innebærer å vurdere påliteligheten til resultatene ved å endre på forutsetninger eller valg for å kunne videre evaluere innvirkningen av dette på sluttresultatene og konklusjonene.
- Konsistenskontroll

Innebærer å kontrollere om det er samsvar mellom forutsetninger, valg av metoder og innsamlet data imot studiets hensikt og omfang.

Resultatene ifra LCA vurdering skal ved hjelp av en rapport fremvises på en kompakt, oversiktlig og konsis måte der dette gjøres i samsvar med studiets hensikt og omfang.

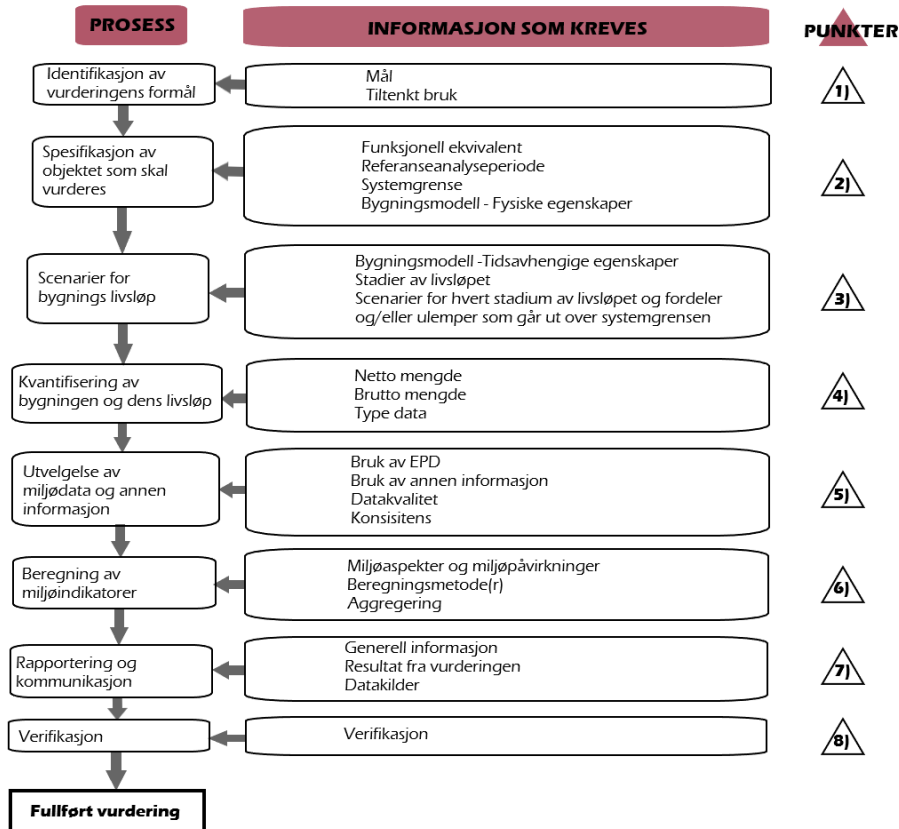
2.1.2 For byggverk

En LCA av byggverk har sin kjerne og essens i å vurdere bygninger ut ifra et bærekraftsperspektiv, der begrepet bærekraftsperspektiv omhandler å vurdere en kombinasjon av miljø-, samfunnsmessige og økonomiske prestasjoner for et byggverk. Dette delkapittelet og oppgaven generelt tar videre for seg miljøprestasjons delen.

De generelle og overordnede målsetninger for vurdering av byggverk er iht. NS-EN 15643-1 beskrevet ved hjelp av to punkter:

- «bestemme virkninger av og aspekter ved bygninger og byggeplassen;
- gjøre det mulig for byggherren, brukeren og prosjekterende å ta beslutninger og valg som bidrar til å sette bygninger i et bærekraftsperspektiv på dagsorden.» (NS-EN 15643-1:2010)

Gjennomføringen av LCA for byggverk er korrelatet og har basis i teorien som er beskrevet i forrige delkapittel. For å kunne vurdere en bygnings miljøprestasjon så er det iht. NS-EN 15978:2011 beskrevet punkter som skal følges slik at man sikrer seg at all avgjørende informasjon blir innsamlet og bearbeidet på en tilfredsstillende måte. I figur 10 nedenfor så er det illustrert et flytdiagram på hvordan fremgangsmåten for LCA av byggverk skal/bør foregå.



Figur 10 - Flytdiagram for LCA av byggverk – kilde: (NS-EN 15978:2011)

2.1.2.1 Identifikasjon av vurderings formål

Dette punktet samsvarer med den første fasen av en LCA (beskrevet i forrige delkapittel) som omhandler å definere hensikt og omfang for vurderingen. Den følger det generelle rammeverket som er beskrevet i standardene ISO 14040-44 samtidig som det blir utdypet ved å presisere en mer fremhevet og klarere formulering av formålet for vurdering ved å kartlegge mål og tiltenkt bruk for byggverket. Målet for vurderingen er det samme for alle evaluerte tilfeller der dette er iht. NS-EN 15978:2011 beskrevet som «*målet med vurderingen er å kvantifisere miljøprestasjonen til objektet for vurderingen ved å samle inn miljøinformasjon*» (NS-EN 15978:2011). Tiltenkt bruk for vurderingen kan eksempelvis være en sammenlikning av ulike prosjekteringsalternativer med hensyn på byggets miljøprestasjon eller en dokumentasjon av byggets miljøprestasjon som videre skal anvendes som et grunnlag mot et miljøsertifiseringsprogram f.eks BREEAM.

2.1.2.2 Spesifikasjon av objektet som skal vurderes

Generelt så innebærer dette punktet å beskrive byggets fysiske og tidsavhengige egenskaper. Med tidsavhengige egenskaper så betyr dette periodiske operasjoner som f.eks rengjøring, vedlikehold, reparasjoner osv. Dette punktet inngår i første fase av en LCA vurdering.

Den første egenskapen som skal beskrives er den funksjonelle ekvivalenten. Den funksjonelle ekvivalenten har felles trekk med den funksjonelle enheten der man ønsker å fremstille funksjonene og de tekniske ytelsene som kreves av et byggverk. I likhet med den funksjonelle enheten så skal også den funksjonelle ekvivalenten beskrives mot et bestemt bruker krav der hele formålet med betegnelsen er å danne et objektivt og åpent grunnlag for sammenlikning. Typiske parametere som skal inkluderes for å kunne definere den funksjonelle ekvivalenten er bygningstype (skole, kontor, boligblokk osv), påkrevd levetid, funksjonelle og tekniske krav (spesifikasjoner ifra byggherre eller forskrifter) og bruksmønster.

Neste punkt er å kartlegge byggets referanseanalyseperiode, der dette angir en periode for hvor de tidsavhengige egenskapene for byggverket blir evaluert. NS-EN15978:2011 angir at standardverdi for referanseanalyseperiode skal være lik påkrevd levetid for bygget.

Ved definering av systemgrensene så gjelder det samme prinsippet som beskrevet i forrige delkapittelet der denne parameteren skal angi hvilke faser og moduler som skal inkluderes i vurderingen. Fasene som et byggverk og tilhørende komponenter og materialer gjennomgår i løpet sin livssyklus er produktfase, gjennomføringsfase, bruksfase, livsløpets slutfase og eventuelle fordeler og ulemper utover endt levetid. Hver fase er videre inndelt og sammensatt av flere moduler, f.eks gjennomføringsfasen består av modulene A4-A5.

Produktfase			Gjennomføringsfase		Bruksfase							Sluttfase				Etter endt levetid
Utvinnning av råmaterialer	Transport	Produksjon	Transport	Konstruksjon/innstallasjon	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskifting	Renovering	Energiforbruk ved drift	Vannforbruk ved drift	Demontering	Transport	Avfallshåndtering	Avhending	Gjenbruk - gjenvinning - resirkulering
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D

Figur 11 - Faser og moduler som et byggverk gjennomgår i løpet av sin levetid

I dagens LCA praksis er det noen grunnleggende begreper som bør gjøres rede for under dette punktet. Disse er henholdsvis:

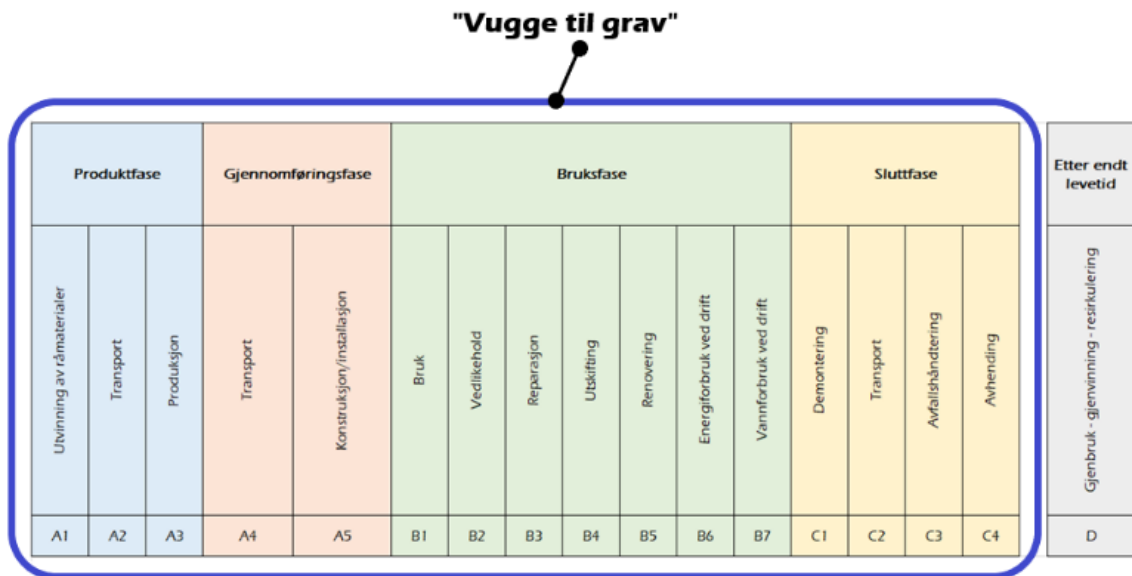
- «fra vugge til port», systemgrensen omfatter modul A1-A3

"Vugge til port"

Produktfase			Gjennomføringsfase		Bruksfase							Sluttfase				Etter endt levetid
Utvinnning av råmaterialer	Transport	Produksjon	Transport	Konstruksjon/innstallasjon	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskifting	Renovering	Energiforbruk ved drift	Vannforbruk ved drift	Demontering	Transport	Avfallshåndtering	Avhending	Gjenbruk - gjenvinning - resirkulering
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D

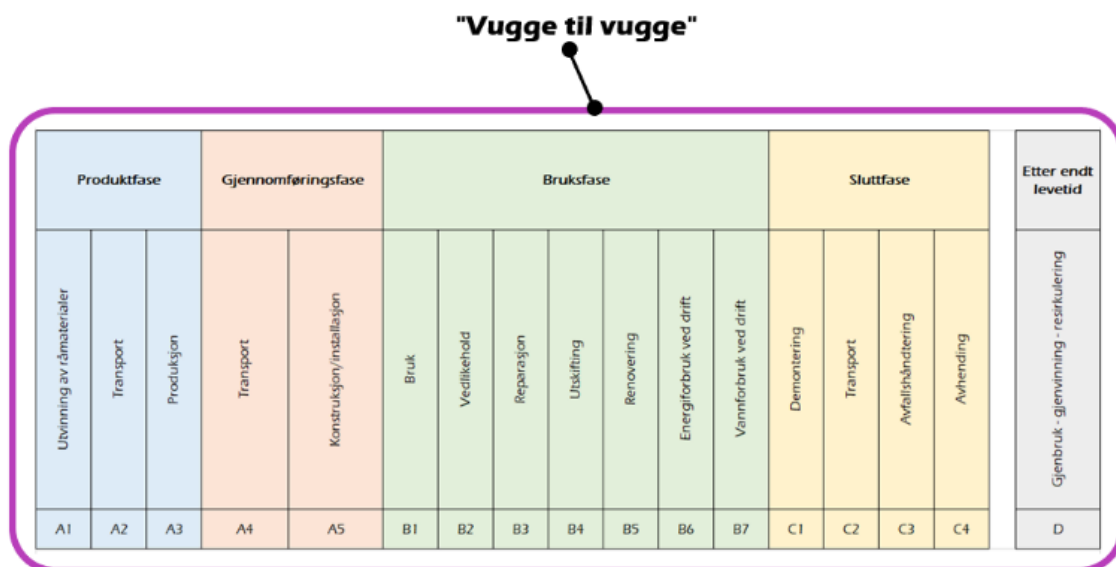
Figur 12 - Moduler som inngår i en "vugge til port" vurdering

- «fra vugge til grav», systemgrensen omfatter modul A1-C4



Figur 13- Moduler som inngår i en "vugge til grav" vurdering

- «fra vugge til vugge», systemgrensen omfatter modul A1-D



Figur 14- Moduler som inngår i en "vugge til vugge" vurdering

For å kunne gjøre det mulig å kvantifisere byggets masse og energistrømmer så skal det utarbeides en bygningsmodell i forbindelse med den aktuelle vurderingen. Bygningsmodellen

skal gi en beskrivelse av byggets fysiske egenskaper samt gi opplysninger om hvilke bestanddeler som er inkludert i bygget. For å nevne noen parametere som beskriver byggets fysiske egenskaper så kan dette eksempelvis være:

- antall etasjer
- yttervegg
- vinduer
- utendørs belysning
- varmtvannsanlegg

Utviklingen av bygningsmodellen bør gjøres på en strukturert og organisert måte for å lette arbeidet videre i prosessen.

2.1.2.3 Scenarier for bygnings livsløp

Beskrivelse av tidsavhengige egenskaper som f.eks vedlikehold, renovering og rengjøring skal gjøres ut ifra hensyn til byggherrens krav, planlagt levetid for bygget, bruksmønster, produsentens informasjon og krav ifølge NS-EN 15804: *Bærekraftige byggverk – Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer.*

2.1.2.4 Kvantifisering av bygningen og dens livsløp

Dette innebærer å kvantifisere alle mengder materialer, produkter og komponenter som sammensatt utgjør bygget som er under vurdering. Punktet her kan sammenstilles med andre fase av en LCA, livsløpsregnskap. Ved beregning av brutto mengde så menes det å ta hensyn til svinn og skader som kan oppstå for et materiale eller produkt gjennom dens livsløp. Netto mengde spesifiseres ut ifra prosjekteringstegninger (nybygg) eller den tilstand som bygget befinner seg i ved vurdering (eksisterende bygg). Data og informasjon bør velges slik at vurdering kan utrettes på den mest presise måten. Utvelgelsen kan gjøres basert ulike former for data, der de mest anvendte formene er generisk-, aggregert-, midlere eller produkt/materialspesifikk data.

2.1.2.5 Utvelgelse av miljødata og annen informasjon

Dette punktet omhandler i grove trekk at det skal benyttes EDP-er og annen miljøinformasjon som gir en helhetlig fremstilling av bygningen med hensyn på kvantifisering.

2.1.2.6 Beregning av miljøindikatorer

Under dette punktet skal det fremstilles kvantifisert de miljøpåvirkninger, ressursbruk, avfall og utgangsstrømmer ifra systemet som bygget fremkaller i løpet av sitt livsløp. Dette punktet relateres til tredje fase en LCA, livsløpeffektvurdering. For byggverk er det forhåndsbestemte kategoriindikatorer som skal anvendes ved en eventuell vurdering. Tabell 3-6 viser en oversikt de aktuelle indikatorer slik det er beskrevet iht. NS-EN 15978:2011.

Tabell 3 - Indikatorer for miljøpåvirkninger (utgangsstrømmer)

Indikator	Enhet
Globalt oppvarmingspotensial, GWP	kg CO ₂ -ekvivalent
Uttømmingspotensial for stratosfærisk ozonlag, ODP	kg CFC-ekvivalent
Forsuringspotensial for land og vann, AP	kg SO ₂ -ekvivalent
Eutrofieringspotensial, EP	kg (PO ₄) ⁻³ -ekvivalent
Dannelsespotensial for troposfærisk ozon-fotokjemiske oksidasjonsmidler, POCP	kg etylen-ekvivalent
Abiotisk ressurs-uttømmingspotensial for elementer, ADP_elementer	kg Sb-ekvivalent
Abiotisk ressurs-uttømmingspotensial for fossilt brensel, ADP_fossilt brensel	MJ, netto brennverdi

Tabell 4 - Indikatorer for ressursbruk (inngangsstrømmer)

Indikator	Enhet
Bruk av fornybar primær energi unntatt energiresurser brukt som råmateriale	MJ, netto brennverdi
Bruk av fornybare primære energiresurser brukt som råmateriale	MJ, netto brennverdi
Bruk av ikke-fornybar primær energi unntatt energiresurser brukt som råmateriale	MJ, netto brennverdi
Bruk av ikke fornybare primære energiresurser brukt som råmateriale	MJ, netto brennverdi
Bruk av sekundært materiale	kg
Bruk av fornybart sekundært brensel	MJ
Bruk av ikke-fornybart sekundært brensel	MJ
Netto bruk av ferskvann	m ³

Tabell 5 - Indikatorer for avfall (utgangsstrømmer)

Indikator	Enhet
Avhendet farlig avfall	kg
Avhendet ikke farlig avfall	kg
Avhendet radioaktivt avfall	kg

Tabell 6 - Indikatorer for utgangsstrømmer fra systemet

Indikator	Enhet
Komponenter for gjenbruk	kg
Materialer for resirkulering	kg
Materialer for energigjenvinning (som ikke er avfallsforbrenning)	kg
Eksportert energi	MJ for hver energibærer

2.1.2.7 Rapportering og kommunikasjon

Etter endt vurdering av en bygnings miljøprestasjon kan resultatene presenteres ved dokumenter og visuelle hjelpemidler. Resultatene som blir presentert i rapporten skal være sporbare og transparente. For å oppnå dette så bør informasjonen framstilles på en rimelig detaljert måte slik at leseren selv kan vurdere kvaliteten på informasjonen. Hvis det er moduler og indikatorer som ikke inkluderes i vurdering så skal årsaken til dette begrunnes. Datakilder og typer skal rapporteres.

2.1.2.8 Verifikasjon

Dersom det er nødvendig å verifisere vurderingen skal dette gjøres ut ifra en verifikasjonsprosedyre beskrevet i NS-EN 15978:2011 som skal omfatte følgende:

- Data som tilfredsstillir kravene i NS-EN 15804
- Konsistens mellom scenariene som gjelder på bygningsnivå, og de som brukes for produktet
- Data for valgte produkter skal være sporbare
- Konsistens mellom formålet med vurderingen og grenser og scenarier som brukes
- Fullstendighet og begrunnelse av fullstendighet for kvantifisering på bygningsnivå

2.2 EPD – (Environmental Product Declaration)

2.2.1 Generelt

EPD er et dokument som rapporterer miljøpåvirkninger og ressursforbruk for et spesifikt produkt. Hovedformålet med en EPD er å legge til rette ett miljømessig sammenligningsgrunnlag for produkter som utfører samme funksjon, samt å fremme etterspørselen av produkter som medfører en redusert belastning på miljøet. Informasjonen i en EPD anvendes som en form for kommunikasjon mellom profesjonelle aktører, som f.eks ved offentlige anskaffelser kan EPD-er brukes som miljødokumentasjon for materialer eller produkter der det stilles spesifikke krav til dette i prosjektet. EPD-er blir også brukt som et grunnlag for valg av det mest miljøvennlige produktet f.eks ved innkjøp av byggematerialer.

EPD er en miljødeklarasjon type III. Retningslinjene for en miljødeklarasjon type III er spesifisert ut ifra standarden ISO 14025. Målene og prinsippene for en miljødeklarasjon type III (EPD) er iht. ISO 14025 beskrevet som følgende:

Mål:

- å framskaffe LCA-basert informasjon og ytterlige 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 ISO 14020*
Ved utarbeidelse av en EPD skal prinsippene som er oppgitt i både ISO 14020 og ISO 14025 anvendes. Den standarden som angir det mest spesifikke kravet skal være gjeldende.
- *Frivillighet*
Bruk og utarbeidelse av EPD-er er frivillig.
- *Livsløpgrunnlag*
Ved utarbeidelse av en EPD skal alle relevante miljøpåvirkninger gjennom produktets livsløp tas hensyn til. Hvis miljøpåvirkningene som tolkes å være relevante ikke dekker alle faser av livsløpet til produktet, så skal dette påpekes og forklares. Ved anskaffelse av data som skal presenteres så gjelder prinsippene, metodene og rammeverket som er beskrevet i standardene ISO 14040 og ISO 14044. Dersom de relevante miljøaspekter ikke dekkes av en LCA så skal dette utarbeides ved hjelp av andre hensiktsmessige metoder.
- *Modularitet*
LCA basert data skal henvises til og fremstilles i form informasjonsmoduler. Figuren nedenfor viser hvordan en informasjonsmodul skal fremstilles i en EPD. Denne informasjonsmodulen viser parametere og enheter for de relevante miljøpåvirkninger, samt hvilke moduler igjennom produktets livsløp som er inkludert. Denne informasjonsmodulen er hentet ifra EPD-en for sibirsk lerk ifra Moelven.

Miljøpåvirkning									
Parameter	Unit	A1-A3	A4	A5	B3	C2	C3	C4	D
GWP	kg CO ₂ -ekv	-624,02	72,52	25,40	53,32	27,89	938,11	93,19	-264,23
ODP	kg CFC11-ekv	3,178E-05	1,14742E-05	2,4275E-06	5,097E-06	3,481E-06	1,62E-06	1,649E-07	-2,303E-05
POCP	kg C ₂ H ₄ -ekv	0,110	0,00885	0,00647	0,0136	0,00457	0,00505	0,000604	-0,0659
AP	kg SO ₂ -ekv	2,03	0,278	0,131	0,275	0,163	0,136	0,0114	-1,456
EP	kg PO ₄ ³⁻ -ekv	0,927	0,0741	0,0555	0,117	0,0489	0,0237	0,0358	-0,0909
ADPM	kg Sb-ekv	0,000429	0,000200	3,1305E-05	6,58E-05	4,008E-05	-4,179E-05	-3,016E-06	-3,161E-05
ADPE	MJ	5664,27	1063,19	356,27	747,955	390,135		3,613	-566,87

Figur 15 - Eksempel på en informasjonsmodul ifra en EPD

- *Medvirkning av berørte parter*

Fremgangsmåten ved å utarbeide en EPD bør inkludere en åpen konsultasjon, der alle berørte parter er delaktig. Det bør innenfor rimelighetens grad tilstrebtes å oppnå konsensus gjennom hele prosessen.

- *Sammenlignbarhet*

En EPD har i hensikt å tilrettelegge for kjøper eller bruker at dokumentert miljøprestasjon for et produkt gjennom livsløpet kan anvendes til sammenligning. Informasjonen som oppgis skal være presentert så tydelig og åpent at kjøper eller bruker forstår begrensningene for sammenlignbarhet i EPD-en. Dette prinsippet med sammenlignbarhet innebærer den største betydningen ved utarbeidelsen av en EPD.

- *Verifisering*

Det skal utføres en uavhengig verifisering av:

- LCA og LCI data
- informasjonsmoduler
- resultatene ifra EPD-en
- ytterlige miljøinformasjon som EPD-en bygger på
- gjennomgang av produktkategoriregler (PCR)

- *Fleksibilitet*

Det er viktig at en EPD opprettholder sin tekniske troverdighet samt at bruken er fleksibel, praktisk og kostnadseffektiv. Dette vil bidra til at EPD-er klarer å forbedre den miljømessige bevisstheten om produkter.

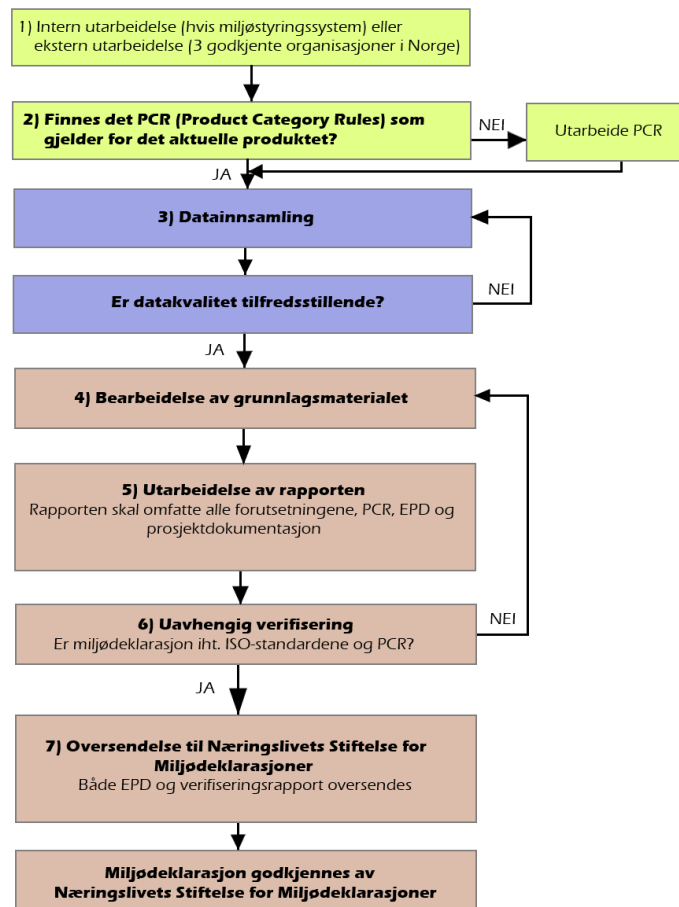
- *Åpenhet*

Resultatene som er fremstilt i EPD skal kunne tolkes og forstås av enhver som ønsker å bruke denne informasjonen.

2.2.2 Utarbeidelse av EPD

Siden denne oppgaven omhandler miljøpåvirkninger av byggverk vil det være nødvendig å se nærmere på hvordan EPD-er utarbeides for byggevarer i Norge. Flytskjemaet nedenfor viser framgangsmåten ved utarbeidelse av EPD-er for byggevarer i Norge.

Ønske fra produsent eller interesse organisasjon om å lage en miljødeklarasjon



Figur 16 - Flytskjema for utarbeidelse av EPD i Norge - kilde: (Grini & Fossdal, 2008)

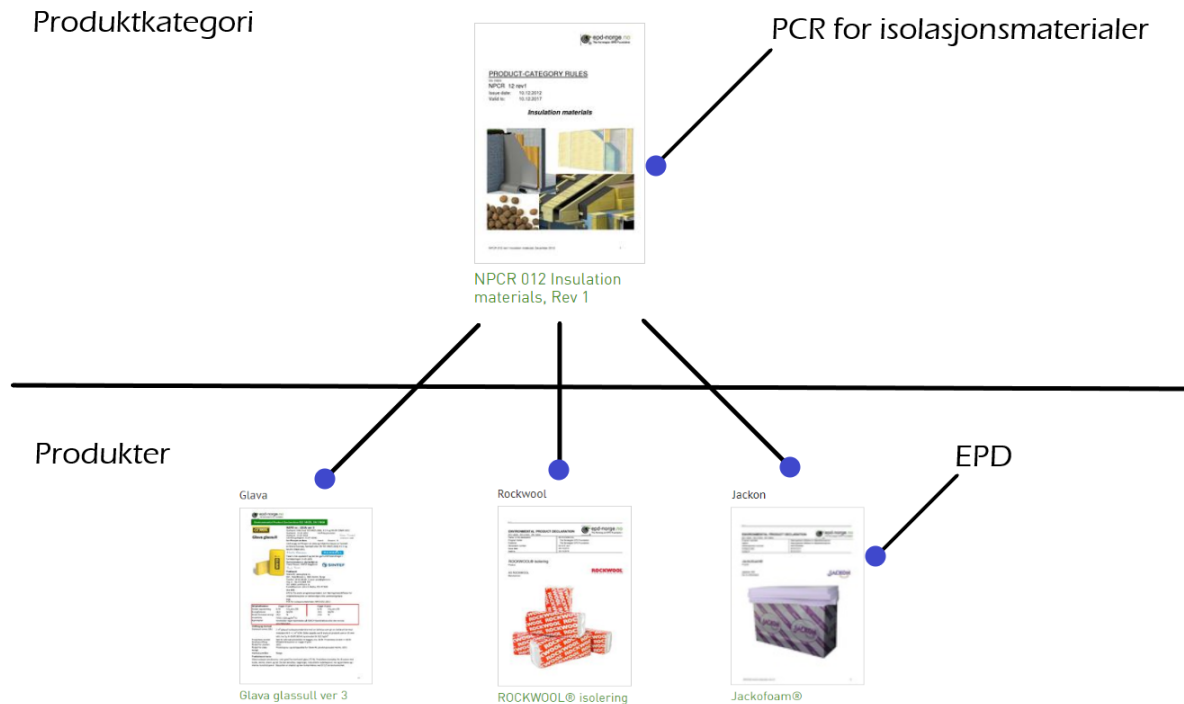
1) Skal EPD-en utarbeides intern eller eksternt?

Når det har blitt avgjort at det skal utarbeides en EPD for et produkt så må det tas stilling til hvordan denne utarbeidelsen skal gjennomføres. Her finnes to alternativer. Det første alternative er å utarbeide EPD-en internt. Dette kan gjøres hvis organet som ønsker å utarbeide en EPD har et sertifisert miljøstyringssystem (ISO 14001) og samtidig har intern LCA kompetanse. Det andre alternativet er å utarbeide EPD-en ved hjelp av eksternt kompetanse. På hjemmesiden til EPD-Norge finnes det en oversikt av en rekke aktører som er godkjente til å utføre og påta seg denne oppgaven.

2) PCR (Product Category Rules)

For å kunne utarbeide en EPD så må det finnes en PCR som gjelder for det vurderte produktet. Hvis det ikke finnes en gjeldende PCR så må denne utarbeides før videre arbeid kan fortsette. Steget med å definere hvilken PCR som skal ligge til grunn for utarbeidelsen av EPD-en er av særlig betydning fordi dette ivaretar at EPD-er blir utarbeidet på samme måte, uavhengig av hvem som utfører oppgaven. PCR er et sett med regler og retningslinjer som gjelder for en

spesifikk produkt kategori. Den angir hvordan en EPD skal utformes og oppgir mål og rammeverk for LCA prosedyren som skaper resultater for EPD-en. I NS-EN 15804 er det spesifisert grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer der denne standarden angir basisen for utarbeidelsen av PCR-er for byggevarer.



Figur 17 – Viser at ved utarbeidelse av en EPD så må man følge og lage denne EPD-en etter regler og retningslinjer for beskrives i den tilhørende PCR-en for det aktuelle produktet.

Som figur 17 viser så finnes det f.eks et PCR dokument for isolasjonsmaterialer der det videre kan utarbeides EPD-er for alle produkter som faller innenfor denne kategorien (glass- og steinull, ekstrudert polystyren m.m). Innholdet i en PCR er oppsummert videre nedenfor.

Innehold for PCR:

- Produktkategori definisjon
Setter rammer/betingelser for hva et produkt må oppfylle for å kunne tilhøre en spesifikk produktkategori.
- Definisjon av hensikt og omfang for produktets LCA vurdering, som skal inkludere:
 - Funksjonell enhet
 - Deklarert enhet
 - Systemgrenser

Iht. til NS-EN 15804 så er produkt fasen (A1-A3) obligatorisk å inkludere i alle EPD-er. Resten av modulene i livsløpet er valgfritt å deklare.

Etter endt levetid		D	
Gjenbruk - gjenvinning - resirkulering		D	
Slutfase	Avhending	C4	Valgfritt å inkludere
	Avfallshåndtering	C3	Valgfritt å inkludere
	Transport	C2	Valgfritt å inkludere
	Demontering	C1	Valgfritt å inkludere
Bruksfase	Vannforbruk ved drift	B7	Valgfritt å inkludere
	Energiforbruk ved drift	B6	Valgfritt å inkludere
	Renovering	B5	Valgfritt å inkludere
	Utskifting	B4	Valgfritt å inkludere
	Reparasjon	B3	Valgfritt å inkludere
	Vedlikehold	B2	Valgfritt å inkludere
	Bruk	B1	Valgfritt å inkludere
Gjennomføringsfase	Konstruksjon/innstallasjon	A5	Valgfritt å inkludere
	Transport	A4	Valgfritt å inkludere
Produktfase	Utvinning av råmaterialer	A1	Valgfritt å inkludere
	Transport	A2	Valgfritt å inkludere
	Produksjon	A3	Valgfritt å inkludere
Vugge til port Deklarert enhet	EPD	Obligatorisk	Obligatorisk
		Vugge til port med opsjoner Deklarert enhet/ Funksjonell enhet	Obligatorisk
		Vugge til grav Funksjonell enhet	Obligatorisk
Etter endt levetid	D	Valgfritt å inkludere	Valgfritt å inkludere
		Valgfritt å inkludere	Obligatorisk
		Valgfritt å inkludere	Obligatorisk
		Valgfritt å inkludere	Obligatorisk
		Valgfritt å inkludere	Obligatorisk
		Valgfritt å inkludere	Obligatorisk
		Valgfritt å inkludere	Obligatorisk
		Valgfritt å inkludere	Obligatorisk
		Valgfritt å inkludere	Obligatorisk
		Valgfritt å inkludere	Obligatorisk
		Valgfritt å inkludere	Obligatorisk
		Valgfritt å inkludere	Obligatorisk

Figur 18 - Moduler som er obligatorisk og valgfritt å inkludere ut ifra hvilken type EPD som skal utarbeides

- 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 iht. ISO 14044
 - Beregnings prosedyre
 - Allokering av inngangsstrømmer og utgangsemisjoner
- Miljøpåvirkningskategori
- Ytterlige miljøinformasjon

3) Datainnsamling

Siden en EPD er en rapport av en LCA så medfører dette at man må inkludere et livsløpsregnskap (LCI) for å kunne generere en rapport. Nødvendig data som må samles inn for produktet er om behandling av råvarene, produksjon av produktet, energi, transport og emballasje som er brukt. Ved innsamling av data skilles det mellom to typer, spesifikke og generiske data. Spesifikk data blir innhentet og opplyst om direkte ifra leverandør eller underleverandør mens generisk data innhentes via databaser (Grini & Fossdal, 2008). Generisk data kan eksempelvis være informasjon ifra en forskningsartikkel.

4) Bearbeidelse av grunnlagsmaterialet

Under dette punktet skal selve resultatene ifra LCA-en fremstilles, der dette utgjør selve EPD dokumentet som skal utgis. Det refereres videre til delkapittelet under for en videre utdyping av hva en EPD inneholder.

5) Rapport

Det er krav til rapportering ved utarbeidelse av en EPD. Alle dokumenter som har blitt brukt eller generert gjennom prosjektet skal innsamles og fremvises i rapporten. Rapporten skal inneholde følgende:

- 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

Som nevnt innledningsvis i kapittelet så stilles det krav om at en miljødeklarasjon type III (EPD) skal ha en uavhengig verifisering. Det finnes tre forskjellige typer å verifisere på:

- Intern uavhengig verifisering
EPD-en lages av produsenten og blir også verifisert i samme virksomhet. Innebærer at bedriften har et sertifisert miljøstyringssystem for kunne utarbeide denne verifiseringen. Utarbeidet EPD skal kun brukes som kommunikasjon mellom bedrifter og ikke mot forbruker.
- Ekstern uavhengig verifisering
EPD-en kan enten lages internt av en i virksomheten eller av et eksternt organ, mens verifiseringen må gjøres eksternt av en godkjent EPD-verifisør.
- Tredje parts verifisering
Denne verifiseringen er obligatorisk når EPD-en er ment å kommunisere ifra bedrift mot forbruker. Hvis EDP-en er ment å kommunisere ifra bedrift til bedrift er denne type verifisering frivillig. Begrepet tredje part innebærer en person eller organisasjon som ikke har noen form for tilknytning til de parter som er involvert i prosessen.

Hensikten med verifiseringen er å sikre seg at EDP-en blir utarbeidet iht. gjeldene standarder og PCR-er.

7) Oversendelse til Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner

Etter at EPD rapporten er utarbeidet og verifisert så sendes den videre til Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner der dokumentet blir godkjent ved underskrift av leder og offentliggjort.

2.2.3 Innhold i en EPD

Følgende punkter skal inkluderes og presenteres i ett EPD dokument:

- *Generellinformasjon om EPD-en*

EPD-ens 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.

Generell informasjon	
Produkt: Hunton Vindtett™	Eier av deklarasjonen: Hunton Fiber AS Kontaktperson: Thomas Løkken Tlf: +47 815 10 033 e-post: teknisk@hunton.no
Program operatør: Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner Postboks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo Tlf: +47 23 08 82 92 e-post: post@epd-norge.no	Produsent: Hunton Fiber AS
Deklarasjon nummer: NEPD-1247-400-NO	Produksjonssted: Gjøvik, Norge
ECO Platform registreringsnummer: -	Kvalitet/Miljøsystem: ISO 50001, PEFC ST 2002
Deklarasjonen er basert på PCR: CEN Standard EN 15804 tjener som kjerne PCR NPCR010 rev1 building boards (12/2013).	Org. no.: 964 014 256
Erklæringen om ansvar: Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.	Godkjent dato: 30.01.2017
Deklartert enhet: Produksjon av 1 m ² asfaltimpregnert porøs trefiberplate med 12 mm tykkelse	Gyldig til: 30.01.2022
Deklartert enhet med opsjon:	Arstall for studien: 2016
Funksjonell enhet: 1 m ² asfaltimpregnert porøs trefiberplate, fra vugge-til-grav med 12 mm tykkelse og en referanselevetid på 60 år.	Sammenlignbarhet: EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.
Verifikasjon: Uavhengig verifikasjon av deklarasjonen og data, i henhold til ISO 14025:2010 <input type="checkbox"/> internt <input checked="" type="checkbox"/> eksternt Tredjeparts verifikator:  (Uavhengig verifikator godkjent av EPD Norge)	Miljødeklarasjonen er utarbeidet av: Lars G. F. Tellnes Norsk Treteknisk Institutt  Treteknisk 
	Godkjent  Håkon Hauan Daglig leder av EPD-Norge

Figur 19 – Innhold i en EPD - del 1 – Generellinformasjon

- Informasjon om produsent eller interesseorganisasjon

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

Generell informasjon	
Produkt: Hunton Vindtett™	Eier av deklarasjonen: Hunton Fiber AS Kontaktperson: Thomas Løkken Tlf: +47 815 10 033 e-post: teknisk@hunton.no
Program operatør: Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner Postboks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo Tlf: +47 23 08 82 92 e-post: post@epd-norge.no	Produsent: Hunton Fiber AS
Deklarasjon nummer: NEPD-1247-400-NO	Produksjonssted: Gjøvik, Norge
ECO Platform registreringsnummer: -	Kvalitet/Miljøsystem: ISO 50001, PEFC ST 2002
Deklarasjonen er basert på PCR: CEN Standard EN 15804 tjener som kjerne PCR NPCR010 rev1 building boards (12/2013).	Org. no.: 964 014 256
Erklæringen om ansvar: Eier av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.	Godkjent dato: 30.01.2017
Deklarert enhet: Produksjon av 1 m ² asfaltimpregnert porøs trefiberplate med 12 mm tykkelse	Gyldig til: 30.01.2022
Deklarert enhet med opsjon:	Arstall for studien: 2016
Funksjonell enhet: 1 m ² asfaltimpregnert porøs trefiberplate, fra vugge-til-grav med 12 mm tykkelse og en referanselevetid på 60 år.	Sammenlignbarhet: EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.
Verifikasjon: Uavhengig verifikasjon av deklarasjonen og data, i henhold til ISO 14025:2010 <input type="checkbox"/> internt <input checked="" type="checkbox"/> eksternt	Miljødeklarasjonen er utarbeidet av: Lars G. F. Tellnes Norsk Treteknisk Institutt  Treteknisk 
Tredjeparts verifikator:  (Uavhengig verifikator godkjent av EPD Norge)	Godkjent  Håkon Hauan Daglig leder av EPD-Norge

Figur 20 – Innhold i en EPD - del 2 – Informasjon om produsent eller interesseorganisasjon

- Informasjon om produktet

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

<p>Deklarert enhet: Produksjon av 1 m² asfaltimpregnert porøs trefiberplate med 12 mm tykkelse</p> <p>Deklarert enhet med opsjon:</p> <p>Funksjonell enhet: 1 m² asfaltimpregnert porøs trefiberplate, fra vugge-til-grav med 12 mm tykkelse og en referanselevetid på 60 år.</p> <p>Verifikasjon: Uavhengig verifikasjon av deklarasjonen og data, i henhold til ISO 14025:2010</p> <p><input type="checkbox"/> internt <input checked="" type="checkbox"/> eksternt</p> <p>Tredjeparts verifikator: <i>Marte Reenaas</i> (Uavhengig verifikator godkjent av EPD Norge)</p>	<p>Årstall for studien: 2016</p> <p>Sammenlignbarhet: EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.</p> <p>Miljødeklarasjonen er utarbeidet av: Lars G. F. Tellnes Norsk Treteknisk Institutt</p> <p><i>Lars G. F. Tellnes</i> Treteknisk </p> <p>Godkjent</p> <p><i>Håkon Hauan</i> Håkon Hauan Daglig leder av EPD-Norge</p>
---	---

NEPD-1247-400-NO Hunton Vindtett™

2/9



Produkt

Produktbeskrivelse:

Hunton Asphalt Vindtett er asfaltimpregnerte porøse trefiberplater beregnet som bruk som vindspærre. Platene har et asfaltimpregnert belegg på den ene siden som gjør platene lufttette. Kan brukes som vindspærre og underkledding i varmeisolerete trekonstruksjoner.

Tekniske data:

Produktet har en densitet på 227-281 kg/m³ avhengig av tykkelse. Finnes i 12, 15, 19 og 25 mm tykkelse.

Produktet har SINTEF Teknisk Godkjenning nr. 2002

Produktspesifikasjon:

Beregningene er gjennomført for 12 mm tykke asfaltplater og som har en densitet på 230 kg/m³. 15 mm har høyere densitet på grunn av høyere asfaltinnhold, mens 19 mm og 25 mm har relativt lik densitet og sammensetning som 12 mm.

Materialer	kg	%
Trefiber, tørrvekt	2,11	76,36 %
Vann	0,11	3,83 %
Asfalt	0,32	11,72 %
Papirmakulator	0,17	5,97 %
Bentonitt	0,02	0,69 %
Lim	0,02	0,54 %
Alun	0,02	0,87 %
Annet	<0,00	0,02 %
Totalt for produkt	2,76	100,00 %
Treemballasje	0,06	
Plastemballasje	0,01	
Totalt med emballasje	2,82	

Markedsområde:

Norden, scenarier i LCA er beregnet basert på bruk i Norge.

Levetid:

Referanselevetid er den samme som for byggverket, og som regel settes den til 60 år.

Figur 21 – Innhold i en EPD – del 3 – Informasjon om produktet

- Systemgrenser

Hvilke moduler og faser som er inkludert i vurderingen.

Systemgrenser (X = inkludert, MID = modul ikke deklartert, MIR = modul ikke relevant)

		Etter endt levetid				
		Gjenbruk-gjenvinning- resirkulering-potensiale	D	X		
Produktfase	Konstruksjon installasjon fase	Råmaterialer	A1	X		
		Transport	A2	X		
Tilvirkning		A3	X			
Transport		A4	X			
Bruksfase	Bruksfase	Konstruksjon installasjon fase	A5	X		
		Bruk	B1	X		
		Vedlikehold	B2	X		
		Reparasjon	B3	X		
		Utskiftninger	B4	X		
		Renovering	B5	X		
		Operasjonell energibruk	B6	X		
		Operasjonell vannbruk	B7	X		
		Sluttfase	Sluttfase	Demontering	C1	X
				Transport	C2	X
Avfallsbehandling	C3			X		
Avfall til sluttbehandling	C4			X		

Figur 22 – Innhold i en EPD – del 4 – Systemgrenser som inkluderes for valgt EPD

- Ressursforbruk

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

Ressursbruk									
Parameter	Unit	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
RPEE	MJ	2,34E+01	2,19E-02	3,18E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
RPEM	MJ	4,15E+01	0,00E+00	4,71E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TPE	MJ	6,48E+01	2,19E-02	3,23E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
NRPE	MJ	1,07E+01	1,67E+00	1,34E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
NRPM	MJ	1,37E+01	0,00E+00	1,32E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TRPE	MJ	2,44E+01	1,67E+00	1,35E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
SM	kg	1,68E-01	0,00E+00	1,44E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
RSF	MJ	2,97E-02	0,00E+00	1,39E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
NRSF	MJ	1,98E-02	0,00E+00	1,60E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
W	m ³	1,77E-01	3,57E-04	9,08E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Ressursbruk									
Parameter	Unit	B6	B7	C1	C2	C3	C4		D
RPEE	MJ	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-02	6,25E-03	4,00E+01	4,67E-04		-1,92E+01
RPEM	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-4,05E+01	0,00E+00		0,00E+00
TPE	MJ	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-02	6,25E-03	-5,69E-01	4,67E-04		-1,92E+01
NRPE	MJ	0,00E+00	0,00E+00	1,71E-03	5,00E-01	1,39E+01	2,04E-02		-3,86E+00
NRPM	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,34E+01	0,00E+00		0,00E+00
TRPE	MJ	0,00E+00	0,00E+00	1,71E-03	5,00E-01	5,03E-01	2,04E-02		-3,86E+00
SM	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,65E-01	0,00E+00		0,00E+00
RSF	MJ	0,00E+00	0,00E+00	1,82E-05	0,00E+00	2,76E+00	0,00E+00		-1,64E+01
NRSF	MJ	0,00E+00	0,00E+00	1,21E-05	0,00E+00	1,19E-02	0,00E+00		-1,09E+01
W	m ³	0,00E+00	0,00E+00	1,05E-04	1,05E-04	1,75E-03	2,12E-05		-7,29E-02

RPEE Fornybar primærenergi brukt som energibærer; RPEM Fornybar primærenergi brukt som råmateriale; TPE Total bruk av fornybar primærenergi; NRPE Ikke fornybar primærenergi brukt som energibærer; NRPM Ikke fornybar primærenergi brukt som råmateriale; TRPE Total bruk av ikke fornybar primærenergi; SM Bruk av sekundære materialer; RSF Bruk av fornybart sekundære brensel; NRSF Bruk av ikke fornybart sekundære brensel; W Netto bruk av ferskvann

Livsløpets slutt - Avfall									
Parameter	Unit	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
HW	kg	5,47E-03	2,53E-04	5,53E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
NHW	kg	2,91E-01	1,20E-01	2,48E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
RW	kg	1,43E-04	1,08E-05	7,92E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Livsløpets slutt - Avfall									
Parameter	Unit	B6	B7	C1	C2	C3	C4		D
HW	kg	0,00E+00	0,00E+00	1,65E-06	6,34E-05	2,78E-02	7,69E-02		-2,94E-03
NHW	kg	0,00E+00	0,00E+00	9,83E-05	2,89E-02	4,23E-02	1,15E-02		-8,02E-02
RW	kg	0,00E+00	0,00E+00	9,68E-09	3,20E-06	1,30E-06	1,14E-07		-1,56E-05

HW Avhendet farlig avfall; NHW Avhendet ikke-farlig avfall; RW Avhendet radioaktivt avfall

Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer									
Parameter	Unit	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	7,00E-03	0,00E+00	5,92E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MER	kg	6,80E-03	0,00E+00	5,78E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	6,87E-03	0,00E+00	2,16E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
ETE	MJ	4,73E-02	0,00E+00	1,64E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer									
Parameter	Unit	B6	B7	C1	C2	C3	C4		D
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		0,00E+00
MR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		0,00E+00
MER	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		0,00E+00
EEE	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,31E+00	0,00E+00		-3,19E+00
ETE	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,27E+01	0,00E+00		-3,59E+01

CR-komponenter for gjenbruk, MR Materialer for resirkulering, MER Materialer for energigjenvinning, EEE Eksportert elektrisk energi; ETE Eksportert termisk energi

Figur 23 – Innhold i en EPD – del 5 – Hvordan ressursforbruk presenteres i en EPD

- *Miljøpåvirkninger*

Utslipp til omgivelser for de ulike livsløpsmodulene.

Miljøpåvirkning										
Parameter	Unit	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	
GWP	kg CO ₂ -ekv	-3,60E+00	1,00E-01	1,72E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
ODP	kg CFC11-ekv	2,47E-07	1,89E-08	1,38E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
POCP	kg C ₂ H ₄ -ekv	2,64E-04	1,69E-05	1,57E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
AP	kg SO ₂ -ekv	3,56E-03	4,00E-04	2,38E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EP	kg PO ₄ ³⁻ -ekv	1,07E-03	6,90E-05	6,73E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
ADPM	kg Sb-ekv	3,66E-06	2,12E-07	2,03E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
ADPE	MJ	9,41E+00	1,64E+00	1,28E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Miljøpåvirkning									
Parameter	Unit	B6	B7	C1	C2	C3	C4		D
GWP	kg CO ₂ -ekv	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-04	3,04E-02	5,21E+00	7,03E-04		-2,56E-01
ODP	kg CFC11-ekv	0,00E+00	0,00E+00	1,21E-11	5,63E-09	4,57E-09	2,90E-10		-3,21E-08
POCP	kg C ₂ H ₄ -ekv	0,00E+00	0,00E+00	2,68E-08	5,20E-06	2,65E-05	2,41E-07		-1,37E-04
AP	kg SO ₂ -ekv	0,00E+00	0,00E+00	5,34E-07	1,21E-04	6,74E-04	4,67E-06		-1,42E-03
EP	kg PO ₄ ³⁻ -ekv	0,00E+00	0,00E+00	1,08E-07	2,08E-05	1,82E-04	7,62E-07		-3,35E-04
ADPM	kg Sb-ekv	0,00E+00	0,00E+00	1,52E-09	8,36E-08	8,20E-08	1,01E-09		-6,24E-07
ADPE	MJ	0,00E+00	0,00E+00	1,20E-03	4,91E-01	1,39E+01	1,99E-02		-3,39E+00

GWP Globalt oppvarmingspotensial; ODP Potensial for nedbryting av stratosfærisk ozon; POCP Potensial for fotokjemisk oksidantdannning; AP Forsurningspotensial for kilder på land og vann; EP Overgjødslingspotensial; ADPM Abiotisk uttømmingspotensial for ikke-fossile ressurser; ADPE Abiotisk uttømmingspotensial for fossile ressurser

Figur 24 - Innhold i en EPD – del 6 – Hvordan miljøpåvirkninger presenteres i en EPD

- *Kjemikalier i produktet*

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

Farlige stoffer

Produktet inneholder ingen stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

Produktet inneholder stoffer som er under 0,1 vekt% på REACH Kandidatliste.

Produktet inneholder stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten, se tabell under Spesifikke norske krav.

Produktet inneholder ingen stoffer på REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten. Produktet kan karakteriseres som farlig avfall (etter Avfallsforskriften, Vedlegg III), se tabell under Spesifikke norske krav.

Navn	CAS no.	Mengde
PAH		0,00123 %

Produktet er i SINTEF Teknisk Godkjenning nr. 2002 vurdert til å ikke inneholde prioriterte miljøgifter eller andre relevante stoffer i en mengde som vurderes som helse- og miljøfarlige.

Figur 25 – Innhold i en EPD – del 7 – Frivillig deklarasjon av kjemikalier i produktet

- *Inneklimapåvirkning og utlekking til jord og vann*

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

Inneklima

Det er gjennomført tester på produktet med henblikk på inneklima og produktet tilfredstiller alle krav til M1 (SP 2013).

Forbindelse	Konsentrasjon [mg/m ³]	Emisjonsrate [mg/m ² h]	Kriterie M1 [mg/m ² h]
TVOC	0,007	0,0008	<0,2
Carcinogens	<0,002	<0,002	<0,005
Formaldehyde	0,009	0,010	<0,05
Ammonia	<0,004	<0,005	<0,03

Figur 26 – Innhold i en EPD – del 8 – Eventuelle opplysning om påvirkninger til inneklima

Alle tallfestede data referer til funksjonell eller deklarasjon enhet for produktet. Eksemplene/utklipp er hentet ifra EPD for Hunton Vindtett fra leverandør Hunton Fiber AS.

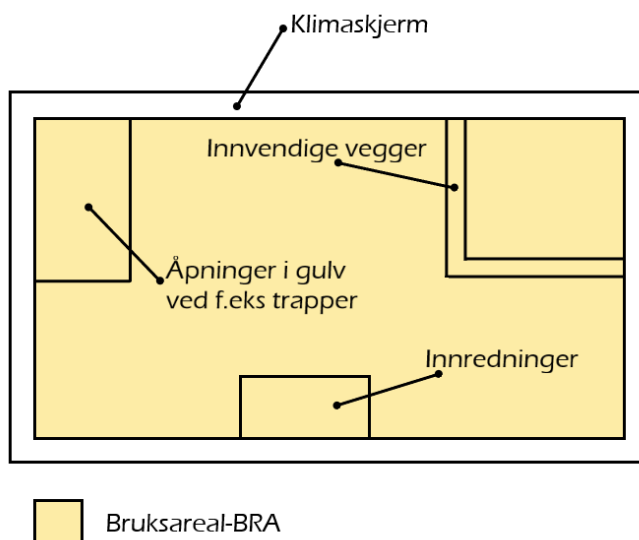
2.3 Ambisjonsnivåer for energieffektivisering i Norge

2.3.1 TEK17

TEK17 er en byggteknisk forskrift som angir minimumskravene for at et byggverk skal kunne oppføres på lovlig vis i Norge. Formålet med forskriften er iht. § 1-1 i TEK17 beskrevet/definert på følgende måte «Forskriften skal sikre at tiltak planlegges, prosjekteres og utføres ut fra hensyn til god visuell kvalitet, universell utforming og slik at tiltaket oppfyller tekniske krav til sikkerhet, miljø, helse og energi» (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017, § 1-1). Forskriften er fastsatt av Kommunal- og moderniseringsdepartementet med hjemmel i lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) som hadde en ikrafttredelse den første juli 2017 (Lovdata.no, u.d.). Den byggtekniske forskriften TEK17 gir en mer bestemt forklaring samt bidrar til å tydeliggjøre bestemmelsene i plan- og bygningsloven. TEK17 er inndelt i 17 kapitler som omfatter ikke bare tekniske krav til byggverk om også retningslinjer rundt dokumentasjon av produkter til byggverk samt forvaltning, drift og vedlikehold (FDV)m.m.

Kapittel 14 i TEK17 omhandler energi i byggverk og vil være av særlig betydning for denne oppgaven. Det skal videre gjøres rede for krav til energibruk dersom TEK17 er bestemt som ambisjonsnivå.

I § 14-1 er det angitt generelle krav som gjelder ved prosjektering av nybygg og rehabilitering av eksisterende bygg. Paragrafen sier i hovedsak at det skal tilrettelegges for et forsvarlig energibruk, noe som innebærer at bygget skal ha lavt energibehov og ha miljøvennlig energiforsyning. Energikravene som blir beskrevet kapittel 14 gjelder for bygningens oppvarmede bruksareal (BRA). Oppvarmet bruksareal er definert iht. NS 3940:2012 som det arealet som er omsluttet byggets klimaskjerm (NS 3940:2012).



Figur 27 - Definisjon av hva som skal inkluderes som bruksareal iht. NS 3940:2012

To krav må overholdes for at byggets energibruk skal være tilfredsstillt iht. TEK17. Det første kravet iht. § 14-3 som skal overholdes er minimumskrav til energieffektivitet som angir en minste akseptabel ytelse på noen utvalgte komponenter i klimaskjerm samt for selve klimaskjermen. Verdier er basert på gjennomsnittlige verdier for aktuell bygningsdel. Minimumskravene som er vist i tabell 7 gjelder for alle bygninger, unntatt boligbygninger og fritidsbolig med laftede yttervegger. Minimumskravene for boligbygninger og fritidsboliger med laftede yttervegger er ikke inkludert her, der dette ikke ansees å være relevant for oppgaven.

Tabell 7 - Minimumskrav til klimaskjerm og bygningskomponenter iht. TEK17 § 14-3 (1)

U-verdi yttervegg [W/(m ² K)]	U-verdi tak [W/(m ² K)]	U-verdi gulv på grunn og mot det fri [W/(m ² K)]	U-verdi vindu og dør inkludert karm/ramme [W/(m ² K)]	Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell (luftveksling per time)
≤ 0,22	≤ 0,18	≤ 0,18	≤ 1,2	≤ 1,5

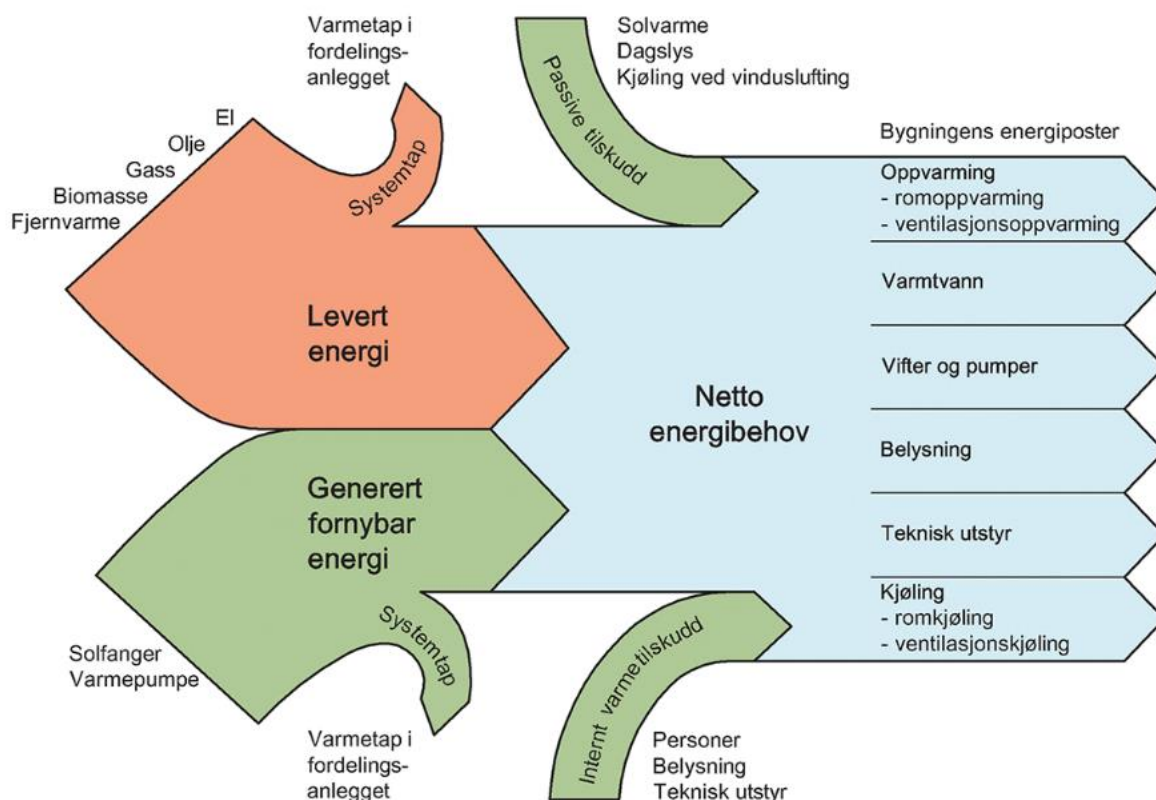
Andre kravet som må overholdes er at total netto energibehov ikke skal være over angitte verdier (tabell 8) som er tilpasset etter de 13 definerte bygningskategorier. Det totale netto energibehov vil videre også være betegnet som energirammer.

Tabell 8 - Energirammer som ulike bygningskategorier må overholde for å tilfredsstille krav i TEK17

Bygningskategori	Totalt netto energibehov [kWh/m ² oppvarmet BRA per år]
Småhus, samt fritidsboliger over 150 m ² oppvarmet BRA	100+1600/m ² oppvarmet BRA
Boligblokk	95
Barnehage	135
Kontorbygning	115
Skolebygning	110
Universitet/høyskole	125
Sykehus	225 (265)
Sykehjem	195 (230)
Hotellbygning	170
Idrettsbygning	145
Forretningsbygning	180
Kulturbygning	130
Lett industri/verksteder	140 (160)

Tallene i parentes gjelder for arealer der varmegjenvinning av ventilasjonsluft medfører risiko for spredning av forurensning eller smitte (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017, §14-2).

Hva netto energibehov omfatter samt generelle energibegreper knyttet til dette vises i figur 28 nedenfor. Dette er begreper som videre skal brukes i sammenheng med oppgaven.



Figur 28 - Illustrasjon som viser hva begrepet netto energibehov omfatter samt begreper og sammenhenger tilknyttet dette – kilde: (Byggdetaljebled: 473.003-Energieffektive bygninger. Begreper og definisjoner)

For småhus og boligblokker kan dokumentasjon av energieffektivitet gjøres ved å følge en forenklet energitiltaksmetode beskrevet i §14-2 istedenfor å tilfredstille energirammer. Energiltakene kan omfordes dersom minimumskravene i §14-3 er oppfylt samt at bygningens varmetapstall ikke øker. Varmetapstallet er et beregningspunkt som fremstiller det totale varmetapet gjennom transmisjon, infiltrasjon og eventuelt også ventilasjon dividert på oppvarmet BRA (Rambøll, 2013).

Tabell 9 – Energiltak for småhus og boligblokker

Energiltak	Småhus	Boligblokk
1) U-verdi yttervegg [W/(m ² K)]	≤ 0,18	≤ 0,18
2) U-verdi tak [W/(m ² K)]	≤ 0,13	≤ 0,13
3) U-verdi gulv [W/(m ² K)]	≤ 0,10	≤ 0,10
4) U-verdi vinduer og dører [W/(m ² K)]	≤ 0,80	≤ 0,80
5) Andel vindus- og dørareal av oppvarmet BRA [%]	≤ 25	≤ 25
6) Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg [%]	≥ 80	≥ 80
7) Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg (SFP) [kW/(m ³ /s)]	≤ 1,5	≤ 1,5
8) Luftlekkasjetall per time ved 50 Pa trykkforskjell [1/h]	≤ 0,6	≤ 0,6
9) Normalisert kuldebroverdi, der m ² angis som oppvarmet BRA [W/(m ² K)]	≤ 0,05	≤ 0,07

Krav til løsninger for energiforsyninger er beskrevet i §14-4 med følgende punkter:

- Varmeinstallasjon som benytter fossilt brensel er ikke tillatt å bruke
- Alle bygninger utenom småhus skal ha energifleksible varmesystemer som tilrettelegges for bruk av lavtemperatur løsninger dersom oppvarmet BRA overstiger 1000 m²
- Småhus skal ha skorstein. Dette kravet kan fravikes dersom småhuset har vannbårent varme, som minimum betjener oppvarmingsbehovet for stue eller at årlig netto energibehov til oppvarming ikke overstiger kravet til passivhus.

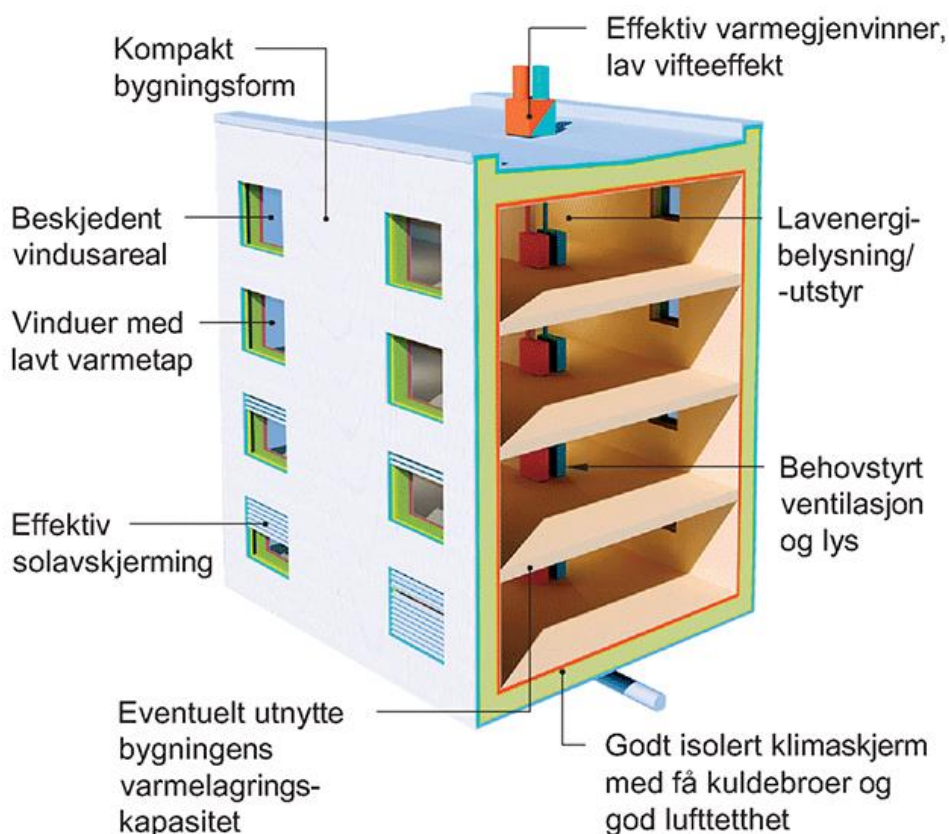
2.3.2 Passivhus og lavenergi

Passivhus er et konsept utviklet i Tyskland og som ble definert av den tyske fysikeren Dr. Wolfgang Feist for mer enn 20 år siden (Anda & Bjelland, 2013). Siden den gang har Dr. Feist vært grunnlegger av Passivhaus-Institut i Darmstadt, Tyskland som er et uavhengig forskningsinstitutt som driver med utvikling og forskning av konstruksjonsløsninger og bygningskomponenter rettet mot passive- og lavenergibygninger. Definisjonen av et passivhus er ifølge Passivhaus-Institut karakterisert som følgende «*Et passivhus er en bygning, hvor termisk komfort (ISO 7730) kan oppnås utelukkende ved hjelp av ettervarming og etterkjøling av den friske luftmassen, som er nødvendig for å oppnå tilstrekkelig kvalitet på luften innendørs-uten behov for ytterlige resirkulering av luft*» (Passivhaus Institut, u.d.). Passivhus konseptet anvendes både på nybygg og ved eventuelle oppgraderinger av eksisterende bygg. Begrepet «passiv» innebærer å redusere energibehovet til et byggverk ved å bruke tiltak som

ikke krever strøm eller har forbruk av energi under sin driftsfase. Eksempler på noen passive tiltak er:

- ekstra god luft- og infiltrasjonstetthet i klimaskjerm
- ekstra god varmeisolering av yttervegg, tak, gulv og vinduer
- utnyttelse av eksponert termisk masse
- naturlig ventilasjon

Siden bygget er svært godt isolert og tett vil dette bidra til et redusert varmetap som igjen resulterer i et mindre oppvarmingsbehov. Et vanlig oppvarmingsystem kan i prinsippet fjernes eller reduseres vesentlig slik at kostnader rundt dette minimeres. Oppvarmingsbehovet i et passivhus kan tilfredsstilles ved f.eks bruk av et mekanisk ventilasjonssystem med varmegjenvinner med tilstrekkelig høy virkningsgrad. I tillegg til det som er nevnt ovenfor så er byggets form og orientering viktige parametere å ta hensyn til ved tilrettelegging av passivhus. Hovedkonseptene i et passivhus er illustrert i figur 29.



Figur 29 - Hovedkonseptene ved utførelse av passivhus - kilde: (Byggdetaljebled: 473.010-Generelt om passivhus.Valg og konsekvenser)

Om lavenergihus kan man generelt si at dette har ett høyere krav til oppvarmingsbehov enn TEK17 og ett lavere krav enn for passivhus. Kort forklart så ligger det i mellom TEK17 og passivhus med tanke ambisjonsnivå for energieffektivisering.

I Norge er kriteriene for passivhus og lavenergi definert iht. standardene NS 3700:2013 - *Kriterier for passivhus og lavenergibygninger - Boligbygninger* og NS 3701:2012 - *Kriterier for passivhus og lavenergibygninger - Yrkesbygninger*. Standardene er utviklet slik at kriteriene for passiv- og lavenergihus er tilpasset og tar hensyn til et norsk klima og byggeskikk. Det skal videre sees nærmere på hva NS 3700:2013 opplyser om i forhold til passivhus og lavenergi krav.

I likhet med TEK17 så stilles det krav om en minste akseptert ytelse for noen bygningsdeler og komponenter som vises i tabell 10. I tillegg til disse kravene skal også minstekravene i TEK17 (tabell 7) være oppfylt.

Tabell 10 - Minstekrav til bygningskomponenter for å tilfredsstille enten passivhus eller lavenergi krav

Ytelse	Passivhus	Lavenergi	
		Klasse 1	Klasse 2
U-verdi vinduer og dører [W/(m ² K)]	≤ 0,80	≤ 1,2	≤ 1,6
Normalisert kuldebroverdi, der m ² angis som oppvarmet BRA [W/(m ² K)]	≤ 0,03	≤ 0,05	-
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg [%]	≥ 80	≥ 70	-
Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg (SFP) [kW/(m ³ /s)]	≤ 1,5	≤ 2,0	-
Luftlekkasjetall per time ved 50 Pa trykkforskjell [1/h]	≤ 0,6	≤ 1,0	≤ 3,0

I motsetning til TEK17 der det stilles krav totalt netto energibehov, så er det i NS 3700 istedenfor satt krav til netto energibehov for oppvarming og kjøling. Tabell 11 og 12 viser krav til høyeste tillatte netto energibehov til oppvarming for en bolig etter passivhus og lavenergi standard. Som tabellen indikerer så tar dette kravet hensyn til både oppvarmet BRA og lokalt klima.

Tabell 11 – Krav til passivhus som gjelder høyeste tillatte netto energibehov til oppvarming som er avhengig av både klima og størrelse på bygningen

Årsmiddeltemperatur, [C°]	Høyeste tillatte netto energibehov til oppvarming [kWh/m ² år]	
	Boligbygning der A _{fl} < 250 m ²	Boligbygning der A _{fl} ≥ 250 m ²
≥ 6,3	$15 + 5,4 * \frac{(250 - A_{fl})}{100}$	15
< 6,3	$15 + 5,4 * \frac{(250 - A_{fl})}{100} + \left(2,1 + 0,59 * \frac{(250 - A_{fl})}{100} \right) * (6,3 - \theta_{ym})$	$15 + 2,1 * (6,3 - \theta_{ym})$

Tabell 12– Krav til lavenergibygg som gjelder høyeste tillatte netto energibehov til oppvarming som er avhengig av både klima og størrelse på bygningen

Årsmiddeltemperatur, [C°]		Høyeste tillatte netto energibehov til oppvarming [kWh/m ² år]	
		Boligbygning der A _{fl} < 250 m ²	Boligbygning der A _{fl} ≥ 250 m ²
≥ 6,3	Klasse 1	$30 + 8 * \frac{(250 - A_{fl})}{100}$	30
	Klasse 2	$45 + 10 * \frac{(250 - A_{fl})}{100}$	45
< 6,3	Klasse 1	$30 + 8 * \frac{(250 - A_{fl})}{100} + \left(3,3 + 0,75 * \frac{(250 - A_{fl})}{100} \right) * (6,3 - \theta_{ym})$	$30 + 3,3 * (6,3 - \theta_{ym})$
	Klasse 2	$45 + 10 * \frac{(250 - A_{fl})}{100} + \left(4,8 + 1,05 * \frac{(250 - A_{fl})}{100} \right) * (6,3 - \theta_{ym})$	$45 + 4,8 * (6,3 - \theta_{ym})$

Netto energibehov til oppvarming omfatter både behovet til romoppvarming og varmebatteri i ventilasjonsaggregat.

Kravet til netto energibehov for kjøling er litt mer rett på sak og sier at bygget ikke skal ha noe forbruk av energi til kjøling i det hele tatt. Dette innebærer at tilfredsstillende termisk komfort skal oppnås uten bruk av mekanisk kjøling, kjølebatterier i ventilasjonsaggregat eller kjølemaskiner generelt.

Videre i NS 3700:2013 stilles det krav om at varmetapstallet for transmisjons- og infiltrasjonsvarmetap ikke skal overstige verdier angitt i tabell 13. Varmetapstallet for transmisjons- og infiltrasjonstap skal beregnes etter NS 3031.

Tabell 13 – Krav til varmetapstall for henholdsvis passivhus og lavenergi som er avhengig av størrelse på bygningen

Varmetapstall for transmisjons- og infiltrasjonstap, $H''_{tr,inf}$ [W/(m ² k)]				
		Boligbygninger der $A_{fi} < 100 \text{ m}^2$	Boligbygninger der $100 \text{ m}^2 \leq A_{fi} < 250 \text{ m}^2$	Boligbygninger der $A_{fi} \geq 250 \text{ m}^2$
Passivhus		0,53	0,48	0,43
Lavenergi	Klasse 1	0,7	0,65	0,55
	Klasse 2	0,93	0,83	0,68

Det siste kravet som må overholdes er kravet om energiforsyning. Generelt så sier dette kravet at oppvarmingsanlegg skal i betydelig grad kunne anvende andre former for energi enn fossile brenslere og elektrisitet. Spesifikt så skal «*beregnet mengde levert elektrisk og fossil energi være mindre enn totalt netto energibehov fratrukket 50% av netto energibehov til varmtvann*» (NS 3700:2013). Dette er vist i likning (1) under.

$$E_{del,el} + E_{del,oil} + E_{del,gas} < E_t - 0,5 * Q_{W,nd} \quad , \left[\frac{kWh}{\text{år}} \right] \quad (1)$$

Der

$$E_{del,el} := \text{energi fra årlig levert elektrisitet} , \left[\frac{kWh}{\text{år}} \right]$$

$$E_{del,oil} := \text{energi fra årlig levert fossil olje} , \left[\frac{kWh}{\text{år}} \right]$$

$$E_{del,gas} := \text{energi fra årlig levert fossil gass} , \left[\frac{kWh}{\text{år}} \right]$$

$$E_t := \text{totalt årlig netto energibehov} , \left[\frac{kWh}{\text{år}} \right]$$

$$Q_{W,nd} := \text{årlig netto energibehov for oppvarming av tappevann (settes lik standardverdi fra NS 3031)} , \left[\frac{kWh}{\text{år}} \right]$$

2.3.3 Plusshus

Det er foreløpig ingen standard, verken i Norge eller internasjonalt som definerer konkret hva begrepet plusshus innebærer. Det er da ingen felles betegnelse på hva ett plusshus er, men her i Norge finnes det to ulike definisjoner på hva som kan betraktes som ett plusshus. Den ene definisjonen er utarbeidet av Powerhouse-alliansen og den andre er utarbeidet av FutureBuilt. Det er noen begreper som må gjøres rede for det utdypes noe videre.

Primærenergi er energi i sin opprinnelige form som verken har blitt omdannet eller som har gått over i andre former for energi.

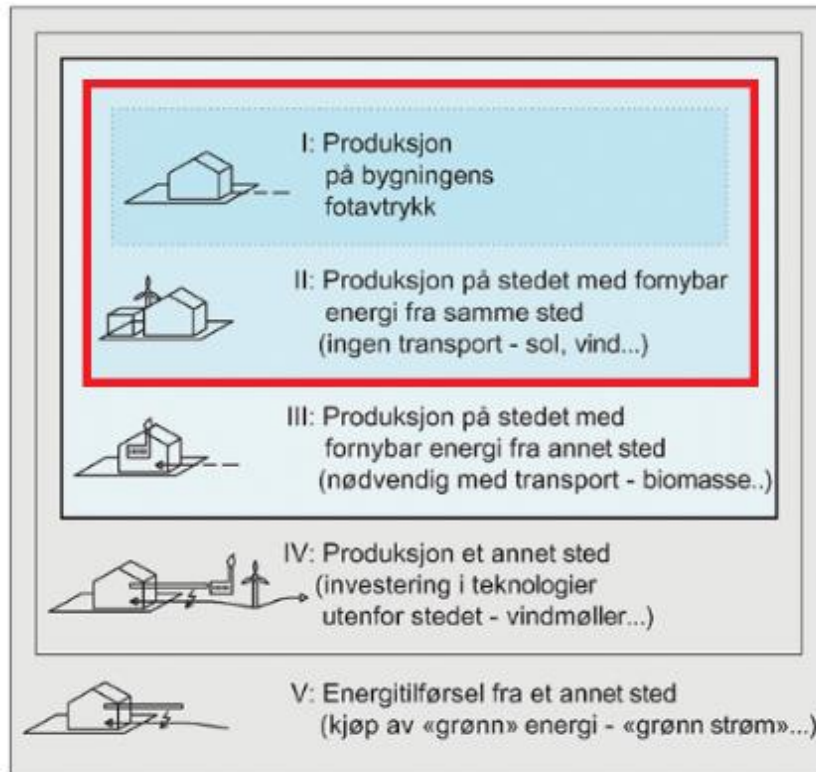
Primærenergifaktor (PEF) er forholdet mellom primærenergi og levert energi.

Hva hver definisjon av plusshus innebærer vil nå videre bli utdypet.

2.3.3.1 Powerhouse definisjon

I følge Powerhouse-alliansen er deres definisjon på ett plusshus beskrevet på følgende måte *«Ett Powerhouse skal igjennom sitt livsløp produsere mer fornybar energi enn det som kreves til produksjon av materialer, oppføring, drift, vedlikehold og riving av bygningen»* (The Powerhouse collaboration, 2016). I tillegg til denne definisjonen så er det utarbeidet tilleggs kriterier som har i hensikt å etablere ett rammeverk for gjennomføring samt retningslinjer for beregningsmetodikken. Det er valgt å presentere disse tilleggs kriteriene i form av en punktliste.

- Bygningen skal minst oppfylle krav til passivhusnivå etter NS 3700:2013/NS 3701:2013. Komponentkravene til U-verdi for vindu og dører kan sees bort ifra.
- Beregningsperioden for byggets levetid er 60 år
- Energibalansen for Powerhouse plusshus prosjekter skal beregnes etter primærenergi, der denne balansen må være positiv gjennom byggets livsløp. Energibalansen omfatter primærenergi som kreves til produksjon av materialer, oppføring, vedlikehold, drift, og riving av bygningen. Mer spesifikt så omhandler det livssyklus modulene A1-A5, B4, B6 og C1-C4 iht. NS-EN 15978:2011.
- Energibalansen for driftsfasen skal beregnes etter en periode på ett år
- Energiforbruk til teknisk utstyr skal **ikke** inkluderes i Powerhouse sin primær energibalanse.
- Energiproduksjon skal være basert på fornybare energikilder der produksjon enten er integrert i bygningsmasse, på tomt eller i fra sjø nærme tomten. Systemgrensen er illustrert nedenfor.



Figur 30 - Systemgrensen (uthevet i rødt) som gjelder for energiproduksjon ved ett Powerhouse definert pluss hus – klide: (Byggdetaljblad: 473.003-Energieffektive bygninger. Begreper og definisjoner)

- Kvaliteten på energi som er produsert og eksportert skal ikke være lavere enn det som er kjøpt/importert
- Beregning av nedfelt energi til materialene skal så langt det lar seg gjøres være gjort iht. LCA standarden NS-EN 15978. Prioriterings rekkefølgen på datakilder som skal anvendes bør være EPDer, Ecolnvent sin database, forsknings artikler og informasjon ifra produsenter
- Utskiftninger av bygningskomponenter som skjer innenfor byggets levetid på 60 år skal inkluderes i beregningene

2.3.3.2 FutureBuilt definisjon

I følge FutureBuilt er deres definisjon på ett pluss hus beskrevet på følgende måte «*Energibruk relatert til drift av bygningen skal over året minst kompenseres gjennom produksjon av fornybar energi. For å regnes som pluss hus, må det produseres overskuddsenergi på 2 kWh/m² BRA pr år, som tilsvarer drift av 2 el-biler pr 1000 m² BRA*» (Andersen, Thyholt, & Dokka, 2014). I tillegg til denne definisjonen så er det utarbeidet tilleggs kriterier som har i hensikt å etablere ett rammeverk for gjennomføring samt retningslinjer for beregningsmetodikken. Det er valgt å presentere disse tilleggs kriteriene i form av en punktliste.

- Bygningen skal minst oppfylle krav til lavenerginivå etter NS 3700:2013/NS 3701:2013
- Netto energibehov og levert energi skal beregnes og dokumenteres iht. NS 3031, NS 3700 eller NS 3701. Driftstider som er angitt i NS 3031 skal legges til grunn ved dokumentasjon av plussenergiregnskapet.
- Energibalansen gjelder kun for energibruk i drift, modul B6 iht. LCA terminologi
- Enheten for energibruk- og produksjon skal regnes i vektet levert energi [kWh/år]. Vektet levert energi har i hensikt å godskrive fornybarandeler fra fjernvarme og biovarme. Det skal benyttes forenklede vektingsfaktorer som multipliseres med levert energi iht. rapporten «Energiregler 2015. Forslag til endringer i TEK for nybygg» (Rambøll, 2013) der verdiene for vektingsfaktorene som skal anvendes er som følger:
Fjernvarme: 0,43
Biovarme: 0,37
Elektrisitet: 1,0
- For bygg over 4 etasjer kan det tillates å trekke ut energiforbruk til teknisk utstyr i energiregnskapet.
- Fornybar elektrisitet skal produseres lokalt, som innebærer å være integrert i bygningsmasse eller på tomten. Energivarer som benyttes til produksjon av fornybar energi på stedet kan være produsert andre plasser (f.eks. biobrensel).

3 Metode

Det er valgt å beskrive metode for oppgaven ved å forklare fremgangsmåten innenfor hvert ambisjonsnivå som ligger til grunn for studiet. Under hvert ambisjonsnivå skal det videre utdypes og tydeliggjøres valg og forutsetninger i samsvar med teorien forklart i avsnitt XXX som igjen er direkte koblet opp mot NS-EN 15978:2011. For å unngå gjentakelser underveis i oppgaven så vil det under dette avsnittet først bli presentert en oversikt av alle felles valg, beslutninger og forutsetninger som vil gjelde for alle ambisjonsnivåer der ambisjonsnivåene som det er valgt å inkludere er TEK17, Passivhus og Plusshus. Funnene som fremstår i dette studiet er kun ment å sammenlignes internt etter tilfellene som er utarbeidet i dette studiet. Det er ikke ment at funnene i dette studiet skal sammenlignes mot andre tilsvarende studier.

3.1 Kollektive valg som gjelder alle ambisjonsnivåer

3.1.1 Bygningskategori

Som bygningskategori er småhus valgt som vurderingsgrunnlag. Dette er gjort på grunnlag av at det er to ulike metoder for å dokumentere forskriftsmessig energiforbruk på iht. TEK17 for denne bygningskategorien. Konsekvens av dette valget har resultert i utviklingen av den sekundære problemstillingen.

3.1.2 Levetid og referanseanalyseperiode

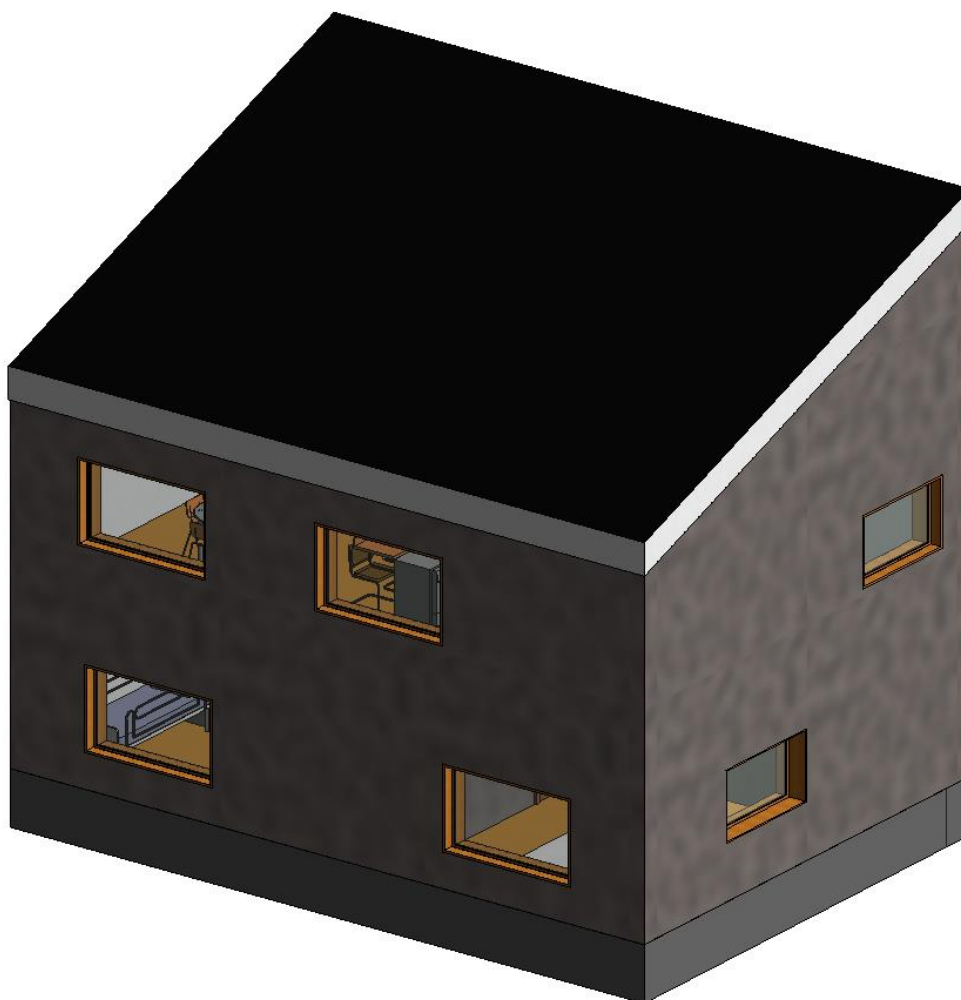
Det er forutsatt en påkrevd levetid på 60 år for byggverket. Som referanseanalyseperiode for LCA vurdering er det valgt å sette denne lik påkrevd levetid for byggverk på 60 år. Dette er gjort basert på informasjon i NS-EN 15978:2011 som angir at standardverdi for referanseanalyseperiode skal være lik påkrevd levetid for byggverket.

3.1.3 Utforming og geometri

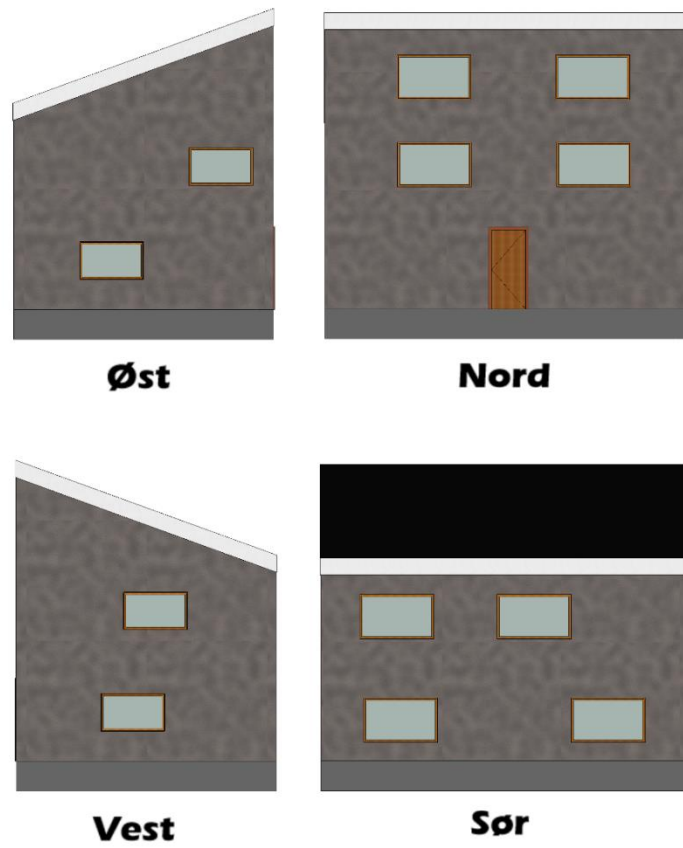
Utformingen av bygget for denne oppgaven er gjort med hensyn på at det skal være utformet så «enkelt» geometrisk slik at man i stor grad har kontroll og oversikt over beregningsmodellene som lages. På grunnlag av dette så er det bestemt at det er for denne oppgaven er mest hensiktsmessig å lage et forslag til design og geometrisk utforming av bygget på egenhånd. Tabell 16 viser valg for geometrisk utforming av bygget og figur 32-35 presenterer en visuell representasjon av byggverket som skal vurderes.

Tabell 14 - Noen nøkkelverdier for geometri av bygget

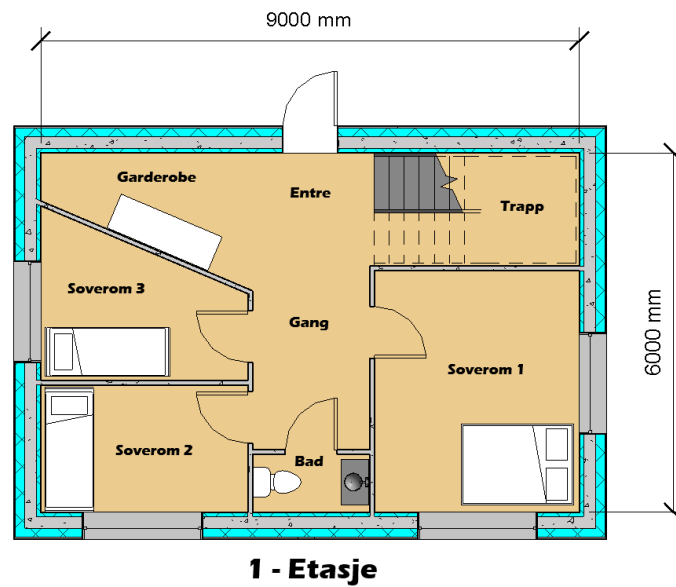
Antall etasjer	2
Total oppvarmet bruksareal, BRA [m ²]	108
Oppvarmet volum [m ³]	330
Andel vindusareal i forhold til BRA [%]	25
Areal fasade sør inkl. vinduer [m ²]	45
Areal fasade nord inkl. vinduer [m ²]	65
Areal fasade øst inkl. vinduer [m ²]	37
Areal fasade vest inkl. vinduer [m ²]	37
Areal tak [m ²]	58



Figur 31 - Digital fremvisning av referanse bygg



Figur 32 - Utsikt mot de respektive fasadene



Figur 33 - Planløsning i første etasje for referanse bygg



Figur 34 - Planløsning i andre etasje for referanse bygg

Bygget skal ikke oppføres med skorstein. Småhuset skal da iht. TEK17 installeres med vannbårent varme anlegg som minst skal betjene oppvarmingsbehovet i stue. Det er gjort valg om at det vannbårne varmeanlegg skal betjene hele romoppvarmingsbehovet der tur og retur temperatur i varmekretsen er bestemt til å være henholdsvis 55 og 35 grader celsius. Ved å dekke romoppvarmingsbehovet med ett vannbårent varmeanlegg medfører dette at man tilrettelegger for ett energifleksibelt varmesystem, noe som er en nødvendighet for ambisjonsnivåene Passivhus og Plusshus da man må benytte andre energikilder enn elektrisitet.

3.1.4 Ytre miljø og belastninger

Det er bestemt at bygget skal befinne seg i Oslo Kommune. Dette innebærer at ved energi og inneklimate simuleringer skal klimadata for Oslo kommune benyttes for alle tilfeller. Dette er gjort basert NS 3031:2014 som angir at ved dokumentasjon av byggets energi ytelse mot offentlige krav (TEK17) skal standard referanse klima benyttes (NS 3031:2014). Der standard referanse klima tar utgangspunkt i klimadata for Oslo området (NS 3031:2014). Tabell 17 viser nøkkeldata for valgt klimasted (Oslo).

Tabell 15 - Klimadata for Oslo

Breddegrad [°]	59° 55'
Lengdegrad [°]	10° 45'
Årsmiddeltemperatur [°C]	6,3
Midlere dimensjonerende temperatur for sommer [°C]	21,5

Midlere dimensjonerende temperatur for vinter [°C]	-20,0
Årsmiddel relativ fuktighet [%]	72,8
Årsmiddel vindhastighet $\left[\frac{m}{s}\right]$	2,2
Midlere horisontal solfluks $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	110,0

3.1.5 Indre miljø og belastninger

Det er forutsatt at bygget skal brukes og tilpasses for ett behov av fire personer, der to av de er voksne mennesker mens de resterende to tenkes å være småbarn/ungdom. Ved energi og inneklimate simuleringer skal normerte og standard verdier for internlast, driftstid og settpunkt for oppvarming ifra NS 3031:2014 benyttes. Det er fastslått en egen verdi for kjøling siden dette ikke er spesifisert for småhus iht. NS 3031:2014. Parametere og tilhørende verdier vises i tabell 18 nedenfor.

Tabell 16 – Felles parametere og verdier for kjøling, oppvarming og internlast som gjelder alle ambisjonsnivåer

Kjøling (unntak som gjelder kun for ambisjonsnivå 1 TEK17)	Settpunkt-temperatur for kjøling [°C]	24	
	Driftstid for kjøling [timer/døgn/uker]	24/7/52	
Oppvarming	Settpunkt-temperatur for oppvarming i driftstid [°C]	21	
	Settpunkt-temperatur for oppvarming utenom driftstid [°C]	19	
	Driftstid for oppvarming [timer/døgn/uker]	16/7/52	
Internlast	Belysning	Gjennomsnittlig varmetilskudd for belysning i driftstid $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	1,95
		Gjennomsnittlig effektbehov for belysning i driftstid $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	1,95
		Driftstid for belysning [timer/døgn/uker]	16/7/52

	Utstyr	Gjennomsnittlig varmetilskudd for utstyr i driftstid $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	1,8
		Gjennomsnittlig effektbehov for utstyr i driftstid $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	3,0
		Driftstid for utstyr [timer/døgn/uker]	16/7/52
	Personer	Gjennomsnittlig varmetilskudd for personer i driftstid $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	1,5
		Driftstid for personer [timer/døgn/uker]	24/7/52
	Varmtvann	Gjennomsnittlig varmetilskudd for varmtvann i driftstid $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	0
		Gjennomsnittlig effektbehov for varmtvann i driftstid $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	3,4
		Driftstid for varmtvann [timer/døgn/uker]	24/7/52
			Gjennomsnittlig varmetilskudd over året for alle internlaster $\left[\frac{W}{m^2}\right]$

3.1.6 Luftmengder

Alle tilfeller innenfor hvert ambisjonsnivå skal utføres med balansert ventilasjon. Driftstid for ventilasjonsanlegget er bestemt iht. NS 3031:2014 tabell A.3. Beregning av nødvendig luftmengder er gjort ved å ta utgangspunkt i at tilførsel av friskluft skal oppfylle minimumskrav iht. TEK17 § 13-2 samt at beregnet luftmengde også tilfredsstillende minstekrav angitt i NS 3031:2014. Tabell 19 og 20 nedenfor angir minimumskrav og driftstid for ventilasjon.

Tabell 17 – Minstekrav for luftmengder og driftstid for ventilasjon iht. NS 3031:2014

NS 3031:2014	Minste tillatte luftmengder ved dokumentasjon mot offentlige krav for småhus med BRA < 110 m ² i driftstiden $\left[\frac{m^3}{h \cdot m^2}\right]$	$1,6 - 0,007 * (BRA - 50)$
	Driftstid for ventilasjon [timer/døgn/uker]	24/7/52

Tabell 18 – Minimumskrav for luftmengder iht. TEK17 § 13-2

		Normalt	Forsert	
TEK17	Gjennomsnittlig minimums frisklufttilførsel når boenheten er bebodd $\left[\frac{m^3}{h \cdot m^2}\right]$	1,2	-	
	Gjennomsnittlig minimums frisklufttilførsel når boenheten ikke er bebodd $\left[\frac{m^3}{h \cdot m^2}\right]$	0,7	-	
	Minimums frisklufttilførsel per sengeplass $\left[\frac{m^3}{h \cdot sengeplass}\right]$	26	-	
	Avtreksbehov $\left[\frac{m^3}{h}\right]$	Kjøkken	36	108
		Bad	54	108
Toalett		36	36	
Vaskerom		36	72	

Nødvendig luftmengde er videre beregnet etter forslag til planløsning. Tabell 21 viser beregning som ligger til grunn av luftmengder som videre er brukt i oppgaven.

Tabell 19 - Beregning av minimumsluftmengder

Rom	Minimums frisklufttilførsel når boenheten er bebodd $\left[\frac{m^3}{h}\right]$	Minimums frisklufttilførsel når boenheten ikke er bebodd $\left[\frac{m^3}{h}\right]$	Minimums frisklufttilførsel per sengeplass $\left[\frac{m^3}{h}\right]$	Avtrekks behov normal $\left[\frac{m^3}{h}\right]$	Avtrekks behov forsert $\left[\frac{m^3}{h}\right]$
Entre					
Gang					
Toalett				36	36
Soverom 1 (to voksne)			52		
Soverom 2 (ett barn)			26		
Soverom 3 (ett barn)			26		
Kjøkken/Stue				36	108
Bad				54	108
Sum alle rom	130	76	104	126	252

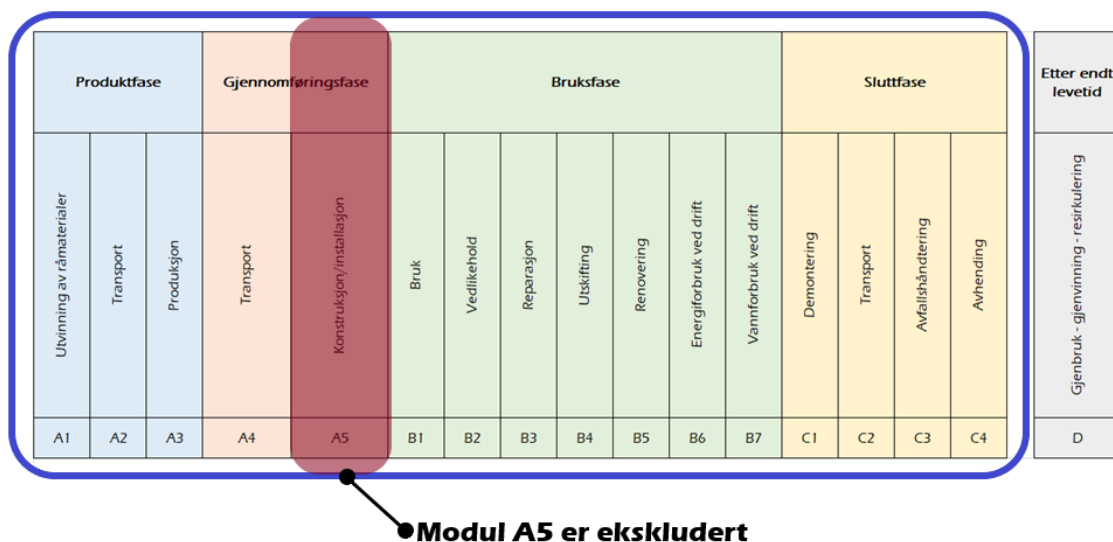
Dimensjonerende luftmengde vil da iht. TEK17 være den største verdien av det som er markert med **grønt**. Anlegget må i tillegg klare å levere luftmengdene i korte tidsperioder ved forsert ventilasjons som er markert med **blått**. Som beregningene i tabell 21 viser så blir dimensjonerende luftmengde lik 130 m³ per time for gitt bruksareal. Dette tilsvarer en luftmengde på 1,2 m³ per time per m² gulvareal. Dette tilfredsstiller dermed også minste kravet iht. NS 3031:2014. Beregnet dimensjonerende luftmengde skal videre brukes ved energi og innneklima simuleringer. Det forutsatt en konstant tilluftstemperatur på 19 grader celsius.

3.1.7 Vannforbruk

Vannforbruket for byggverket i løpet av driftstiden er basert på verdier ifra norsk statistisk sentralbyrå for år 2016 som estimerte ett forbruk på 190 liter per person per døgn (Statistisk sentralbyrå, 2017). På grunnlag av dette så er det antatt et gjennomsnittlig vannforbruk på 280 m³ per år for bygget. Dette angir verdier som ligger til grunn for modul B7 i LCA vurderingen.

3.1.8 Systemgrense

Systemgrensene som skal inkluderes i vurdering er ifra «vugge til grav» med unntak av modul A5 (konstruksjon/installasjon) som er valgt å ekskluderes.



Figur 35 - Systemgrense og moduler som er inkludert i studiet

Dette valget er gjort for å avgrense arbeidsomfanget til oppgaven som gjøres basert på tidligere studier (Guardigli, Monari, & Alvisè Bragadin, 2011) som viser at denne modulen generelt har liten innvirkning på det totale utslippet av klimagasser igjennom byggets levetid. Grunnlaget for dette valget er også basert på at det er ett mindre utvalg av material EPD-er som velges å inkludere denne modulen i sin dokumentasjon.

3.1.9 Produkter/Materialer/Database

Produkter for de ulike tilfeller skal velges ut ifra gyldige EPD-er der databasen til One Click LCA © skal benyttes i denne oppgaven. Ved beskrivelse og dimensjonering av de ulike bygningsdelene så vil de fysiske parameterne, eksempelvis varmekonduktivitet for materialet være definert ut ifra den funksjonelle og/eller deklarerde enheten som er rapportert i EPD-en. Dette er gjort med hensyn på erfaringer og anbefalinger ifra tidligere studier (Dahl Schlanbusch, et al., 2016). Der det ikke gis tilstrekkelige opplysninger i EPD-er så skal informasjon ifra ulike byggedetaljblader ifra SINTEF benyttes.

3.2 Funksjonell enhet

3.2.1 Kriterie A – Termisk komfort

Det ble tidlig i arbeidsfasen diskutert hvordan man skulle definere en funksjonell enhet som hadde gyldighetsområde innenfor alle tre ambisjonsnivåer for energieffektivisering. Siden denne oppgaven har som hovedmål å sidestille bygningers klimagassutslipp ut ifra forskjellige energieffektiviseringsnivåer så ble det vurdert at den funksjonelle enheten må baseres på flere kriterier enn kun energibehov. Etter egne refleksjoner og inspirasjon ifra tidligere forskning (Dahlstrøm, Sørnes, Tveit Eriksen, & Hertwich, 2012) så ble det bestemt at det andre kriteriet som den funksjonelle enheten skulle baseres på var termisk komfort.

For å kunne bruke termisk komfort som kriterium må det stilles krav til ett forventet termisk miljø i bygget. Dette er gjort ved å følge metode A som er beskrevet i tillegg F i NS-EN 15251:2007+NA:2014-*Inneklimateparametere for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk*. Metode A innebærer å vurdere hvor mange prosent i løpet av oppholdstiden man er utenfor ønsket forventningsnivå. Forventningsnivå er bestemt til å tilfredsstille kategori II eller bedre, der kategori II er beskrevet som et normalt forventningsnivå som bør brukes i nye og rehabiliterte bygninger (NS-EN 15251:2007+NA:2014). Det er videre benyttet anbefalte verdier for lengde av akseptable avvik iht. tillegg G i NS-EN 15251:2007+NA:2014. Tillegg G angir to nivåer for prosent utenfor forventningsnivå på henholdsvis 3 og 5 prosent. Det er for denne oppgaven valgt å legge seg på 5 % nivået. Det medfører at i 95 % av oppholdstiden skal kategori II eller bedre forventes å kunne opprettholdes mens det kan aksepteres å maksimalt ligge utenfor kategori II i 5 % av oppholdstiden.

Tabell 20 - Krav som stilles til termisk komfort for tilfellene som skal vurderes i dette studiet

Andel	Resterende tid		Maks 5 % av oppholdstiden	
Termisk miljø	I	II	III	IV
Andel	Resterende tid		Maks 5 % av oppholdstiden	
Inneluftkvalitet	I	II	III	IV

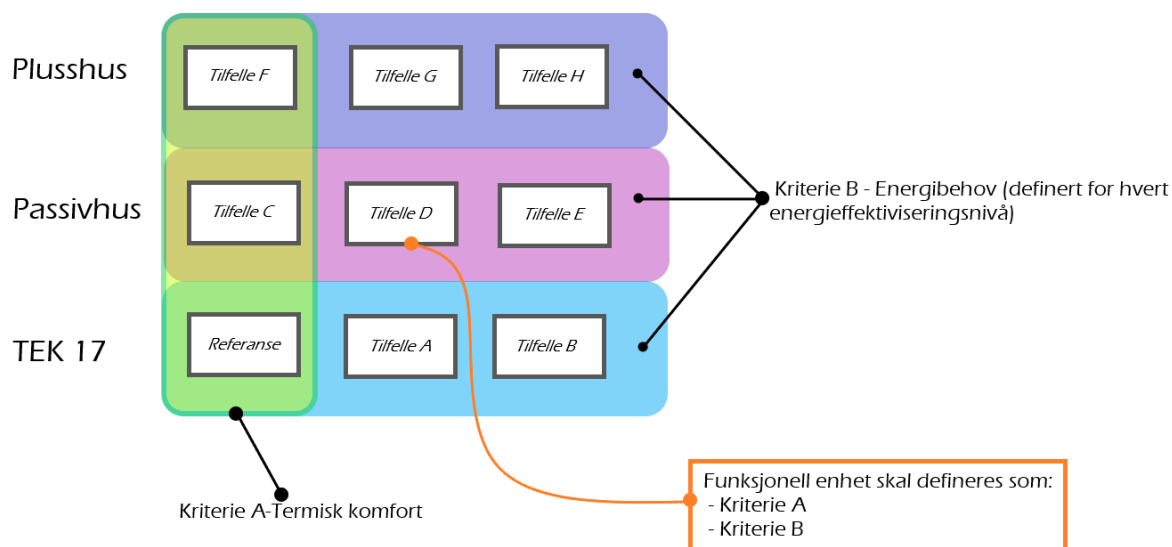
3.2.2 Kriterie B – Bygningsrelatert energikrav

Som nevnt i forrige delkapittel så skal den funksjonelle enheten, i tillegg til termisk komfort også defineres ut ifra hensyn til krav om energibehov for bygget. Siden dette studie omhandler å sammenligne konsekvenser av klimagassutslipp for ett bygg gjennom dens livsløp ut ifra ulike ambisjonsnivåer av energieffektivisering så vil det innlysende nok ikke være verken forsvarlig eller gyldig å vurdere disse nivåene etter samme krav. Overordnet så skal kriterie B defineres ut

ifra enten forskriftskrav ifra myndigheter, relevante bygningsstandarder eller normer. Hvilke krav som skal oppfylles er bestemt ut ifra ønsket ambisjonsnivå for energieffektivisering. I teori kapitlet har leser fått innblikk i hvilke nivåer som er aktuelt for dette studiet og henvises til den seksjonen hvis en oppfrisking ansees som nødvendig. Det påpekes som en innledning at det skal for ambisjonsnivå 1–TEK17 defineres to del kriterier. Dette er fordi at innenfor valgt bygningskategori er to metoder å dokumentere energibehov på. For de resterende ambisjonsnivåene skal det kun defineres ett sett med krav for kriterie B. Som en oppsummering så er parameterne som omhandler kriterie B energibehov og generelle krav tilknyttet energi i bygningen.

3.2.3 Filosofi og definisjon av den funksjonelle enheten

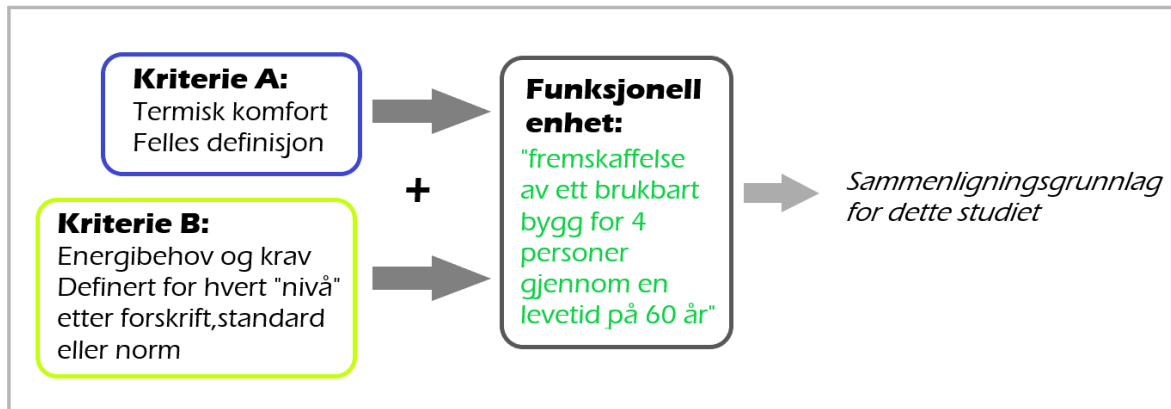
Konsekvensen ved å inkludere termisk komfort som ett av kriteriene for den funksjonelle enheten medfører ett felles sammenligningsgrunnlag som «binder» de ulike vurderte tilfeller sammen uavhengig av valgt ambisjonsnivå for energieffektivisering. Dette er forsøkt illustrert i figur 37 nedenfor.



Figur 36 - Illustrasjon som viser hvordan kriteriet for termisk komfort «binder» sammen den funksjonelle enheten på tvers av energieffektiviseringsnivå

Den funksjonelle enheten er for dette studiet valgt å defineres som *«fremskaffelse av ett brukbart bygg for 4 personer gjennom en levetid på 60 år»*. Ordet brukbar i denne sammenheng skal tilfredsstillende og ta hensyn til både menneskelige og forskriftsmessige krav eller normer. Som figur 37 viser så skal den tidligere nevnte funksjonelle enheten inneholde de to beskrevne sett med kriterier, henholdsvis kriterie A og kriterie B. Rammeverket for kriterie A er forklart i dette avsnittet og vil ikke gjentas videre i oppgaven, mens det vil for hvert ambisjonsnivå for energieffektiviserings utdypes hva som ligger til grunn for kriterie B. En siste

avklaring av den funksjonelle enheten er forsøkt vist ved hjelp av figur. Det oppfordres av leser å ha dette «bildet» friskt i minnet ved videre progresjon i oppgaven.



Figur 37 - Definisjon av den funksjonelle enheten

3.3 Verifikasjon av gyldigheten for den funksjonelle enheten

For denne oppgaven er valgt å inkludere en dokumentasjon av den funksjonelle enheten. Denne dokumentasjonen har som tiltenkt og ønsket hensikt å fungere som en verifikasjon av den funksjonelle enheten. Verifikasjonen skal resultere i en slags form for «gyldighetsstempel» som gjelder for den funksjonelle enheten. Dette innebærer da videre i vurderingen at for hvert utarbeidet tilfelle som har blitt verifisert kan dermed ansees å være sidestilt og sammenlignbart med andre verifiserte tilfeller. Valget for denne tilnærmingen er basert på grunnlag om å gjøre oppgaven så gjennomskuelig og åpen som overhode mulig samt tilrettelegge for at oppgaven blir så sporbar som mulig.

Verifikasjon med tilhørende dokumentasjon av kriterie A-termisk komfort skal utføres i simuleringsverktøyet WUFI ® Plus. Det er valgt å benytte dette programmet på grunnlag av at termisk komfort kan simuleres over ett helt år samt at resultater som generes er direkte koblet opp mot NS-EN 15251:2007+NA:2014. Dette er ansett som hensiktsmessig i forhold til kravene som er definert for termisk komfort i kriterie A.

Ved verifikasjon av kriterie B er det valgt benytte simulerings verktøyet SIMIEN. Dette er gjort med grunnlag i at SIMIEN ansees å være ett lett brukervennlig program som gir relativt pålitelige resultater med lite tidsforbruk samt at programmet har en egen evaluering mot både kravene i TEK17 og norsk Passivhusstandard.

Det er ved denne anledningen sentralt å påpeke at parallelt med verifikasjon av kriterie B så vil det samtidig generes verdier for levert energi som skal benyttes i modul B6 for LCA vurderingen. Verifikasjon av kriterie B vil i denne oppgaven bli behandlet først. Årsaken til dette

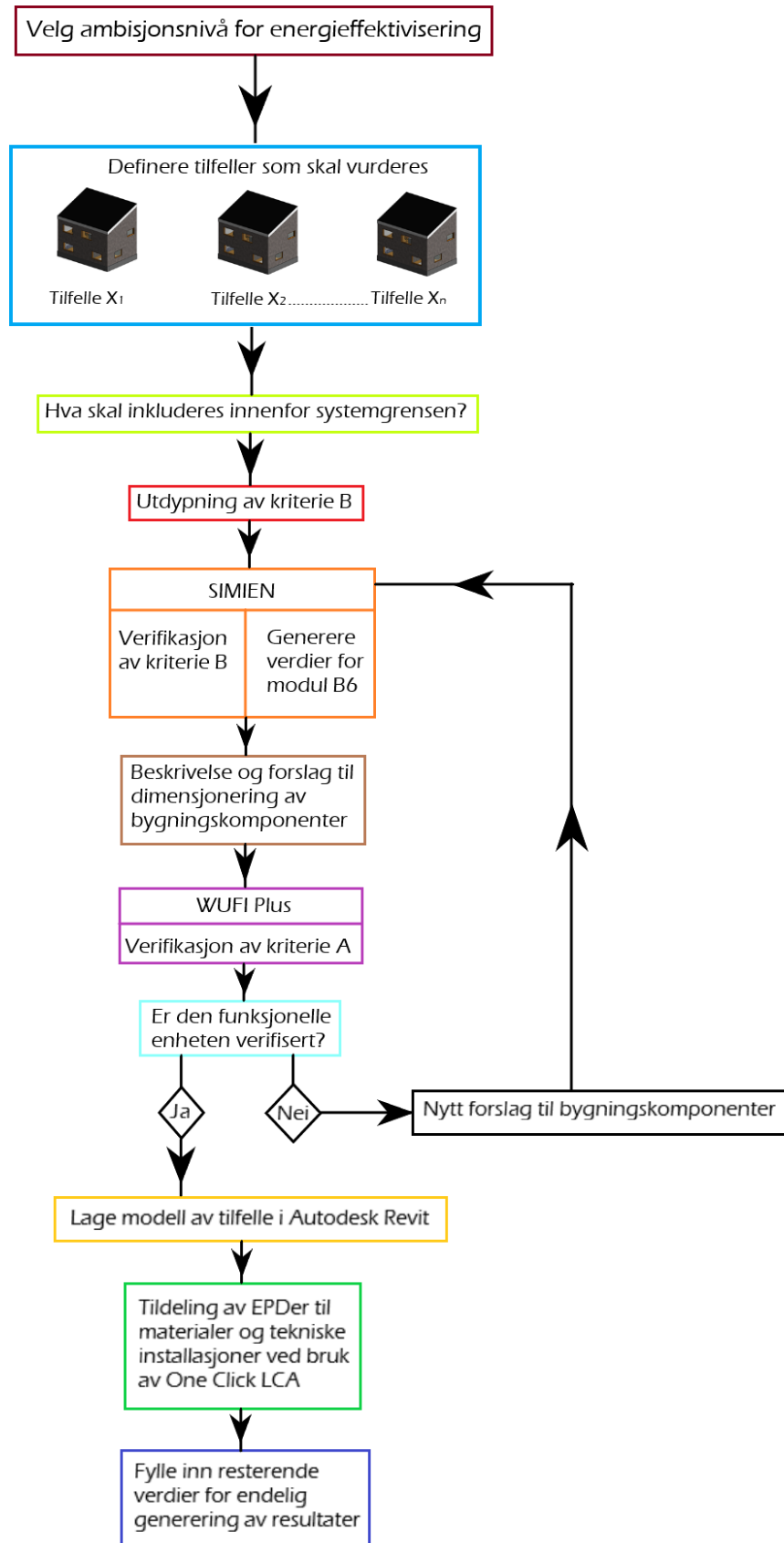
er på grunnlag av at fremskaffelse av nødvendige U-verdier som gjør at bygget oppfyller gitte krav til energibehov er enklest å produsere i SIMIEN.

3.4 Arbeidsprosess for oppgaven

Det er valgt som en innføring å forklare i grove trekk hvordan arbeidsgangen i oppgaven har foregått. Dette er gjort med hensikt i at leser kan danne ett raskt overblikk av hvordan arbeidsprosessen har vært uten måte lese hele metode kapittelet.

Det er valgt å fremstille dette punktvis sammen med en enkel beskrivelse under hvert punkt og til slutt en oppsummering som beskriver arbeidsflyten ved hjelp av figur.

- 1) Definere de ulike tilfellene som skal vurderes. Dette gjøres ut ifra hvert ambisjonsnivå. Innenfor hvert ambisjonsnivå er det ulike parametere som ligger til grunn for utarbeidelsen av de ulike tilfellene.
- 2) Liste opp det som skal inkluderes og vurderes innenfor systemgrensen. Dette omhandler i hovedsak bygningsdeler og tekniske installasjoner.
- 3) Utdypning av kriterie B for den funksjonelle enheten. Det skal gjøres for hvert ambisjonsnivå.
- 4) Del en av verifikasjon og tilhørende dokumentasjon for den funksjonelle enheten. Dette gjøres først for kriterie B. Samtidig blir verdier for levert energi i modul B6 generert.
- 5) Forslag til beskrivelse og dimensjonering av bygningsdeler. Dette gjøres basert på forslag til U-verdier utarbeidet i SIMIEN (punktet over). Dette punktet ansees som betydningsfull for oppgaven der det da i dette steget blir generert mengder med materialer som skaper grunnlaget for hovedformålet med oppgaven. Dimensjoneringen vil gjøres ut ifra hensyn til krav for termiske egenskaper.
- 6) Del to av verifikasjon og tilhørende dokumentasjon for den funksjonelle enheten. Dette gjelder da kriterie A for termisk komfort.
- 7) Kvantifisering av bygningen ved å modellere de ulike tilfellene i Autodesk Revit.
- 8) Transponere estimert bygningsmasse i Autodesk Revit til LCA verktøyet One Click LCA ©.
- 9) Tildele materialer og tekniske installasjoner enten ett generisk eller produkt spesifikt EPD. Fyll inn verdier for transport (A4), vannforbruk (B7), levert energi (B6) og referanseanalyse periode.
- 10) Presentasjon av resultater.



Figur 38 – Flytskjema for hvordan arbeidsprosessen for oppgaven har vært

3.5 Ambisjonsnivå 1 - TEK17

3.5.1 Beskrivelse av referanse bygg og tilfeller

Referanse bygget har som hensikt å tilrettelegge for at man etablerer samme utgangspunkt når man skal bestemme hvilke parametere man ønsker å sammenligne. Endring av en parameter i henhold til referanse bygget skaper automatisk ett nytt tilfellet som kan benyttes til sammenligning. Det må påpekes at alle de ulike tilfellene utarbeidet ifra referanse bygget må tilfredsstille den samme funksjonelle enheten som defineres. Referanse bygget er utformet som beskrevet i pkt. 3.1.3. Referanse bygget er definert på følgende måte:




- 1) Bærende yttervegger, tak, etasjeskillere, fundament, ringmur og innervegger skal utføres i plasstøpt betong
- 2) Balansert CAV som ventilasjonstype
- 3) Energiforsyningen skal bestå av kun elektrisitet

Ved utarbeidelse av de andre tilfeller så er dette gjort ved å endre:

- 1) Hovedkonstruksjonsmaterialet i bygget
- 2) Valg av annen energiforsyning som skal brukes i kombinasjon med elektrisitet
- 3) Alternativ konstruksjons prinsipp for ett valgt materiale

På grunnlag av dette så er følgende seks tilfeller definert.

Tabell 21 - Oversikt av de ulike tilfeller som ligger til grunn for ambisjonsnivå 1

Forkortelse:	B_CAV_EL (Referansebygg)	B_CAV_BIO	B_CAV_VP
			
Hovedmateriale:	Betong	Betong	Betong
Ventilasjonstype:	Balansert – CAV	Balansert – CAV	Balansert – CAV
Energiforsyning:	Elektrisitet	Elektrisitet + Biobrensel	Elektrisitet + Varmepumpe
Konstruksjonsprinsipp:	Plasstøpt	Plasstøpt	Plasstøpt

3.5.3 Utdypning av kriterie B

Kriterie B i den funksjonelle enheten for ambisjonsnivå 1–TEK17 skal defineres med hensyn på de to ulike metodene for å dokumentere forskriftsmessig energibehov på iht. TEK17. Det vil som følge av dette dannes 12 tilfeller for dette ambisjonsnivået. Kriterie B for dette ambisjonsnivået kan da ansees å være inndelt i to del kriterier henholdsvis der energiltak er B.1 og energiramme er B.2. Kriterie B skal da tilfredsstille krav iht. energiltaks og energiramme metode. Kravene for hver metode er vist i tabellene nedenfor.

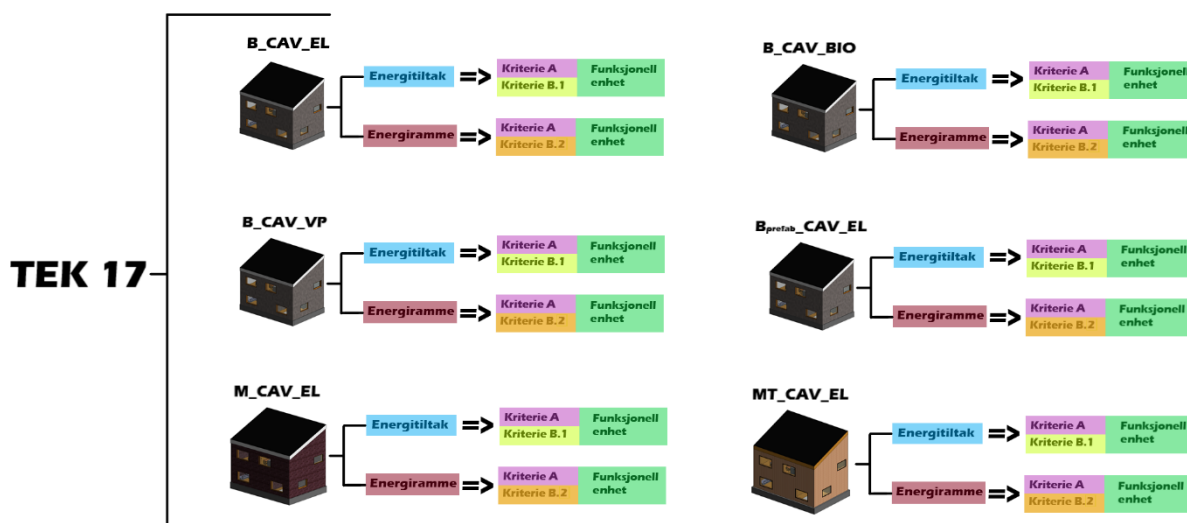
Tabell 22 - Energikrav som stilles ved energirammemetoden

Metode	Krav
	Totalt netto energibehov [kWh/m ² oppvarmet BRA per år]
Energiramme – Kriterie B.2	114,8

Tabell 23 - Energikrav som stilles ved energiltaksmetoden

Metode	Krav	Verdi
Energitiltak – Kriterie B.1	1) U-verdi yttervegg [W/(m ² K)]	≤ 0,18
	2) U-verdi tak [W/(m ² K)]	≤ 0,13
	3) U-verdi gulv [W/(m ² K)]	≤ 0,10
	4) U-verdi vinduer og dører [W/(m ² K)]	≤ 0,80
	5) Andel vindus- og dørareal av oppvarmet BRA [%]	≤ 25
	6) Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg [%]	≥ 80
	7) Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg (SFP) [kW/(m ³ /s)]	≤ 1,5
	8) Luftlekkasjetall per time ved 50 Pa trykkforskjell [1/h]	≤ 0,6
	9) Normalisert kuldebroverdi, der m ² angis som oppvarmet BRA [W/(m ² K)]	≤ 0,05

I figur 41 vises det hva hvert tilfelle i TEK17 skal vurderes mot med hensyn på den funksjonelle enheten.



Figur 40 - Oversikt av hvilke kriterier som hvert tilfelle i ambisjonsnivå skal vurderes imot

3.5.4 Verifikasjon av den funksjonelle enheten

3.5.4.1 Kriterie B og estimert levert energi

Dokumentasjon av B kriteriene for TEK17 vil i grunn kun gjelde for energirammemetoden (B.2). Dette er fordi i energiltaksmetode (B.1) er det angitt krav til enkeltkomponenter som enkelt og greit legges inn i SIMIEN og dermed er kravet oppfylt. For energirammemetoden (B.2) må man komme med eventuelle forslag til hvordan dette kan oppnås. For å oppnå kravene i energirammemetoden er det tatt utgangspunkt i samme beregningsmodell for energiltak der det videre er endret på ulike parametere for å komme i «mål». Det er valgt å kun endre parametere for U-verdi i tak og yttervegg for energiramme. I SIMIEN er alle tilfeller modellert som en oppvarmet sone. All inndata som ligger til grunn for simuleringene er beskrevet ifra pkt 3.1 med unntak av U-verdier for klimaskjerm. U-verdier for tiltaksmetode er beskrevet i tabell 9 og forslag til U-verdier for rammemetoden blir presentert senere. Det virker hensiktsmessig på dette tidspunktet å påpeke at ved tiltaksmetoden har man lagt seg akkurat på minstekravene som beskrevet. Ved rammemetoden er det forsøkt å komme så nærme verdi for totalt netto energibehov som mulig. Ved simulering av tilfellene med alternativ energiforsyning er det valgt å benytte en dekningsgrad på 30 % elektrisitet og 70 % alternativ energiforsyning, tallene er basert på rapport utarbeidet av Erichsen og Horgen AS for Lavenergiprogrammet (H. Bryn, J. Petersen, & Gedsø, 2011). Det er valgt å anvende denne dekningsgraden for både romoppvarmings- og tappevanns behovet. Årsaken til dette er for å få inkludert ett behov som både er konstant (tappevann – ikke avhengig av utetemperatur) og variabelt (romoppvarming - avhengig av utetemperatur). Videre vil det nå presenteres en

dokumentasjon på hva som må til for å oppnå kriterie B.2 for referanse tilfelle B_CAV_EL. For dokumentasjon av de andre tilfellene i rammemetode kategorien så henvises til videre til vedlegg B.1.

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	35,3 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	4,1 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	29,8 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	4,4 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	0,4 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	11,4 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	17,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	10,4 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1,2 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	114,5 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	114,8 kWh/m ²

Figur 41 - Dokumentasjon ifra SIMIEN på at B.2 kriteriet er oppfylt for TEK17 ambisjonsnivå for referanse bygget B_CAV_EL

Energiltak (§14-2 (2))		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksarealet [%]	25,0	25,0
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,13	0,18
U-verdi tak [W/m ² K]	0,09	0,13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,10	0,10
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	0,80	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,05	0,05
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	0,6
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	80	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,50	1,50

Figur 42 – Valg som er gjort for bygningsdeler og tekniske installasjoner slik at krav om totalt netto energibehov er tilfredsstillt

I figur 43 er det verdiene for U-verdi yttervegg og tak som er viktig å fremheve siden dette er da de eneste endringene som ble gjort for tilfredsstillt krav. I samme figur vises det også at det er tatt utgangspunkt i samme beregningsmodell som for energiltaksmetode.

Resultat over levert energi for referanse tilfellet B_CAV_EL er presentert i figur 44 nedenfor.

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	12567 kWh	116,4 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	12567 kWh	116,4 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	12567 kWh	116,4 kWh/m ²

Figur 43 - Verdi for levert energi per år for B_CAV_EL som skal brukes i modul B6 LCA vurderingen

Avslutningsvis gis det en oversikt av resultatene ifra SIMIEN for alle de 12 vurderte tilfellene. De grønne radene angir verdier for netto levert energi. Disse tallene skal brukes for å representere modul B6 i LCA vurderingen. De gule radene angir totalt netto energibehov for hvert tilhørende tilfelle. Disse verdiene er av særlig interesse for energirammemetode, der dette viser at man har tilfredsstilt krav iht. TEK17 som for vårt tilfelle er 114,8 kWh per kvadratmeter BRA i året. Den blå og oransje raden angir hvilke endringer som har blitt gjort i klimaskjerm for å oppfylle kravene iht. energirammemetoden i TEK17.

Tabell 24 - Felles oversikt av resultatene som har blitt generert ifra SIMIEN

Driftsparametere iht NS 3031 (utenom kjøling)		B_CAV_EL	B_CAV_VP	B_CAV_BIO	Bprefab_CAV_EL	M_CAV_EL	MT_CAV_EL
Energiltak	Total netto energibehov [kWh/m ²]	123	123	123	123	123,2	123,6
	Netto levert energi [kWh]	13793	7371+2244	7371+9545	13793	13825	13835
Energiramme	Total netto energibehov [kWh/m ²]	114,5	114,5	114,5	114,5	114,5	114,5
	Netto levert energi [kWh]	12567	7021+1955	7022+8283	12567	12586	12530
	U-verdi vegg [W/m ² K]	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
	U-verdi tak [W/m ² K]	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08

3.5.4.2 Beskrivelse og dimensjonering av bygningskomponenter basert på verifikasjon av kriterie B

3.5.4.2.1 Sammendrag/oversikt

I forrige delkapittel ble det presentert «teoretiske» verdier på U-verdi og videre i dette kapittelet skal det nå presenteres forslag til hvordan disse U-verdiene kan oppnås i praksis.

Det gis først en oversikt over de respektive bygningsdeler med tilhørende U-verdi for både tiltaks og rammemetoden som det skal utarbeides forslag til løsninger på.

Tabell 25 - Oversikt av U-verdier for de ulike bygningsdeler som det skal utarbeides løsninger på for tiltaksmetoden

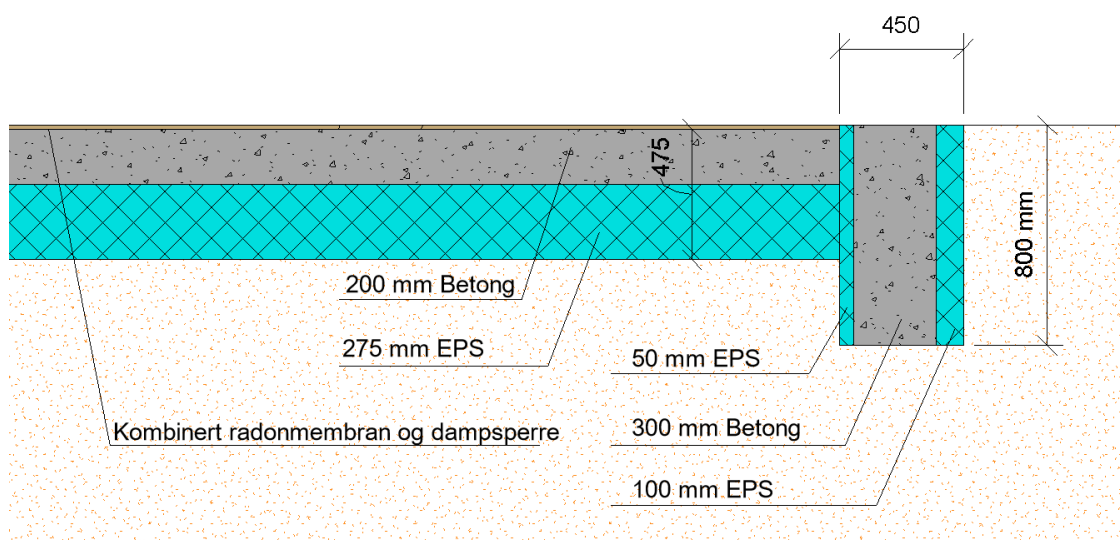
Dette gjelder alle 6 tilfeller i tiltaksmetode	Bygningsdel		
	Fundament	Yttervegg	Tak
U-verdi $\left[\frac{W}{m^2K} \right]$	0,10	0,18	0,13

Tabell 26 - Oversikt av U-verdier for de ulike bygningsdeler i hvert tilfelle som det skal utarbeides løsninger på for rammemetoden

Tilfeller	B_CAV_EL			B_CAV_BIO			B_CAV_VP		
	Fundament	Yttervegg	Tak	Fundament	Yttervegg	Tak	Fundament	Yttervegg	Tak
U-verdi $\left[\frac{W}{m^2K} \right]$	0,1	0,13	0,09	0,1	0,13	0,09	0,1	0,13	0,09
Tilfeller	B _{prefab_CAV_EL}			M_CAV_EL			MT_CAV_EL		
	Fundament	Yttervegg	Tak	Fundament	Yttervegg	Tak	Fundament	Yttervegg	Tak
U-verdi $\left[\frac{W}{m^2K} \right]$	0,1	0,13	0,09	0,1	0,13	0,09	0,1	0,13	0,08

3.5.4.2.2 Felles dimensjonering av bygningskomponenter

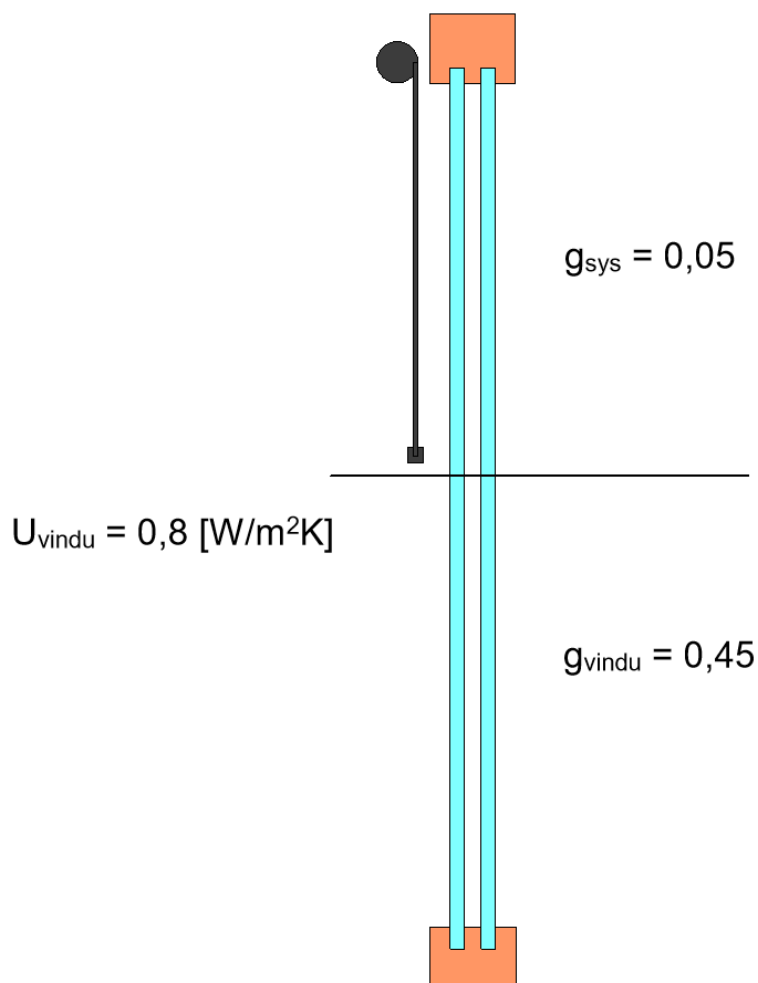
Det er forutsatt at fundamentet, vindu og solskjerming skal være den samme for alle de 12 ulike tilfellene i TEK17 nivået. Disse løsningene blir dermed beskrevet og presentert først.



Figur 44 - Tegning av forslag til fundament for tilfellene i ambisjonsnivå 1

Tabell 27 – Bygningsfysiske opplysninger som gjelder materialene brukt i fundament

Termiske egenskaper		
Material	Varmekonduktivitet – λ $\left[\frac{W}{mK}\right]$	Kilde
Betong – armert	2,5	(Byggdetaljeblad: 471.010- Varmekonduktivitet og varmemotstand for byggningsmaterialer)
EPS	0,031	EPD
Fukt		
Dampsperran skal minst ha en ekvivalent luftlagstykkelse (s_d -verdi) på 10 m (Byggdetaljeblad: 573.121 Materialer til luft- og damptetting).		
Andre kommentarer		
Valgt EPS har en trykkklasse på 80. Dette tilsvarer en trykkfasthet 80 kPa.		

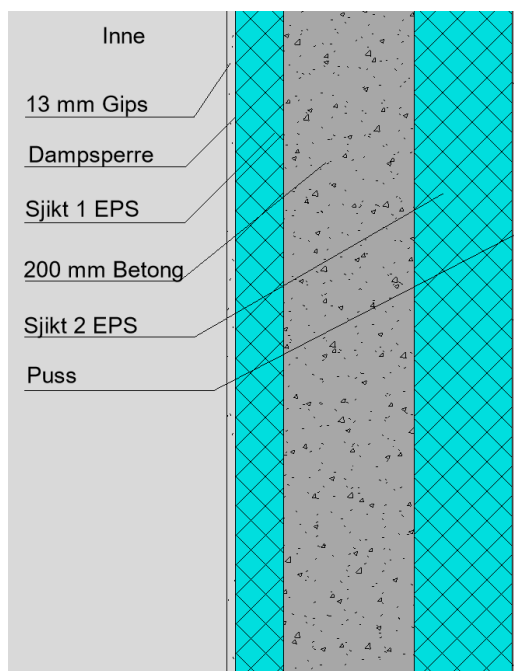


Figur 45 – Egenskaper for vindu i ambisjonsnivå 1 – TEK17 som skal brukes i alle tilfeller

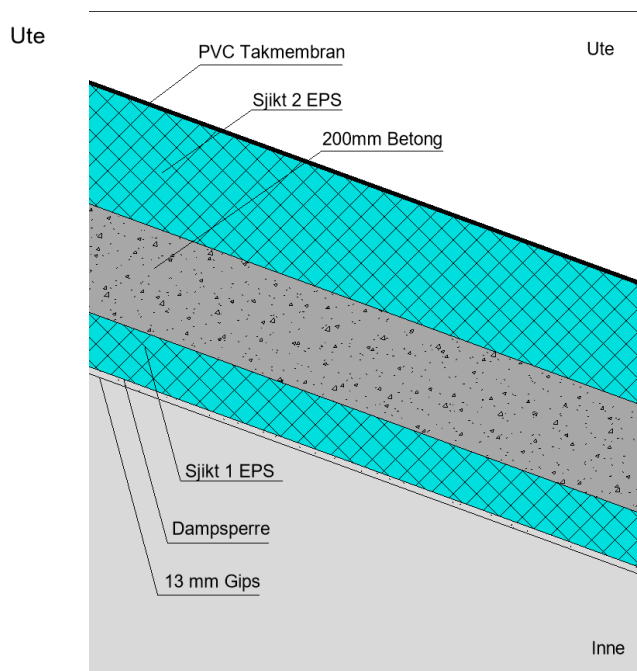
3.5.4.2.3 Dimensjonering ved betong som hovedmateriale

Løsningene som presenteres her vil gjelde for alle tilfellene utført i betong.

Yttervegg:



Tak:



Figur 46 – Snitt tegning av betongyttervegg (t.v) og betongtak (t.h) for ambisjonsnivå 1

Tabell 28 – Sjiktykkelser for yttervegg og tak etter energiltak og energiramme for tilfellene utført i betong

	Yttervegg		Tak	
	Sjikt 1 [mm]	Sjikt 2 [mm]	Sjikt 1 [mm]	Sjikt 2 [mm]
Energiltak	60	100	100	130
Energiramme	75	150	100	220

Tabell 29 – Bygningsfysiske opplysninger som gjelder materialene brukt i yttervegg og tak for tilfellene utført i betong

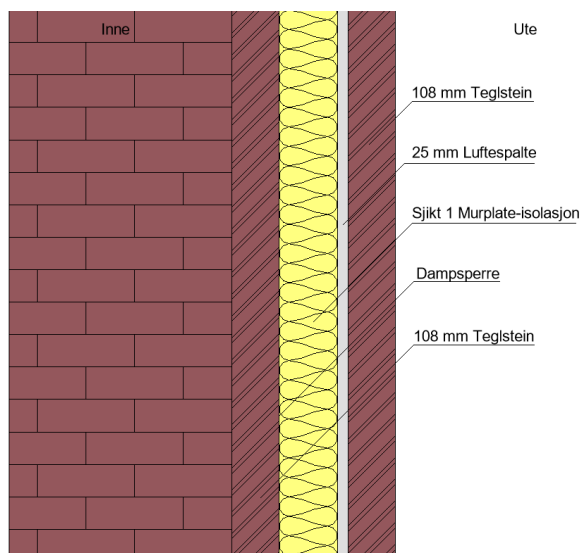
Termiske egenskaper		
Material	Varmekonduktivitet – λ $\left[\frac{W}{mK} \right]$	Kilde
Betong – armert	2,5	(Byggdetaljeblad: 471.010- Varmekonduktivitet og varmemotstand for byggningsmaterialer)
EPS	0,031	EPD

Gips	0,2	(Byggdetaljblad: 471.010-Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer)
Puss	0,8	(Byggdetaljblad: 471.010-Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer)
Fukt		
Dampsperrer skal minst ha en ekvivalent luftlagstykkelse (s_d -verdi) på 10 m (Byggdetaljblad: 573.121 Materialer til luft- og dampetting).		
Andre kommentarer		
<p>-Valgt EPS har en trykkklasse på 80. Dette tilsvarer en trykkfasthet 80 kPa.</p> <p>-Damp- og vindsperre og PVC takmembran har en varmemotstand (R) på 0,03 [m²K/W] (Byggdetaljblad: 471.010-Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer).</p> <p>-Alle innvendige vegger skal utføres i betong med en tykkelse på 75 mm</p> <p>-Etasjeskiller skal utføres i betong med tykkelse på 200 mm</p>		

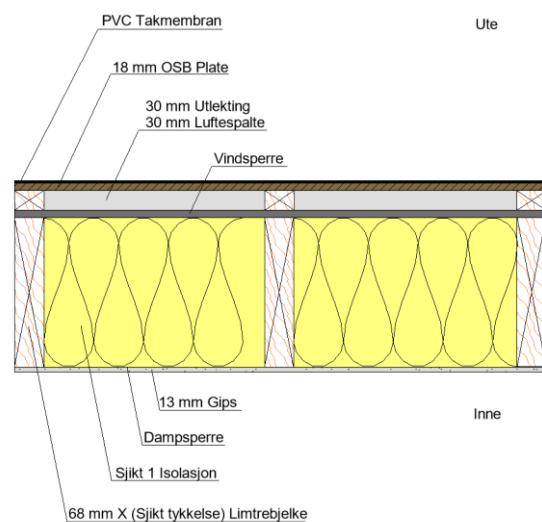
3.5.4.2.4 Dimensjonering ved tegl som hovedmateriale

Løsningene som presenteres her vil gjelde for alle utført i teglverk.

Yttervegg:



Tak:



Figur 47 – Snitt tegning av muryttervegg (t.v.) og takkonstruksjon (t.h.) for ambisjonsnivå 1

Tabell 30 – Sjiktykkelser for yttervegg og tak etter energiramme og energiltak for tilfellene utført i murverk

	Yttervegg	Tak
	Sjikt 1 [mm]	Sjikt 1 [mm]
Energiltak	135	360
Energiramme	200	495

Tabell 31 – Bygningsfysiske opplysninger som gjelder materialene brukt i yttervegg og tak for tilfellene utført i murverk

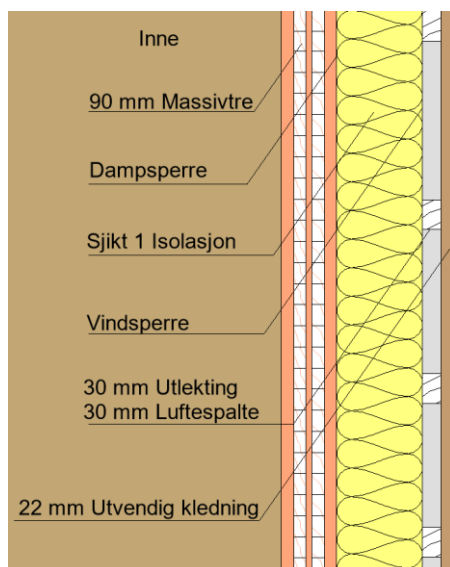
Termiske egenskaper		
Material	Varmekonduktivitet – λ $\left[\frac{W}{mK} \right]$	Kilde
Tegl	0,68	(Byggdetaljeblad: 471.010-Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer)
Murplate isolasjon (yttervegg)	0,032	EPD
Isolasjon steinull (tak)	0,035	EPD
Gips	0,2	(Byggdetaljeblad: 471.010-Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer)
Limtre	0,13	(Byggdetaljeblad: 471.010-Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer)
Fukt		
Dampsperrer skal minst ha en ekvivalent luftlagstykkelse (s_d -verdi) på 10 m (Byggdetaljeblad: 573.121 Materialer til luft- og dampetting).		
Andre kommentarer		

- Isolasjon i yttervegg antas å deles i to sjikt og legges med forskjøvet skjøter slik at sammenhengende luftlommer elimineres.
- Damp- og vindsperre og PVC takmembran har en varmemotstand (R) på 0,03 [m²K/W] (Byggdetaljblad: 471.010-Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer)
- Etasjeskiller skal utføres i betong med tykkelse på 200 mm
- Alle innvendige vegger skal utføres i tegl med tykkelse på 108 mm
- Det er antatt en fugebredde 15 mm

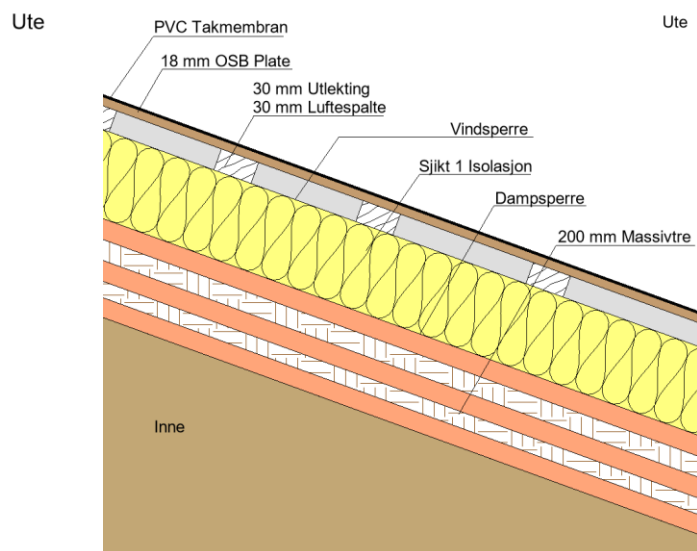
3.5.4.2.5 Dimensjonering ved massivtre som hovedmateriale

Løsningene som presenteres her vil gjelde alle tilfeller utført i massivtre.

Yttervegg:



Tak:



Figur 48 – Snitt tegning av yttervegg (t.v) og takkonstruksjon (t.h) utført i massivtre for ambisjonsnivå 1

Tabell 32 – Sjiktykkelser for yttervegg og tak etter energiramme og energiltak for tilfellene utført i massivtre

	Yttervegg	Tak
	Sjikt 1 [mm]	Sjikt 1 [mm]
Energiltak	140	180
Energiramme	200	310

Tabell 33 – Bygningsfysiske opplysninger som gjelder materialene brukt i yttervegg og tak for tilfellene utført i massivtre

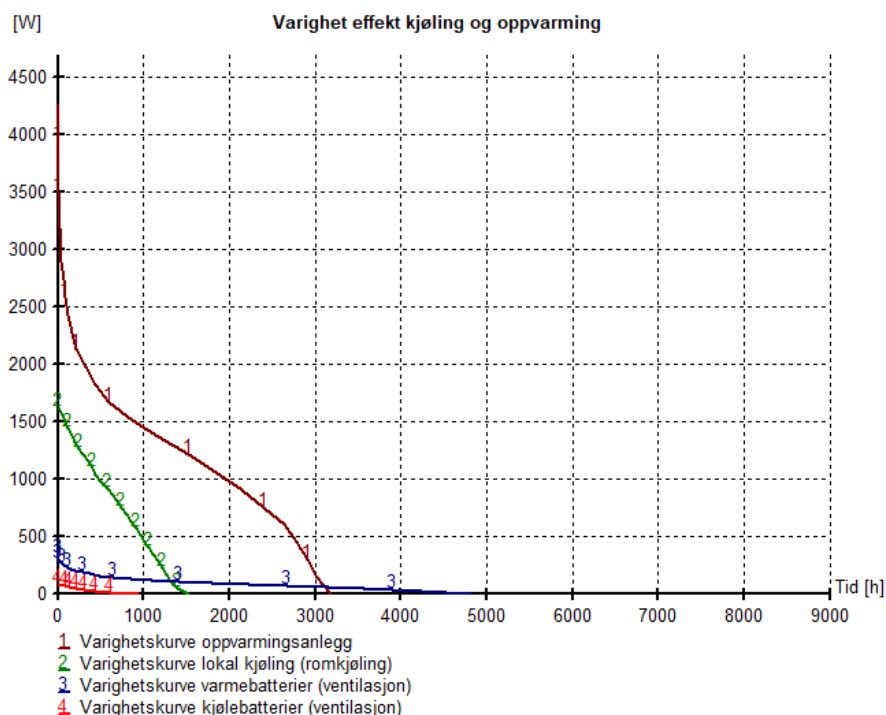
Termiske egenskaper		
Material	Varmekonduktivitet – λ $\left[\frac{W}{mK} \right]$	Kilde
Massivtre	0,13	EPD
Kompakt fasade isolasjon	0,03	EPD
Fukt		
Dampsperrer skal minst ha en ekvivalent luftlagstykkelse (s_d -verdi) på 10 m (Byggdetaljblad: 573.121 Materialer til luft- og dampetting).		
Andre kommentarer		
<p>-Isolasjon i yttervegg og tak antas å deles i to sjikt og legges med forskjøvet skjøter slik at sammenhengende luftlommer elimineres.</p> <p>-Damp- og vindsperre og PVC takmembran har en varmemotstand (R) på 0,03 [m^2K/W] (Byggdetaljblad: 471.010-Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer)</p> <p>-Alle innvendige vegger skal utføres i massivtre med en tykkelse på 60 mm.</p> <p>- Etasjeskiller skal utføres i massivtre med tykkelse på 160 mm.</p>		

3.5.4.2.6 Dimensjonering av energiforsyning

Valgt alternativ fornybar energiforsyning skal benyttes som grunnlast og spisslast skal dekkes av elektrisitet. Det er ikke tatt hensyn til akkumuleringstank ved dimensjoneringen.

Varmepumpe:

Det er to tilfeller som skal inkludere varmpumpe som energiforsyning i kombinasjon med elektrisitet. Disse er henholdsvis B_CAV_VP_Ramme og B_CAV_VP_Tiltak. Ved dimensjonering av luft-vann varmpumpe tas det utgangspunkt i at varmpumpen skal dekke 50 % av summen av maksimalt effektbehov til romoppvarming (Zijdemans, 2014) og tappevann. Verdier for maksimal effektbehov til romoppvarming er hentet ifra simulering gjort i SIMIEN ved å benytte tabell som viser dekningsgrad for effekt mot dekningsgrad for energibruk. Denne tabellen er i SIMIEN er en annen måte å representere effektvarighetskurven på.



Figur 49 - Effektvarighetskurve for kjøling og oppvarming for tilfelle B_CAV_EL_Ramme

Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	
Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk
3,9 kW (90 %)	100 %
3,5 kW (80 %)	100 %
3,0 kW (70 %)	100 %
2,6 kW (60 %)	99 %
2,2 kW (50 %)	97 %
1,7 kW (40 %)	92 %
1,3 kW (30 %)	82 %
0,9 kW (20 %)	62 %
0,4 kW (10 %)	35 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert	

Figur 50 – Dekningsgrader for maksimal effektbehov for romoppvarming for tilfelle B_CAV_VP_Ramme. Det som er uthøvet i gult er verdier som ligger til grunn for dimensjonering av varmepumpen.

Videre er det da lagt til nødvendig effekt for å dekke tappevannsbehovet. Det er antatt at behovet for varmt tappevann er konstant igjennom året. På grunnlag av dette så vil det velges ut en luft-vann varmepumpe med en størrelse på 2,5 kW for begge tilfellene (ramme- og tiltaksmetode) med varmepumpe.

Biobrenselkjel:

For biobrenselkjeler er et normalt effektreguleringsområde mellom 20 til 100% av maksimal effektbehov (Zijdemans, 2014). Det er på grunnlag av dette valgt dimensjonere biobrenselkjelen til å dekke 80 % av summen av maksimal effektbehov til romoppvarmings behovet pluss tappevannsbehovet. Verdier som ligger til grunn for dimensjoneringen er som for tilsvarende vis for varmepumpen basert på simuleringer gjort i SIMIEN. Det er brukt samme type tabell som vises i figur 51 for å velge nødvendig effekt til biobrenselkjelen. Nødvendig størrelse for biobrenselkjelen er 4 kW for både tilfelle etter rammemetode og tiltaksmetode. Det er valgt å benytte treflis som brensel.

3.5.4.3 Kriterie A - Termisk komfort

Etter endt beskrivelse og forslag til konstruksjonsløsning for de ulike bygningsdeler så har det først blitt utført en sjekk på om kriterie A er tilfredsstillt med nåværende driftsparametere. For tilfeller der krav ikke er oppfylt så har endringer av driftsparametere blitt utført for å oppnå kravene i kriterie A og dermed en validering av den funksjonelle enheten for bygget.

Tilstanden for termisk komfort er vurdert i løpet av ett helt år. Som en forenkling er det valgt å kun simulere for tilfellene i energirammemetoden. Dette er gjort med forutsetning om at det vil være tilnærmet likt forhold for begge metoder. Det er beregnet termisk komfort for de tilfeller som har ett særegent hovedmateriale. Bygningsdelene er modellert i WUFI® Plus etter forslag til konstruksjonsløsninger som er beskrevet i kap 3.5.4.2. Bygningsmodellen i WUFI® Plus er satt opp som en oppvarmet beregningssone. Resten av inndata som ligger til grunn for simuleringene i WUFI er beskrevet i kap 3.1.

Det ble etter første simulerings runde kartlagt at termisk komfort ikke var tilfredsstillt etter nåværende driftsparametere og forutsetninger. Parametere som ble endret for oppfylle kriterie A var å endre bekledning med hensyn til både sommer og vinter samt dag og natt. Bekleddningsverdier for de to ulike nattskyklusene er hentet fra (Measurements for Comfort of Down and Feather Products, 2010).

Tabell 34 – Parametere som ble endret i WUFI® Plus slik at termisk komfort ble oppfylt for vurderte tilfeller

Sesong	Døgnsyklus	Bekledning [clo]
Sommer 01.07 - 20.09 (Betong) 15.06 - 20.09 (Mur) 15.06 – 15.09 (Massivtre)	Dag	0,5
	Natt	2,5
	Vinter (Resterende tid)	Dag
	Natt	3,5

Ved å endre parametere som er beskrevet i tabell 36 så ble det følgende resultater for termisk komfort.

Case 1/Zone 1: Quality of indoor environment in % of time in four categories (prEN 15251:2006)

Percentage	42	54	2
Thermal environment	I	II	III
Percentage	31	69	
Indoor air quality	I	II	

Figur 51 – Dokumentasjon av at kriterie A er tilfredsstilt for tilfellene utført i betong for ambisjonsnivå 1

Case 2/Zone 1: Quality of indoor environment in % of time in four categories (prEN 15251:2006)

Percentage	43	52	3
Thermal environment	I	II	III
Percentage	30	70	
Indoor air quality	I	II	

Figur 52 – Dokumentasjon av at kriterie A er tilfredsstilt for tilfellene utført i mur for ambisjonsnivå 1

Case 3/Zone 1: Quality of indoor environment in % of time in four categories (prEN 15251:2006)

Percentage	46	51	2
Thermal environment	I	II	III
Percentage	31	69	
Indoor air quality	I	II	

Figur 53 - Dokumentasjon av at kriterie A er tilfredsstilt for tilfellene utført i massivtre for ambisjonsnivå 1

Det innebærer dermed at kriterie A og B som definerer den funksjonelle enheten er nå validert for ambisjonsnivå 1 og medfører gyldighet for videre sammenligningsgrunnlag.

3.5.5 LCI

3.5.5.1 Kvantifisering av bygningsmasse

Etter at den funksjonelle enheten har blitt validert samt at det har blitt utarbeidet forslag til konstruksjonsløsninger så har neste steg i prosedyren vært å modellere estimert bygningsmasse for hvert tilfellet.

Ved modellering av mengder med bygningsmasse som er nødvendig for å oppfylle den funksjonelle enheten så er det ikke tatt hensyn til svinn eller skader som oppstår forbundet med materialet under sitt livsløp. Alle kvantiteter med materialer som presenteres gjelder dermed for netto mengder.

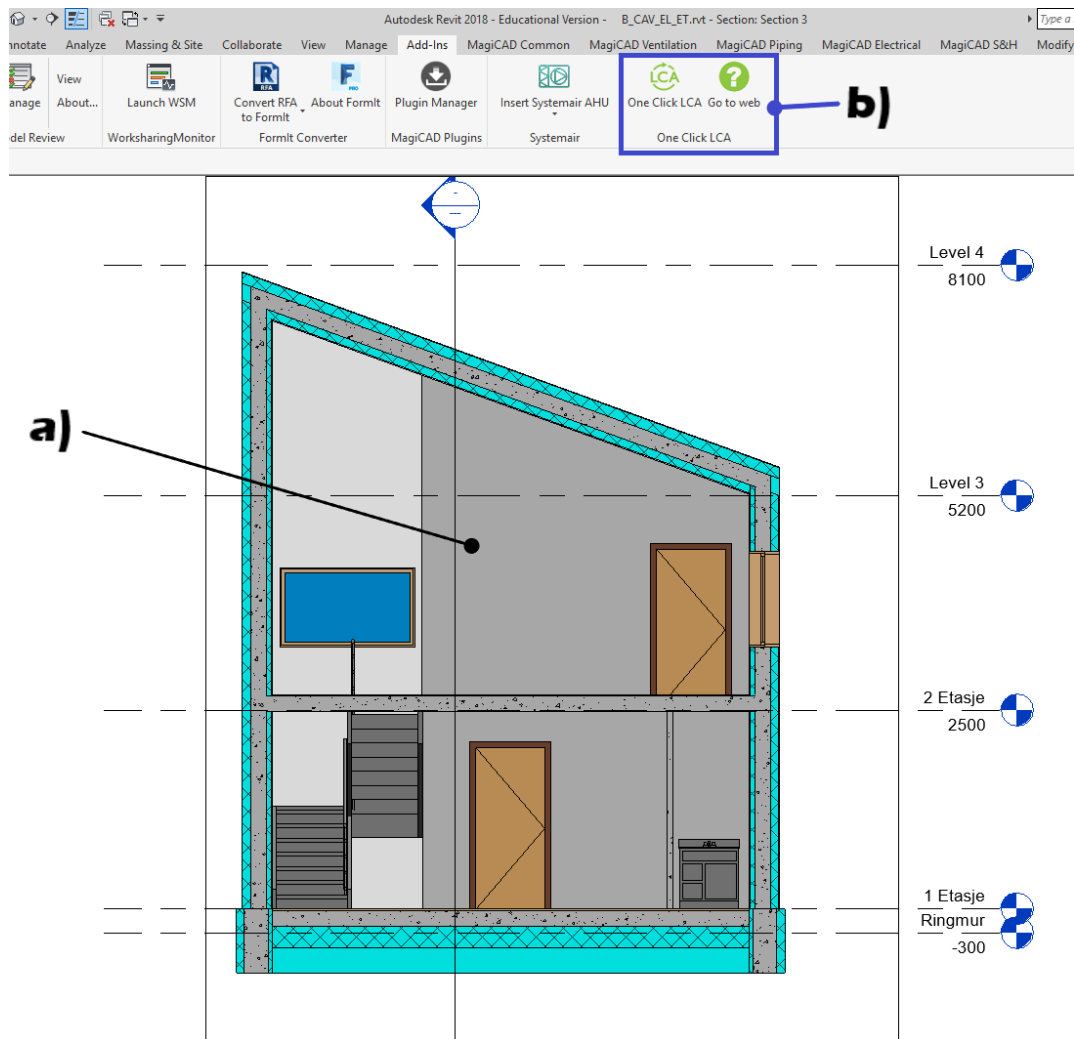
Det er valgt å benytte programvaren Autodesk Revit ved modellering av de ulike tilfellene for å kvantifisere tilhørende bygningsmasse. Dette er gjort for å forsøke å integrere BIM (byggningsinformasjonsmodellering) i LCA vurderingen, som ved dette omfanget og nivå ansees å være hensiktsmessig med tanke på å gjøre arbeidsprosessen så lite tidskrevende som mulig (Soust-Verdaguer, Llatas, & Garcia-Martinez, 2016).

I Autodesk Revit så har det blitt laget seks forskjellige modeller, tre for energitiltaksmetode og tre for energirammemetoden. De tre respektive modellene innenfor hver metode er basert på tilfeller med forskjellige hovedkonstruksjonsmaterialer. Det er da ikke laget modeller for tilfellene med alternativ energiforsyning eller konstruksjonsprinsipp. Dette er gjort fordi disse tidligere nevnte parametere ikke har innvirkning på mengder med konstruksjonsmaterialer som må tas ut. De seks modellene er modellert slik som forslagene til de ulike konstruksjonsløsningene er beskrevet i pkt 3.5.4.2.

Neste steg har vært å transponere alle kvantifiserte mengder med bygningsmasse til utvalgte EPD-er for konstruksjons materialene. Til dette formålet ble det valgt å benytte til nylig lanserte LCA verktøyet One Click LCA ©, ifra det finske selskapet Bionova Ltd. Dette programmet ble valgt på grunnlag av det er direkte kompatibelt med Autodesk Revit som gjøres ved at begge programmene benytter samme data format som er IFC (Industry Foundation Classes). I tillegg til dette så er material og produkt databasen for One Click LCA © tilknyttet opp mot globale EPD-er der Norges EPD database er inkludert samt annen generisk data.

Beskrivelsen av arbeidsflyten mellom Autodesk Revit og One Click LCA © er valgt å forklares gjennom utklipp av skjermbilder med enkle forklarende tekster. Beskrivelsen vil kun inngå i dette delkapittelet mens det vil for de andre ambisjonsnivå forklares og utdypes eventuelle endringer i form av kommentarer.

Etter ferdig utarbeidelse av modell i Autodesk Revit (a) så går man videre til transponeringsfasen ved å trykke på ikon (b).



Figur 54 - Skjermbilde 1 – Ferdig Revit modell

Her blir man videreført til første del av data importen i verktøyet One Click LCA ©. Her legger man inn modellen i ønsket prosjektmappe (a) og definerer om dette er ett nytt design eller om modellen skal bytte ut ett eksisterende design (b). I punkt (c) velger man hvilken indikator man ønsker å utføre beregninger etter. For denne oppgaven er valgt indikator EN-15978. Det er mulig å filtrere bort tomme rader med informasjon som eventuelt blir oppdaget (e) og videre filtreringsmulighet som lar bruker manuelt fjerne (f) og kombinere informasjonsdata (g). Som oversikt av filtreringsvalg samt for generell kontroll har excel fil blitt lastet ned.

One Click LCA © and 360optimi © copyright Bionova Ltd | Version: 14.04.2018. Database version: 7.4

Figur 55 - Skjerm bilde 2 – Del 1 i One Click LCA ©

Her vises hvordan excel filen ser ut og hva Autodesk Revit filtrer importert IFC fil etter.

CLASS	CATEGORY	STRUCTURAL	IFCMATERIAL	QUANTITY	QTY_TYPE	NAME	REVIT ELEMENT LIUD	REVIT MATERIAL LIUD	MATERIAL TYPE	REVIT ELEMENT NAME	LOCAL CATEGORY
2	Floors	FALSE	Rigid insulation	14.85 M3		Gulv 200mmBET_Z1	e44be42a-56a8-402a-9ae2-c4	ee71501414e-43ab-b4c-Material	Gulv 200mmBET_Z175mmEPS	Floors	
3	Floors	FALSE	Concrete, Cast In Situ	10.8 M3		Gulv 200mmBET_Z1	e44be42a-56a8-402a-9ae2-c4	ee71501414e-43ab-b4c-Material	Gulv 200mmBET_Z175mmEPS	Floors	
4	Floors	FALSE	Softwood, Lumber	0.756 M3		Gulv 200mmBET_Z1	e44be42a-56a8-402a-9ae2-c4	366774d5-798f-40c3-8aa-Material	Gulv 200mmBET_Z175mmEPS	Floors	
5	Walls	TRUE	Rigid insulation	1.188 M3		Ringmur Rigid isolat b20e004-91af-4600-b003-3f	ee71501414e-43ab-b4c-Material		Ringmur	Walls	
6	Walls	TRUE	Concrete, Cast In Situ	2.376 M3		Ringmur Rigid isolat b20e004-91af-4600-b003-3f	ee71501414e-43ab-b4c-Material		Ringmur	Walls	
7	Walls	TRUE	Rigid insulation	0.774 M3		Ringmur Rigid isolat b20e004-91af-4600-b003-3f	ee71501414e-43ab-b4c-Material		Ringmur	Walls	
8	Walls	TRUE	Concrete, Cast In Situ	1.548 M3		Ringmur Concrete, C b20e004-91af-4600-b003-3f	ee71501414e-43ab-b4c-Material		Ringmur	Walls	
9	Walls	TRUE	Rigid insulation	1.134 M3		Ringmur Rigid isolat b20e004-91af-4600-b003-3f	ee71501414e-43ab-b4c-Material		Ringmur	Walls	
10	Walls	TRUE	Concrete, Cast In Situ	2.268 M3		Ringmur Concrete, C b20e004-91af-4600-b003-3f	ee71501414e-43ab-b4c-Material		Ringmur	Walls	
11	Walls	TRUE	Rigid insulation	0.72 M3		Ringmur Rigid isolat b20e004-91af-4600-b003-3f	ee71501414e-43ab-b4c-Material		Ringmur	Walls	
12	Walls	TRUE	Concrete, Cast In Situ	1.44 M3		Ringmur Concrete, C b20e004-91af-4600-b003-3f	ee71501414e-43ab-b4c-Material		Ringmur	Walls	
13	Walls	TRUE	Gypsum Wall Board	0.49962774 M3		YV 130_60EPS_200	34602746-94b4-493c-90ed-cd	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YV 130_60EPS_200B_10EPS_10P	Walls	
14	Walls	TRUE	Rigid insulation	6.267496222 M3		YV 130_60EPS_200	34602746-94b4-493c-90ed-cd	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YV 130_60EPS_200B_10EPS_10P	Walls	
15	Walls	TRUE	Concrete, Cast In Situ	7.803136448 M3		YV 130_60EPS_200	34602746-94b4-493c-90ed-cd	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YV 130_60EPS_200B_10EPS_10P	Walls	
16	Walls	TRUE	Concrete, Sand/Cement Screed	0.39727022 M3		YV 130_60EPS_200	34602746-94b4-493c-90ed-cd	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YV 130_60EPS_200B_10EPS_10P	Walls	
17	Walls	TRUE	Gypsum Wall Board	0.736435651 M3		YV 130_60EPS_200	34602746-94b4-493c-90ed-cd	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YV 130_60EPS_200B_10EPS_10P	Walls	
18	Walls	TRUE	Rigid insulation	9.30393404 M3		YV 130_60EPS_200	34602746-94b4-493c-90ed-cd	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YV 130_60EPS_200B_10EPS_10P	Walls	
19	Walls	TRUE	Concrete, Cast In Situ	11.61526279 M3		YV 130_60EPS_200	34602746-94b4-493c-90ed-cd	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YV 130_60EPS_200B_10EPS_10P	Walls	
20	Walls	TRUE	Concrete, Sand/Cement Screed	0.598337953 M3		YV 130_60EPS_200	34602746-94b4-493c-90ed-cd	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YV 130_60EPS_200B_10EPS_10P	Walls	
21	Walls	TRUE	Gypsum Wall Board	0.4525964 M3		YV 130_60EPS_200	34602746-94b4-493c-90ed-cd	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YV 130_60EPS_200B_10EPS_10P	Walls	
22	Walls	TRUE	Rigid insulation	5.809611502 M3		YV 130_60EPS_200	34602746-94b4-493c-90ed-cd	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YV 130_60EPS_200B_10EPS_10P	Walls	
23	Walls	TRUE	Concrete, Cast In Situ	7.23113204 M3		YV 130_60EPS_200	34602746-94b4-493c-90ed-cd	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YV 130_60EPS_200B_10EPS_10P	Walls	
24	Walls	TRUE	Concrete, Sand/Cement Screed	0.368599901 M3		YV 130_60EPS_200	34602746-94b4-493c-90ed-cd	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YV 130_60EPS_200B_10EPS_10P	Walls	
25	Walls	TRUE	Gypsum Wall Board	0.489149305 M3		YV 130_60EPS_200	34602746-94b4-493c-90ed-cd	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YV 130_60EPS_200B_10EPS_10P	Walls	
26	Walls	TRUE	Rigid insulation	5.834400897 M3		YV 130_60EPS_200	34602746-94b4-493c-90ed-cd	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YV 130_60EPS_200B_10EPS_10P	Walls	
27	Walls	TRUE	Concrete, Cast In Situ	7.230961511 M3		YV 130_60EPS_200	34602746-94b4-493c-90ed-cd	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YV 130_60EPS_200B_10EPS_10P	Walls	
28	Walls	TRUE	Concrete, Sand/Cement Screed	0.387501483 M3		YV 130_60EPS_200	34602746-94b4-493c-90ed-cd	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YV 130_60EPS_200B_10EPS_10P	Walls	
29	ExtrusionRoof	Roofs	FALSE	Gypsum Wall Board	0.930413308 M3	Tak 130_100EPS_Z1	1c824cb7-3a57-4c4d-be28-4d	ee71501414e-43ab-b4c-Material	Tak 130_100EPS_200B_10EPS_SIT	Roofs	
30	ExtrusionRoof	Roofs	FALSE	Rigid insulation	16.46115863 M3	Tak 130_100EPS_Z1	1c824cb7-3a57-4c4d-be28-4d	ee71501414e-43ab-b4c-Material	Tak 130_100EPS_200B_10EPS_SIT	Roofs	
31	ExtrusionRoof	Roofs	FALSE	Concrete, Cast In Situ	14.31405093 M3	Tak 130_100EPS_Z1	1c824cb7-3a57-4c4d-be28-4d	ee71501414e-43ab-b4c-Material	Tak 130_100EPS_200B_10EPS_SIT	Roofs	
32	ExtrusionRoof	Roofs	FALSE	Asphalt, Bitumen	0.560991781 M3	Tak 130_100EPS_Z1	1c824cb7-3a57-4c4d-be28-4d	ee71501414e-43ab-b4c-Material	Tak 130_100EPS_200B_10EPS_SIT	Roofs	
33	Floors	Floors	FALSE	Concrete, Cast In Situ	9.9517347 M3	Etageskiller Concrete 02777500-c29f-4c5b-4b84-b0	ee71501414e-43ab-b4c-Material		Etageskiller	Floors	
34	Floors	Floors	FALSE	Softwood, Lumber	0.696621429 M3	Etageskiller Softwood 02777500-c29f-4c5b-4b84-b0	366774d5-798f-40c3-8aa-Material		Etageskiller	Floors	
35	FamilyInstance	Windows	FALSE	Glass	0.195608112 M3	1000x1700 Glass	bc038254-ea5c-43db-ba8b-74	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1000x1700	Windows	
36	FamilyInstance	Windows	FALSE	Sash	0.064708112 M3	1000x1700 Sash	bc038254-ea5c-43db-ba8b-74	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1000x1700	Windows	
37	FamilyInstance	Windows	FALSE	Glass	0.00581912 M3	1000x1700 Glass	bc038254-ea5c-43db-ba8b-74	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1000x1700	Windows	
38	FamilyInstance	Windows	FALSE	Sash	0.064708112 M3	1000x1700 Sash	bc038254-ea5c-43db-ba8b-74	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1000x1700	Windows	
39	FamilyInstance	Windows	FALSE	Glass	0.024152112 M3	1200x2000 Glass	69c35c12-f6b4-48a2-ab84-9c1	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1200x2000	Windows	
40	FamilyInstance	Windows	FALSE	Sash	0.072998712 M3	1200x2000 Sash	69c35c12-f6b4-48a2-ab84-9c1	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1200x2000	Windows	
41	FamilyInstance	Windows	FALSE	Glass	0.024152112 M3	1200x2000 Glass	69c35c12-f6b4-48a2-ab84-9c1	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1200x2000	Windows	
42	FamilyInstance	Windows	FALSE	Sash	0.072998712 M3	1200x2000 Sash	69c35c12-f6b4-48a2-ab84-9c1	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1200x2000	Windows	
43	FamilyInstance	Windows	FALSE	Glass	0.024152112 M3	1200x2000 Glass	69c35c12-f6b4-48a2-ab84-9c1	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1200x2000	Windows	
44	FamilyInstance	Windows	FALSE	Sash	0.072998712 M3	1200x2000 Sash	69c35c12-f6b4-48a2-ab84-9c1	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1200x2000	Windows	
45	FamilyInstance	Windows	FALSE	Glass	0.024152112 M3	1200x2000 Glass	69c35c12-f6b4-48a2-ab84-9c1	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1200x2000	Windows	
46	FamilyInstance	Windows	FALSE	Sash	0.072998712 M3	1200x2000 Sash	69c35c12-f6b4-48a2-ab84-9c1	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1200x2000	Windows	
47	FamilyInstance	Windows	FALSE	Glass	0.024152112 M3	1200x2000 Glass	69c35c12-f6b4-48a2-ab84-9c1	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1200x2000	Windows	
48	FamilyInstance	Windows	FALSE	Sash	0.072998712 M3	1200x2000 Sash	69c35c12-f6b4-48a2-ab84-9c1	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1200x2000	Windows	
49	FamilyInstance	Windows	FALSE	Glass	0.024152112 M3	1200x2000 Glass	69c35c12-f6b4-48a2-ab84-9c1	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1200x2000	Windows	
50	FamilyInstance	Windows	FALSE	Sash	0.072998712 M3	1200x2000 Sash	69c35c12-f6b4-48a2-ab84-9c1	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1200x2000	Windows	
51	FamilyInstance	Windows	FALSE	Glass	0.024152112 M3	1200x2000 Glass	69c35c12-f6b4-48a2-ab84-9c1	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1200x2000	Windows	
52	FamilyInstance	Windows	FALSE	Sash	0.072998712 M3	1200x2000 Sash	69c35c12-f6b4-48a2-ab84-9c1	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1200x2000	Windows	
53	FamilyInstance	Windows	FALSE	Glass	0.024152112 M3	1200x2000 Glass	69c35c12-f6b4-48a2-ab84-9c1	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1200x2000	Windows	
54	FamilyInstance	Windows	FALSE	Sash	0.072998712 M3	1200x2000 Sash	69c35c12-f6b4-48a2-ab84-9c1	caeb5f8f-1569-4aa2-93bc-Material	1200x2000	Windows	
55	FamilyInstance	Doors	FALSE	Door	0.99959311 M3	YD 1Mx21M Door - F	fac4819-9392-4b6c-ac7c-5cc	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YD 1Mx21M	Doors	
56	FamilyInstance	Doors	FALSE	Door - Frame	0.802073 M3	YD 1Mx21M Door - F	fac4819-9392-4b6c-ac7c-5cc	ee71501414e-43ab-b4c-Material	YD 1Mx21M	Doors	
57	Walls	Walls	FALSE	Concrete, Cast In Situ	0.64921875 M3	IV - Betyng 75mm C	649584-9654-a454-ac6a-276	ee71501414e-43ab-b4c-Material	IV - Betyng 75mm	Walls	
58	Walls	Walls	FALSE	Concrete, Cast In Situ	0.41307921 M3	IV - Betyng 75mm C	649584-9654-a454-ac6a-276	ee71501414e-43ab-b4c-Material	IV - Betyng 75mm	Walls	

Figur 56 - Skjermbilde 3 – Excel fil som viser hva som har blitt registrert ifra Revit modellen

Det er valgt å benytte seg av filtreringsmulighetene i One Click LCA © der dette da ble ansett å bevare kontrollen over bygningsinformasjonen som skal inkluderes i LCA vurdering.

One Click LCA + Add

Buy - Help - Adam

✓ IMPORTING DATAPPOINTS: 121

FILTERING

COMBINING

MAPPING

Cancel Download Excel Continue

TEK 17 - Test

Select the data to import

If some of the below data groups are not interesting for your purposes, you can uncheck these from the list below and they shall not be processed. This way, they will not require your attention later on. If the list requires no changes, press Continue

- SLAB (5) ?
- EXTERNAL WALL (32) ?
- ROOF (4) ?
- WINDOW (24) ?
- DOOR (12) ?
- SYSTEMS (40) ?
- BUILDINGTECH (4) ?

Data for class: BUILDINGTECH

QUANTITY	RESOURCEID	COMMENT	Delete
0.002509944265190116	Laminat, Linen, Matte M_Toilet-Domestic-3D	Laminat, Linen, Matte	Delete
0.028742605418104455	Porcelain, Linen	M_Toilet-Domestic-3D Porcelain, Linen	Delete
0.002509944265190116	Laminat, Linen, Matte M_Toilet-Domestic-3D	Laminat, Linen, Matte	Delete
0.028742605418104455	Porcelain, Linen	M_Toilet-Domestic-3D Porcelain, Linen	Delete

Copyright 2018 Bionova Ltd | Version: 14.04.2018. Database version: 7.4

Figur 57 - Skjermbilde 4 – Del 2 i One Click LCA © (filtering)

Etter endt filtrering av data så har bygningsdeler som deler samme materiale blitt kombinert til en felles mengde. Dette har ført til at arbeidet har blitt oversiktlig og ryddig.

One Click LCA + Add Buy Help Adam

✓ IMPORTING DATAPOINTS: 121 ✓ FILTERING DATAPOINTS: 41 **COMBINING** MAPPING

TEK 17 - Test

Cancel Download Excel Continue

Create combinations based on following values

Rows are combined automatically by CLASS and IFCMATERIAL if multiple are present. Here you can add your custom definitions.

- CLASS
- CATEGORY
- STRUCTURAL
- IFCMATERIAL
- QTY_TYPE
- NAME
- REVIT ELEMENT UUID
- REVIT MATERIAL UUID
- MATERIALTYPE
- REVIT ELEMENT NAME
- LOCAL CATEGORY

Figur 58 - Skjerm bilde 5 – Del 3 i One Click LCA © (kombinering)

One Click LCA + Add Buy Help Adam

✓ IMPORTING DATAPOINTS: 121 ✓ FILTERING DATAPOINTS: 41 **COMBINING DATAPOINTS: 41** MAPPING

TEK 17 - Test

Cancel Combine selected Delete selected Combine all Download Excel Continue

Combine or remove any recurring data (36)

You can review and combine data to speed up the process, or delete undesired data

EXTERNAL WALL Select all

Count	CLASS	IFCMATERIAL	QTY_TYPE
<input type="checkbox"/> 8	EXTERNAL WALL	RIGID INSULATION	M3 ?
<input type="checkbox"/> 16	EXTERNAL WALL	CONCRETE, CAST IN SITU	M3 ?
<input type="checkbox"/> 4	EXTERNAL WALL	GYPSUM WALL BOARD	M3 ?
<input type="checkbox"/> 4	EXTERNAL WALL	CONCRETE, SAND/CEMENT SCREED	M3 ?

SLAB Select all

Count	CLASS	IFCMATERIAL	QTY_TYPE
<input type="checkbox"/> 2	SLAB	CONCRETE, CAST IN SITU	M3 ?
<input type="checkbox"/> 2	SLAB	SOFTWOOD, LUMBER	M3 ?

Figur 59 - Skjerm bilde 6 – Del 4 i One Click LCA © (kombinering)

Siste steg i transponeringsfasen er å tilegne identifisert data med ett materiale eller produkt. Dette kan velges på grunnlag av enten generiske eller produsent spesifikke EPD-er (a) ved videre muligheter for å filtrere etter material type (eks isolasjonsprodukter), land og database (a). For denne oppgaven har det i hovedsak forsøkt å benytte mest mulig EPD-er ifra EPD Norge. Hvis man ønsker å endre valgt materiale kan dette også gjøres (b). Under arbeidet med denne oppgaven så har blitt forhåndsbestemt hvilke material EPD-er som ønskes å anvendes ved LCA vurderingen ved å kartlegge hva EPD Norge har i sin database.

a)

One Click LCA + Add Buy Help Adam

✓ IMPORTING DATAPOINTS: 121 ✓ FILTERING DATAPOINTS: 41 ✓ COMBINING DATAPOINTS: 11 **MAPPING DATAPOINTS: 11 + 0**

Importing data: TEK 17 - Test Data summary Cancel Download Excel Save mappings Continue

Material: Filter: Country: Filter: **Data source: EPD Norge x** Type: Filter: Upstream DB: Filter: Emission level: Filter: Reset

? Unidentified, unquantified or composite materials are not imported, unless you map them to resources. Units will be converted automatically if necessary.

› Input checker: 4 issues

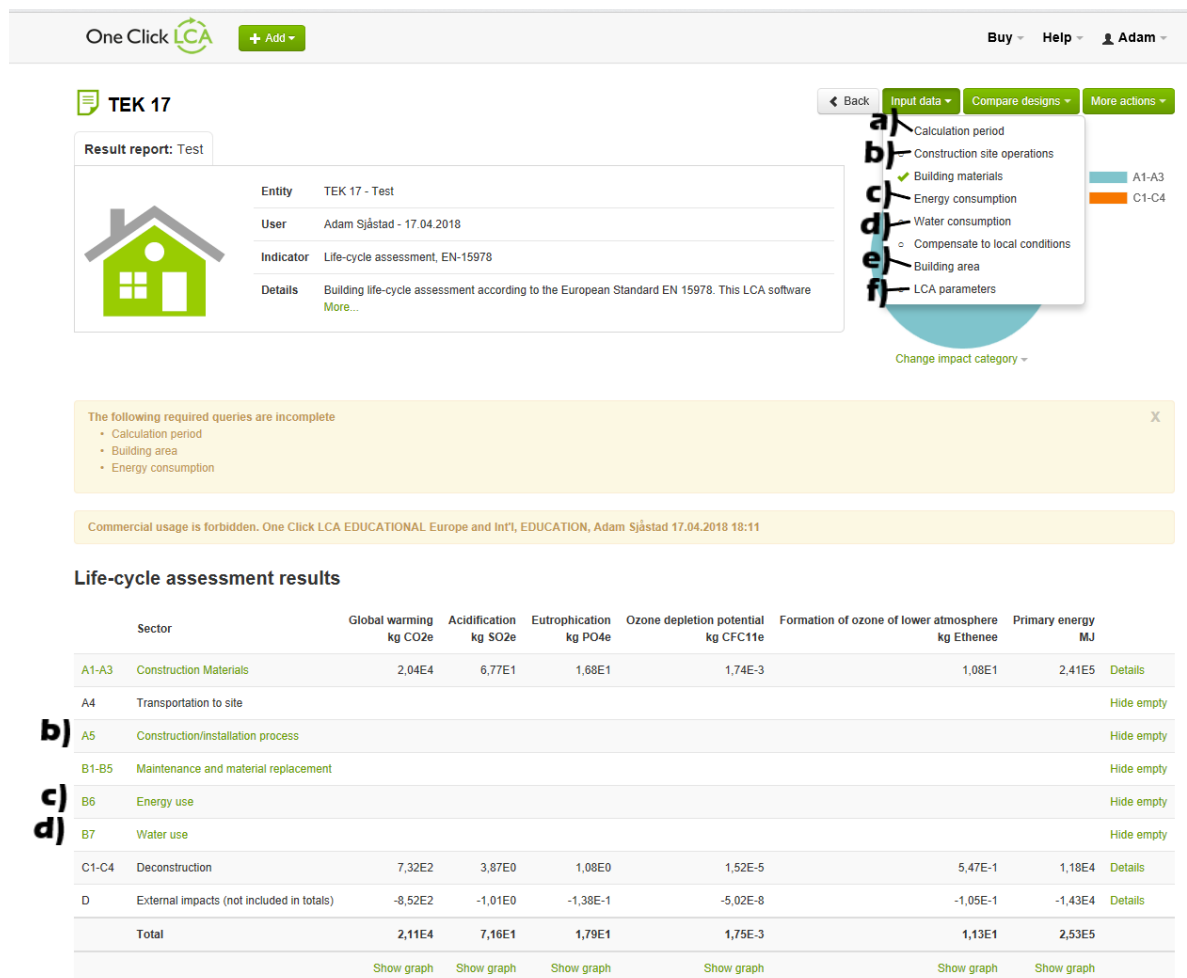
✓ Identified data: 11 / 100 % of volume

Material	Class	Comment	Quantity	Share	Resource name	Mapping	Decide later
concrete, cast in situ	EXTERNA...	Concrete, Cast In Situ, 16 r	46 M3	30.78 %	Low-carbon ready-mix concrete, ...	Change ?	Delete
rigid insulation	EXTERNA...	Rigid insulation, 8 rows	31 M3	20.64 %	Glass wool insulation, in bats, R =	Change ?	Delete
concrete, cast in situ	SLAB	Concrete, Cast In Situ, 2 ro	21 M3	13.78 %	Low-carbon ready-mix concrete, l	Change ?	Delete
rigid insulation	ROOF	Tak 13G_100EPS_200B_1:	16 M3	10.93 %	Glass wool insulation, in bats, R =	Change ?	Delete
rigid insulation	SLAB	Gulv 200mmBET_275mmEI	15 M3	9.86 %	EPS insulation, T: 10-2400 mm, €	Change ?	Delete
concrete, cast in situ	ROOF	Tak 13G_100EPS_200B_1:	14 M3	9.5 %	Autoclaved aerated concrete block, 100-3...	Change ?	Delete
gypsum wall board	EXTERNA...	Gypsum Wall Board, 4 rows	2.17 M3	1.44 %	Insulation /mineral wool, Flexibatt	Change ?	Delete
concrete, sand/cement scr...	EXTERNA...	Concrete, Sand/Cement Sci	1.73 M3	1.15 %	Dry mortar, fiber reinforced, cement and...	Change ?	Delete
softwood, lumber	SLAB	Softwood, Lumber, 2 rows	1.45 M3	0.96 %	High pressure laminate floor covering, 9...	Change ?	Delete
gypsum wall board	ROOF	Tak 13G_100EPS_200B_1:	0.93 M3	0.62 %	Gypsum plasterboard, 12.5 mm, †	Change ?	Delete
asphalt, bitumen	ROOF	Tak 13G_100EPS_200B_1:	0.5 M3	0.33 %	Asphalt, average, -10 to 40 degC (Tarmac...	Change ?	Delete

b)

Figur 60 - Skjermbilde 7 – Del 5 i One Click LCA © (tildeling av EPDer til bygningsmasse)

Videre har referanseanalyseperiode (a) og BRA (e) for aktuell tilfelle blitt lagt inn. Punkt (b) er neglisjert for denne oppgaven, der dette omhandler påvirkninger ifra konstruksjonsfasen modul (A5). Årlig vann- og energiforbruk (modul B6) registreres (pkt c og d) der det er årlig levert energi som skal benyttes. Anskaffelse av verdier for levert energi er beskrevet i pkt 3.5.4.1 og grunnlag for vannforbruk er beskrevet i pkt 3.1.7. Punkt (f) angir LCA parametere i form av prosjekt type, bæresystem og omfang av materiale som skal inkluderes i vurderingen.



Figur 61 - Skjerm bilde 8 – Del 6 i One Click LCA © (input av prosjekt basert informasjon)

Oversikt av kvantifisert bygningsmasse for konstruksjonskomponentene i de ulike tilfellene vises i tabellene nedenfor. Verdiene som presenteres kommer ifra det One Click LCA © har registrert ifra Autodesk Revit modell.

Tabell 35 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfeller B_CAV_BIO, B_CAV_EL og B_CAV_VP i ambisjonsnivå 1 etter ramme og tiltaksmetode.

		B_CAV_BIO, B_CAV_EL, B_CAV_VP	
Konstruksjonskomponent	Materiale	Ramme	Tiltak
Fundament (all armering som inngår i bygning er ført inn under denne posten)	EPS isolasjon [m ³]	18,67	18,67
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	18,43	18,43
	Armeringsstål [kg]	8200	8200
Fasader og vertikale konstruksjoner	EPS isolasjon [m ³]	38,56	27,27
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	38,85	38,72
	Gipsplate [m ³]	2,18	2,17
	Utvendig puss mørtel [m ³]	1,3	1,3
Horisontale konstruksjoner	EPS isolasjon [m ³]	23,34	16,46
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	24,63	24,26
	Gipsplate [m ³]	0,948	0,93
	Laminat gulv [m ³]	1,46	1,45
	Taktekking [m ³]	0,51	0,501

Tabell 36 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfellet B_{prefab_CAV_EL} i ambisjonsnivå 1 etter ramme og tiltaksmetode.

		B _{prefab_CAV_EL}	
Konstruksjonskomponent	Materiale	Ramme	Tiltak
Fundament (all armering som inngår i bygning er ført inn under denne posten)	EPS isolasjon [m ³]	18,67	18,67
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	18,43	18,43
	Armeringsstål [kg]	1850	1850
Fasader og vertikale konstruksjoner	EPS isolasjon [m ³]	38,56	27,27
	Uisolerte betong elementer [m ³]	34,06	33,93
	Gipsplate [m ³]	2,18	2,17
	Utvendig puss mørtel [m ³]	1,3	1,3

	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	4,79	4,79
Horisontale konstruksjoner	EPS isolasjon [m ³]	23,34	16,46
	Betong huldekke B45 [m ³]	14,59	14,31
	Betong huldekke [m ³]	10,04	9,95
	Gipsplate [m ³]	0,948	0,93
	Laminat gulv [m ³]	1,46	1,46
	Taktekking [m ³]	0,511	0,501

Tabell 37 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfellet M_CAV_EL i ambisjonsnivå 1 etter ramme og tiltaksmetode.

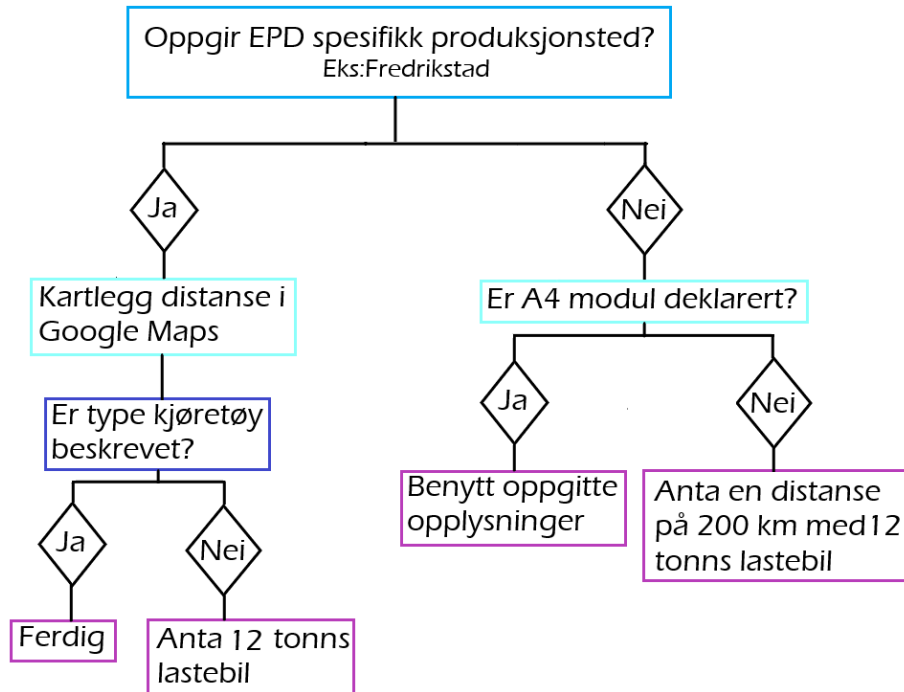
		M_CAV_EL	
Konstruksjonskomponent	Materiale	Ramme	Tiltak
Fundament (all armering som inngår i bygning er ført inn under denne posten)	EPS isolasjon [m ³]	18,67	18,67
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	18,43	18,43
	Armeringsstål [kg]	1850	1850
Fasader og vertikale konstruksjoner	Teglstein [m ³]	32,8	32,6
	Murplate isolasjon (glassull) [m ³]	34,32	22,98
	Mørtel M5 [kg]	21800	19450
Horisontale konstruksjoner	Mineralull isolasjon [m ³]	33,7	23,2
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	10,8	10,8
	Gipsplate [m ³]	0,948	0,928
	Laminat gulv [m ³]	1,51	1,51
	Taktekking [m ³]	0,364	0,357
	OSB plate [m ³]	1,31	1,29
	Vindsperre trefiberplate [m ³]	1,31	1,29
	Limtre bjelker [m ³]	2,87	2,87

Tabell 38 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfellet MT_CAV_EL i ambisjonsnivå 1 etter ramme og tiltaksmetode.

		MT_CAV_EL	
Konstruksjonskomponent	Materiale	Ramme	Tiltak
Fundament (all armering som inngår i bygning er ført inn under denne posten)	EPS isolasjon [m ³]	18,76	18,76
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	18,43	18,43
	Armeringsstål [kg]	1850	1850
Fasader og vertikale konstruksjoner	Fasadeskive isolasjon [m ³]	33,79	23,52
	Massivtre-elementer [m ³]	19,2	19,03
	Utvendigkledning i tre [m ³]	3,72	3,7
Horisontale konstruksjoner	Fasadeskive isolasjon [m ³]	21,42	12,03
	Massivtre-elementer [m ³]	22,46	22
	OSB plate [m ³]	1,24	1,2
	Laminat gulv [m ³]	0,756	0,756
	Taktekking [m ³]	0,345	0,334

3.5.5.2 Transport (A4)

Siste steg før endelig resultat genereres har vært å legge inn verdier for transport modulen (A4) samt å tildele EPD-er til de bygningstekniske installasjonene. Figur 63 viser flytskjema og valg som er gjort for transport modulen A4.



Figur 62 - Flytskjema brukt for vurdering av transport modul (A4)

Det har blitt beregnet nødvendig antall turer ifra produksjonssted til byggeplass basert mengde bygningsmasse generert i Autodesk Revit med tetthet opplyst ifra EPD samt størrelse på beskrevet kjøretøy.

Tabell 39 - Eksempel på hvordan distanse for frakt er beregnet

Eksempel:

- Valgt produkt EPD opplyser om produksjonssted i Fredrikstad.
- I følge google maps er avstand ifra Fredrikstad til Oslo 94 km. En avstand på 100 km er videre antatt.
- Valgt produkt EPD beskriver at benyttet kjøretøy for frakt er lastebil med en lastekapasitet på 10 tonn.
- Autodesk Revit har estimert mengder av gitt bygningsmasse til å være $V = 100 \text{ m}^3$
- Valgt produkt EPD opplyser om at tetthet for gitt materiale er $\rho = 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- Total vekt som skal fraktes er da $\rho * V = 20000 \text{ kg} = 20 \text{ tonn}$
- Antall turer som må kjøres med gitt kjøretøy er da 2.

- Totalt innlagt distanse som legges i One Click LCA © for gitt materiale ut ifra forutsetninger i eksemplet er da $2 \cdot 100 \text{ km} = 200 \text{ km}$

Tilleggs kommentar og utdypninger:



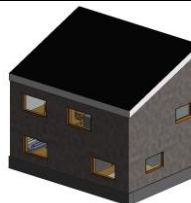



- Størrelse og antall radiatorer er basert på simuleringer ifra SIMIEN der verdier for effektbehov til romoppvarming ligger til grunn.
- Valg av ventilasjonsaggregat er basert på beregnet nødvendig luftmengde der nærmeste størrelse er valgt.
- Lengder med kanalføring til ventilasjon samt rørlengder til vannbårent varmeanlegg og varmt/kaldt sanitasjonsrør er estimert ut ifra plantegninger.
- Nødvendig mengde mørtel til teglytterveggene er basert ut ifra valgt stein dimensjon og en fugebredde på 15 mm. Bygningsmassen som blir kvantifisert ifra Autodesk Revit for ytterveggene i tegl skal fordeles på henholdsvis 75 % teglstein og 25 % mørtel.
- For armerings mengder benyttet i betong konstruksjonene er det antatt 100 kg stål per kubikk meter med betong (Janicki, u.d.).
- Ved valg av størrelse på varmpumpe i One Click LCA © så dette gjort ut ifra beregninger beskrevet i pkt 3.5.4.2.6. I One Click LCA © er det først valgt ut en varmpumpe med spesifikk effekt oppgitt. Ut ifra denne spesifikke størrelsen så er den videre skalert til å passe med nødvendig beregnet effekt for varmpumpe for det aktuelle tilfellet. Skalering av varmpumpen er basert på resultater ifra tidligere forskning (Caduff, Huijbregts, Koehler, Althuas, & Hellweg, 2014) som viser grafisk fremstilling av effekt mot klimagassutslipp per enhet.
- For biobrenselkjelene så er det ikke gjort noen form for skalering av produktet mot ønsket effekt. Årsaken til dette er at oppgitte biobrenselkjeler ikke oppgir en spesifikk effekt men heller effekt intervaller.

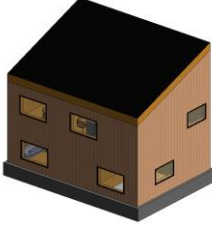
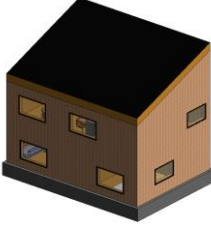
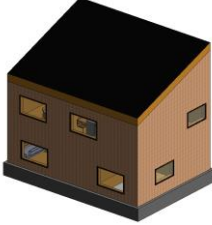
3.6 Ambisjonsnivå 2 – Passivhus

3.6.1 Beskrivelse av tilfeller

Ved utarbeidelse av de ulike tilfellene som skal vurderes for ambisjonsnivå 2 – Passivhus så det valgt å basere disse med utgangspunkt i tilfellene som er beskrevet for ambisjonsnivå 1 – TEK17. Dette er gjort med hensyn på å ivareta sammenligningsgrunnlaget for studiet. Det er midlertidig gjort noen hoved endringer for å tilpasse dette mot energikravene iht. norsk passivhus standard NS 3700:2013. Hoved endringen har vært å inkludere solenergi som alternativ energiforsyning i kombinasjon med elektrisitet. Det er da med andre ord byttet ut tilfelle med kun elektrisitet som energiforsyning med tilfeller der energiforsyning består av en kombinasjon av sol og elektrisitet. Videre er det valgt å fjerne parameteren om forskjellige konstruksjonsprinsipp ved utarbeidelse av de forskjellige tilfellene. Dette er gjort med hensikt i å avgrense oppgaven. Det er valgt å beholde de samme materialene som gjaldt for ambisjonsnivå 1 –TEK17. På grunnlag av dette så er følgende ni tilfeller utarbeidet.

Tabell 40 – Oversikt av de ulike tilfellene som ligger til grunn for ambisjonsnivå 2

Forkortelse:	B_CAV_SOL	B_CAV_BIO	B_CAV_VP
			
Hovedmateriale:	Betong	Betong	Betong
Ventilasjonsstype:	Balansert – CAV	Balansert – CAV	Balansert – CAV
Energiforsyning:	Elektrisitet + Solenergi	Elektrisitet + Biobrensel	Elektrisitet + Varmepumpe
Konstruksjonsprinsipp:	Plasstøpt	Plasstøpt	Plasstøpt
Forkortelse	M_CAV_SOL	M_CAV_BIO	M_CAV_VP
			
Hovedmateriale:	Tegl	Tegl	Tegl
Ventilasjonsstype:	Balansert – CAV	Balansert – CAV	Balansert – CAV

Energiforsyning:	Elektrisitet + Solenergi	Elektrisitet + Biobrensel	Elektrisitet + Varmepumpe
Konstruksjonsprinsipp:	Murverk	Murverk	Murverk
Forkortelse	MT_CAV_SOL	MT_CAV_BIO	MT_CAV_VP
			
Hovedmateriale:	Massivtre	Massivtre	Massivtre
Ventilasjonstype:	Balansert – CAV	Balansert – CAV	Balansert – CAV
Energiforsyning:	Elektrisitet + Solenergi	Elektrisitet + Biobrensel	Elektrisitet + Varmepumpe
Konstruksjonsprinsipp:	Prefabrikkerte elementer	Prefabrikkerte elementer	Prefabrikkerte elementer

3.6.2 Hva som skal inkluderes i LCA vurderingen

Som det ble påpekt i pkt 3.5.2 så vil det kun gis presentasjon av hva som skal inkluderes av bygningsdeler og tekniske komponenter/installasjoner for referanse bygget B_CAV_EL. For oversikt av hva som skal inkluderes ved de ulike tilfellene for ambisjonsnivå 2 så henvises det videre til vedlegg C.

3.6.3 Utdypning av kriterie B

Kriterie B for ambisjonsnivå 2 – Passivhus er definert ut ifra kravene for norsk passivhus iht. NS 3700:2013. Kravene for kriterie B vil dermed være fordelt på fire punkter der tre av dem er felles og gjelder alle vurderte tilfeller, mens ett av punktene vil være avhengig ut ifra hvert vurdert tilfelle med samme hovedmateriale.

Tabell 41 - Felles krav til kriterie B som gjelder for ambisjonsnivå 2 – Passivhus

Felles	
Krav	Verdi
Varmetapstall $\left[\frac{W}{m^2K} \right]$	$\leq 0,48$
Netto oppvarmingsbehov $\left[\frac{kWh}{m^2} \right]$	$\leq 22,8$
Netto kjølebehov $\left[\frac{kWh}{m^2} \right]$	0

Tabell 42 - Særegne krav til kriterie B som gjelder hvert vurdert tilfelle med samme hovedmateriale for ambisjonsnivå 2 – Passivhus

	Krav
Tilfeller	Energibruk av el./fossile energibærere $\left[\frac{kWh}{m^2} \right]$
B_CAV_VP	$\leq 71,3$
B_CAV_BIO	$\leq 71,3$
B_CAV_SOL	$\leq 71,3$
M_CAV_VP	$\leq 71,1$
M_CAV_BIO	$\leq 71,1$
M_CAV_SOL	$\leq 71,1$
MT_CAV_VP	$\leq 71,4$
MT_CAV_BIO	$\leq 71,4$
MT_CAV_SOL	$\leq 71,4$

3.6.4 Verifikasjon av den funksjonelle enheten

3.6.4.1 Kriterie B og estimert levert energi

Etter at iterasjonsløkken (beskrevet i figur 39) er gjennomført så er det gjort følgende endringer for å tilfredsstille kravene for kriterie B slik at den funksjonelle enheten kan verifiseres.

Tabell 43 – Parametere som har blitt endret for alle tilfeller i ambisjonsnivå 2 for å kunne tilfredsstille kriterie B

Gjelder alle tilfeller	
Endret parameter	Verdi
Luftlekkasjetall per time ved 50 Pa trykkforskjell [1/h]	0,4
Normalisert kuldebroverdi, der m ² angis som oppvarmet BRA [W/(m ² K)]	0,03
U-verdi gulv [W/(m ² K)]	0,07
U-verdi vindu [W/(m ² K)]	0,63
Solfaktor aktivisert stilling [%]	0,05
Solfaktor ikke aktivisert stilling [%]	0,35
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg [%]	86

Tabell 44 - Parametere som har blitt endret for alle tilfellene i ambisjonsnivå 2 med samme hovedmateriale for å kunne tilfredsstille kriterie B

Tilfeller med samme hovedmateriale			
Parameter	Betong	Mur	Massivtre
Vinduslufting	Ja	Ja	Ja
Solskjerming aktiviseres ved solflux [W/m^2]	Etter NS 3031	650	500
U-verdi yttervegg [$W/(m^2K)$]	0,09	0,09	0,08
U-verdi tak [$W/(m^2K)$]	0,07	0,07	0,08

Solskjermings parameter gjelder alle vinduer mens vinduslufting gjelder kun vinduene på sør fasaden.

Dekningsgraden for energiforsyningene er det samme for varmepumpe og biobrensel som beskrevet i ambisjonsnivå 1 – TEK17. For tilfellene med solfangere er det valgt en dekningsgrad på 75 % elektrisitet og 25 % sol for romoppvarming og en dekningsgrad 50 % elektrisitet og 50 % sol for oppvarming av tappevann (H. Bryn, J. Petersen, & Gedsø, 2011).

Internlaster, klima og luftmengder er det samme som er beskrevet i pkt 3.1.

For dokumentasjon av at samtlige tilfeller tilfredsstiller kriterie B i ambisjonsnivå 2 så henvises det til vedlegg D.

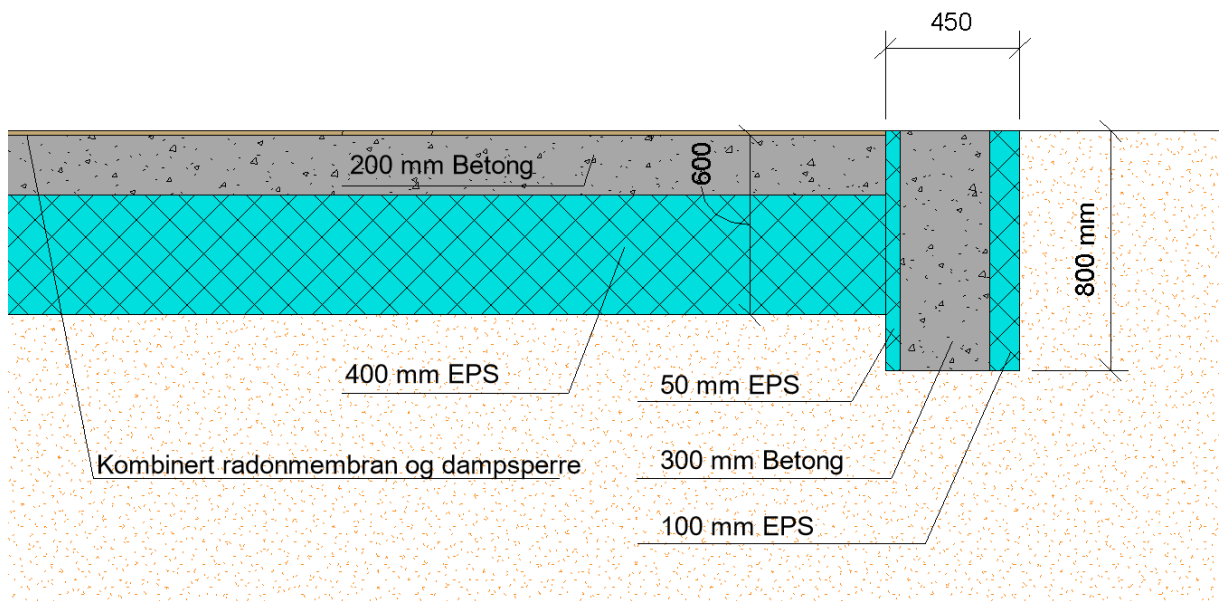
		Tilfeller								
		B_CAV_VP	B_CAV_BIO	B_CAV_SOL	M_CAV_VP	M_CAV_BIO	M_CAV_SOL	MT_CAV_VP	MT_CAV_BIO	MT_CAV_SOL
	Totalt varmetapstall	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42
Energitylse	Netto oppvarmingsbehov [kWh/m ²]	22,7	22,7	22,7	22,6	22,6	22,6	22,7	22,7	22,7
	Energibruk el./fossile energibærere [kWh/m ²]	66,3	52,2	70,4	66,1	52,1	70,3	66,5	52,4	70,6
	Netto kjølebehov [kWh/m ²]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Leverert energi [kWh]	7156	5637 (EL) + 6376 (BIO)	7608	7141	5623 (EL) + 6369 (BIO)	7591	7179	5663 (EL) + 6364 (BIO)	7628

Figur 63 - Oversikt av at den funksjonelle enheten er verifisert ut ifra kravene for kriterie B i ambisjonsnivå 2 – Passivhus samt beregnet estimert verdi for levert energi som skal representere verdier for modul B6 for hvert enkelt tilfelle.

3.6.4.2 Beskrivelse og dimensjonering av bygningskomponenter basert på verifikasjon av kriterie B

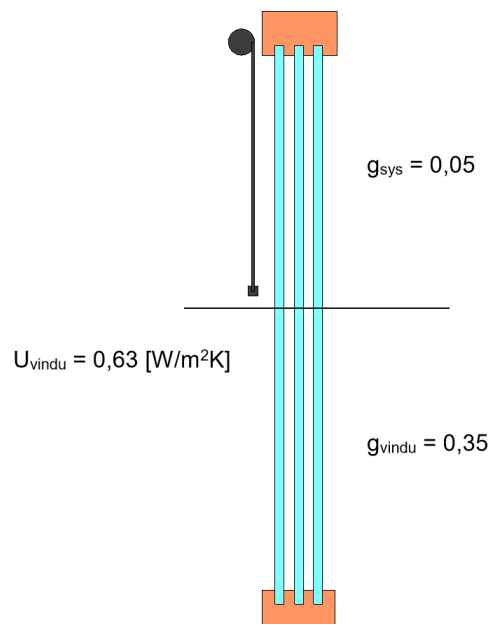
3.6.4.2.1 Felles dimensjonering av bygningskomponenter

Det er forutsatt at fundamentet, vindu og solskjerming skal være den samme for alle de 9 ulike tilfellene i Passivhus nivået. Disse løsningene blir dermed beskrevet og presentert først.



Figur 64 - Tegning av forslag til fundament for tilfellene i ambisjonsnivå 2

Det henvises til tabell 29 for oversikt av termiske egenskaper, fuktkrav og andre vesentlige kommentarer.

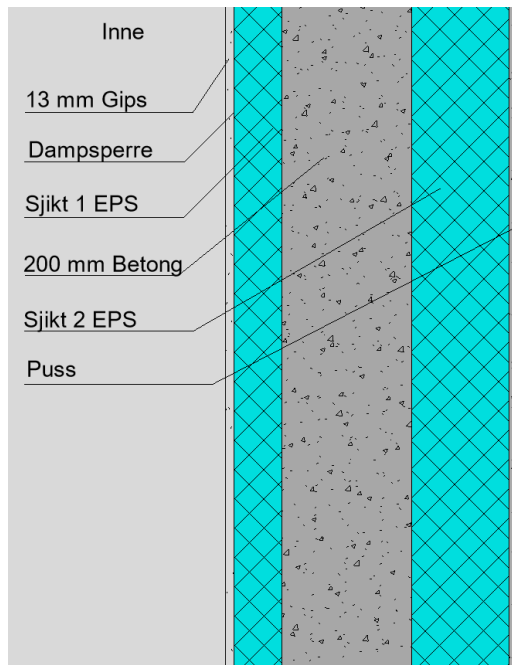


Figur 65 - Egenskaper for vindu i ambisjonsnivå 2 – Passivhus som skal brukes i alle tilfeller

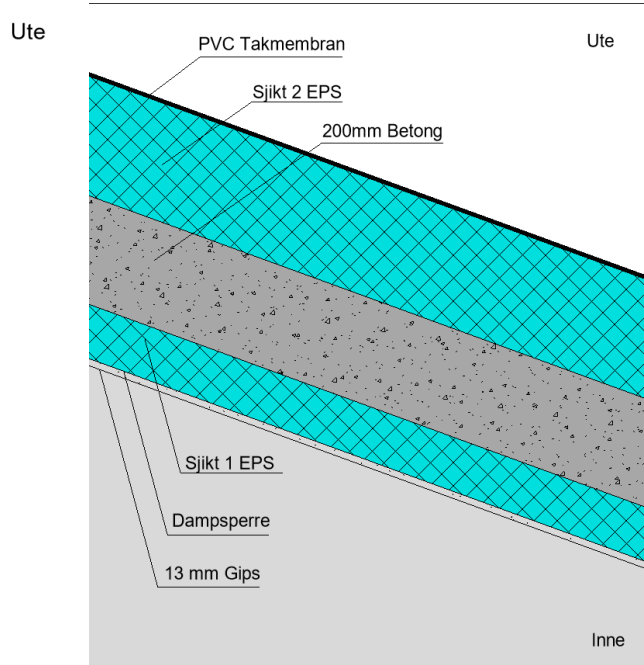
3.6.4.2.2 Dimensjonering ved betong som hovedmateriale

Løsningene som presenteres her vil gjelde for alle tilfellene utført i betong.

Yttervegg:



Tak:



Figur 66 – Snitt tegning av betongyttervegg (t.v) og betongtak (t.h) for ambisjonsnivå 2

Tabell 45 – Sjiktykkelser for yttervegg og tak i ambisjonsnivå 2 for tilfellene utført i betong

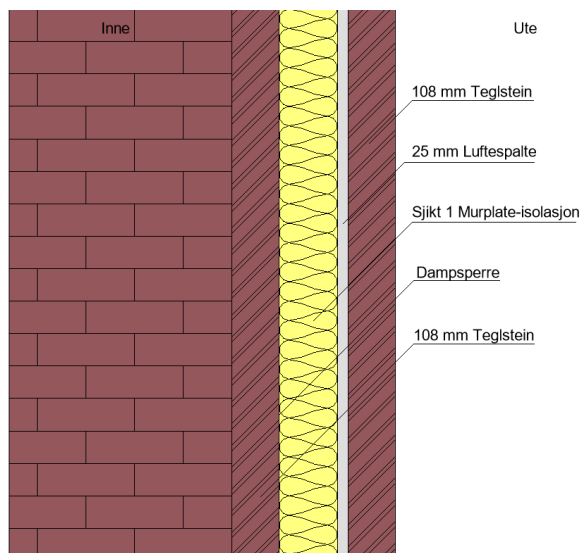
	Yttervegg	Tak
Sjikt 1 [mm]	100	150
Sjikt 2 [mm]	225	275

Det henvises til tabell 31 for oversikt av termiske egenskaper, fuktkrav og andre vesentlige kommentarer.

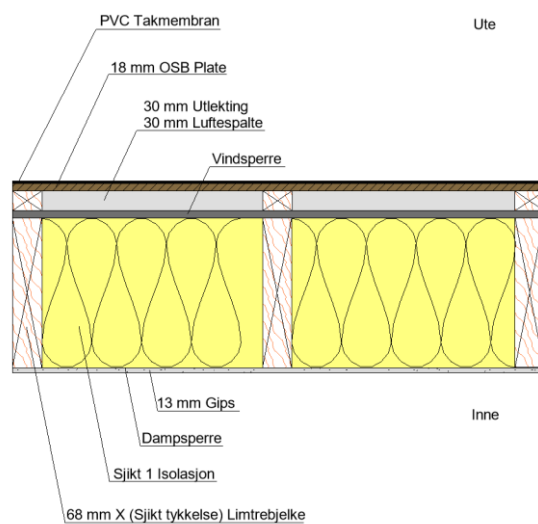
3.6.4.2.3 Dimensjonering ved tegl som hovedmateriale

Løsningene som presenteres her vil gjelde for alle utført i teglverk.

Yttervegg:



Tak:



Figur 67 – Snitt tegning av murvegg (t.v) og takkonstruksjon (t.h) for ambisjonsnivå 2

Tabell 46 - Sjikttykkelser for yttervegg og tak i ambisjonsnivå 2 for tilfellene utført i murverk

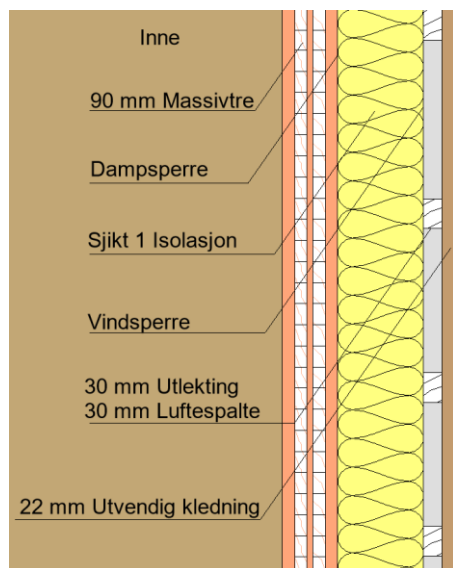
	Yttervegg	Tak
Sjikt 1 [mm]	330	640

Det henvises til tabell 33 for oversikt av termiske egenskaper, fuktkrav og andre vesentlige kommentarer.

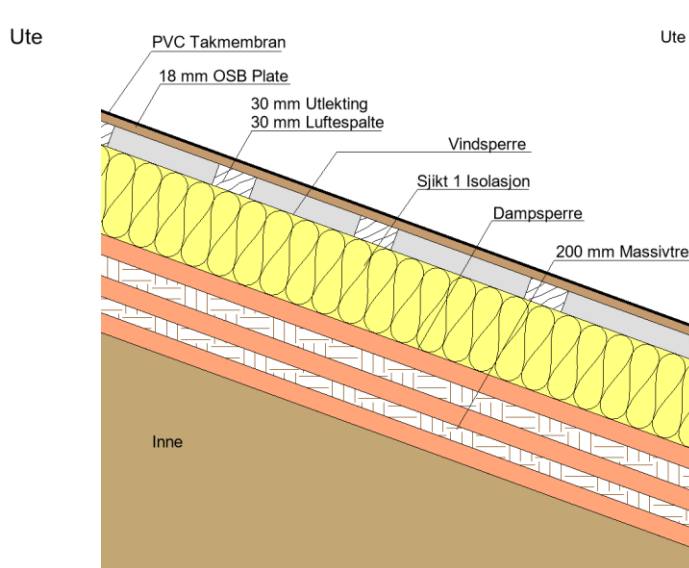
3.6.4.2.4 Dimensjonering ved massivtre som hovedmateriale

Løsningene som presenteres her vil gjelde alle tilfeller utført i massivtre.

Yttervegg:



Tak:



Figur 68 - Snitt tegning av massivtrevegg (t.v) og massivtretak (t.h) for ambisjonsnivå 2

Tabell 47 – Sjikttykkelser for yttervegg og tak i ambisjonsnivå 2 for tilfellene utført i massivtre

	Yttervegg	Tak
Sjikt 1 [mm]	340	310

Det henvises til tabell 35 for oversikt av termiske egenskaper, fuktkrav og andre vesentlige kommentarer.

3.6.4.2.5 Dimensjonering av energiforsyning

Varmepumpe:

Dimensjonering av varmpumpe er gjort etter samme metode beskrevet i pkt 3.5.4.2.6. Følgene størrelse på varmpumper er dermed valgt for tilfellene i ambisjonsnivå 2 med varmpumper.

Tabell 48 - Nødvendig størrelse på varmpumpe for tilfellene i ambisjonsnivå 2 – Passivhus

	Tilfeller		
	B_CAV_VP	M_CAV_VP	MT_CAV_VP
Effekt [kW]	1,9	1,8	2,6

Biobrenselkjel:

Dimensjonering av biobrenselkjel er gjort etter samme metode beskrevet i pkt 3.5.4.2.6. Følgene størrelse på biobrenselkjeler er dermed valgt for tilfellene i ambisjonsnivå 2 med biobrenselkjeler.

Tabell 49 - Nødvendig størrelse på biobrenselkjel for tilfellene i ambisjonsnivå 2 – Passivhus

	Tilfeller		
	B_CAV_BIO	M_CAV_BIO	MT_CAV_BIO
Effekt [kW]	3	3	4

Solfangere:

Ved beregning av nødvendig solfangerareal så er beregningsmetode beskrevet i boken Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer av David Zijdemans blitt anvendt. Dette er en forenklet metode som ansees nøyaktig nok for bruk til eneboliger (Zijdemans, 2014). Nødvendig solfangerareal er beregnet etter følgende formler og sammenhenger:

$$A_{Solf} = \frac{Q_{Behov} * \eta_{Dekn}}{Q_{Utb}} , [m^2] \quad (2)$$

Der:

$$Q_{Behov} := \text{Energibehov (Tappevannsoppvarming og \ eller romoppvarming)} , \left[\frac{kWh}{\text{år}} \right]$$

$$\eta_{Dekn} := \text{Ønsket dekningsgrad} , [-]$$

$$Q_{Utb} := I_{Opt} * \overline{\eta_{Sf}} * f_A * f_H , \left[\frac{kWh}{m^2} \right]$$

Der:

$$I_{Opt} := \text{Årlig innstrålt solenergi ved optimal vinkel} , \left[\frac{kWh}{m^2} \right]$$

$$\overline{\eta_{Sf}} := \text{Midlere virkningsgrad for solfanger} , [-]$$

$$f_A := \text{Korreksjonsfaktor for asimutvinkelen} , [-]$$

$$f_H := \text{Korreksjonsfaktor for helningsvinkel} , [-]$$

Verdier for energibehovet er hentet ifra simuleringer gjort i SIMIEN. Ønsket dekningsgrad er beskrevet i pkt 3.6.4.1. Midlere virkningsgrad for solfanger er anslått til være 50 %. Årlig innstrålt solenergi ved optimalvinkel samt korreksjonsfaktor for asimut- og helningsvinkel er

hentet ifra tabell angitt i (Zijdemans, 2014). På grunnlag av dette så er følgende størrelser på solfangerareal beregnet.

Tabell 50 - Nødvendig solfangerareal for de ulike tilfellene i ambisjonsnivå 2 – Passivhus

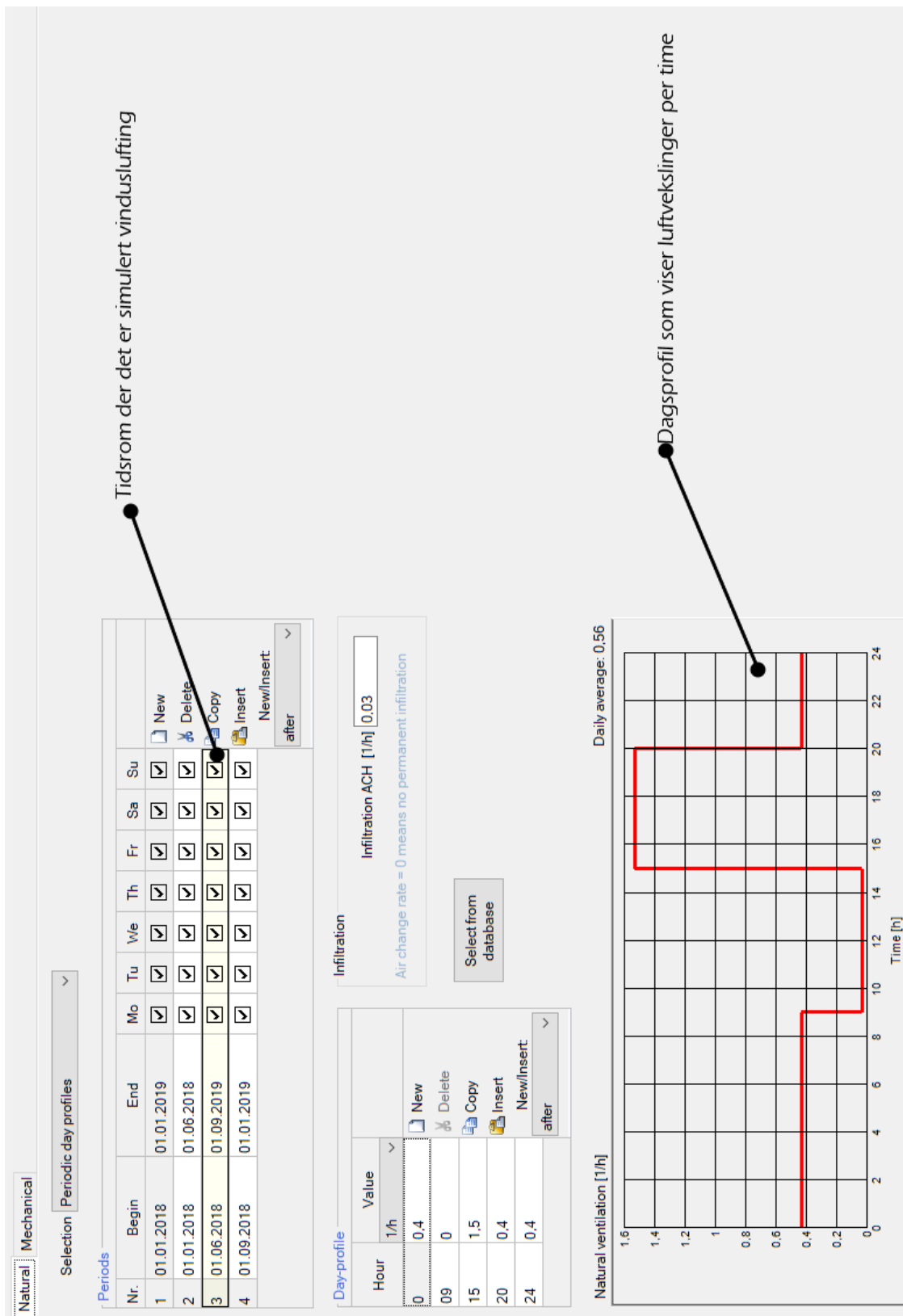
	Tilfeller		
	B_CAV_SOL	M_CAV_SOL	MT_CAV_SOL
Nødvendig solfangerareal [m ²]	5	5	5

Det er valgt å benytte plane solfangere.

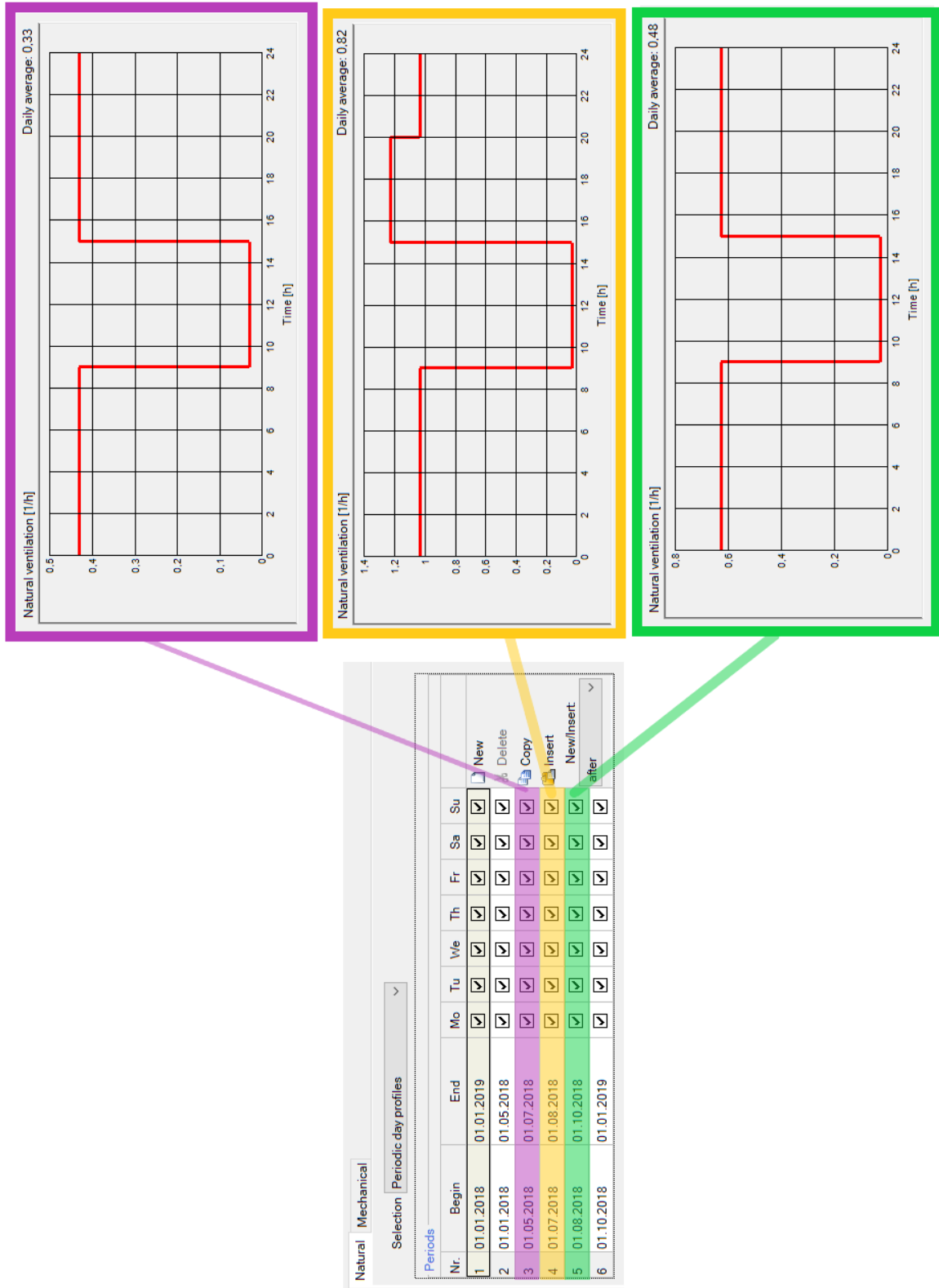
3.6.4.3 Kriterie A – Termisk komfort

Ved verifisering av kriterie A for ambisjonsnivå 2 –Passivhus så er simuleringene utført for de tilfellene med ulikt hovedkonstruksjonsmateriale og dermed ikke differensiert mellom de tilfellene med forskjellige energiforsyninger. Kort sagt så er det simulert tre tilfeller henholdsvis med betong, mur og massivtre som hovedkonstruksjonsmateriale. Simuleringene er utført gjennom et helt år. Bygningsdelene er modellert i WUFI ® Plus etter forslag til konstruksjonsløsninger som er beskrevet i kap 3.6.4.2. Bygningsmodellen WUFI ® Plus er satt opp som en oppvarmet beregningssone. Resten av inndata som ligger til grunn for simuleringene i WUFI ® Plus er beskrevet i kap 3.1.

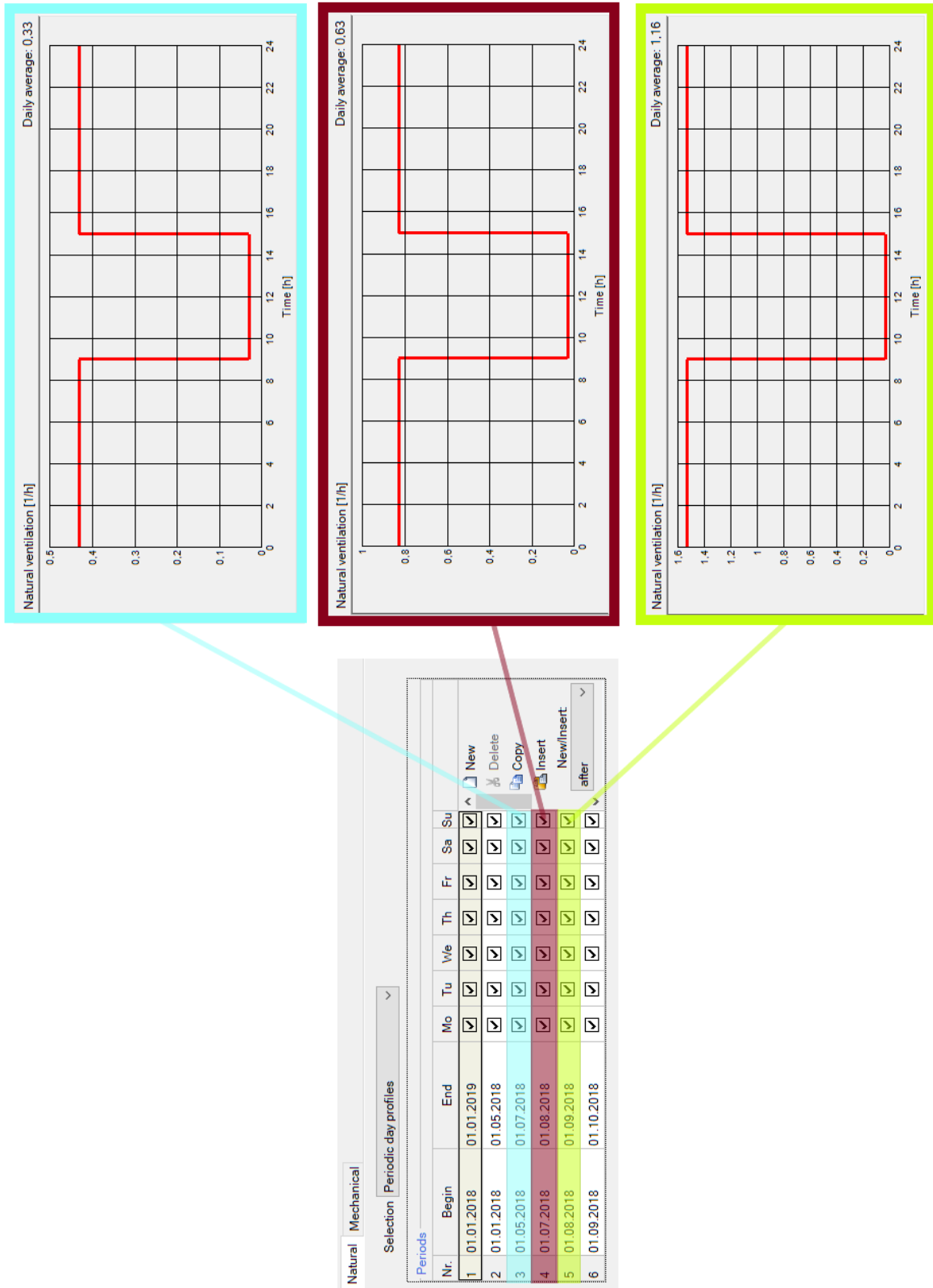
Verifiseringen av kriterie A har vært en litt lengre prosess en ved ambisjonsnivå 1 – TEK17. Dette er korrelatet med at det ikke kan brukes noen form for aktiv kjøling ved evaluering mot passivhus standarden samtidig som at det stilles høyere krav til oppvarmingsbehovet (mer isolasjon og mindre varmetap). For kunne oppnå tilfredsstillende termisk komfort etter kravene som har blitt satt i oppgaven så har ulike passive tiltak blitt benyttet. De samme bekledningsparametere som ble benyttet i ambisjonsnivå 1 - TEK17 ble også brukt i ambisjonsnivå 2 – Passivhus. I tillegg til dette så var det nødvendig å endre parametere for solskjerming og vinduslufting for samtlige tilfeller for å oppfylle ønsket krav til termisk komfort. Vinduslufting ble modellert som naturlig ventilasjon i WUFI ® Plus der følgende forslag til driftsparametere for hvert tilfelle er vist ved hjelp av skjermbilde ifra WUFI ® Plus.



Figur 69 – Driftsparametere for vinduslufing som gjelder tilfellene utført i betong innenfor ambisjonsnivå 2



Figur 70 – Driftsparametere for vinduslufting som gjelder tilfellene utført i mur innenfor ambisjonsnivå 2



Figur 71 – Driftsparametere for vinduslufting som gjelder tilfellene utført i massivtre innenfor ambisjonsnivå 2

Solskjermingsparametere er som beskrevet i pkt 3.5.4.3 og er simulert på tilsvarende vis i WUFI® Plus. Parametere som er beskrevet nedenfor gjelder for alle vinduer.

Tabell 51 - Forslag til solskjermingsparametere slik at kriterie A blir oppfylt for ambisjonsnivå 2 – Passivhus

Tilfeller med samme hovedmateriale			
	Betong	Mur	Massivtre
Solskjerming aktiviseres ved solflux [W/m ²]	Simulert med driftsmodus som heter «reduser overoppheting» i WUFI® Plus	650	500

Ved å endre parametere for vinduslufting og solskjerming som beskrevet ovenfor så er følgende resultater for termisk komfort oppnådd for de simulerte tilfellene.

Case 1/Zone 1: Quality of indoor environment in % of time in four categories (prEN 15251:2006)

Percentage	46	48	3	2
Thermal environment	I	II	III	IV
Percentage	42	58		
Indoor air quality	I	II		

Figur 72 - Dokumentasjon av at kriterie A er tilfredsstillt for tilfellene utført i betong for ambisjonsnivå 2

Case 2/Zone 1: Quality of indoor environment in % of time in four categories (prEN 15251:2006)

Percentage	52	42	3	2
Thermal environment	I	II	III	IV
Percentage	54	46		
Indoor air quality	I	II		

Figur 73 - Dokumentasjon av at kriterie A er tilfredsstillt for tilfellene utført i mur for ambisjonsnivå 2

Case 3/Zone 1: Quality of indoor environment in % of time in four categories (prEN 15251:2006)

Percentage	59	36	2	3
Thermal environment	I	II	III	IV
Percentage	54	46		
Indoor air quality	I	II		

Figur 74 – Dokumentasjon av at kriterie A er tilfredsstillt for tilfellene utført i massivtre for ambisjonsnivå 2

Det innebærer dermed at kriterie A og B som definerer den funksjonelle enheten er nå validert for ambisjonsnivå 2 og medfører gyldighet for videre sammenligningsgrunnlag.

3.6.5 LCI

Det er fulgt samme framgangsmåte som beskrevet i pkt 3.5.5.

3.6.5.1 Kvantifisering av bygningsmasse

Oversikt av kvantifisert bygningsmasse for konstruksjonskomponentene i de ulike tilfellene vises i tabellene nedenfor. Verdiene som presenteres kommer ifra det One Click LCA © har registrert ifra Autodesk Revit modell.

Tabell 52 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfeller B_CAV_BIO, B_CAV_VP og B_CAV_SOL i ambisjonsnivå 2.

		Tilfeller
Konstruksjonskomponent	Materiale	B_CAV_BIO, B_CAV_VP, B_CAV_SOL
Fundament (all armering som inngår i bygning er ført inn under denne posten)	EPS isolasjon [m ³]	25,42
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	18,43
	Armeringsstål [kg]	8200
Fasader og vertikale konstruksjoner	EPS isolasjon [m ³]	56,36
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	39,23
	Gipsplate [m ³]	2,21
	Utvendig puss mørtel [m ³]	1,76
Horisontale konstruksjoner	EPS isolasjon [m ³]	32,4
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	25,45
	Gipsplate [m ³]	0,991
	Laminat gulv [m ³]	1,47
	Taktekking [m ³]	0,534

Tabell 53 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfeller M_CAV_BIO, M_CAV_VP og M_CAV_SOL i ambisjonsnivå 2.

		Tilfeller
Konstruksjonskomponent	Materiale	M_CAV_BIO, M_CAV_VP, M_CAV_SOL
Fundament (all armering som inngår i bygning er ført inn under denne posten)	EPS isolasjon [m ³]	25,42
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	18,43
	Armeringsstål [kg]	1850
Fasader og vertikale konstruksjoner	Teglstein [m ³]	33,45
	Murplate isolasjon (glassull) [m ³]	57,8
	Mørtel M5 [kg]	19903
Horisontale konstruksjoner	Mineralull isolasjon [m ³]	45,15
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	10,8
	Gipsplate [m ³]	1,0
	Laminat gulv [m ³]	1,51
	Taktekking [m ³]	0,385
	OSB plate [m ³]	1,39
	Vindsperre trefiberplate [m ³]	1,39
	Limtre bjelker [m ³]	3,92

Tabell 54 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfeller MT_CAV_BIO, MT_CAV_VP og MT_CAV_SOL i ambisjonsnivå 2.

		Tilfeller
Konstruksjonskomponent	Materiale	MT_CAV_BIO, MT_CAV_VP, MT_CAV_SOL
Fundament (all armering som inngår i bygning er ført inn under denne posten)	EPS isolasjon [m ³]	25,42
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	18,43
	Armeringsstål [kg]	1850
	Fasadeskive isolasjon [m ³]	58,8

Fasader og vertikale konstruksjoner	Massivtre-elementer [m ³]	19,39
	Utvendigkleddning i tre [m ³]	3,81
Horisontale konstruksjoner	Fasadeskive isolasjon [m ³]	22,89
	Massivtre-elementer [m ³]	23,41
	OSB plate [m ³]	1,33
	Laminat gulv [m ³]	0,756
	Taktekking [m ³]	0,369

3.7 Ambisjonsnivå 3 – Plusshus



3.7.1 Beskrivelse av tilfeller




Ved utarbeidelse av tilfellene for ambisjonsnivå 3 - Plusshus er det tatt utgangspunkt i følgende:

- Utarbeides med hensyn på de tilfellene som har vært identiske i både ambisjonsnivå 1 og 2 med tanke på hovedkonstruksjonsmateriale, balansert CAV og energiforsyning. Dette er gjort for å bevare sammenlignings prinsippet på tvers av ambisjonsnivåer.
- Tilfeller skal utarbeides etter begge definisjonene for plusshus, henholdsvis Powerhouse og FutureBuilt definisjonene.
- Innenfor FutureBuilt definisjonen skal det utarbeides tilfeller basert på ulike bakenforliggende energieffektiviseringsnivåer
- Energiproduksjon skal for samtlige tilfeller genereres ved bruk av solcellepaneler integrert i bygningsmasse eller på tomten

På grunnlag av dette så er følgende fem tilfeller utarbeidet.

Tabell 55 - Oversikt av de ulike tilfellene som ligger til grunn for ambisjonsnivå 3

Forkortelse:	B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Lav	B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Passiv
		
Hovedmateriale:	Betong	Betong

Ventilasjonstype:	Balansert – CAV	Balansert – CAV
Energiforsyning:	Elektrisitet + Biobrensel	Elektrisitet + Biobrensel
Konstruksjonsprinsipp:	Plasstøpt	Plasstøpt
Plusshus definisjon:	FutureBuilt	FutureBuilt
Ambisjonsnivå for energieffektivisering:	Lavenergi	Passivhus
Energiproduksjon:	Solceller	Solceller
Forkortelse:	B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Lav	B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Passiv
		
Hovedmateriale:	Betong	Betong
Ventilasjonstype:	Balansert – CAV	Balansert – CAV
Energiforsyning:	Elektrisitet + Varmepumpe	Elektrisitet + Varmepumpe
Konstruksjonsprinsipp:	Plasstøpt	Plasstøpt
Plusshus definisjon:	FutureBuilt	FutureBuilt
Ambisjonsnivå for energieffektivisering:	Lavenergi	Passivhus
Energiproduksjon:	Solceller	Solceller
Forkortelse:	B_CAV_VP/SOL_POWER_Passiv	
		
Hovedmateriale:	Betong	
Ventilasjonstype:	Balansert – CAV	
Energiforsyning:	Elektrisitet + Varmepumpe	
Konstruksjonsprinsipp:	Plasstøpt	
Plusshus definisjon:	Powerhouse	
Ambisjonsnivå for energieffektivisering:	Passivhus	
Energiproduksjon:	Solceller	

3.7.2 Hva som skal inkluderes i LCA vurderingen

Som det ble påpekt i pkt 3.5.2 så vil det kun gis presentasjon av hva som skal inkluderes av bygningsdeler og tekniske komponenter/installasjoner for referanse bygget B_CAV_EL. For oversikt av hva som skal inkluderes ved de ulike tilfellene for ambisjonsnivå 3 så henvises det videre til vedlegg E.

3.7.3 Utdypning av kriterie B

Kriterie B for ambisjonsnivå 3 – Plusshus er definert ut ifra hvert bakenforliggende ambisjonsnivå for de vurderte tilfellene. Siden de bakenforliggende ambisjonsnivåene er bestemt til å være henholdsvis lavenergi og passivhus være dermed kravene for kriterie B være utarbeidet der etter. Det vil dermed være to sett med krav til kriterie B der kravene for passivhus vil være det samme som nevnt i pkt 3.6.3. Kravene for passivhus vil bli nevnt igjen for oppfriskningskyld sammen med kravene for lavenergi.

Tabell 56 – Krav til kriterie B for tilfeller i ambisjonsnivå 3 som har lavenergi som bakenforliggende ambisjonsnivå

Lavenergi	
Krav	Verdi
Varmetapstall $\left[\frac{W}{m^2K}\right]$	$\leq 0,65$
Netto oppvarmingsbehov $\left[\frac{kWh}{m^2}\right]$	$\leq 41,5$
Netto kjølebehov $\left[\frac{kWh}{m^2}\right]$	0
Energibruk av el./fossile energibærere $\left[\frac{kWh}{m^2}\right]$	$\leq 89,9$

Tabell 57 - Krav til kriterie B for tilfeller i ambisjonsnivå 3 som har passivhus som bakenforliggende ambisjonsnivå

Passivhus	
Krav	Verdi
Varmetapstall $\left[\frac{W}{m^2K}\right]$	$\leq 0,48$
Netto oppvarmingsbehov $\left[\frac{kWh}{m^2}\right]$	$\leq 22,8$
Netto kjølebehov $\left[\frac{kWh}{m^2}\right]$	0
Energibruk av el./fossile energibærere $\left[\frac{kWh}{m^2}\right]$	$\leq 71,3$

3.7.4 Verifikasjon av den funksjonelle enheten

3.7.4.1 Kriterie B og estimert levert energi

Det er for tilfellene med passivhus som bakenforliggende ambisjonsnivå ikke gjort noen endringer i forhold til det som ble beskrevet i pkt 3.6.4.1. For dokumentasjon av at kravene er tilfredsstilt så henvises det til videre vedlegg F. Nøkkelverdier vil være inkludert i oppsummering som presenteres i slutten av dette delkapittelet.

Etter endt iterasjonsprosess så er følgende forslag til ytelse av klimaskjerm og bygningskomponenter gjort for å tilfredsstille kriterie B for tilfellene med lavenergi som forutsatt ambisjonsnivå slik at den funksjonelle enheten kan verifiseres.

Tabell 58 - Forslag til ytelse for klimaskjerm og bygningskomponenter for tilfeller med lavenergi forutsetninger i ambisjonsnivå 3 slik at kriterie B kan tilfredsstilles

Parameter	Verdi
Luftlekkasjetall per time ved 50 Pa trykkforskjell [1/h]	0,6
Normalisert kuldebroverdi, der m ² angis som oppvarmet BRA [W/(m ² K)]	0,05
U-verdi gulv [W/(m ² K)]	0,09
U-verdi yttervegg [W/(m ² K)]	0,13
U-verdi tak [W/(m ² K)]	0,12
U-verdi vindu [W/(m ² K)]	0,8
Vinduslufting	Ja
Solfaktor aktivisert stilling [%]	0,05
Solfaktor ikke aktivisert stilling [%]	0,45
Solskjerming aktiviseres ved solflux [W/m ²]	Etter NS 3031
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg [%]	80

Solskjermings parameter gjelder alle vinduer mens vinduslufting gjelder kun vinduene på sør fasaden.

Dekningsgraden for energiforsyningene er det samme for varmepumpe og biobrensel som beskrevet i ambisjonsnivå 1 – TEK17.

Internlast, klima og luftmengder er det samme som er beskrevet i pkt 3.1.

For dokumentasjon av at samtlige tilfeller tilfredstiller kriterie B etter henholdsvis lavenergi og passivhus forutsetninger i ambisjonsnivå 3 så henvises det til vedlegg F. Det gis avslutningsvis en oppsummering av nøkkelerverdier for tilfellene i ambisjonsnivå 3.

PLUSSHUS FORUTSETNING FOR ENERGIEFFEKTIVISERING						
LAVENERGI		PASSIVHUS				
B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Lav	B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Lav	B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Passiv	B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Passiv	B_CAV_VP/SOL_POWER_Passiv		
0,6	0,6	0,43	0,43	0,43		
41,1	41,1	22,7	22,7	22,7		
61,2	79,8	52,2	66,3	66,3		
0	0	0	0	0		
6609 (EL) + 8506 (BIO)	8615	5637 (EL) + 6376 (BIO)	7156	7156	7156	
Totalt varmetapstall/						
Netto oppvarmingsbehov [kWh/m ²]						
Energibruk el/fossile energibærere [kWh/m ²]						
Netto kjølebehov [kWh/m ²]						
Leverert energi [kWh]						

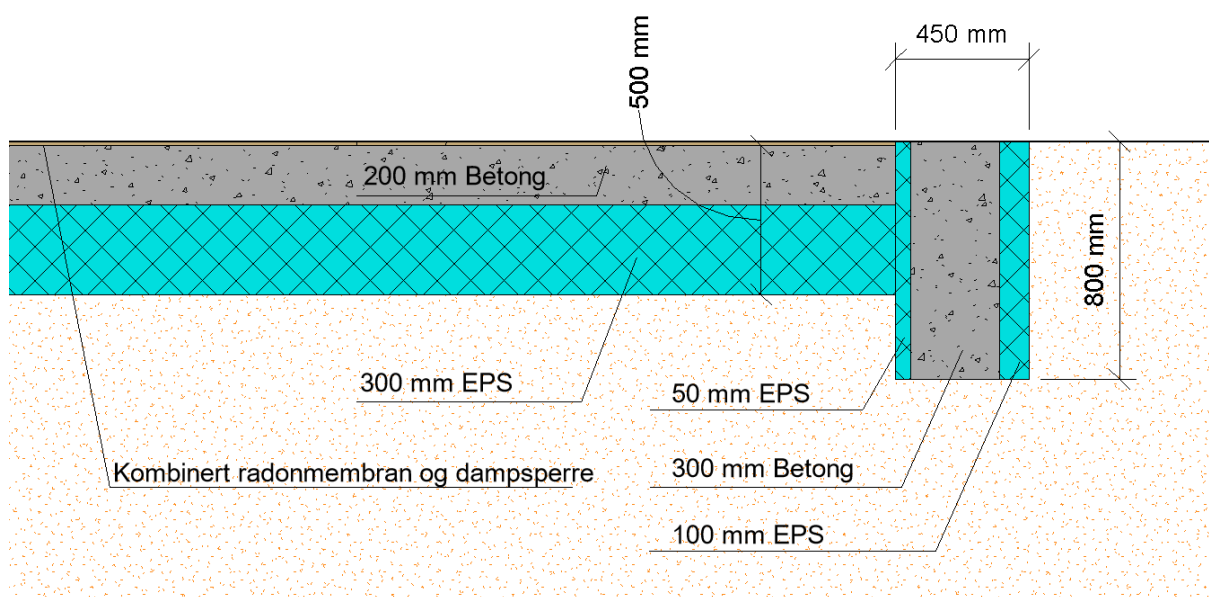
Energityelse

Figur 75 - Oversikt av at den funksjonelle enheten er verifisert ut ifra kravene for kriterie B i ambisjonsnivå 3 – Plusshus samt beregnet estimert verdi for levert energi som skal representere verdier for modul B6 for hvert enkelt tilfelle.

3.7.4.2 Beskrivelse og dimensjonering av bygningskomponenter basert på verifikasjon av kriterie B

Dette delkapittelet vil kun ta for seg dimensjonering av de tilfellene i ambisjonsnivå 3 som har lavenergi som forutsatt ambisjonsnivå. Tilfellene med passivhus som forutsatt ambisjonsnivå vil være dimensjonert på samme vis som tilfellene beskrevet i ambisjonsnivå 2. Det henvises til pkt 3.6.4.2 for overblikk av dimensjonering som er gjort for passivhus tilfellene.

3.7.4.2.1 Felles dimensjonering av bygningskomponenter



Figur 76 - Tegning av forslag til fundament for tilfellene med lavenergi som forutsetning i ambisjonsnivå 3

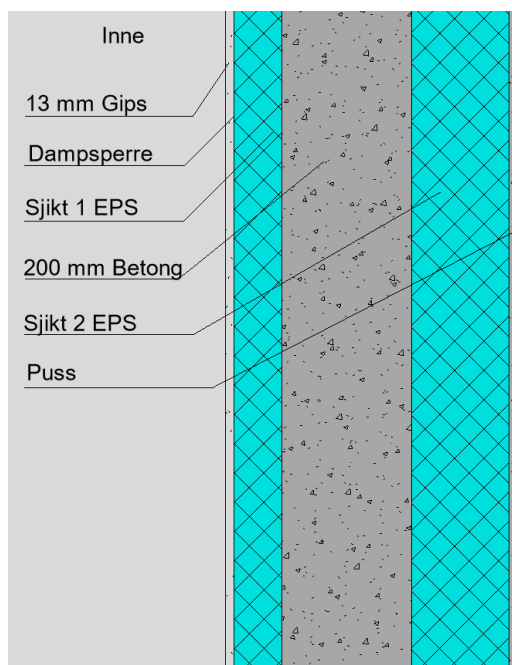
Det henvises til tabell 29 for oversikt av termiske egenskaper, fuktkrav og andre vesentlige kommentarer.

Det er brukt samme egenskaper for vindu som i ambisjonsnivå 1.

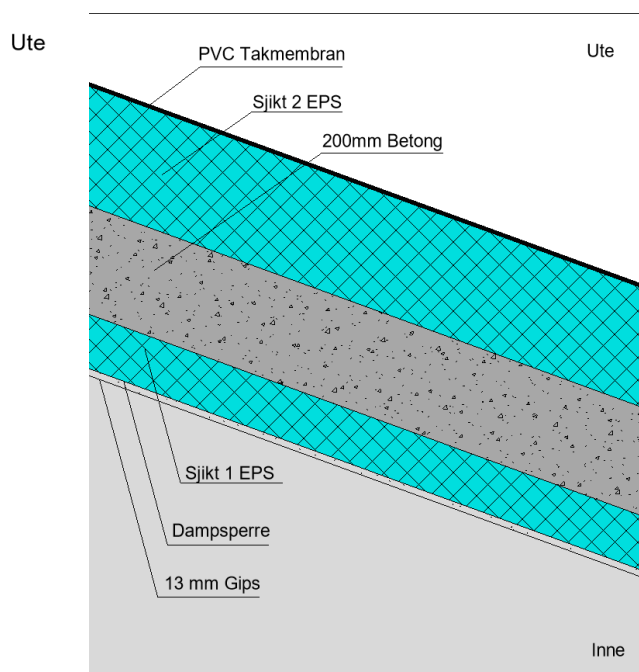
3.7.4.2.2 Dimensjonering ved betong som hovedmateriale

Løsningene som presenteres her vil gjelde for alle tilfellene med lavenergi som forutsetning i ambisjonsnivå 3, for løsninger med passivhus som forutsetning så henvises det til pkt 3.6.4.2.2.

Yttervegg:



Tak:



Figur 77 – Snitt tegning av betongyttervegg (t.v) og betongtak (t.h) for tilfellene med lavenergi i ambisjonsnivå 3

Tabell 59 – Sjikttykkelser for yttervegg og tak i ambisjonsnivå 3 for tilfellene utført i betong

	Yttervegg	Tak
Sjikt 1 [mm]	75	100
Sjikt 2 [mm]	150	150

Det henvises til tabell 31 for oversikt av termiske egenskaper, fuktkrav og andre vesentlige kommentarer.

3.7.4.2.3 Dimensjonering av energiforsyning

For dimensjonering av energiforsyning av tilfellene med passivhus som forutsetning så henvises det til pkt 3.6.4.2.5. Dimensjonering av tilfellene med lavenergi som forutsetning er videre presentert.

Varmepumpe:

Dimensjonering av varmpumpe er gjort etter samme metode beskrevet i pkt 3.5.4.2.6. Følgene størrelse på varmpumper er dermed valgt for tilfellene med lavenergi som forutsetning i ambisjonsnivå 3.

Tabell 60 - Nødvendig størrelse på varmepumpe for tilfellene i ambisjonsnivå 3 – Plusshus

Tilfelle	
B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Lav	
Effekt [kW]	2,4

Biobrenselkjel:

Dimensjonering av biobrenselkjel er gjort etter samme metode beskrevet i pkt 3.5.4.2.6. Følgene størrelse på biobrenselkjeler er dermed valgt for tilfellene med lavenergi som forutsetning i ambisjonsnivå 3.

Tabell 61 - Nødvendig størrelse på biobrenselkjel for tilfellene i ambisjonsnivå 3 – Plusshus

Tilfelle	
B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Lav	
Effekt [kW]	4

3.7.4.3 Kriterie A – Termisk komfort

Det er ikke gjort noen form for endringer ved tilfellene med passivhus som forutsatt energieffektiviseringsnivå i ambisjonsnivå 3. Det er dermed samme forhold som for tilfellene i ambisjonsnivå 2. For verifisering av kriterie A for tilfeller med passivhus som forutsatt energieffektiviseringsnivå i ambisjonsnivå 3 så henvises det til pkt 3.6.4.3.

Siden betong er det eneste hovedmaterialet i alle tilfeller så det er laget en modell i WUFI® Plus for å verifisere kriterie A etter tilfellene med lavenergi som energieffektiviseringsnivå i ambisjonsnivå 3. For å oppfylle kravene til kriterie A for tilfellene med lavenergi som forutsatt energieffektiviseringsnivå så er det valgt å benytte de samme passive tiltakene som for ambisjonsnivå 2 for å oppnå dette. Tilfellene etter lavenergi er modellert i WUFI® Plus etter forslag til bygningskomponenter beskrevet i delkapittelet ovenfor. Følgende forslag til driftsparametere for solskjerming og vinduslufting er gjort for tilfellene etter lavenergi i ambisjonsnivå 3.

Tabell 62 - Driftsparameter for solskjerming for tilfellene etter lavenergi i ambisjonsnivå 3. Dette gjelder for alle vinduene.

Tilfeller med lavenergi som forutsatt energieffektiviseringsnivå i ambisjonsnivå 3	
Solskjerming aktiviseres ved solflux [W/m ²]	Simulert med driftsmodus som heter «reducer overoppheting» i WUFI® Plus

Natura **Mechanical**

Selection **Periodic day profiles**

Periods

Nr.	Begin	End	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su	
1	01.01.2018	01.01.2019	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	New
2	01.01.2018	01.06.2018	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Delete
3	01.06.2018	01.09.2019	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Copy
4	01.09.2018	01.01.2019	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Insert New/Insert: after

Tidsrom der det er simulert vinduslufning

Infiltration

Infiltration ACH [1/h] 0.03

Air change rate = 0 means no permanent infiltration

Select from database

Day-profile

Hour	Value	
0	0.4	New
09	0	Delete
15	1.5	Copy
20	0.4	Insert
24	0.4	New/Insert: after

Natural ventilation [1/h]

Daily average: 0.56

Dagsprofil som viser luftvekslinger per time

Figur 78 - Driftsparametere for vinduslufning som gjelder tilfellene etter lavenergi i ambisjonsnivå 3

Med driftsparametere for vinduslufting og solskjerming som beskrevet ovenfor så er følgende resultater for termisk komfort oppnådd for det simulerte tilfellet.

Case 1/Zone 1: Quality of indoor environment in % of time in four categories (prEN 15251:2006)

Percentage	50	45	3	2
Thermal environment	I	II	III	IV
Percentage	49	51		
Indoor air quality	I	II		

Figur 79 – Dokumentasjon av at kriterie A er tilfredsstillt for tilfellene etter lavenergi i ambisjonsnivå 3

Det innebærer dermed at kriterie A og B som definerer den funksjonelle enheten er nå validert for ambisjonsnivå 3 og medfører gyldighet for videre sammenligningsgrunnlag.

3.7.4.4 Energiproduksjon – Dimensjonering og energiregnskap

Ved dimensjonering av nødvendig areal til solcellepanel så er simuleringstverktøyet SIMIEN benyttet. Felles forutsetninger for alle tilfeller i ambisjonsnivå - 3 er som følger:

- Det er forutsatt en nominell virkningsgrad (STC) på 0,18
- Tapsfaktor for panel og inverter er antatt å være henholdsvis 0,89 og 0,95
- Det forutsettes at solcellene skal monteres på taket. Dette medfører enn helningsvinkel på 20° samt en himmelretning på 180° (sør) for solcellepanelene.
- Det antas at solcellene er dekt med snø ifra 01.12 til 01.03 hvert år
- Som en forenkling så antas det ingen skjerming ifra nærliggende bygg eller terreng

3.7.4.4.1 FutureBuilt

I følge FutureBuilt sin definisjon på ett plusshus så skal bygget produsere nok fornybar energi til å kompensere for energibruk i drift samt produsere ett overskudd på 2 kWh/m² BRA per år. Siden bygget er under fire etasjer skal det ifølge FutureBuilt sin definisjon inkluderes energibruk til teknisk utstyr i energiregnskapet. Som forklart i teori kapittelet så skal energiregnskap baseres vektet levert energi. For tilfellene i ambisjonsnivå 3 er det da aktuelt å benytte vektingsfaktorene for elektrisitet (1,0) og biovarme (0,37). Verdier for levert energi er hentet ifra beregninger gjort i SIMIEN for hvert enkelt tilfelle. Basert på dette så er det beregnet estimert nødvendig energiproduksjon for alle tilfellene i ambisjonsnivå 3 etter FutureBuilt sin definisjon.

Energivare per år	B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Lav	B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Lav	B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Passiv	B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Passiv
Direkte levert elektrisitet inkl. vektingsfaktor (1,0) [kWh]	6609	6609	5637	5637
Levert elektrisitet til varmepumpe inkl. vektingsfaktor (1,0) [kWh]	0	2006	0	1519
Levert energi til biobrensel inkl. vektingsfaktor (0,37) [kWh]	3147	0	2359	0
Nødvendig overskuddsproduksjon [kWh]	216	216	216	216
Sum: Nødvendig energiproduksjon per år [kWh]	9972	8831	8212	7372

Figur 80 - Energiregnskap som viser nødvendig energiproduksjon per år for tilfellene i ambisjonsnivå 3 etter FutureBuilt definisjonen

Etter at nødvendig energiproduksjon er estimert så har nødvendig solcelleareal blitt kartlagt i SIMIEN. I SIMIEN så har solcellearealet blitt justert slik at tilnærmet lik energiproduksjon ifra energiregnskapet har blitt oppnådd. På grunnlag av dette er følgende areal estimert.

Tabell 63 - Nødvendig solcelleareal for tilfellene i ambisjonsnivå 3 etter FutureBuilt definisjonen

Tilfelle:	Nødvendig solcelleareal [m ²]
B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Lav	66
B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Lav	58,5
B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Passiv	54,5
B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Passiv	49

3.7.4.4.2 Powerhouse

I følge Powerhouse sin definisjon så skal det produseres nok energi innenfor systemgrensen til kompensere for energibruken som har gått med til produksjon av materialer, oppføring, vedlikehold, drift og riving av bygningen. Energiforbruk til teknisk utstyr skal ekskluderes i energiregnskapet. Beregningsgangen har hvert som følger:

- Først har levert energi i driftsfase fratrukket forbruk til teknisk forbruk blitt kartlagt ved bruk av SIMIEN for det aktuelle tilfellet. Dette er gjort ved å først finne netto energibehov til teknisk utstyr per år

Energibudsjett (NS 3700)			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	2287 kWh	21,2 kWh/m ²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	167 kWh	1,5 kWh/m ²	
2 Varmtvann (tappevann)	3216 kWh	29,8 kWh/m ²	
3a Vifter	473 kWh	4,4 kWh/m ²	
3b Pumper	40 kWh	0,4 kWh/m ²	
4 Belysning	1230 kWh	11,4 kWh/m ²	
5 Teknisk utstyr	1892 kWh	17,5 kWh/m ²	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	9305 kWh	86,2 kWh/m ²	

Figur 81 - Skjerm bilde ifra SIMIEN som viser netto energibehov. Det som er uthevet i gult er forbruk til teknisk utstyr som skal trekkes ifra energiregnskapet.

Dette er da trukket ifra verdi for netto levert energi som da representerer den mengden med levert energi som det skal kompenseres for per år i løpet av driftsfasen for bygget.

Levert energi til bygningen (NS 3700)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	5637 kWh	52,2 kWh/m ²
1b El. til varmpumpesystem	1519 kWh	14,1 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	7156 kWh	66,3 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	7156 kWh	66,3 kWh/m²

Figur 82 - Levert energi beregnet ifra SIMIEN

Altså så skal verdi uthevet i gult ifra figur 83 skal trekkes ifra verdi uthevet i gult i figur 82 for å finne nødvendig mengde energi det skal kompenseres og produseres energi for per år gjennom byggets livsløp.

Siden dette da er levert energi må dette konverteres til primærenergi for holde oss til riktig enhet som Powerhouse definisjonen krever. Det er gjort ved å finne den primærenergifaktoren som er benyttet for valgt elektrisitets profil i One Click LCA ©. Dette er gjort ved å innsette 1 kWh med levert energi i posten for energiforbruk gjennom året og videre se på hva beregnet primærenergi er og videre beregne for hånd hva primærenergifaktoren for den valgte elektrisitetsprofilen er. Primærenergifaktor ble kartlagt til å være lik 1,32. Beregnet primærenergifaktor ble da ganget med levert energi og med angitt levetid på 60 år for å finne mengde med energi det skal kompenseres for i driftsfase (modul B6 eks. teknisk utstyr).

Verdier for mengde primærenergi som har blitt konsumert gjennom produksjon av materialene (A1-A3), oppføring (A4-A5), vedlikehold (B1-B5) og rivning (C1-C4) har blitt hentet ifra modell i One Click LCA ©. Disse verdiene er da benyttet for lage energiregnskapet for tilfelle etter Powerhouse definisjonen. Etter at verdier har blitt satt inn i energiregnskapet så har det i SIMIEN blitt kartlagt hvor stort solcelleareal som er nødvendig for å produsere den angitte mengden med energi. Det må påpekes at dette har vært en iterativ prosess, der mengde med konsumert primærenergi har endret seg for modul A1-A5, B1-B5 og C1-C4 ettersom at nødvendig solcelleareal har bidratt til klimagassutslipp og som det må kompenseres for.

Modul:	Konsument primærenergi i hver modul på 60 år [MJ]	Konsument primærenergi på 60 år [kWh]	Konsument primærenergi per år [kWh]	Konvertert til levert energi per år [kWh]
A1-A5	554447,83			
B1-B5	269390,67			
B6 minus teknisk utstyr	1500871,7			
C1-C4	14836,47			
Nødvendig energiproduksjon	2339546,67	649874,08	10831,23	8205,48

Figur 83 - Energiregnskap som viser nødvendig energiproduksjon per år for tilfellet i ambisjonsnivå 3 etter Powerhouse definisjonen

Etter at iterasjonsprosessen er avsluttet og nødvendig energiproduksjon er større enn konsumert primærenergi så har følgende nødvendig solcelleareal blitt estimert.

Tabell 64 - Nødvendig solcelleareal for tilfellet i ambisjonsnivå 3 etter Powerhouse definisjonen

	Tilfelle:
	B_CAV_VP_POWER_Passiv
Nødvendig solcelleareal tak [m ²]	54,5

3.7.5 LCI

Det er fulgt samme framgangsmåte som beskrevet i pkt 3.5.5.

3.7.5.1 Kvantifisering av bygningsmasse

Oversikt av kvantifisert bygningsmasse for konstruksjonskomponentene i de ulike tilfellene vises i tabellene nedenfor. Verdiene som presenteres kommer ifra det One Click LCA © har registrert ifra Autodesk Revit modell.

Tabell 65 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfellene B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Lav og B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Lav i ambisjonsnivå 3.

		Tilfeller
Konstruksjonskomponent	Materiale	B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Lav, B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Lav
Fundament (all armering som inngår i bygning er ført inn under denne posten)	EPS isolasjon [m ³]	20,02
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	18,43
	Armeringsstål [kg]	8200
Fasader og vertikale konstruksjoner	EPS isolasjon [m ³]	38,59
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	38,88
	Gipsplate [m ³]	2,18
	Utvendig puss mørtel [m ³]	1,74
Horisontale konstruksjoner	EPS isolasjon [m ³]	18,16
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	24,56
	Gipsplate [m ³]	0,944
	Laminat gulv [m ³]	1,46
	Taktekking [m ³]	0,508

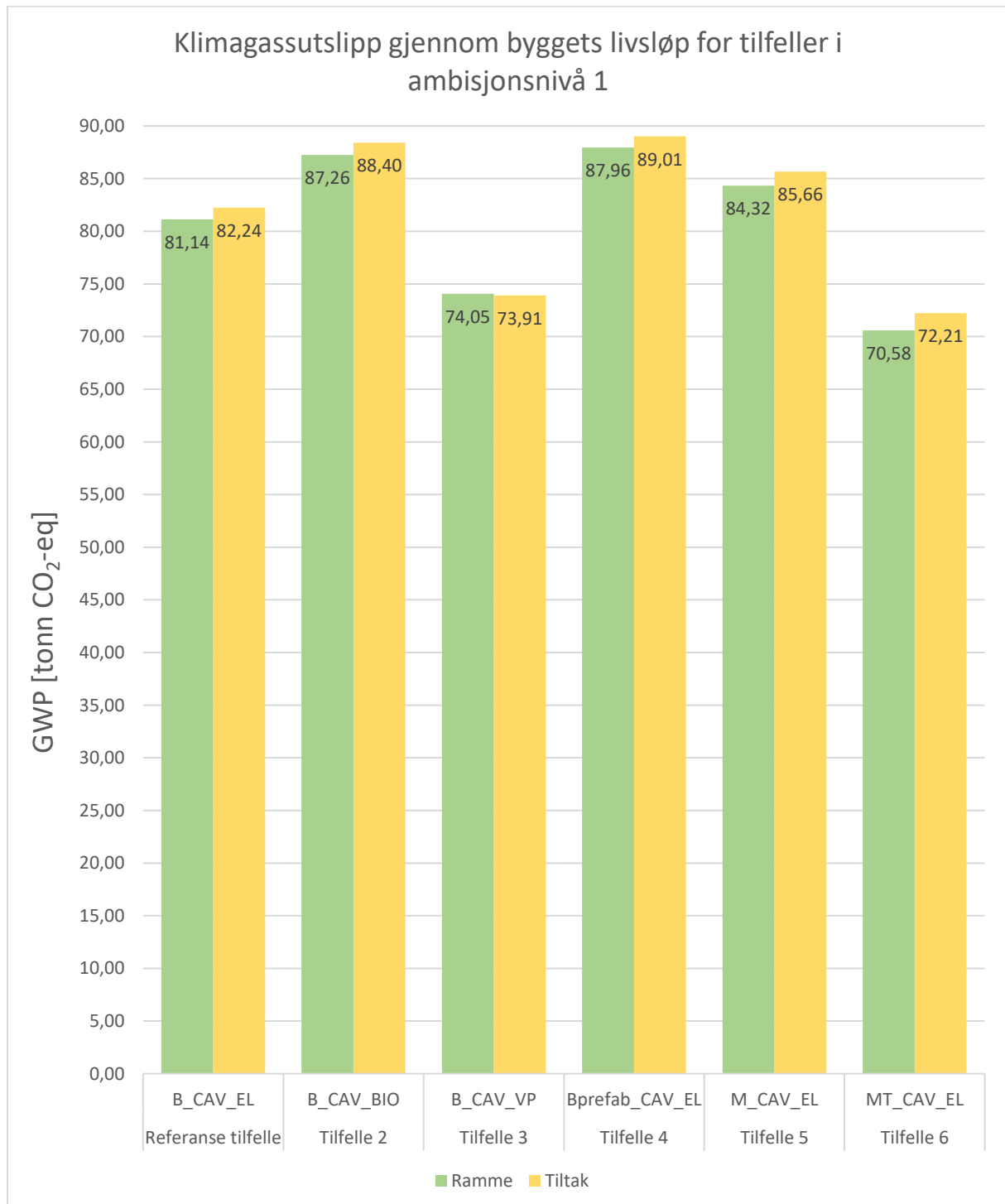
Tabell 66 - Mengder med kvantifisert bygningsmasse for tilfellene B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Passiv, B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Passiv og B_CAV_VP/SOL_POWER_Passiv i ambisjonsnivå 3.

		Tilfeller
Konstruksjonskomponent	Materiale	B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Passiv, B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Passiv, B_CAV_VP/SOL_POWER_Passiv
Fundament (all armering som inngår i bygning er ført inn under denne posten)	EPS isolasjon [m ³]	25,42
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	18,43
	Armeringsstål [kg]	8200
Fasader og vertikale konstruksjoner	EPS isolasjon [m ³]	56,36
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	39,23
	Gipsplate [m ³]	2,21
	Utvendig puss mørtel [m ³]	1,76
Horisontale konstruksjoner	EPS isolasjon [m ³]	32,4
	Ferdig blandet betong B30 [m ³]	25,45
	Gipsplate [m ³]	0,991
	Laminat gulv [m ³]	1,47
	Taktekking [m ³]	0,534

4 Resultater og diskusjon

4.1 Ambisjonsnivå 1 – TEK17

Mengder med klimagass (CO₂-eq) i tonn som hvert vurdert tilfelle i ambisjonsnivå 1 slipper ut til omgivelsene gjennom sitt livsløp er representert i figur 85.



Figur 84 – Resultater som viser klimagassutslipp gjennom byggets livsløp for tilfellene i ambisjonsnivå 1. Ved hvert tilfelle så er det presentert resultater for evaluering etter energiramme og energiltaksmetoden.

Sett bort ifra forskjellene mellom ramme og tiltaksmetode så er det tilfelle 4 med prefabrikkerte betongelementer, balansert CAV og kun elektrisitet som energiforsyning som genererer **høyest** mengde utslipp av klimagass gjennom byggets livsløp. I motsatt ende så er det tilfelle 6 bestående av massivtre-elementer, balansert CAV og kun elektrisitet som energiforsyning som har genert **lavest** mengde utslipp av klimagass gjennom byggets livsløp. Ved å se nærmere på fordelingen av mengde utslipp av klimagasser for hver modul innenfor hvert vurdert tilfelle (tabell 69), så fremstår det mer tydelig hva som skiller disse to tilfellene ifra hverandre.

Tabell 67 – Resultater som viser fordeling av klimagass utslipp gjennom byggets livsløp innenfor hver livsløp modul for hvert vurdert tilfelle i ambisjonsnivå 1

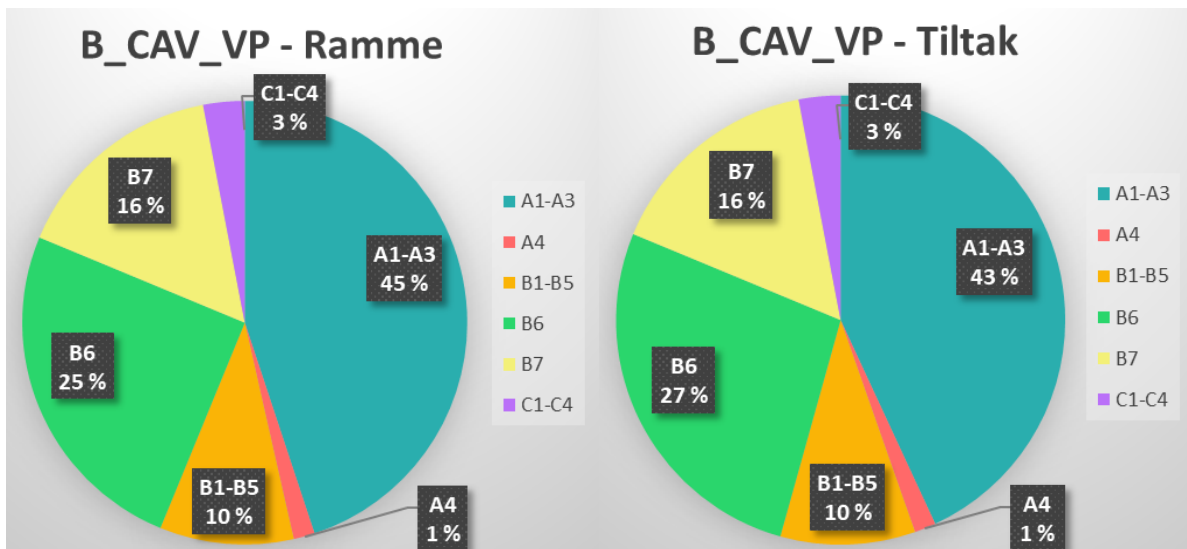
GWP [kg CO ₂ -eq]	B_CAV_EL		B_CAV_BIO		B_CAV_VP	
	Ramme	Tiltak	Ramme	Tiltak	Ramme	Tiltak
A1-A3	33153,86	31757,11	34756,48	33331,72	33267,28	31844,85
A4	1135,17	1128,6	1145,48	1089,42	1136,64	1136,55
B1-B5	6982,13	6951,76	10187,39	10152,34	7208,98	7178,61
B6	26006,81	28543,96	27303,31	29972,33	18575,41	19897,79
B7	11631,98	11631,98	11631,98	11631,98	11631,98	11631,98
C1-C4	2229,71	2222,92	2238,25	2230,59	2230,93	2223,29

GWP [kg CO ₂ -eq]	B _{prefab} _CAV_EL		M_CAV_EL		MT_CAV_EL	
	Ramme	Tiltak	Ramme	Tiltak	Ramme	Tiltak
A1-A3	39117,52	37677,35	33403,75	32278,65	23912,35	22951,9
A4	2065,41	2056,78	4371,74	4333,58	734,43	716,09
B1-B5	6982,13	6951,76	6576,84	6555,58	6145,7	6105,36
B6	26006,81	28543,96	26046,13	28610,19	25930,24	28630,88
B7	11631,98	11631,98	11631,98	11631,98	11631,98	11631,98
C1-C4	2158,99	2152,45	2287,4	2248,18	2227,6	2177,75

Hovedskille mellom disse tilfellene ligger i mengde utslipp av klimagasser som skjer i løpet livsløpsfase modulene A1-A3, produktfasen av materialene som utgjør hvert tilfelle. For å få ett bedre innblikk av hva som ligger til grunn for resultatene i modul A1-A3 så må det ses nærmere på valgte EPD-er for hovedkonstruksjonsmaterialet i de aktuelle tilfellene. Der har det blitt kartlagt at for massivtre-elementene er det ett inntak av klimagasser mens for de prefabrikkerte betong elementene er det ett utslipp av klimagasser. For isolasjonsmaterialene som brukes i

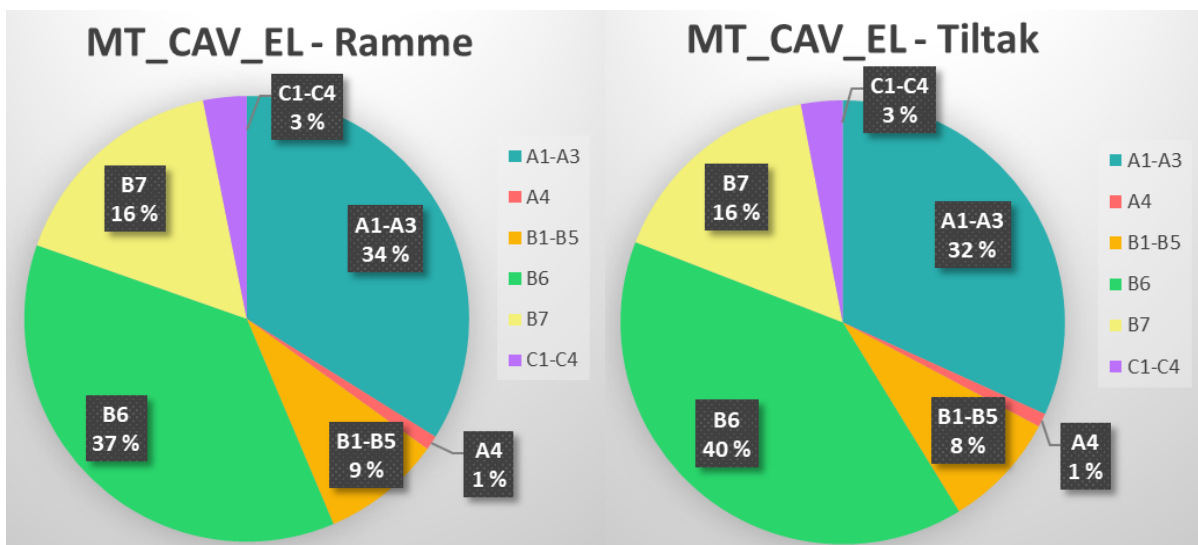
hvert tilfelle er det tilnærmet like utslipps mengder av klimagasser forbundet med produktfasen A1-A3. Dette vil da innebære en generell reduksjon av klimagasser for massivtre tilfellene sett i forhold til tilfellene med prefabrikkerte betong elementer i modul A1-A3, produkt fasen. Modul A4 som omhandler transport ifra produksjonssted til byggeplass har for disse to tilfellene relativt sett store forskjeller. Dette skyldes i hovedsak massetetthets forskjellene mellom betong og massivtre der betong har en massetetthet som er rundt fem ganger større enn for massivtre. Dette medfører da at betong generelt må fraktes i flere turer for å levere samme mengder med massivtre. Dette må selvsagt også ses i forhold til kapasitet for valgt kjøretøy og avstander på det som skal fraktes. Denne forskjellen mellom utslipp av klimagasser for henholdsvis tre og betong er vist i tidligere studier (Skullestad, Bohne, & Lohne, 2016) som konkluderer med at klimaforandring påvirket av bygge sektoren kan reduseres hvis man benytter tre istedenfor betong som hovedmateriale.

Når man ser på nærmere på forskjellene mellom ramme og tiltaks metode for hvert tilfelle (figur 85) så følger alle tilfellene samme trend ved at tiltaksmetode bidrar til mer klimagassutslipp enn ved ramme metoden utenom for tilfelle 3 som består av plaststøpt betong, balansert CAV og varmepumpe kombinert med elektrisitet som energiforsyning der ramme metoden bidrar til så vidt noe mer klimagass utslipp. Generelt sett så vil forskjellen mellom ramme- og tiltaks metoden være at rammemetoden krever mer isolasjonsmaterialer i klimaskjerm enn for tiltaksmetoden som videre betyr mer konstruksjonsmaterialer generelt i tilfellene vurdert etter rammemetoden enn ved tiltaksmetoden. Dette implementerer da at siden det er mindre isolasjonsmaterialer i tilfellene vurdert etter tiltaksmetode så vil dette medføre til ett større varmetap som videre resulterer i ett større energibehov i driftsfase for tilfellene vurdert etter tiltaksmetode. Så ved å representere dette ved de ulike modulene som bygget gjennomgår i sitt livsløp så kan vi si at bidraget av klimagassutslipp i produktfasen (A1-A3) vil være større ved rammemetoden enn ved tiltaksmetoden. I samsvar med dette så vil bidraget av klimagassutslipp forbundet med levert energi i driftsfasen av bygget (B6) være større for tiltaksmetoden enn ved rammemetoden. Dette kan observeres ifra resultatene framstilt i tabell 69. For å kunne se sammenhengen mellom hvorfor det skjer, altså at trenden med at tiltaksmetoden er større rammemetoden avviker for tilfelle 3 (B_CAV_VP) så må vi ta ett dypere blick på hva skjer mellom forskjellene i modul A1-A3 og modul B6 i hvert enkelt tilfelle. Figur 86 viser kakediagrammer som representerer andel klimagassutslipp ifra hver modul for tilfelle B_CAV_VP etter ramme- og tiltaksmetode.



Figur 85 - Andel som hver modul bidrar med til klimagassutslipp for tilfelle B_CAV_VP_Ramme (t.v) og B_CAV_VP_Tiltak (t.h)

Her ser man at bidraget ifra modul A1-A3 er nesten dobbelt så stort enn bidraget ifra modul B6 eller mer generelt så er bidraget ifra modul A1-A3 vesentlig større enn bidraget ifra modul B6. Figur 87 viser kakediagrammer som representerer andel klimagassutslipp ifra hver modul for tilfelle MT_CAV_EL etter ramme- og tiltaksmetode.



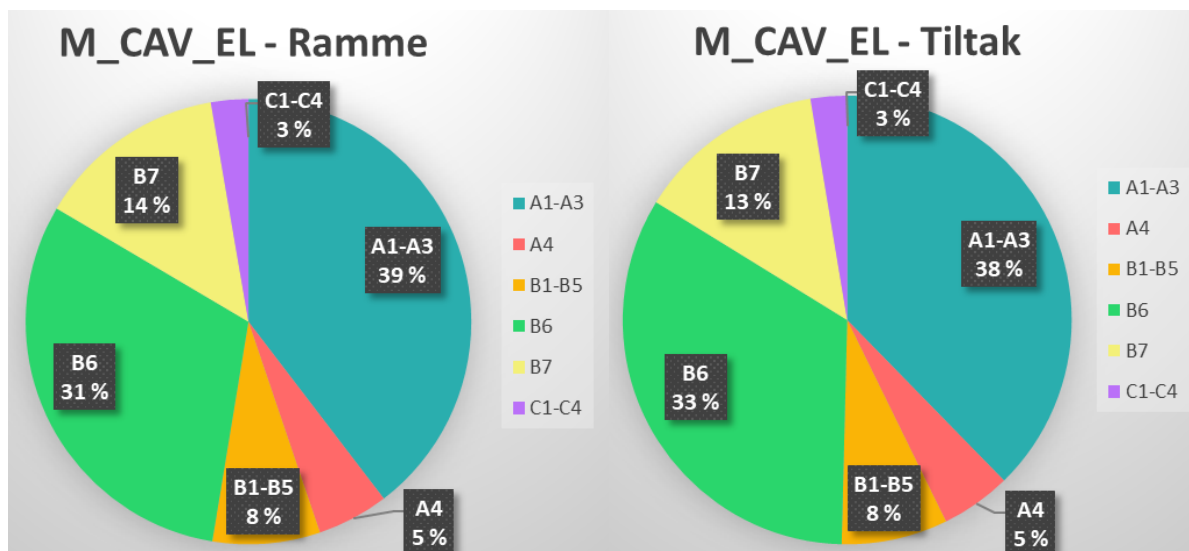
Figur 86 - Andel som hver modul bidrar med til klimagassutslipp for tilfelle MT_CAV_EL_Ramme (t.v) og MT_CAV_EL_Tiltak (t.h)

Her ser man at bidraget ifra modul B6 er større enn bidraget ifra modul A1-A3, altså motsatt av det vi observerte i forrige tilfelle. Ut ifra dette så observerer man at jo større differansen mellom modul A1-A3 og modul B6 er, jo mer vil bidraget ifra rammemetoden vokse samtidig som forskjellene mellom ramme- og tiltaksmetode blir mindre og videre ved store nok forskjeller mellom modul A1-A3 og modul B6 så vil rammemetoden «overta» og bidra med totalt større klimagassutslipp enn ved tiltaksmetoden. Dette kan også kryssjekkes ved å observere at i det

tilfelle (MT_CAV_EL) der det er størst differanse mellom tiltaks- og rammemetoden (figur 85) så er bidraget ifra modul B6 større enn bidraget ifra modul A1-A3.

Ved vurdering av betong som hovedkonstruksjonsmateriale i kombinasjon med balansert CAV og elektrisitet som energiforsyning så er det konstruksjonsprinsippet ved bruk av plasstøpt betong som generer **lavere** mengder utslipp av klimagasser gjennom sitt livsløp enn konstruksjonsprinsippet med prefabrikkerte betongelementer. Dette skyldes valg av plasstøpt, der det ble gjort valg om å bruke en lavkarbon betong til disse tilfellene. Dette valget skaper dermed ikke ett godt sammenligningsgrunnlag for å vurdere disse konstruksjonsprinsippene imot hverandre. Ett annet punkt som er verdt å påpeke ved sammenstilling av disse konstruksjonsprinsippene er at bidraget til klimagass utslipp for forskaling og eventuelle tilleggsprodukter (formstag, formolje osv) som anvendes ved plasstøpt betong ikke har blitt inkludert i dette studiet.

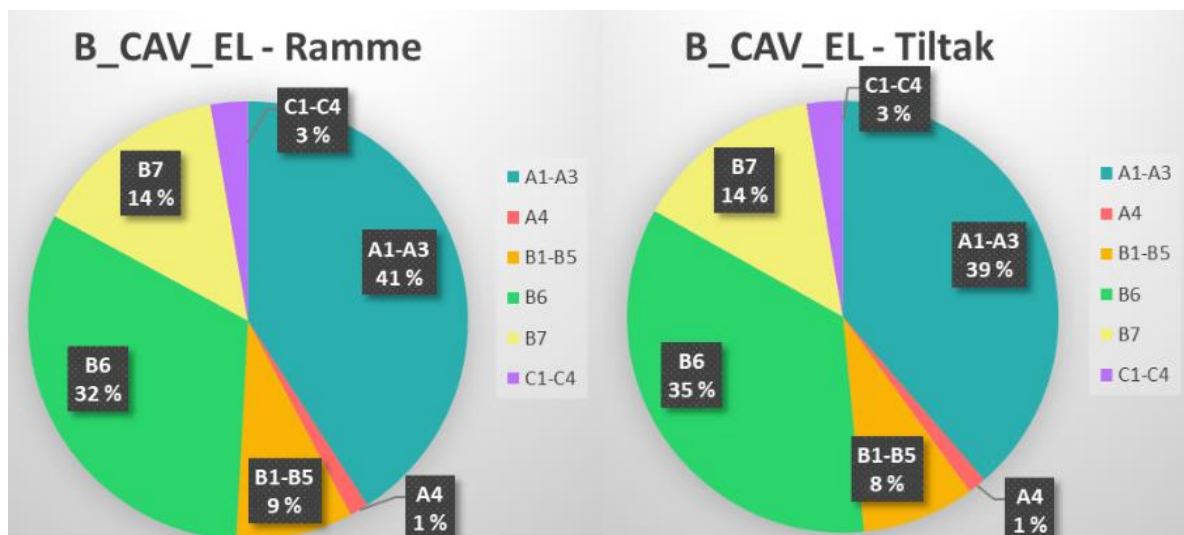
Når man sammenstiller de tilfellene som felles har balansert CAV og kun elektrisitet som energiforsyning men ulike hovedmaterialer henholdsvis tilfelle 4,5,6 og referanse så kan man ut ifra resultatene i figur 85 rangere disse tilfellene ifra lavest til høyest mengder utslipp klimagass til omgivelsene igjennom byggets livsløp for danne ett bilde av hvilket materiale som kan være mest gunstig med tanke minst bidrag til globaloppvarming. Rangert ifra **lavest** til **høyest** mengder klimagass utslipp for de ulike hovedmaterialene er massivtre, plasstøpt betong, murstein og prefabrikkerte betong elementer. Det har allerede blitt diskutert hva hovedforskjellene mellom massivtre og betong er, samt at det har blitt avklart at sammenstilling mellom plasstøpt og prefabrikkert betong tolkes å ikke være forsvarlig i sammenheng med dette studiet. Det vil dermed ses nærmere på murverk som hovedmateriale. Figur 88 viser kakediagrammer som representerer andel klimagassutslipp ifra hver modul for tilfelle M_CAV_EL etter ramme- og tiltaksmetode.



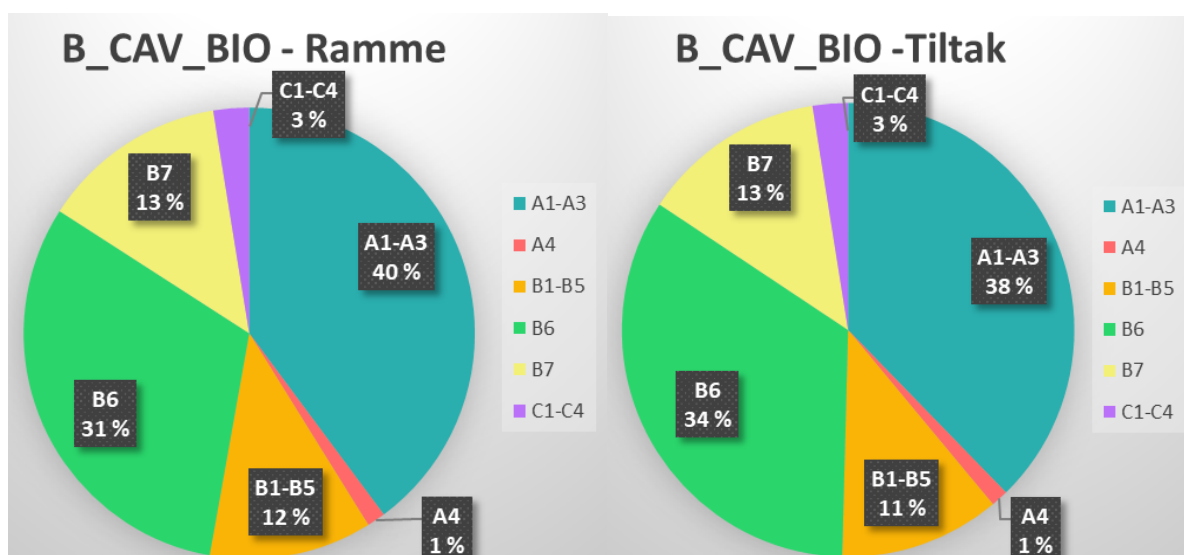
Figur 87 - Andel som hver modul bidrar med til klimagassutslipp for tilfelle M_CAV_EL_Ramme (t.v) og M_CAV_EL_Tiltak (t.h)

Ved å observere det som er presentert i figur 88 så er det andelen klimagass utslipp ifra modul A4 for transport ifra produksjonssted til byggeplass som skiller tilfelle med murstein ifra de andre vurderte tilfellene. Ved å se på resultatene framstilt i tabell 69 og nærmere på forskjellen ifra bidraget av klimagass utslipp mellom plaststøpt betong og murstein for produktfasen A1-A3, så ser man dette er så å si det samme. Dette framhever betydningen av å velge materialer som er produsert lokalt for å prøve å redusere klimagass utslippene så mye som mulig. Årsaken til at det er en høy andel klimagass utslipp i modul A4 for dette tilfellene skyldes nok i en sammenheng av totale mengder materiale, relativt høy masse tetthet for murstein og lengre distanser for transport.

Den siste parameteren som skal evalueres og sammenstilles er valg av energiforsyning. Det skal ses nærmere på de tilfellene som har samme hovedkonstruksjonsmateriale og balansert CAV ventilasjon men med ulike energiforsyningskombinasjoner. Figur 89-90 viser kakediagrammer som representerer andel klimagassutslipp ifra hver modul for tilfelle B_CAV_EL og B_CAV_BIO etter ramme- og tiltaksmetode.



Figur 88 - Andel som hver modul bidrar med til klimagassutslipp for tilfelle B_CAV_EL_Ramme (t.v) og B_CAV_EL_Tiltak (t.h)

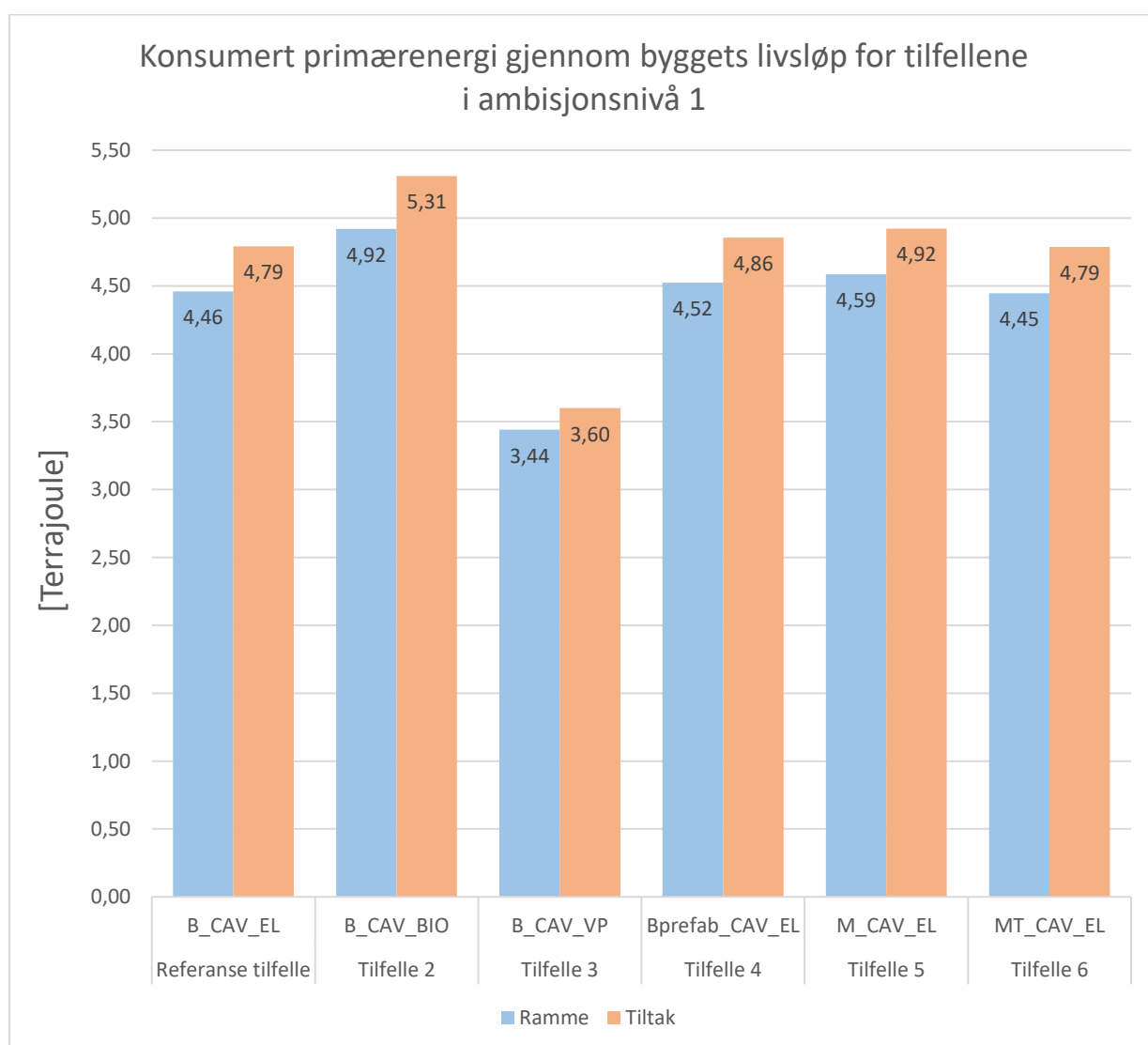


Figur 89 - Andel som hver modul bidrar med til klimagassutslipp for tilfelle B_CAV_BIO_Ramme (t.v) og B_CAV_BIO_Tiltak (t.h)

Ved å vurdere figur 86, 89 og 90 imot hverandre samtidig som man relaterer dette til resultatene presentert i tabell 69 så observerer man at ved tilfellene med forskjellige energiforsyningskombinasjoner er det nødvendig å rette fokus imot andre moduler igjennom livsløpet enn det har vært tidligere. Modulene som det dermed bør ses nærmere på er B1-B5 og B6. For modul B1-B5 som omhandler utskifting og vedlikehold er det litt høyere utslipp av klimagasser for biobrenselkjeler og luft-vann varmpumper enn for et system basert kun på elektrisitet som energiforsyning. Dette henger sammen med at det generelt da er mer total masse ved disse energiforsyningsalternativer. Det kan påpekes mild kritikk mot tilnærminger gjort for valg størrelsene for henholdsvis biobrenselkjel og luft-vann varmpumpe ved at det burde ha blitt valgt ut størrelser basert på leverbare størrelser ifra leverandører. Der igjen så har ikke skaleringsfaktoren for biobrenselkjel vært anvendt i sammenheng med at det ikke oppgis

noen spesifikk størrelse på kjeler ifra informasjonen oppgitt i valgt EPD. Dette er noen som bør ses nærmere på. Bidragene ifra modul B6 som representerer klimagass utslipp i forbindelse med levert energi i driftsfasen følger en mer logisk og selvforklarende trend. Ett større bidraget ifra modul B6 for biobrensel har sammenheng med det må leveres mer energi enn det er behov for som videre har sammenheng med at systemvirkningsgraden for biobrenselkjeler er mindre enn 1. Dette henger også sammen ved å se på motsatt tilfelle med varmpumpe der systemvirkningsgraden er større enn 1, noe som indikerer at man kan da levere mindre mengder energi for dekke energibehovet. Dette samsvarer med resultatene i tabell 69 og figur 86 som viser at bidraget ifra klimagass utslipp for modul B6 er lavere ved varmpumpe enn for de andre energiforsyningskombinasjonene.

Figur 91 viser mengder primærenergi i terrajoule som hvert vurdert tilfelle i ambisjonsnivå 1 konsumerer igjennom sitt livsløp.

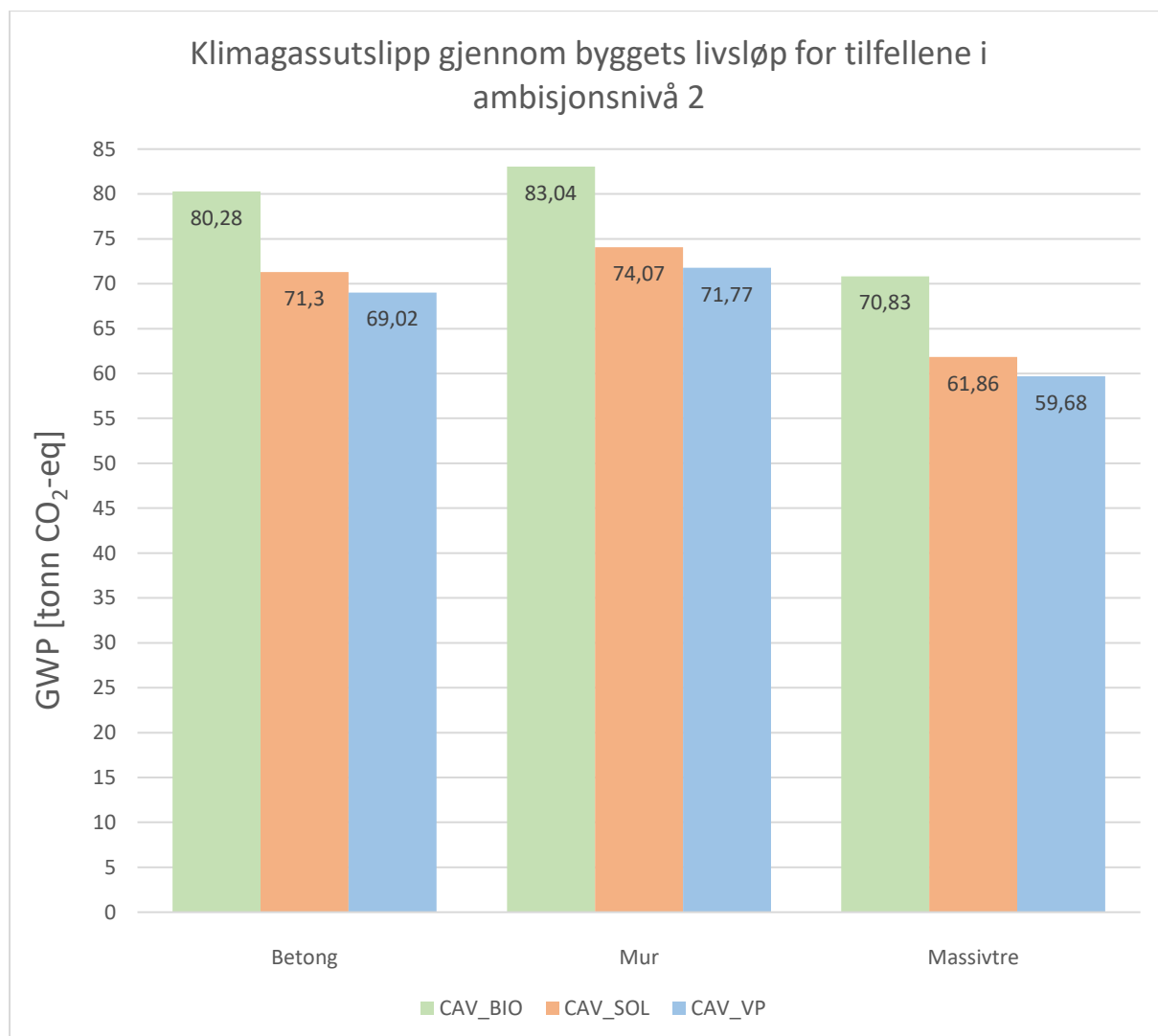


Figur 90 – Konsumerte mengder med primærenergi for tilfellene i ambisjonsnivå 1. Innenfor hvert tilfelle så vises resultater for vurderinger gjort etter energiramme og energiltaksmetode

Resultatene viser at tilfelle 2 med plasstøpt betong, balansert CAV og biobrensel i kombinasjon med elektrisitet konsumerer **størst** mengde primærenergi igjennom byggets livsløp. Motsatt så er det tilfelle 3 med plasstøpt betong, balansert CAV og varmepumpe i kombinasjon med elektrisitet som konsumerer **minst** mengde primærenergi igjennom byggets livsløp. Dette henger sammen med det som ble diskutert forrige punkt. Tilfeller med lavere levert energi innebærer reduserte mengder med konsumert primærenergi. Trenden ved at tiltaksmetoden konsumerer større mengder primærenergi enn ved rammemetoden gjelder for alle vurderte tilfeller. Dette kan forklares ved at tiltaksmetoden har ett høyere energibehov i driftsfase enn rammemetoden.

4.2 Ambisjonsnivå 2 –Passivhus

Mengder med klimagass (CO₂-eq) i tonn som hvert vurdert tilfelle i ambisjonsnivå 2 slipper ut til omgivelsene gjennom sitt livsløp er representert i figur 92.



Figur 91 – Resultater som viser mengde klimagassutslipp gjennom byggets livsløp for tilfellene i ambisjonsnivå 2

Siden vi nå ved ambisjonsnivå 2 har inkludert solfangere som en ny vurderingsparameter for energiforsyning så vil de ulike energiforsyningskombinasjonene adresseres først. Hvis man observerer forskjellene mellom de ulike energiforsyningskombinasjonene for de tilfellene med samme hovedkonstruksjonsmateriale så følger alle samme trend. Vi ser i figur 92 at den energiforsyningen sett sammen med vilkårlig valg av hovedmateriale som bidrar til **høyest** mengde utslipp av klimagass gjennom byggets livsløp er biobrensel. Deretter følger solfanger og videre så er det løsningen med varmepumpe som bidrar til **lavest** mengde utslipp av klimagass gjennom byggets livsløp. For å kunne se sammenhengene tydeligere må vi se nærmere på fordelingen av mengde utslipp av klimagasser for hver modul innenfor hvert vurdert tilfelle. Dette vises i tabell 70.

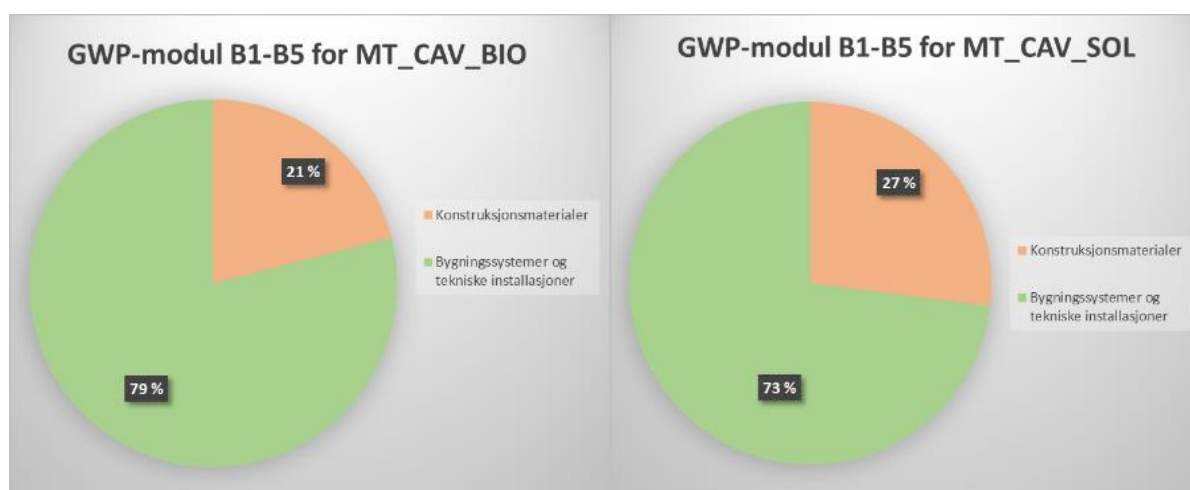
Tabell 68 – Resultater som viser fordeling av klimagassutslipp gjennom byggets livsløp innenfor hver livsløp modul for hvert vurdert tilfelle i ambisjonsnivå 2

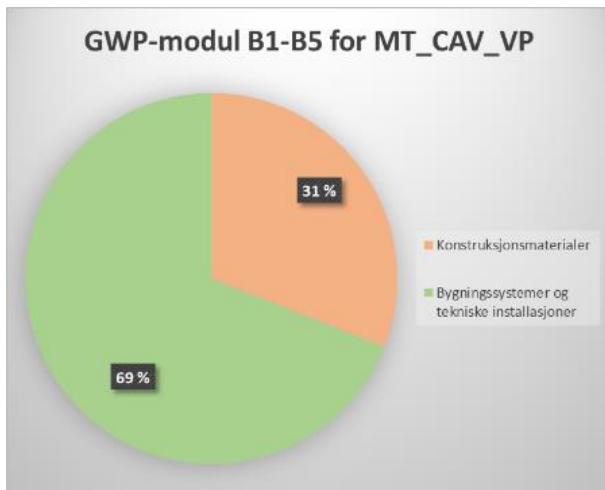
GWP [kg CO₂-eq]	B_CAV_BIO	B_CAV_SOL	B_CAV_VP
A1-A3	34995,39	33927,54	33477,83
A4	1165,4	1156,59	1156,2
B1-B5	8714,8	6579,1	5679,69
B6	21497,3	15744,4	14809
B7	11631,98	11631,98	11631,98
C1-C4	2272,52	2265,12	2264,8

GWP [kg CO₂-eq]	M_CAV_BIO	M_CAV_SOL	M_CAV_VP
A1-A3	33967,37	32899,52	32443,51
A4	4468,87	4460,06	4458,57
B1-B5	9123,41	6987,71	6075,69
B6	21457,53	15709,22	14777,96
B7	11631,98	11631,98	11631,98
C1-C4	2391,14	2383,83	2383,44

GWP [kg CO₂-eq]	MT_CAV_BIO	MT_CAV_SOL	MT_CAV_VP
A1-A3	25147,43	24079,58	23661,38
A4	783,17	774,36	772,87
B1-B5	9439,43	7303,72	6467,32
B6	21532,6	15785,79	14856,6
B7	11631,98	11631,98	11631,98
C1-C4	2295,4	2288,09	2288,11

Det vi observerer er at innenfor hvert hovedkonstruksjonsmateriale så er det modul B1-B5 og B6 som forandrer seg mest ved de ulike energiforsyningskombinasjonene. Her ser vi den samme trenden som det ble opplyst om i forrige punkt om at **høyest** bidrag er ifra biobrenselkjel, deretter solfangere og **lavest** bidrag er ifra varmepumpe. Denne trenden forklares ved å først vurdere resultatene i modul B6. I modul B6 så har bidragene til utslipp av klimagass, som nevnt tidligere direkte sammenheng med levert energi for hvert tilfelle. Så da er logikken, høyere mengder levert energi til bygget impliserer høyere mengder utslipp av klimagass til omgivelsene. Det som i midlertidig skaper diskusjon rundt resultatene for verdiene i modul B6 er at de ulike energiforsyningene ikke vurderes etter samme dekningsgrad for energibehov. For biobrensel og varmepumpe er det samme dekningsgrad mens for solfangerne er dette vurdert etter at en lavere andel av energibehov til romoppvarming og tappevann skal dekkes av solfangerne. Altså at for tilfellene med solfangerne så skal en større andel av energibehovet dekkes med direkte levert elektrisitet. Vi ser ut ifra resultatene i tabell 70 at utslipp av klimagass i modul B6 er litt høyere for tilfelle med solfangerne enn for varmepumpe. Dette indikerer at solfangerne som energiforsyning har i teorien ett større potensiale for å redusere klimagass utslipp ytterligere ved å endre dekningsgradene til energibehovene for henholdsvis romoppvarming og tappevann. Det er for ett nordisk klima med begrenset tilgang på soltilskudd igjennom året vurdert at det vil være utfordrende å kunne oppnå en endring av dekningsgrad i praksis. Dette hadde da for eksempel vært mer aktuelt å vurdere i ett annet land med andre klima forhold. Verdiene i modul B1-B5 følger den samme trenden som i modul B6 der det **høyest** bidraget er ifra biobrenselkjel, deretter solfangerne og **lavest** bidrag er ifra varmepumpe. Dette indikerer at valg av energiforsyning har en moderat påvirkning for utslipp av klimagasser i vedlikeholds og utskiftnings modulen for bygget. Dette kan også sees ut ifra resultatene presentert i figur 93 som viser hvordan fordeling av klimagass utslipp er for de ulike bygningskomponenter i modul B1-B5 for tilfellene med massivtre som hovedmateriale og ulike energiforsyningskombinasjoner.



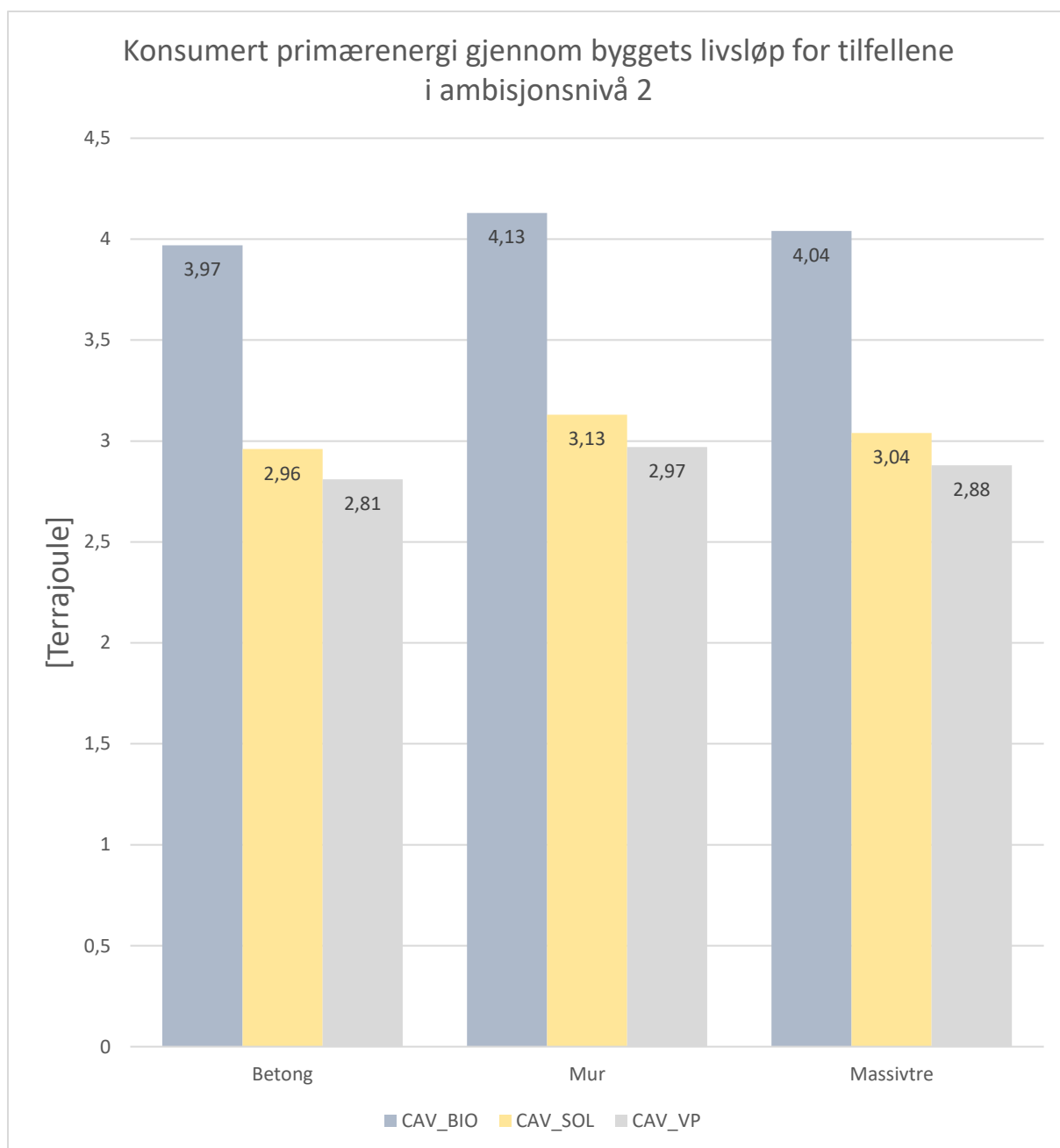


Figur 92 – Kakediagrammer som vises fordeling hvilke bygningskomponenter som bidrar til klimagassutslipp i modul B1-B5.

Her observerer vi hvordan valg av energiforsyning påvirker andel av klimagass utslipp i modul B1-B5 som omhandler vedlikehold og utskiftninger igjennom byggets livsløp. Det velges å ikke presentere tilsvarende resultater for de andre tilfellene med forskjellig hovedmateriale da disse følger samme trend og ikke supplerer videre informasjon.

Det vil nå sees nærmere på resultatene ved å «låse» valg av energiforsyning sammen med CAV og se på forskjellene for de ulike hovedkonstruksjonsmaterialene. Resultatene i tabell 70 viser at verdiene for modul B6, B7 og C1-C4 forandrer seg relativt sett lite ved å vurdere de ulike hovedkonstruksjonsmaterialene med «låst» energiforsyning imot hverandre. De modulene som det i midlertidig er mer aktuelt å se nærmere på er modul A1-A3 og B1-B5. Her observerer vi at tilfelle med massivtre har **minst** utslipp av klimagass i modul A1-A3 men som til gjengjeld har det **største** utslippet i modul B1-B5. Ser vi på motsatt tilfelle med betong som hovedmateriale så har dette tilfellet **størst** utslipp av klimagasser i modul A1-A3 og gjengjeld **minst** utslipp i modul B1-B5. Denne trenden med «høyest i A1-A3, lavest i B1-B5» gjelder for alle tilfeller der man «låser» energiforsyning og videre vurdere hovedmaterialene med hverandre.

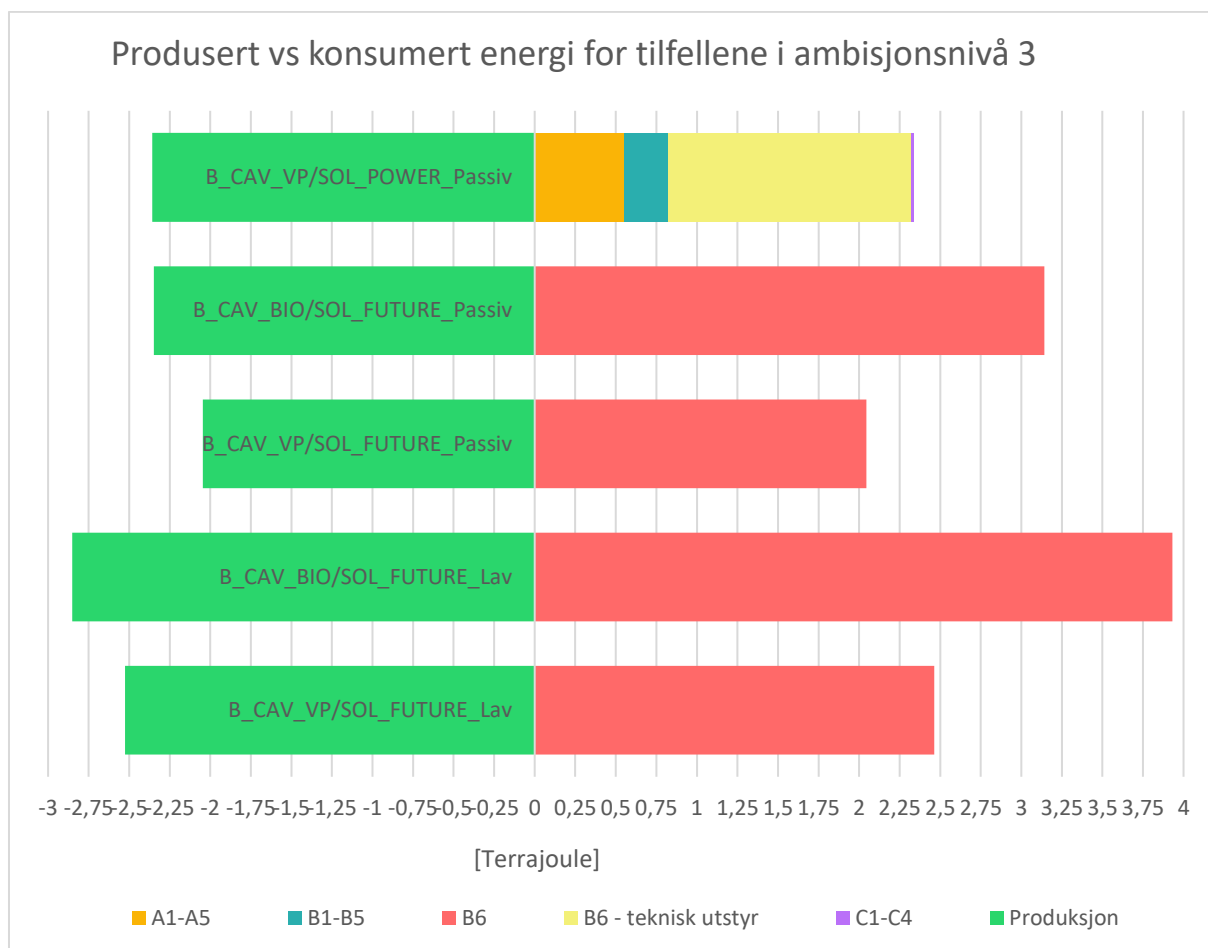
Figur 94 viser mengder primærenergi i terrajoule som hvert vurdert tilfelle i ambisjonsnivå 2 konsumerer igjennom sitt livsløp. Vi observerer at energiforsyningskombinasjonen med biobrensel konsumerer **høyst** mengde primærenergi gjennom byggets livsløp, uavhengig av valgt hovedmateriale. Dette følger samme trend som vi observerte ved ambisjonsnivå 1 og kan videre forklares etter samme argument. Det kreves større mengder levert energi til tilfellene med biobrensel på grunn av lav systemvirkningsgrad. Mer levert energi i løpet av driftstid implementerer da større mengder konsumert primærenergi gjennom byggets livsløp.



Figur 93 – Resultater som viser mengder med konsumert primærenergi gjennom byggets livsløp for tilfellene i ambisjonsnivå 2

4.3 Ambisjonsnivå 3 – Plusshus

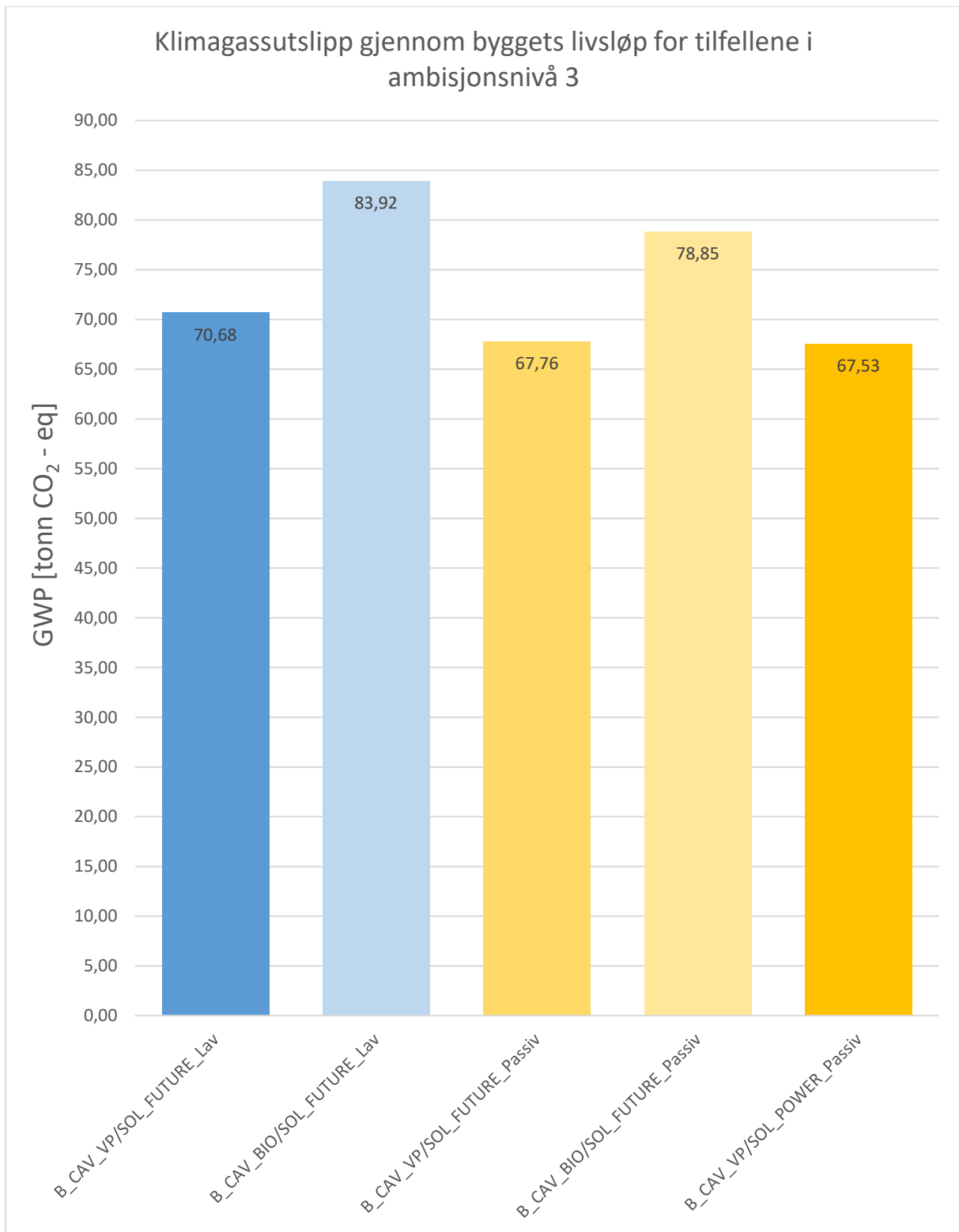
For ambisjonsnivå 3 er det valgt å først fremvise resultater som påviser at hvert tilfelle har oppnådd plusshus etter hver tilhørende definisjon. Dette er valgt å gjøres ved å vise mengder med produsert og konsumert energi for hvert tilfelle. Figur 95 viser produsert mengde energi vs konsumert energi med hensyn på hver modul i byggets livsløpsfaser for de ulike tilfellene i ambisjonsnivå 3.



Figur 94 - Søylediagram som viser produsert energi mot konsumert energi for hvert vurdert tilfelle i ambisjonsnivå 3. Diagrammet viser også hvilket moduler det skal kompenseres for i de ulike Plusshus definisjonene.

Man observerer at alle tilfeller med biobrensel som energiforsyning så produseres det lavere mengder energi enn det som konsumeres igjennom byggets livsløp. Årsaken til dette er på grunn av vektingsfaktoren som er benyttet i energiregnskapet for tilfellene etter FutureBuilt sin plusshus definisjon. I de resterende tilfellene med varmepumpe både etter Powerhouse og Futurebuilt så ser energibalansen pålitelig ut. Dette indikerer dermed at de vurderte tilfeller kan betegnes som plusshus etter hver tilhørende definisjon. Man ser i midlertidig også at det må produseres større mengder energi i tilfellene som har lavenergi som bakenforliggende ambisjonsnivå for energieffektivisering enn de med passivhus. Dette henger sammen med at det er ett større energibehov i driftstid for tilfellene etter lavenergi enn for passivhus.

Videre sees det nærmere på resultater med hensyn på klimagassutslipp. Figur 96 viser mengder med klimagass (CO₂-eq) i tonn som hvert vurdert tilfelle i ambisjonsnivå 3 slipper ut til omgivelsene gjennom sitt livsløp.

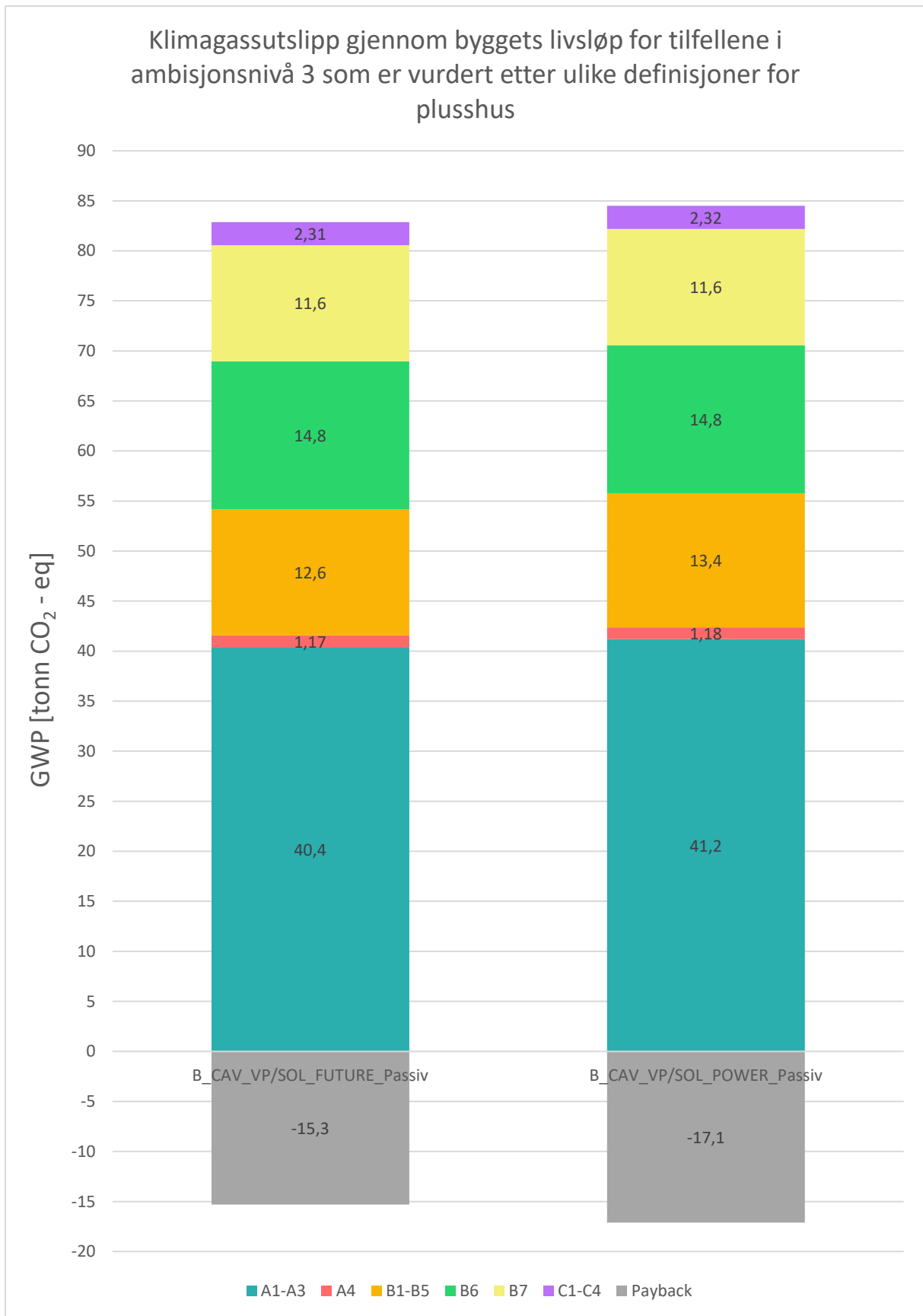


Figur 95 - Resultater som viser klimagassutslipp gjennom byggets livsløp for tilfellene i ambisjonsnivå 3. Verdiene her inkluderer bidrag ifra produsert energi.

Ved å se på forskjellene mellom tilfellene med varmepumpe og biobrensel i tilfellene etter FutureBuilt definisjon med lavenergi som forutsatt energieffektiviseringsnivå så observeres det samme trend som i foreliggende ambisjonsnivåer der tilfeller med biobrensel har ett høyere utslipp enn tilfeller med varmepumpe. Dette gjelder også for tilfeller etter FutureBuilt definisjonen med passivhus som forutsatt energieffektiviseringsnivå. Hovedforskjellen mellom disse tilfellene er som nevnt i tidligere ambisjonsnivåer den mengde med levert energi som hver energiforsyning krever.

Når man sammenligner tilfellene med samme energiforsyning og etter ulikt forutsatt nivå for energieffektivisering for tilfellene etter FutureBuilt definisjonen så ser man at tilfellene etter passivhus nivå har ett mindre klimagassutslipp enn tilfellene etter lavenergi nivå. Her er det to avhengige faktorer som har innvirkning på resultatene. Den første faktorer er forskjellen på levert energi ifra lavenergi til passivhus. Det er ett høyere energibehov i driftstid for tilfellene etter lavenergi enn for tilfellene etter passivhus noe som da påvirker klimagassutslipp på grunn av mengde importert elektrisitet. Det skal ifølge FutureBuilt definisjonen produseres like mye energi som det konsumerer i driftsfasen pluss nødvendig overskudd. Større mengder levert energi i driftsfase betyr større mengder energiproduksjon, større mengder produksjon implementerer større solcelleareal (forutsatt samme betingelser) som videre innebærer større mengder bygningsmasse som tilslutt resulterer i større mengder klimautslipp i livsløp modulene tilknyttet materialer (A1-A5, B1-B5 og C1-C4).

Det siste som skal sammenlignes for dette ambisjonsnivået er tilfellene med samme energiforsyning (varmepumpe) og forutsatt energieffektiviseringsnivå (passivhus) men ulik plusshus definisjon. Man observerer at disse to tilfellene har tilnærmet like mengder klimagassutslipp til omgivelsene. For å tolke disse resultatene bør det sees nærmere på klimagassutslipp i livsløps modulene for de to aktuelle tilfellene. Figur 97 viser hva hver modul bidrar med i klimagassutslipp for tilfellene i ambisjonsnivå 3 med samme energiforsyning og samme energieffektiviserings-utgangspunkt men etter ulik plusshus definisjon.



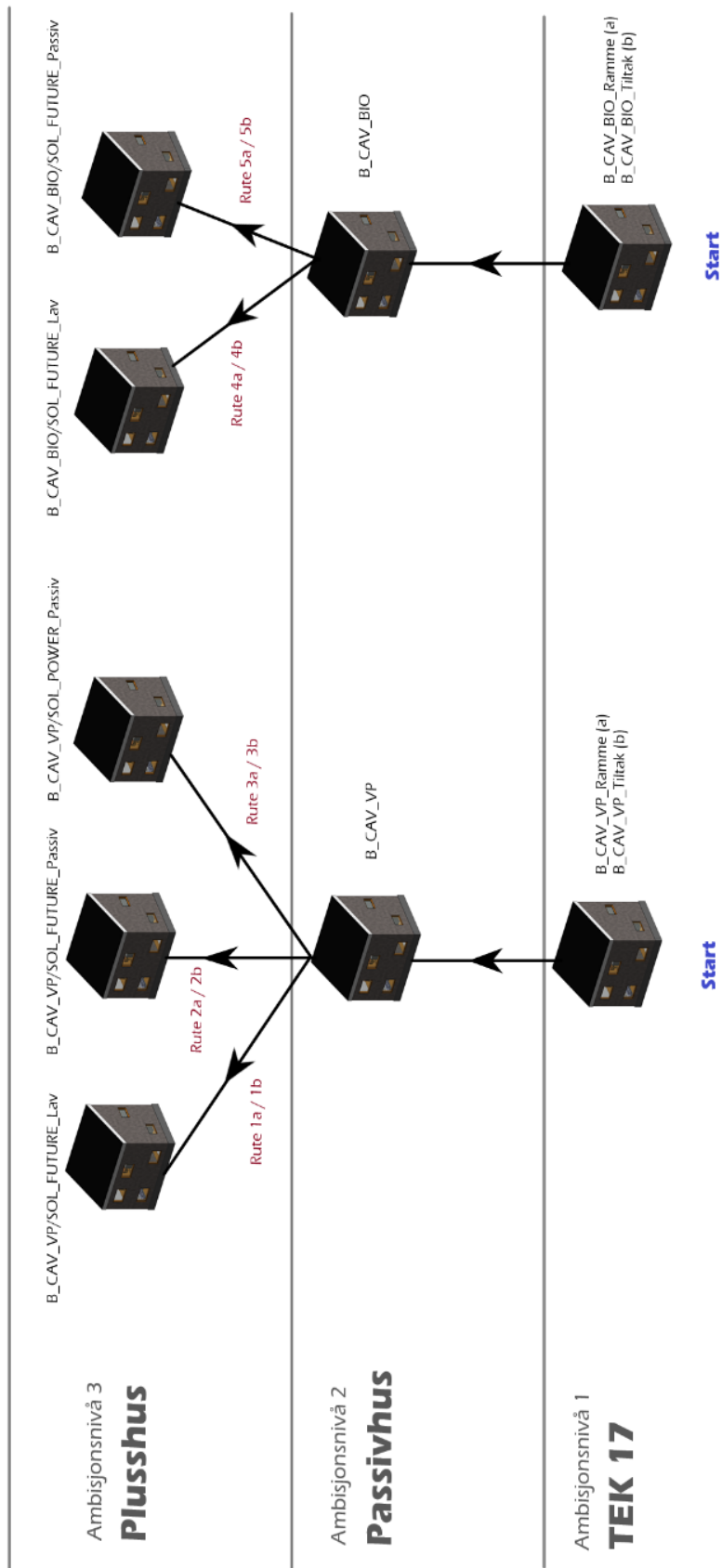
Figur 96 - Resultater som viser hva hver modul gjennom livsløpet slipper ut av klimagass for tilfellene i ambisjonsnivå 3 som er vurdert etter forskjellig definisjon av plusshus. Negative verdier er for CO₂ payback ved energiproduksjon.

Det som skiller seg ut i de ulike tilfellene er først og fremst klimagassutslipp i modulene A1-A3 og B1-B5, der tilfellet etter Powerhouse definisjonen har et litt større utslipp enn tilfellet etter FutureBuilt. Dette er moduler tilknyttet materialer. Som det ble kartlagt i kapittelet som omhandlet energiproduksjon for plusshus tilfellene så ble det estimert at nødvendig solcelleareal for tilfellet etter Powerhouse er litt større enn det for FutureBuilt. Større areal betyr mer materialer som resulterer i større klimautslipp tilknyttet materialer i modulene. Dette er derimot en koblet påvirkning fordi ettersom nødvendig areal til energi produksjon har sammenheng i hva det skal kompenseres for i energi produksjon igjennom byggets livsløp. Dette ser man i verdiene for payback CO₂ der Powerhouse definisjonen har større tilbake betaling på grunn av større mengder energi produksjon fordi Powerhouse definisjon kompenserer for mer faser igjennom sitt livsløp enn FutureBuilt. Så det er samme utgangspunkt for forutsatt energieffektiviseringsnivå for begge definisjoner men hver definisjon har forskjellige systemgrenser for hva det skal kompenseres for med energiproduksjon gjennom byggets livsløp. Powerhouse har litt større energiproduksjonsbehov på grunn av flere moduler inkluderes samt at den energien som kreves til produksjon av solcellene ble kompensert for gjennom energi produksjon i løpet byggets levetid. FutureBuilt kompenserer for mindre og trenger dermed mindre mengde materialer til energiproduksjon som videre medfører mindre mengder produsert energi. Powerhouse kompenserer for mer og trenger dermed mer materialer til energiproduksjon som videre medfører større mengder produsert energi. Dette kan forklare hvorfor det er marginale forskjeller mellom disse to tilfellene i ambisjonsnivå 3 vurdert etter ulike plusshus definisjoner.

4.4 Sammenligninger på tvers av ambisjonsnivåer

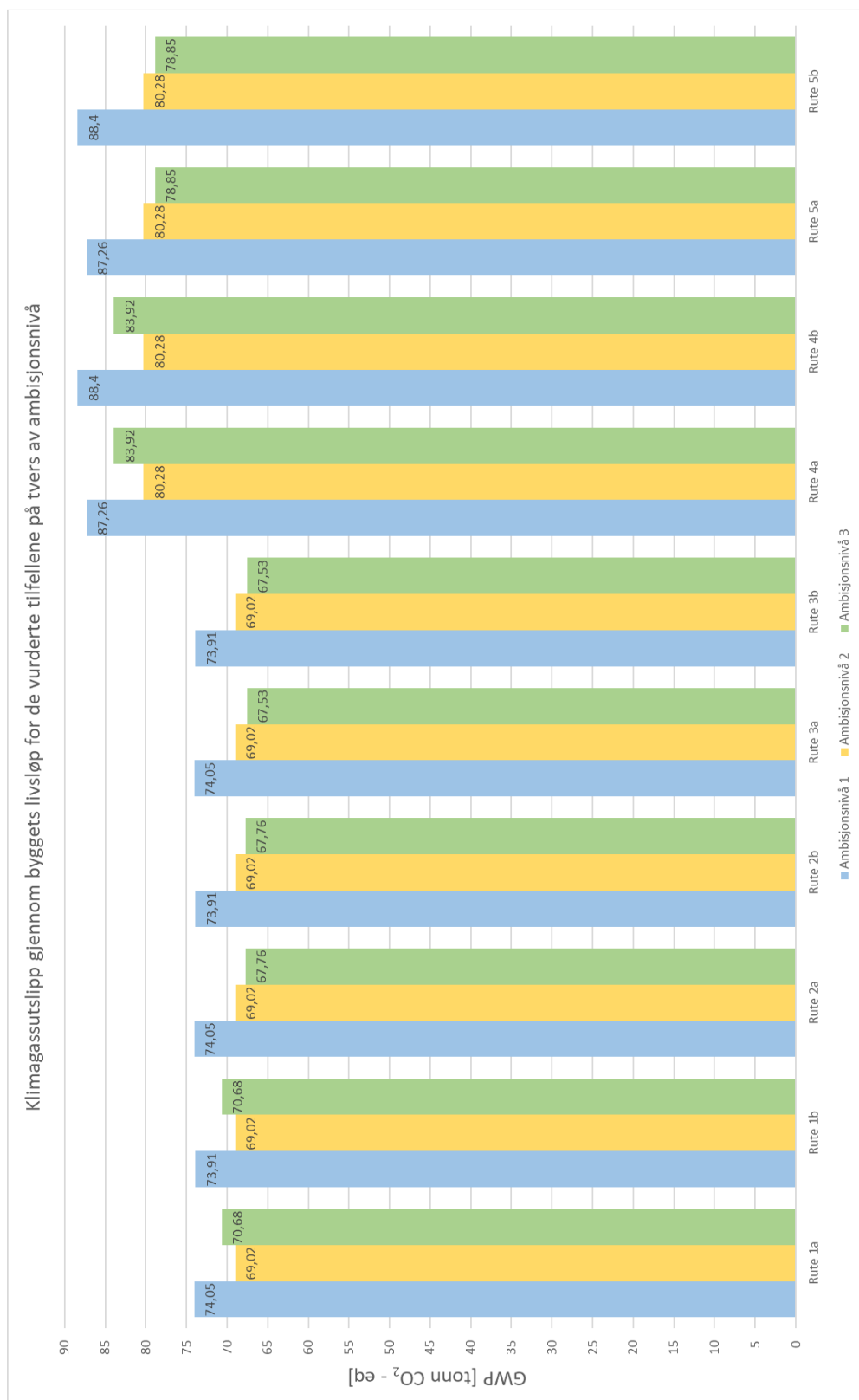
Ved presentasjon av resultatene som gjelder på tvers av ambisjonsnivåene så vil det innledningsvis forklares hvordan det er valgt å sammenligne disse resultatene, deretter så presenteres disse resultatene og avslutningsvis så vil resultater ifra alle vurderte tilfeller igjennom dette studiet framstilles der det vil gjøres observasjoner og diskuteres rundt dette.

Sammenligning av resultatene på tvers av ambisjonsnivåene er valgt å gjøres basert på de tilfellene som har samme parametere i alle ambisjonsnivåene. Det er gjort for å bevare sammenlignings prinsippet som gjelder ved en LCA vurdering. Det skal lages sammenlignings «ruter» der disse «rutene» skal starte i det laveste ambisjonsnivået og jobbe seg igjennom til det høyeste ambisjonsnivået. Ideen bak disse sammenlignings «rutene» forsøkes i forklares ved hjelp av en illustrasjon. Rute 1-3 omfatter de tilfellene som har betong som hovedkonstruksjonsmateriale, balansert CAV som ventilasjonsprinsipp og varmepumpe kombinert med elektrisitet som energiforsyning. Rute 4 -5 omfatter de tilfellene som har betong som hovedmateriale, balansert CAV som ventilasjonsprinsipp og biobrensel kombinert med elektrisitet som energiforsyning.



Figur 97 - Illustrasjon som viser ideen bak sammenligningsrutene som skal anvendes ved presentasjon av resultatene på tvers av ambisjonsnivåene. Ruter a/b indikerer valg av enten ramme eller tiltaksmetode i ambisjonsnivå 1 – TEK17.

Resultatene for disse definerte sammenligningsrutene blir videre presentert i påfølgende figur.



Figur 98 – Søylediagram som viser klimagassutslipp for hvert tilfelle innenfor definert sammenligningsrute. Innenfor hver rute så vises resultater av klimagassutslipp for hvert ambisjonsnivå. Det er to del ruter innenfor hver rute der dette angir om det er tatt utgangspunkt i ramme eller tiltaksmetode i ambisjonsnivå 1.

Resultatene for sammenligningsrute 2, 3 og 5 følger samme trend ved at det laveste ambisjonsnivået har høyest klimagassutslipp gjennom byggets livsløp og der det videre avtar med økende ambisjonsnivå. For tilfellene som produserer energi i ambisjonsnivå 3 i sammenligningsrute 2, 3 og 5 så har alle samme forutsatt energieffektiviserings utgangspunkt som foregående ambisjonsnivå, nivå 2 som er passivhus. Det er da samme utgangspunkt for ambisjonsnivå 2 og 3 med hensyn på energibehov og mengder med bygningsmasse.

Resultatene for sammenligningsrute 1 og 4 følger derimot **ikke** den samme trenden som beskrevet i avsnittet ovenfor. Trenden her er avtakende klimagassutslipp ifra ambisjonsnivå 1 til 2, mens det er økende klimagassutslipp ifra ambisjonsnivå 2 til 3. Her ligger forskjellene i valgt utgangspunkt for energieffektivisering for tilfellene som produserer energi i ambisjonsnivå 3. Her har tilfellene i ambisjonsnivå 3 ett utgangspunkt i lavenerginivå som, sett ut ifra energieffektivisering ligger imellom TEK17 og passivhus nivå. Dette indikerer at valg av forutsatt energieffektiviseringsnivå for tilfeller som produserer energi har innvirkning på det totale utslippet av klimagasser igjennom byggets livsløp.





Ved endt generering av resultater så ble det oppdaget at for tilfellene i ambisjonsnivå 3 med energiproduksjon så ble ikke tatt hensyn til endret emisjoner ifra solcellene i løpet av sin levetid samt antatt forbedret virkningsgrad på solcellene ved utskiftning gjennom byggets levetid. Hadde dette vært tatt hensyn til så kan det antas at klimagassutslipp for tilfellene i ambisjonsnivå 3 hadde vært lavere på grunn av lavere emisjoner igjennom solcellens levetid samt mindre nødvendigareal på solcellene ved utskiftning. Innvirkning av dette hadde vært mest aktuelt å vurdere for tilfellene i sammenligningsrute 1 og 4 der det er en lavere ambisjon for energieffektiviserings for utgangspunktet i ambisjonsnivå 3 enn for foregående ambisjonsnivå, nivå 2.

Avslutningsvis så skal alle tilfeller som har blitt vurdert i dette studiet framstilles.

GWP [tonn CO₂ - eq]










Ambisjonsnivå 3

Plusshus

B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Lav		=83,92	B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Passiv		=78,85	B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Passiv		=67,76	B_CAV_VP/SOL_POWER_Passiv		=67,53
--------------------------	---	--------	-----------------------------	---	--------	----------------------------	---	--------	---------------------------	---	--------

Ambisjonsnivå 2






Passivhus

B_CAV_SOL		=71,3	B_CAV_BIO		=80,28	B_CAV_VP		=69,02	M_CAV_SOL		=74,07	M_CAV_BIO		=83,04	M_CAV_VP		=71,77	MT_CAV_SOL		=61,86	MT_CAV_BIO		=70,83	MT_CAV_VP		=59,68
-----------	---	-------	-----------	---	--------	----------	---	--------	-----------	--	--------	-----------	---	--------	----------	---	--------	------------	---	--------	------------	---	--------	-----------	---	--------






Ambisjonsnivå 1

TEK 17

Ramme

B_CAV_EL		=81,14	B_CAV_BIO		=87,26	B_CAV_VP		=74,05	M_CAV_EL		=84,32	MT_CAV_EL		=70,58
----------	---	--------	-----------	---	--------	----------	---	--------	----------	---	--------	-----------	---	--------

Tiltak

B_CAV_EL		=82,24	B_CAV_BIO		=88,40	B_CAV_VP		=73,91	M_CAV_EL		=85,66	MT_CAV_EL		=72,21
----------	---	--------	-----------	---	--------	----------	---	--------	----------	---	--------	-----------	---	--------

Figur 99 – Mengde klimagassutslipp gjennom byggets livsløp i tonn CO₂ - eq for alle tilfellene vurdert i dette studiet. Tilfellene er inndelt etter ambisjonsnivå som har blitt betraktet i dette studiet. Innenfor hvert ambisjonsnivå er det tilfellet med høyest utslipp uthevet i rødt mens det med lavest utslipp i grønt.

Det som er uthevet i **rødt** i figur 100 representerer det tilfellet som har høyest mengde klimagassutslipp gjennom sitt livsløp innenfor hvert ambisjonsnivå. Likedan så representerer det som er uthevet i **grønt** det tilfellet som har lavest mengde klimagassutslipp gjennom sitt livsløp innenfor hvert ambisjonsnivå. Hensikten med å utheve minimums og maksimums verdiene i hvert ambisjonsnivå er å få fram utslipps intervaller som hvert ambisjonsnivå ligger på. Ved å fremheve dette så observerer man at for noen tilfeller i ambisjonsnivå 1 så kan man oppnå tilnærmet like og/eller lavere mengder med klimagassutslipp gjennom byggets livsløp som for tilfeller i ambisjonsnivå 2. Dette kan tydeliggjøres ved å se på tilfelle B_CAV_VP i ambisjonsnivå 1 etter rammemetoden og deretter se på tilfelle M_CAV_SOL i ambisjonsnivå 2. Her ser man at mengder klimagassutslipp gjennom byggets livsløp for disse to tilfellene er tilnærmet like. Dette kan også observeres ved å vurdere tilfeller i ambisjonsnivå 2 og 3, eksempelvis tilfelle MT_CAV_BIO i ambisjonsnivå 2 og tilfelle B_CAV_VP/SOL_FUTURE_Lav i ambisjonsnivå 3. Når man vurderer ekstremalverdiene (uthevet i **rødt** og **grønt**) så kan man oppnå ett lavere klimagassutslipp for tilfeller i lavere ambisjonsnivå for energieffektivisering enn for tilfeller i ett høyere ambisjonsnivå for energieffektivisering. Dette kan tydeliggjøres ved å sammenligne **grønn** verdi i ambisjonsnivå 1 mot **rød** verdi i ambisjonsnivå 2.

5 Konklusjon

5.1 Svar på problemstilling

Etter endt utførelse av beskrevet metode, presentasjon av vesentlige resultater samt tolkning av dette så vil det nå forsøkes å besvare de to aktuelle problemstillingene for dette studiet.

Den sekundære problemstillingen vil forsøkes å besvares først, der spørsmålet har vært følger:

Hvor stor vil betydningen for klimagassutslipp være for et småhus gjennom sitt livsløp, ved å dokumentere energibruken etter henholdsvis energiltaks - og energirammemetoden for evaluering etter TEK17?

Betydningen for klimagassutslipp ved å dokumentere energibruken for ett småhus etter energiltaks - eller energirammemetoden iht. TEK17 ansees ut ifra resultatene i dette studiet å ha liten betydning relativt sett for omgivelsene.

Videre vil den primære problemstillingen forsøkes å besvares, der spørsmålet har vært som følger:

Vil klimagassutslipp for et småhus øke eller minke gjennom sitt livsløp ved å utføre dette bygget etter forskjellige ambisjonsnivåer for energieffektivisering?

Ved besvarelse på dette spørsmålet vil det først tas utgangspunkt i resultatene for sammenligningsrute 2, 3 og 5, der besvarelsen vil ut ifra genererte resultater være at klimagassutslipp for småhuset gjennom sitt livsløp vil minke ved økende ambisjonsnivå for energieffektivisering. Det ansees at det som ble neglisjert ang solcellene (reduert emisjon i løpet levetid og høyere virkningsgrad ved utskiftning som implementerer mindre solcelleareal) ikke vil ha innvirkning på dette svaret. Dette er fordi at klimagassutslippet for tilfellene i ambisjonsnivå 3 er i utgangspunktet lavere enn det i ambisjonsnivå 2 så hvis det antas at solcellene i ambisjonsnivå 3 har ett redusert klimagassutslipp gjennom sitt livsløp så vil dette ikke ha noen vesentlig betydning på svaret i dette tilfellet.

For sammenligningsrute 1 og 4 vil temaet rundt solcellene ansees å ha innvirkning på besvarelsen. Dette er fordi at nå er det ett høyere klimagassutslipp i ambisjonsnivå 3 enn i ambisjonsnivå 2. Uten å vite hvordan i hvilken grad denne endringen av solcelle karakteristikken vil påvirke klimagassutslipp gjennom byggets livsløp gjør det dermed utfordrende å svare på dette spørsmålet gjennom alle ambisjonsnivåer. Det vi derimot kan konkludere med er at klimagassutslippet gjennom småhuset livsløp vil minke ved å øke ambisjonsnivået for energieffektivisering ifra nivå 1 til nivå 2. En ny vurdering må gjøres for å se om det blir lavere, tilnærmet lik eller høyere klimagassutslipp ifra ambisjonsnivå 2 til ambisjonsnivå 3.

Selve begrepet «energieffektivt» i seg selv innebærer ikke dermed at alle bygg utført etter ett høyere ambisjonsnivå for energieffektivisering vil automatisk ha ett lavere klimagassutslipp enn bygg utført etter ett lavere ambisjonsnivå for energieffektivisering. Dette påpeker nødvendigheten av å gjøre bevisste beslutninger ved valg av materialer og energiforsyninger med hensyn på klimagassutslipp gjennom byggets livsløp.

Avslutningsvis så konkluderes det med at klimagassutslipp gjennom byggets livsløp vil minke ved økende ambisjonsnivå for energieffektivisering hvis man vurderer dette etter samme tilfelle gjennom alle ambisjonsnivåer samtidig som at forutsatt energieffektiviseringsnivå for tilfeller som produserer energi er tilsvarende det foregående ambisjonsnivået.

5.2 Forslag til videre arbeid

Det er under dette delkapitlet valgt å presentere forslagene ved hjelp av en punktliste der følgende arbeid videre foreslåes:

- Gjennomføre lignende studie der man vurderer og inkluderer flere sammenligningsruter for å kartlegge om det følger samme trend som det er observert i dette studiet. Det foreslåes å utarbeide disse sammenligningsrutene etter flere ulike typer hovedkonstruksjonsmaterialer.
- Utføre tilsvarende studie der man vurderer og tar hensyn til andre bygningskategorier.
- Vurdere samme tilfeller som har blitt utarbeidet i dette studiet med hensyn på andre klimaer for å kartlegge hva valg av energiforsyning bidrar til med tanke på andre dekningsgrader.
- Inkludere bidraget ifra frakt for biobrensel gjennom byggets livsløp for å vurdere hvor stor konsekvens dette har sett opp imot allerede oppnådd resultater.
- Utarbeide tilfeller med hensyn på andre ventilasjonsprinsipper (VAV, DCV, avtrekksventilasjon, naturlig ventilasjon, hybrid ventilasjon etc.)
- Vurdere å benytte simuleringsverktøyet IDA-ICE som ett felles program til verifisere både tilfredsstillende termisk komfort og forsvarlig energibruk ved verifikasjon av en eventuelt utarbeidet funksjonell enhet. Hovedhensikt vil være å vurdere om dette kan være mer gunstig med tanke på tidsforbruk.
- Inkludere bidrag ifra tilleggs produkter som benyttes ved plasstøpt betong i konstruksjonsfasen. Dette omhandler f.eks. formolje, forskaling elementer, avstivnings elementer osv. Generelt oppfordre til utvikling av verdier/estimer som kan anvendes i fremtidige vurderinger.
- Oppfordre til utvikling av en skalingsfaktor tilsvarende det som ble benyttet for varmpumpene men for varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg med forskjellige temperaturvirkningsgrader.

- Oppfordre til generering av EPD-er for kjølemaskiner/produkter som benyttes i bygg. Bidraget ifra disse komponentene hadde vært særlig spennende å vurdere etter bygningskategorier med høyt kjøle behov samt relative forskjeller i å gå ifra TEK17 til passivhus.
- Oppfordre til generering av EPD-er for ulike solskjermingsprodukter.
- Utføre tilsvarende studie der man tar hensyn til endret emisjoner ifra solceller gjennom dens livsløp samt hensyn til antatt forbedret virkningsgrad for solcellene ved utskiftning.
- Fortsette med tilsvarende studie der man ser nærmere på hvordan andel fornybar og ikke fornybar primærenergi påvirker resultater.
- Utforske ideen om å videreutvikle funksjonelle enheter for byggverk ved å trekke inn flere parametere f.eks. krav til brann og lyd

5.3 Mangler ved dette studiet

Det er for denne oppgaven ikke utført noen sensitivitetsanalyse. Dette hadde medført til en kontroll rundt usikkerheten på genererte resultater som videre hadde skapt mulighet for å styrke funnene ytterligere. Det hadde vært utført en sensitivitetsanalyse med hensyn på levetid av bygget dersom dette hadde blitt utført.

6 Referanser

- Anda, S., & Bjelland, A. S. (2013). *Fra passivhus til plusshus*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Andersen, I., Thyholt, M., & Dokka, T. H. (2014). *Kriterier for Futurebuilt Plusshus*. SINTEF Byggforsk.
- Benestad, R., Mamen, J., Harstveit, K., & Fuglestvedt, J. S. (2018, April 3). *Store norske leksikon*. Hentet fra <https://snl.no/klimaendringer>
- Bramslev, K. (2014, April 4). *Grønn Byggallianse*. Hentet fra <http://byggalliansen.no/er-energieffektive-bygg-baerekraftige/>
- (u.d.). *Byggdetaljebled: 321.521-Passivhus. Eksempler på bygninger i Norge*. SINTEF. Byggforskserien.
- (u.d.). *Byggdetaljebled: 471.010-Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer*. SINTEF. Byggforskserien.
- (u.d.). *Byggdetaljebled: 473.003-Energieffektive bygninger. Begreper og definisjoner*. SINTEF. Byggforskserien.
- (u.d.). *Byggdetaljebled: 473.010-Generelt om pasivhus.Valg og konsekvenser*. SINTEF. Byggforskserien.
- (u.d.). *Byggdetaljebled: 573.121 Materialer til luft- og damptetting*. SINTEF. Byggforskserien.
- Byggteknisk forskrift (TEK17). (2017, § 1-1). *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*.
- Byggteknisk forskrift (TEK17). (2017, §14-2). *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*.
- Caduff, M., Huijbregts, M. A., Koehler, A., Althuas, H.-J., & Hellweg, S. (2014). Scaling Relationships in Life Cycle Assessment: The Case of Heat Production from Biomass and Heat Pumps. *Journal of Industrial Ecology*, 393-406.
- Dahl Schlanbusch, R., Mamo Fufa, S., Häkkinen, T., Vares, S., Birgisdottir, H., & Ylmèn, P. (2016). Experiences with LCA in the Nordic building industry-challenges, needs and solutions. *Energy Procedia*, 96, ss. 82-93.
- Dahlstrøm, O., Sørnes, K., Tveit Eriksen, S., & Hertwich, E. G. (2012, July 24). Life cycle assessment of a single-family residence built to either conventional- or passive house standard. *Energy and Buildings*, 54, ss. 470-479.

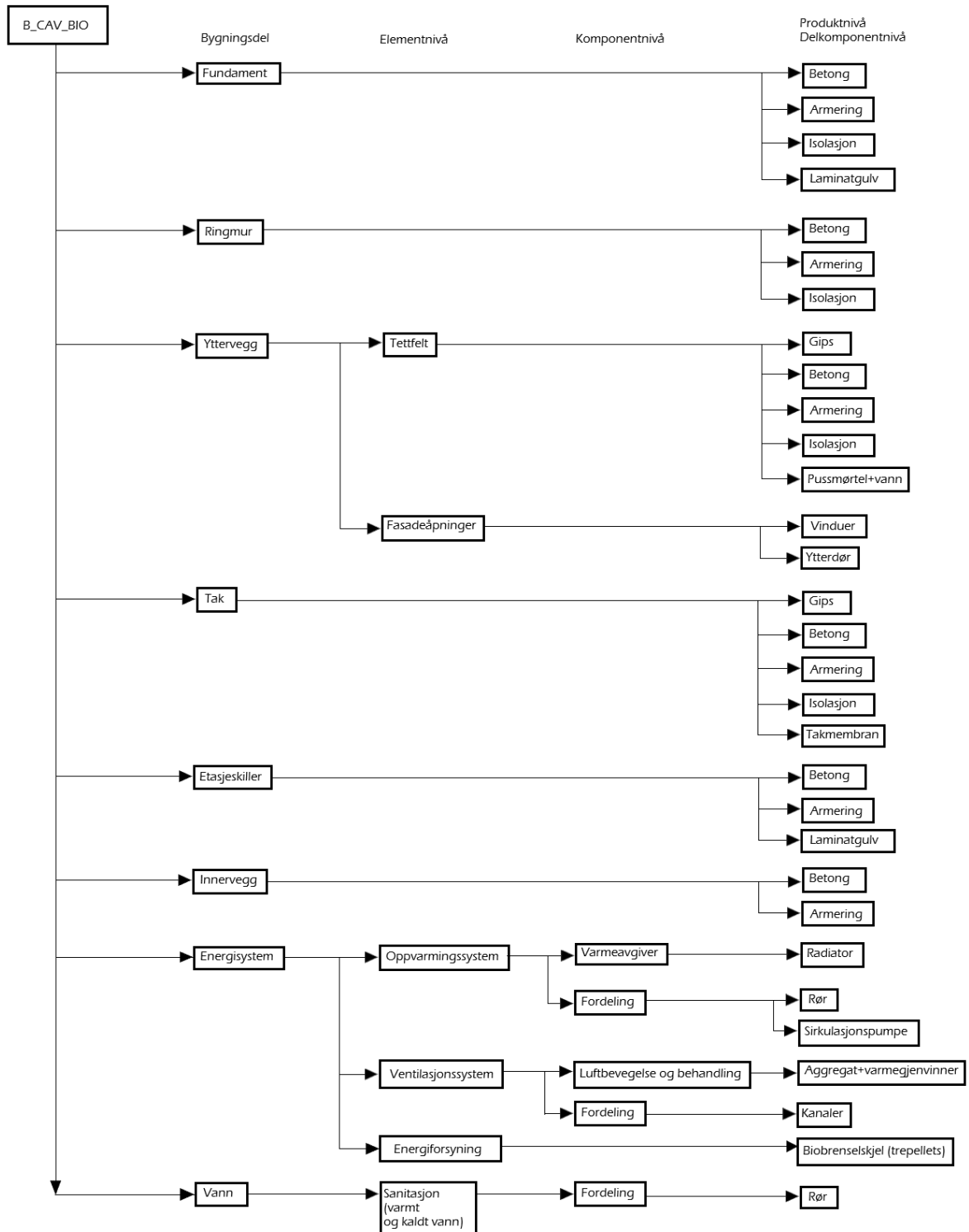
- EPA. (2018, April 3). Hentet fra U.S Environmental Protection Agency: <https://www3.epa.gov/climatechange/glossary.html>
- FN-sambandet. (2018, April 26). Hentet fra <https://www.fn.no/Tema/Klima-og-miljoe/Klimaendringer>
- FN-sambandet. (2018, Februar 02). Hentet fra <https://www.fn.no/Om-FN/Avtaler/Miljoe-og-klima/Kyotoprotokollen>
- Grini, C., & Fossdal, S. (2008). *Veileder ved utarbeidelse av miljødeklarasjoner*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Guardigli, L., Monari, F., & Alvisè Bragadin, M. (2011). Assessing environmental impact of green buildings through LCA methods: a comparison between reinforced concrete and wood structures in the European context. *Procedia Engineering*, 21, 1199-1206.
- H. Bryn, I., J. Petersen, A., & Gedsø, S. (2011). *Varmeløsninger og deres dekningsgrader*. Oslo: Lavenergiprogrammet.
- Heijungs, R., & Guinée, J. B. (2012). An Overview of the Life Cycle Assessment Method-Past, Present and Future. I M. A. Curran (Red.), *Life Cycle Assessment Handbook-A Guide for Environmentally Sustainable Products* (s. 18). Cincinnati, Ohio, United States of America: Scrivener Publishing.
- Heijungs, R., & Guinée, J. B. (2012). An Overview of The Life Cycle Assessment Method-Past, Present, and Future. I M. A. Curran (Red.), *Life Cycle Assessment Handbook-A Guide for Environmentally Sustainable Products* (s. 25). Cincinnati, Ohio, United States of America: Scrivener Publishing.
- ISO 14040:2006 . (u.d.). *Miljøstyring-Livsløpsvurdering-Prinsipper og rammeverk*.
- ISO 14044:2006. (u.d.). *Miljøstyring-Livsløpsvurdering-Krav og retningslinjer*.
- Janicki, D. (u.d.). Hentet fra <http://www.yourspreadsheets.co.uk/reinforcement-estimates.html>
- Lovdata.no. (u.d.). Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840?q=byggteknisk>
- (2010, February 18). *Measurements for Comfort of Down and Feather Products*. IDFL Laboratory and Institute.
- NASA Global Climate Change. (2018, May 16). Hentet fra <https://climate.nasa.gov/evidence/>
- NS 3031:2014. (u.d.). *Beregning av bygningers energiytelse-Metode og data*.
- NS 3700:2013. (u.d.). *Kriterier for passivhus og lavenergibygninger-Boligbygninger*.

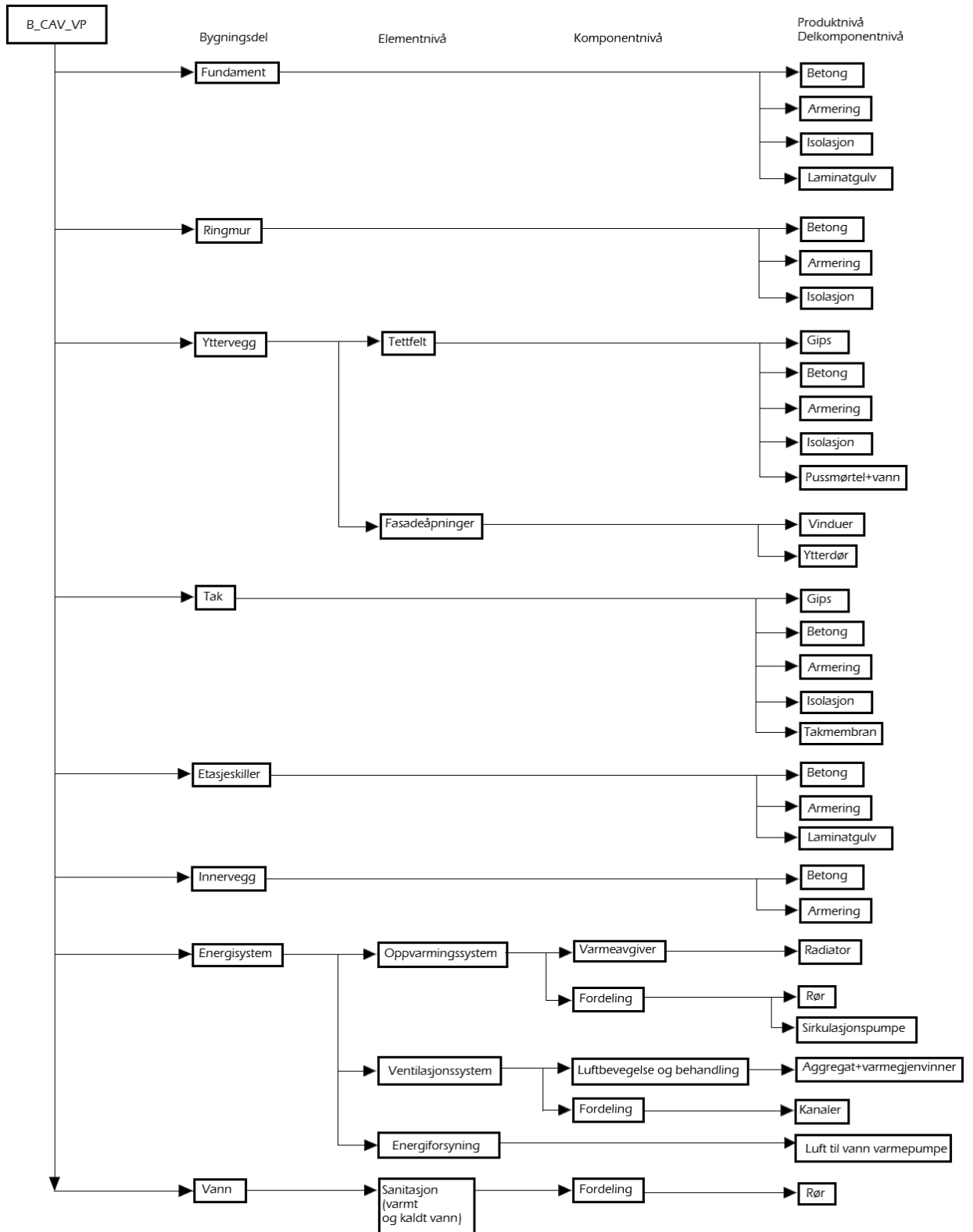
- NS 3940:2012. (u.d.). *Areal- og volumberegninger av bygninger*.
- NS-EN 15251:2007+NA:2014. (u.d.). *Inneklimaparametere for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk*.
- NS-EN 15643-1:2010. (u.d.). *Bærekraftige byggverk-Vurdering av bygninger i et bærekraftsperspektiv-Del 1: Generelt rammeverk*.
- NS-EN 15978:2011. (u.d.). *Bærekraftige byggverk-Vurdering av bygningers miljøprestasjon-Beregningsmetode*.
- Passivhaus Institut*. (u.d.). Hentet fra PASSIPEDIA-The Passive House Resource: https://passipedia.org/basics/the_passive_house_-_definition
- Rambøll. (2013). *Energiregler 2015. Forslag til endringer i TEK for nybygg*.
- Regjeringen*. (2017, 01 11). Hentet fra Klima- og miljødepartementet: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/klimakvoter/id2076655/>
- Regjeringen*. (2018, Februar 06). Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2016/des/revisjon-av-direktiv-om-bygningers-energiytelse/id2540198/>
- Rønning, A., & Brekke, A. (2014). Life cycle assessment (LCA) of the building sector: strengths and weaknesses. I F. Pacheco-Torgal, L. Cabeza, J. Labrincha, & A. de Magalhães (Red.), *Eco-efficient constructions and building materials: Life cycle assessment (LCA), eco-labelling and case studies* (s. 70). Woodhead Publishing Limited.
- Simonen, K. (2014). *Life Cycle Assessment*. (R. E. Smith, Red.) New York: Routledge.
- Skullestad, J. L., Bohne, R. A., & Lohne, J. (2016). High-Rise Timber Buildings as a Climate Change Mitigation Measure - A Comparative LCA of Structural System Alternatives. *Energy Procedia*, 122-123.
- Soust-Verdaguer, B., Llatas, C., & Garcia-Martinez, A. (2016, December 5). Critical review of bim-based LCA method to buildings. *Energy and Buildings*, 136, ss. 110-120.
- Statistisk sentralbyrå*. (2017, Juni 28). Hentet fra https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/vann_kostra
- The Powerhouse collaboration. (2016). *The Powerhouse definition*.
- Zijdemans, D. (2014). *Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer*. Norge: Skarland Press.

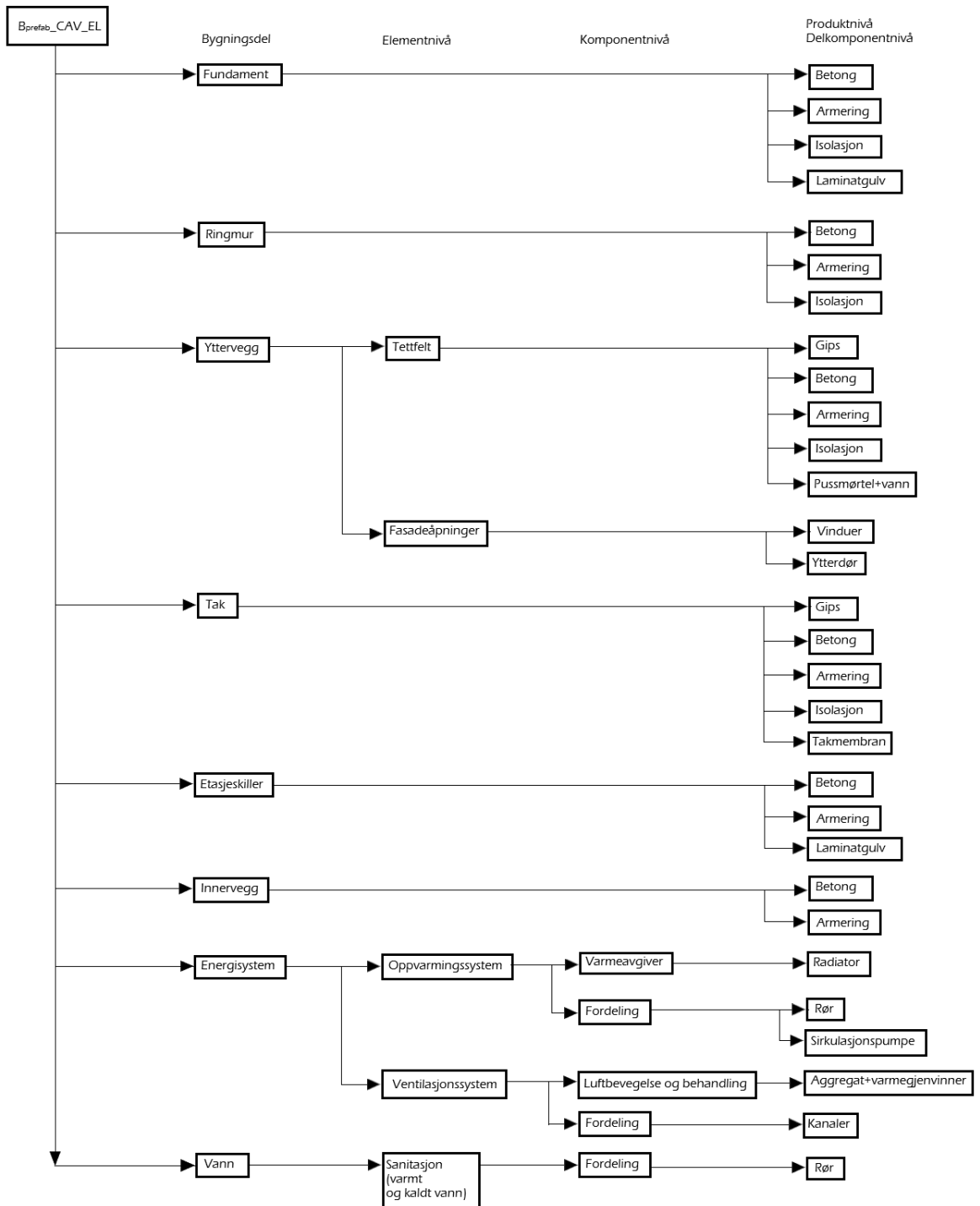
7 Vedlegg

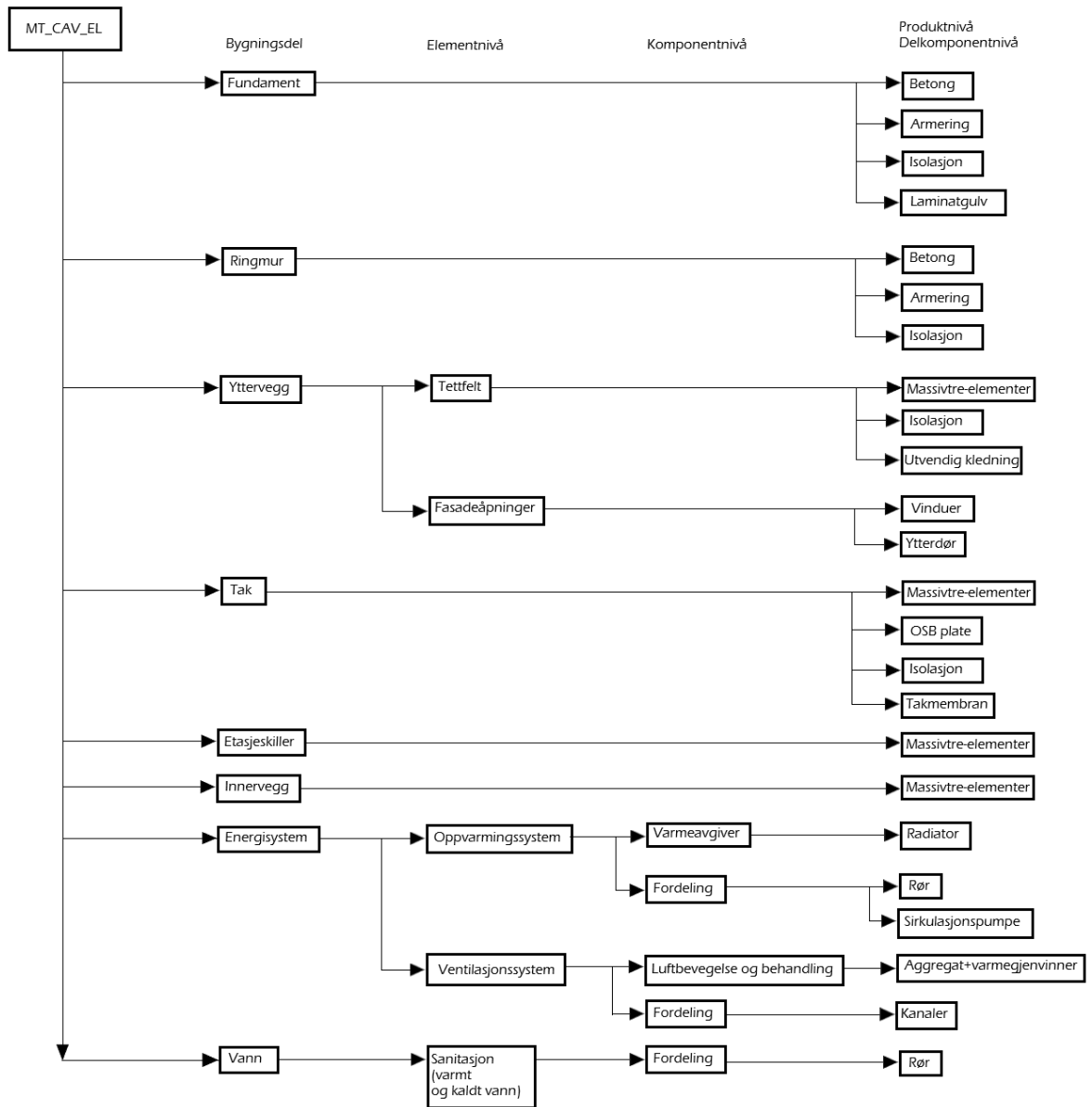
A - Hva som skal inkluderes i LCA vurderingen for tilfeller i ambisjonsnivå 1 – TEK17

Hvert beskrevet tilfelle gjelder for både ramme og tiltaksmetode.









B.1 - Dokumentasjon for verifikasjon av kriterie B.2 og beregnet levert energi (B6) for ambisjonsnivå 1 –TEK17 etter rammemetode

B_CAV_BIO - Ramme

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	35,3 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	4,1 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	29,8 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	4,4 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	0,4 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	11,4 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	17,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	10,4 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1,2 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	114,5 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	114,8 kWh/m ²

Energiltak (§14-2 (2))		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksarealet [%]	25,0	25,0
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,13	0,18
U-verdi tak [W/m ² K]	0,09	0,13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,10	0,10
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	0,80	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,05	0,05
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	0,6
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	80	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,50	1,50

Resultater av evalueringen	
Evaluering av	Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller kravene til energiltak i §14-2 (2)
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §14-2 (2)
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller energirammen ihht. §14-2 (1)
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	7022 kWh	65,0 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	8283 kWh	76,7 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	15304 kWh	141,7 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	15304 kWh	141,7 kWh/m ²

B_CAV_VP - Ramme

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	35,3 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	4,1 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	29,8 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	4,4 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	0,4 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	11,4 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	17,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	10,4 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1,2 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	114,5 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	114,8 kWh/m ²

Energiltak (§14-2 (2))		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksarealet [%]	25,0	25,0
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,13	0,18
U-verdi tak [W/m ² K]	0,09	0,13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,10	0,10
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	0,80	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,05	0,05
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	0,6
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	80	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,50	1,50

Resultater av evalueringen	
Evalueringsav	Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller kravene til energiltak i §14-2 (2)
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §14-2 (2)
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller energirammen ihht. §14-2 (1)
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	7021 kWh	65,0 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	1955 kWh	18,1 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	8976 kWh	83,1 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	8976 kWh	83,1 kWh/m ²

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	35,3 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	4,1 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	29,8 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	4,4 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	0,4 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	11,4 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	17,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	10,4 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1,2 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	114,5 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	114,8 kWh/m ²

Energiltak (§14-2 (2))		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksarealet [%]	25,0	25,0
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,13	0,18
U-verdi tak [W/m ² K]	0,09	0,13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,10	0,10
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	0,80	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,05	0,05
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	0,6
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	80	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,50	1,50

Resultater av evalueringen	
Evaluerings av	Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller kravene til energiltak i §14-2 (2)
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §14-2 (2)
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller energirammen ihht. §14-2 (1)
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	12567 kWh	116,4 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	12567 kWh	116,4 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	12567 kWh	116,4 kWh/m ²

M_CAV_EL - Ramme

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	35,5 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	4,0 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	29,8 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	4,4 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	0,5 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	11,4 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	17,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	10,3 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1,2 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	114,5 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	114,8 kWh/m ²

Energiltak (§14-2 (2))		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksarealet [%]	25,0	25,0
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,13	0,18
U-verdi tak [W/m ² K]	0,09	0,13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,10	0,10
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	0,80	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,05	0,05
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	0,6
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	80	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,50	1,50

Resultater av evalueringen	
Evalueringsav	Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller kravene til energiltak i §14-2 (2)
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §14-2 (2)
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller energirammen ihht. §14-2 (1)
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	12586 kWh	116,5 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	12586 kWh	116,5 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	12586 kWh	116,5 kWh/m ²

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	34,7 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	4,2 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	29,8 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	4,4 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	0,6 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	11,4 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	17,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	10,8 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1,2 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	114,5 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	114,8 kWh/m ²

Energiltak (§14-2 (2))		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksarealet [%]	25,0	25,0
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,13	0,18
U-verdi tak [W/m ² K]	0,08	0,13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,10	0,10
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	0,80	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,05	0,05
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	0,6
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	80	80
Spesifikk vitteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,50	1,50

Resultater av evalueringen	
Evalueringsav	Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller kravene til energiltak i §14-2 (2)
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §14-2 (2)
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller energirammen ihht. §14-2 (1)
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	12530 kWh	116,0 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	12530 kWh	116,0 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	12530 kWh	116,0 kWh/m ²

B.2 - Dokumentasjon for verifikasjon av kriterie B.1 og beregnet levert energi (B6) for ambisjonsnivå 1 – TEK17 etter tiltaksmetode

B_CAV_EL - Tiltak

Resultater av evalueringen	
Evalueringsav	Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller kravene til energiltak i §14-2 (2)
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §14-2 (2)
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller ikke energirammen ihht. §14-2 (1)
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	44,7 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	4,2 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	29,8 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	4,4 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	0,5 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	11,4 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	17,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	9,4 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1,2 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	123,0 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	114,8 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	13793 kWh	127,7 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	13793 kWh	127,7 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	13793 kWh	127,7 kWh/m ²

Resultater av evalueringen	
Evaluering av	Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller kravene til energiltak i §14-2 (2)
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §14-2 (2)
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller ikke energirammen ihht. §14-2 (1)
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	44,7 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	4,2 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	29,8 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	4,4 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	0,5 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	11,4 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	17,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	9,4 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1,2 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	123,0 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	114,8 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	7371 kWh	68,2 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	9545 kWh	88,4 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	16916 kWh	156,6 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	16916 kWh	156,6 kWh/m ²

Resultater av evalueringen	
Evaluering av	Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller kravene til energiltak i §14-2 (2)
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §14-2 (2)
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller ikke energirammen ihht. §14-2 (1)
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	44,7 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	4,2 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	29,8 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	4,4 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	0,5 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	11,4 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	17,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	9,4 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1,2 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	123,0 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	114,8 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	7371 kWh	68,3 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	2244 kWh	20,8 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	9615 kWh	89,0 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	9615 kWh	89,0 kWh/m ²

Resultater av evalueringen		
Evaluering av		Beskrivelse
Energiltak		Bygningen tilfredsstiller kravene til energiltak i §14-2 (2)
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §14-2 (2)	
Energiramme		Bygningen tilfredsstiller ikke energirammen ihht. §14-2 (1)
Minstekrav		Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)	
Energiforsyning		Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering		Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)		
Beskrivelse		Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming		44,7 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)		4,2 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)		29,8 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter		4,4 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper		0,5 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning		11,4 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr		17,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling		9,4 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)		1,2 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov		123,0 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov		114,8 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	13793 kWh	127,7 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	13793 kWh	127,7 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	13793 kWh	127,7 kWh/m ²

Resultater av evalueringen		
Evaluering av		Beskrivelse
Energiltak		Bygningen tilfredsstiller kravene til energiltak i §14-2 (2)
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §14-2 (2)	
Energiramme		Bygningen tilfredsstiller ikke energirammen ihht. §14-2 (1)
Minstekrav		Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)	
Energiforsyning		Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering		Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)		
Beskrivelse		Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming		45,0 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)		4,1 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)		29,8 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter		4,4 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper		0,5 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning		11,4 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr		17,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling		9,3 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)		1,2 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov		123,2 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov		114,8 kWh/m ²

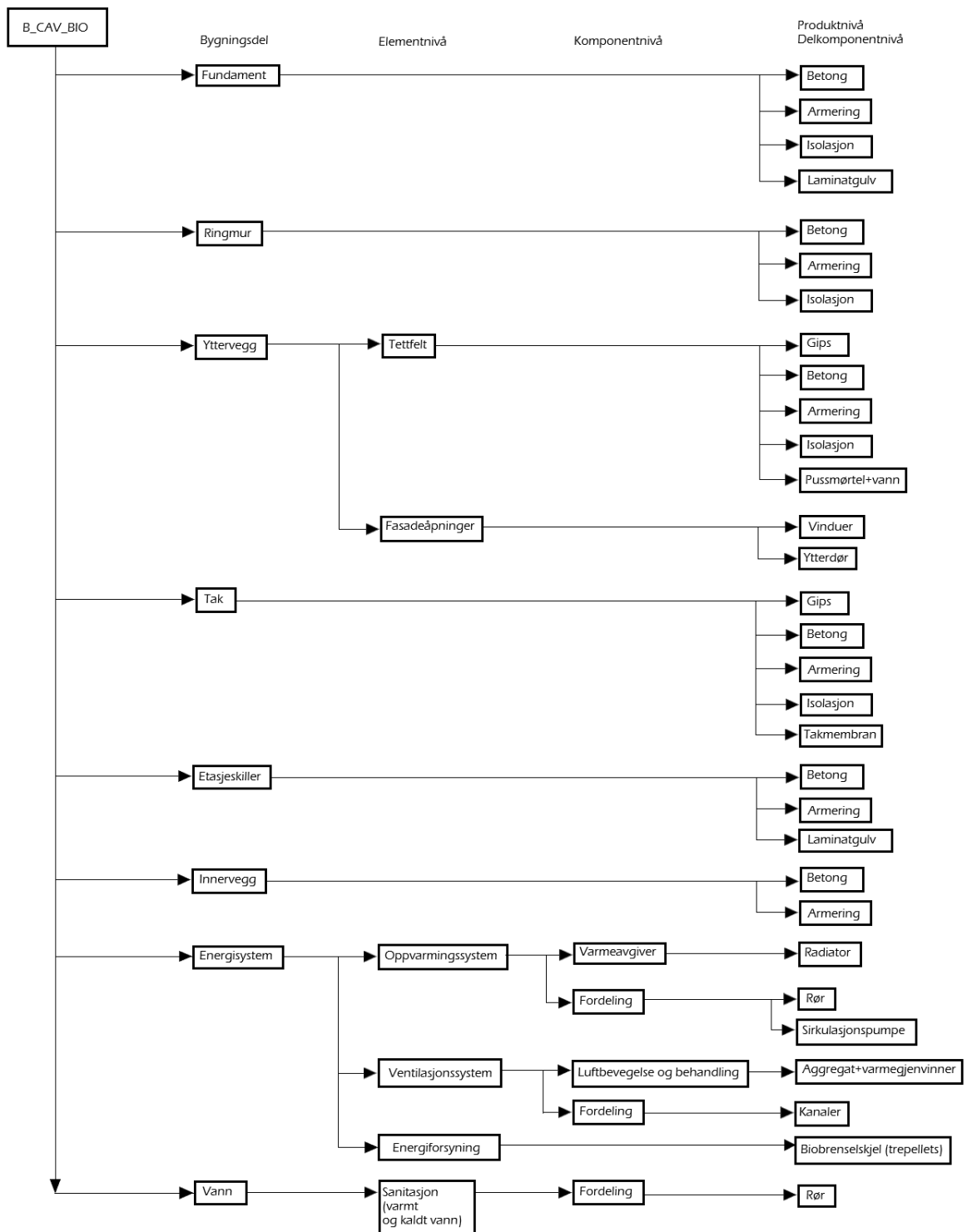
Levert energi til bygningen (beregnet)			
Energivare		Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.		13825 kWh	128,0 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem		0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem		0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje		0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass		0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme		0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel		0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde		0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk		-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7		13825 kWh	128,0 kWh/m ²
Solstrøm til eksport		-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi		13825 kWh	128,0 kWh/m ²

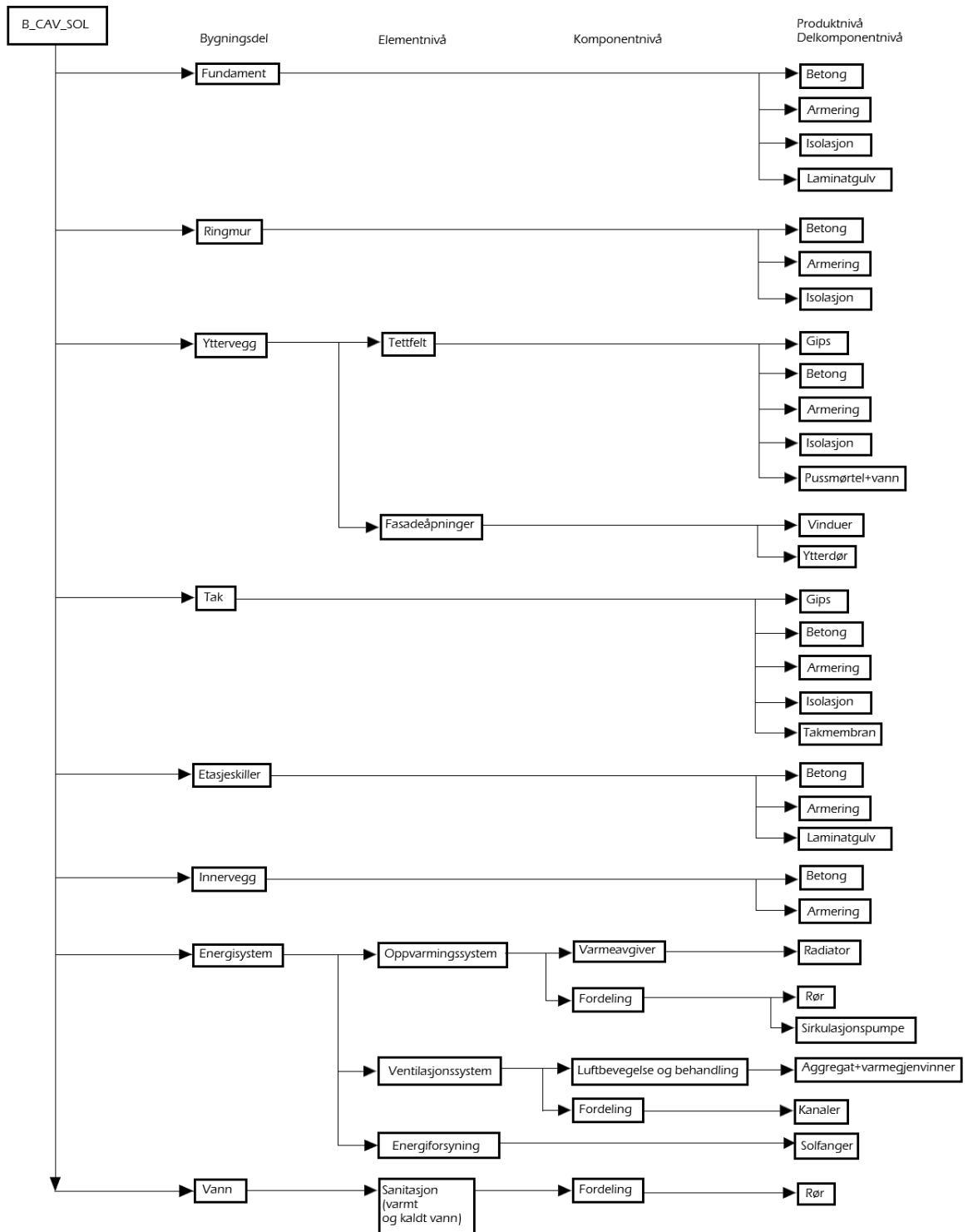
Resultater av evalueringen	
Evaluering av	Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller kravene til energiltak i §14-2 (2)
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §14-2 (2)
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller ikke energirammen ihht. §14-2 (1)
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav

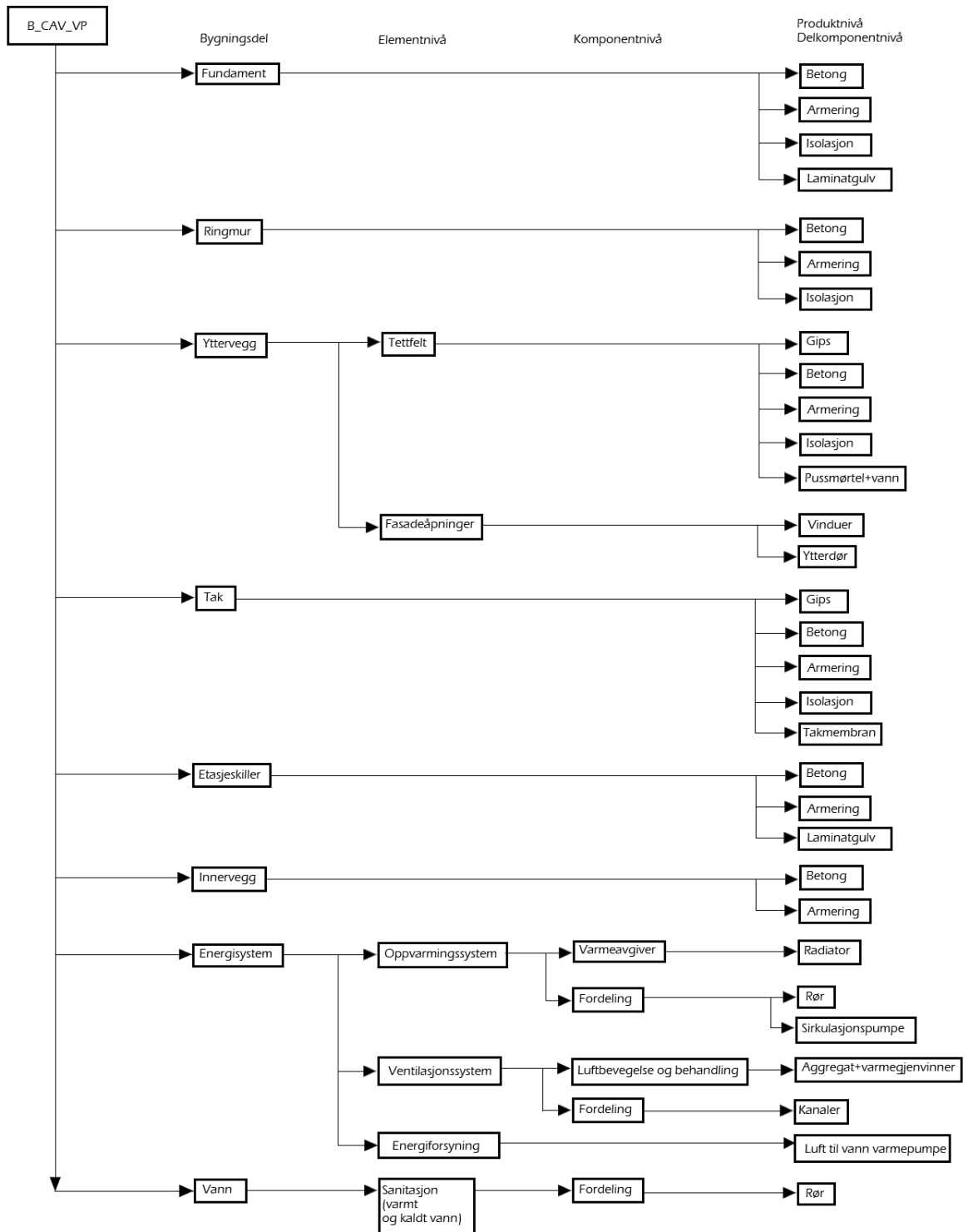
Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	44,7 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	4,3 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	29,8 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	4,4 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	0,6 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	11,4 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	17,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	9,8 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1,2 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	123,6 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	114,8 kWh/m ²

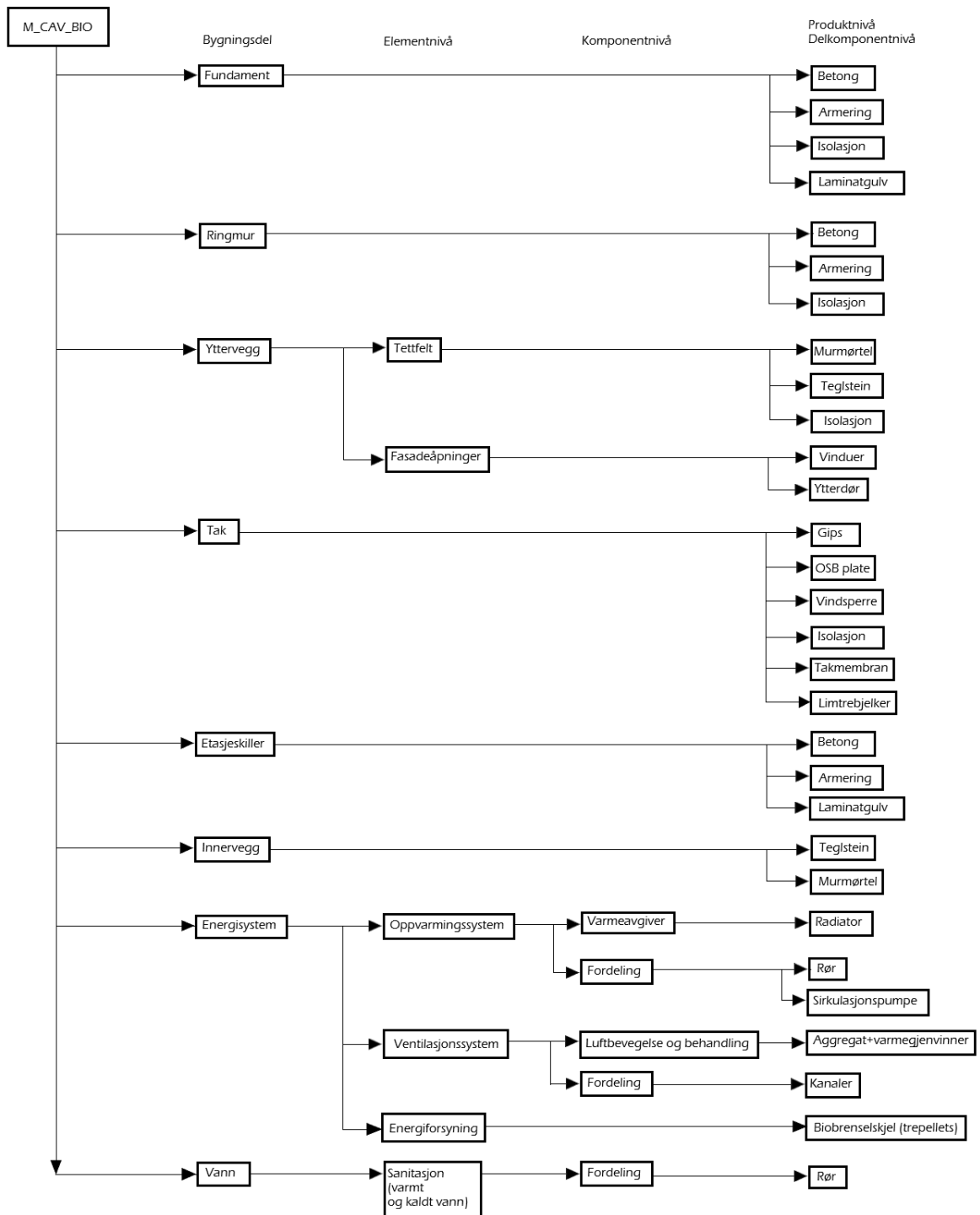
Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	13835 kWh	128,1 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	13835 kWh	128,1 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	13835 kWh	128,1 kWh/m ²

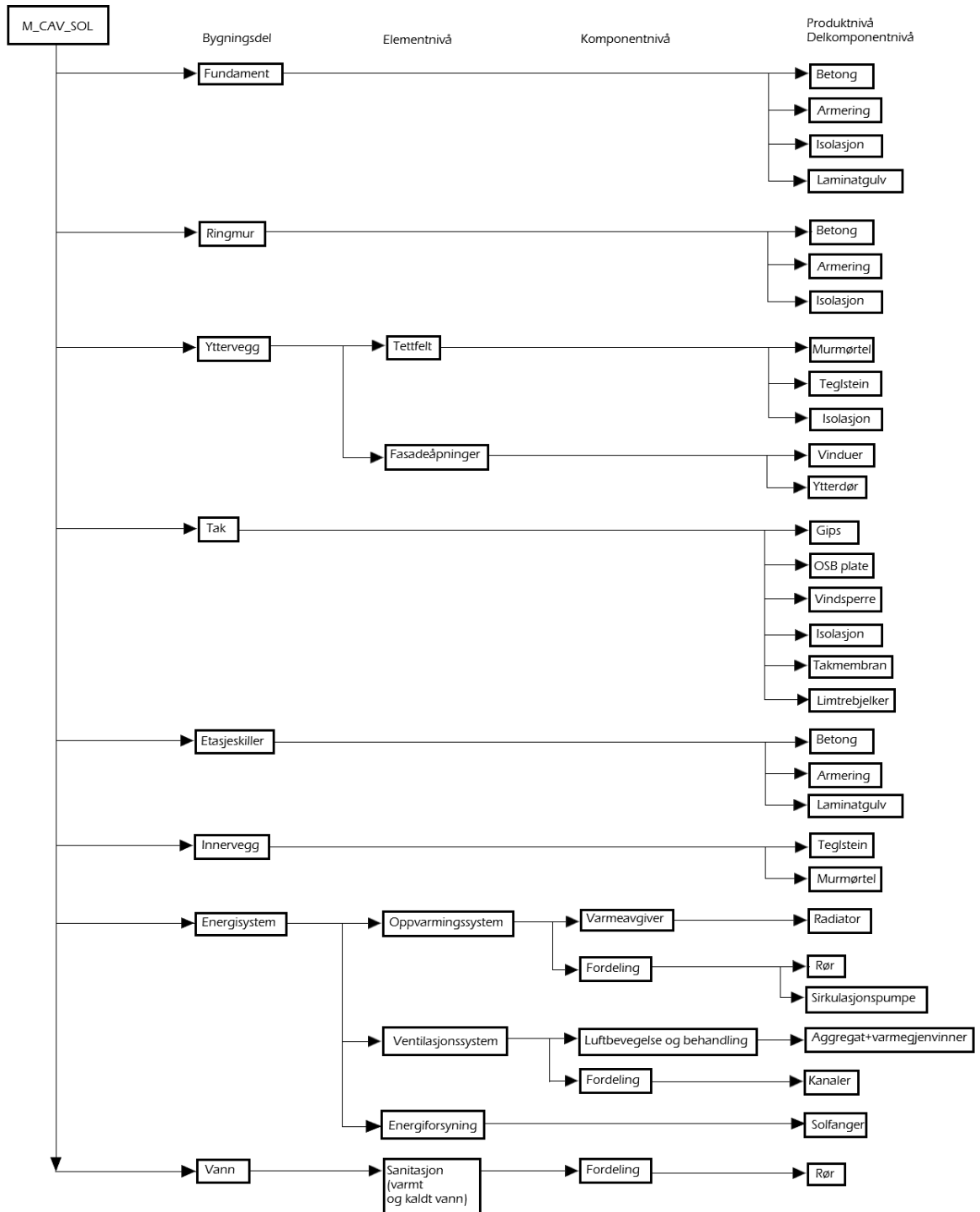
C – Hva som skal inkluderes i LCA vurderingen for tilfeller i ambisjonsnivå 2 – Passivhus

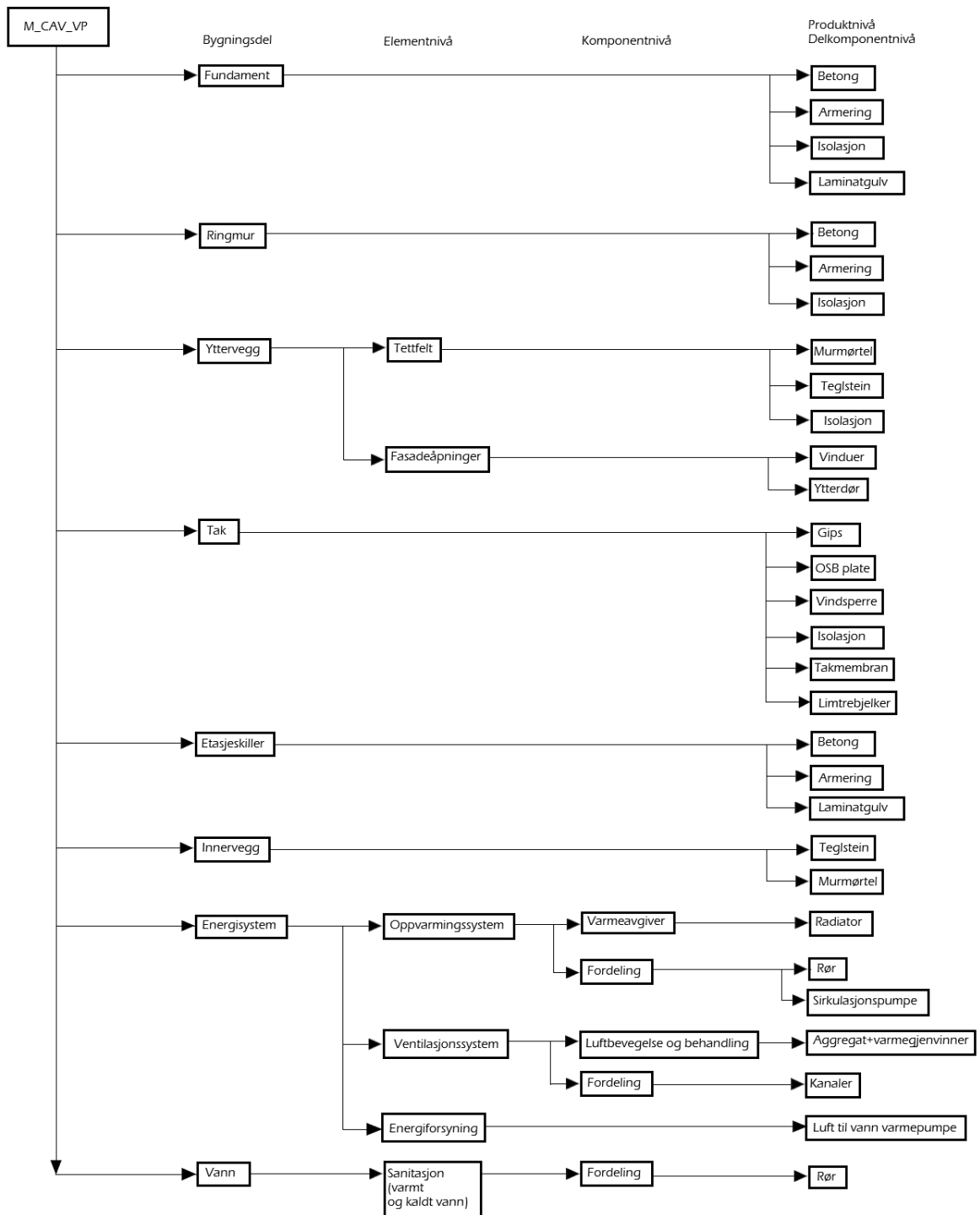


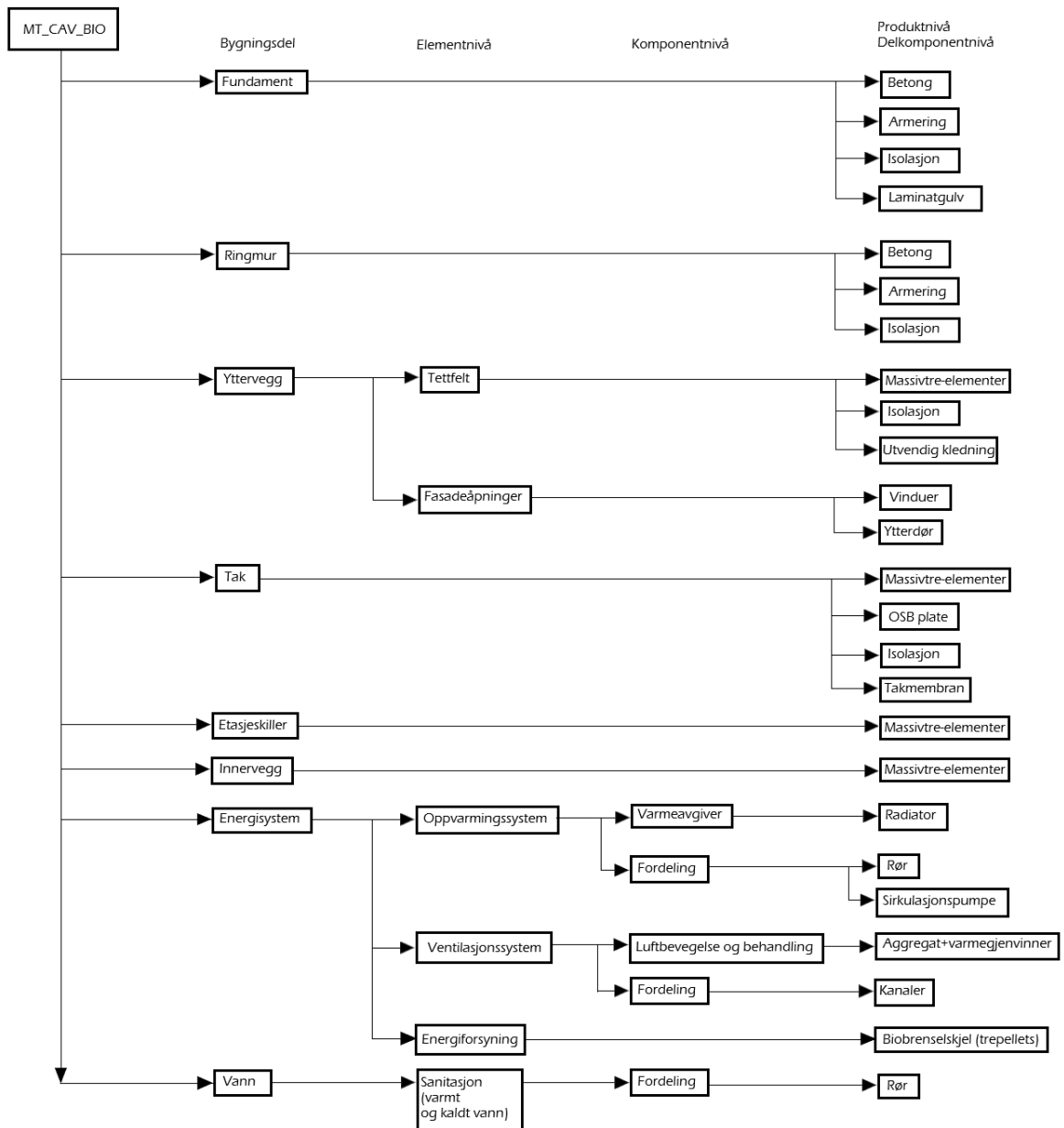


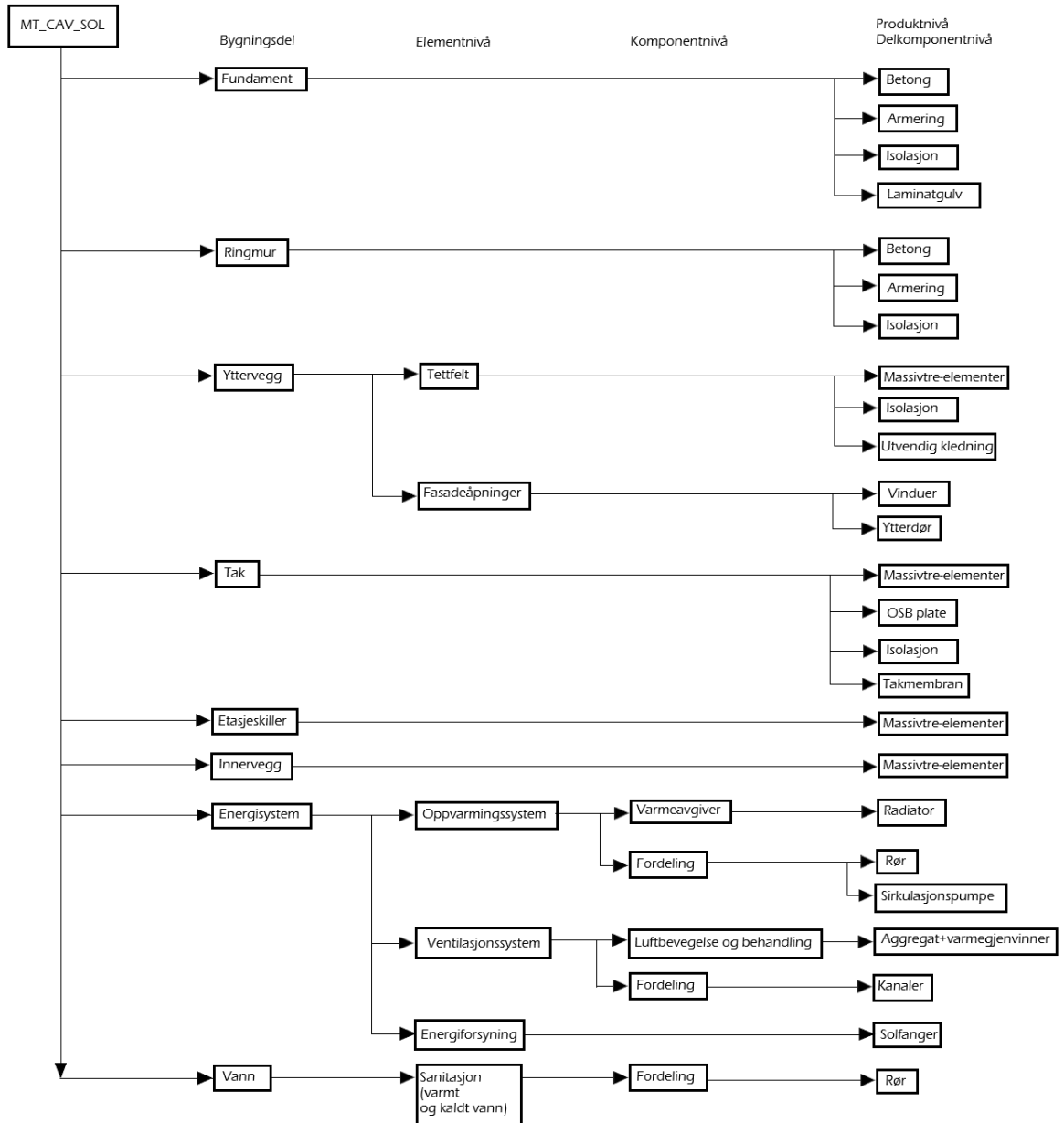


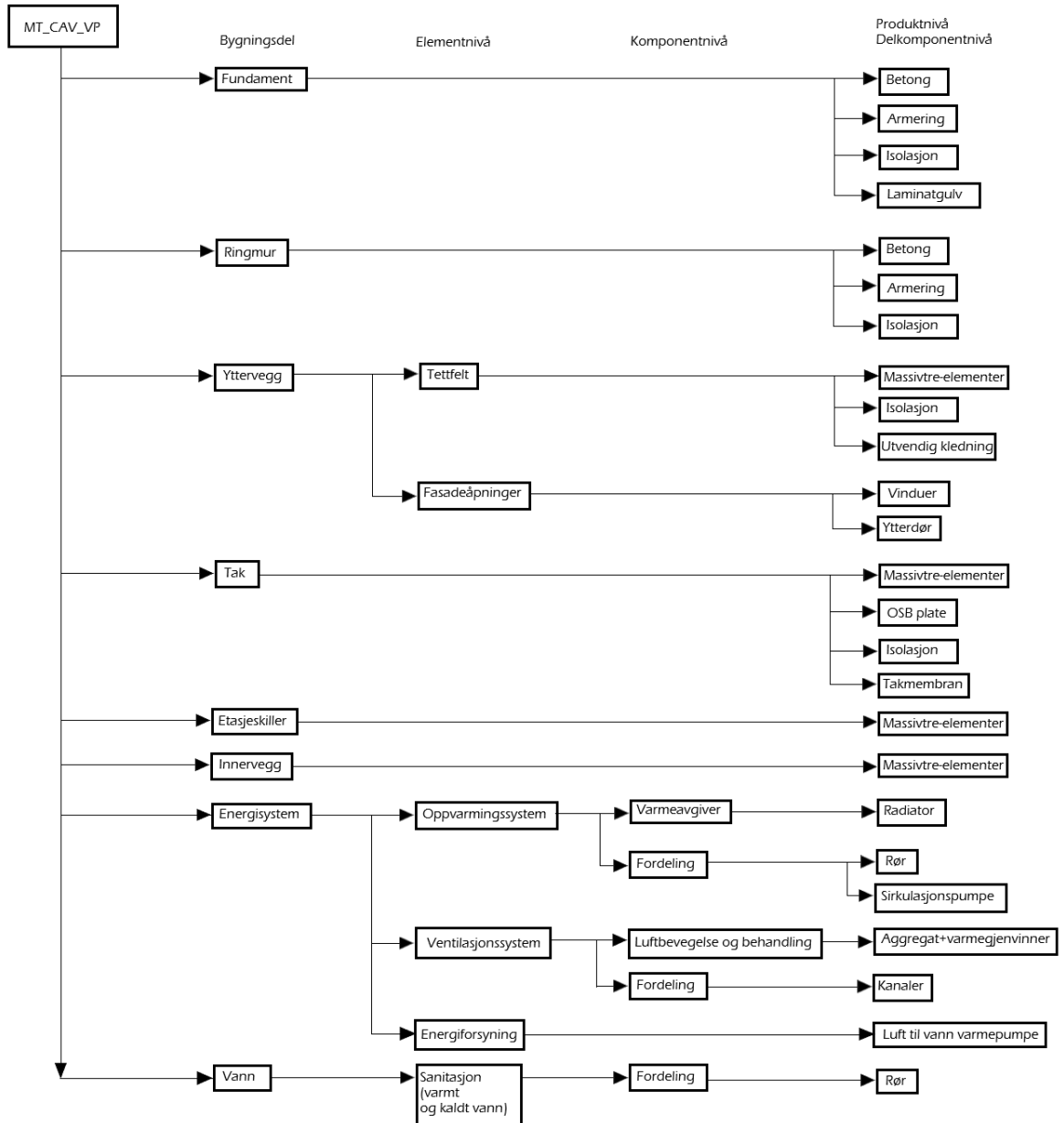












D - Dokumentasjon for verifikasjon av kriterie B og beregnet levert energi (B6) for ambisjonsnivå 2 –Passivhus

B_CAV_VP

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredsstillers krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredsstillers minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstillers minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til passivhus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,13
Varmetapstall tak	0,04
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,16
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,03
Totalt varmetapstall	0,43
Krav varmetapstall	0,48

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	22,7 kWh/m ²	22,8 kWh/m ²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Energibruk el./fossile energibærere	66,3 kWh/m ²	71,3 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (NS 3700)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	5637 kWh	52,2 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	1519 kWh	14,1 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	7156 kWh	66,3 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	7156 kWh	66,3 kWh/m ²

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til passivhus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,13
Varmetapstall tak	0,04
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,16
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,03
Totalt varmetapstall	0,43
Krav varmetapstall	0,48

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	22,7 kWh/m ²	22,8 kWh/m ²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Energibruk el./fossile energibærere	52,2 kWh/m ²	71,3 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (NS 3700)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	5637 kWh	52,2 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	6376 kWh	59,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	12013 kWh	111,2 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	12013 kWh	111,2 kWh/m ²

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energijytelse	Bygningen tilfredsstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til passivhus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,13
Varmetapstall tak	0,04
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,16
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,03
Totalt varmetapstall	0,43
Krav varmetapstall	0,48

Energijytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	22,7 kWh/m ²	22,8 kWh/m ²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Energibruk el./fossile energibærere	70,4 kWh/m ²	71,3 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (NS 3700)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	7551 kWh	69,9 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	57 kWh	0,5 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	7608 kWh	70,4 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	7608 kWh	70,4 kWh/m ²

Resultater av evalueringen		Beskrivelse
Evaluering mot NS 3700:2013		
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall	
Energiytelse	Bygningen tilfredstiller krav til energiytelse	
Minstekrav	Bygningen tilfredstiller minstekrav til enkeltkomponenter	
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i NS3700:2013	
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til passivhus	

Varmetapsbudsjett		Verdi
Beskrivelse		
Varmetapstall yttervegger		0,13
Varmetapstall tak		0,04
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri		0,04
Varmetapstall glass/vinduer/dører		0,16
Varmetapstall kuldebroer		0,03
Varmetapstall infiltrasjon		0,03
Totalt varmetapstall		0,43
Krav varmetapstall		0,48

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	22,6 kWh/m ²	22,8 kWh/m ²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Energibruk el./fossile energibærere	66,1 kWh/m ²	71,1 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (NS 3700)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	5623 kWh	52,1 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	1518 kWh	14,1 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	7141 kWh	66,1 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	7141 kWh	66,1 kWh/m ²

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredsstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til passivhus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,13
Varmetapstall tak	0,04
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,16
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,03
Totalt varmetapstall	0,43
Krav varmetapstall	0,48

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	22,6 kWh/m ²	22,8 kWh/m ²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Energibruk el./fossile energibærere	52,1 kWh/m ²	71,1 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (NS 3700)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	5623 kWh	52,1 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	6369 kWh	59,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	11992 kWh	111,0 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	11992 kWh	111,0 kWh/m ²

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredsstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til passivhus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,13
Varmetapstall tak	0,04
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,16
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,03
Totalt varmetapstall	0,43
Krav varmetapstall	0,48

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	22,6 kWh/m ²	22,8 kWh/m ²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Energibruk el./fossile energibærere	70,3 kWh/m ²	71,1 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (NS 3700)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	7534 kWh	69,8 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	57 kWh	0,5 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	7591 kWh	70,3 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	7591 kWh	70,3 kWh/m ²

Resultater av evalueringen		
Evaluering mot NS 3700:2013		Beskrivelse
Varmetapsramme		Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse		Bygningen tilfredstiller krav til energiytelse
Minstekrav		Bygningen tilfredstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon		Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering		Bygningen tilfredstiller alle krav til passivhus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,12
Varmetapstall tak	0,04
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,16
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,03
Totalt varmetapstall	0,42
Krav varmetapstall	0,48

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	22,7 kWh/m ²	22,8 kWh/m ²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Energibruk el./fossile energibærere	66,5 kWh/m ²	71,4 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (NS 3700)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	5663 kWh	52,4 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	1517 kWh	14,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	7179 kWh	66,5 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	7179 kWh	66,5 kWh/m ²

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til passivhus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,12
Varmetapstall tak	0,04
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,16
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,03
Totalt varmetapstall	0,42
Krav varmetapstall	0,48

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	22,7 kWh/m ²	22,8 kWh/m ²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Energibruk el./fossile energibærere	52,4 kWh/m ²	71,4 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (NS 3700)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	5663 kWh	52,4 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	6364 kWh	58,9 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	12027 kWh	111,4 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	12027 kWh	111,4 kWh/m ²

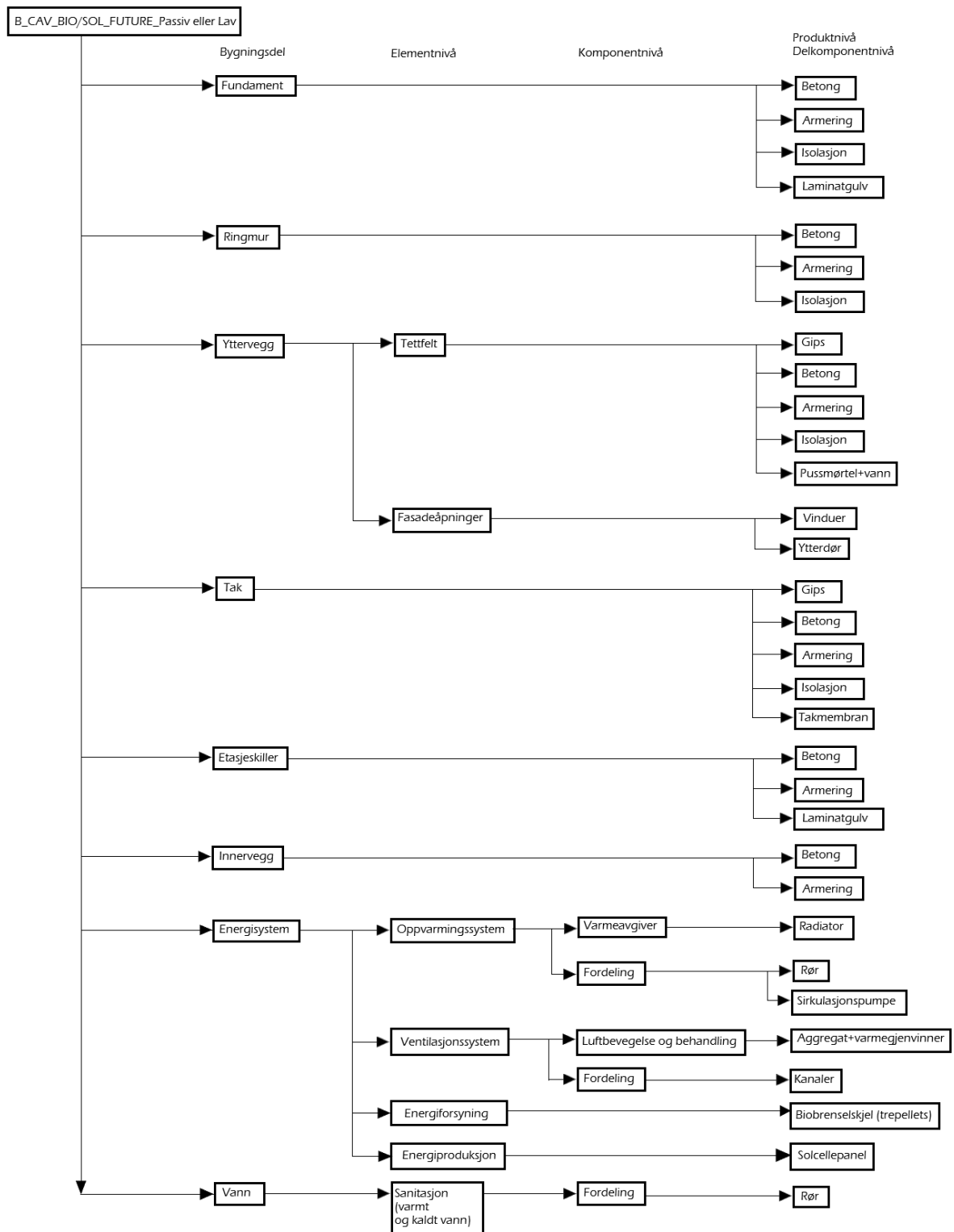
Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til passivhus

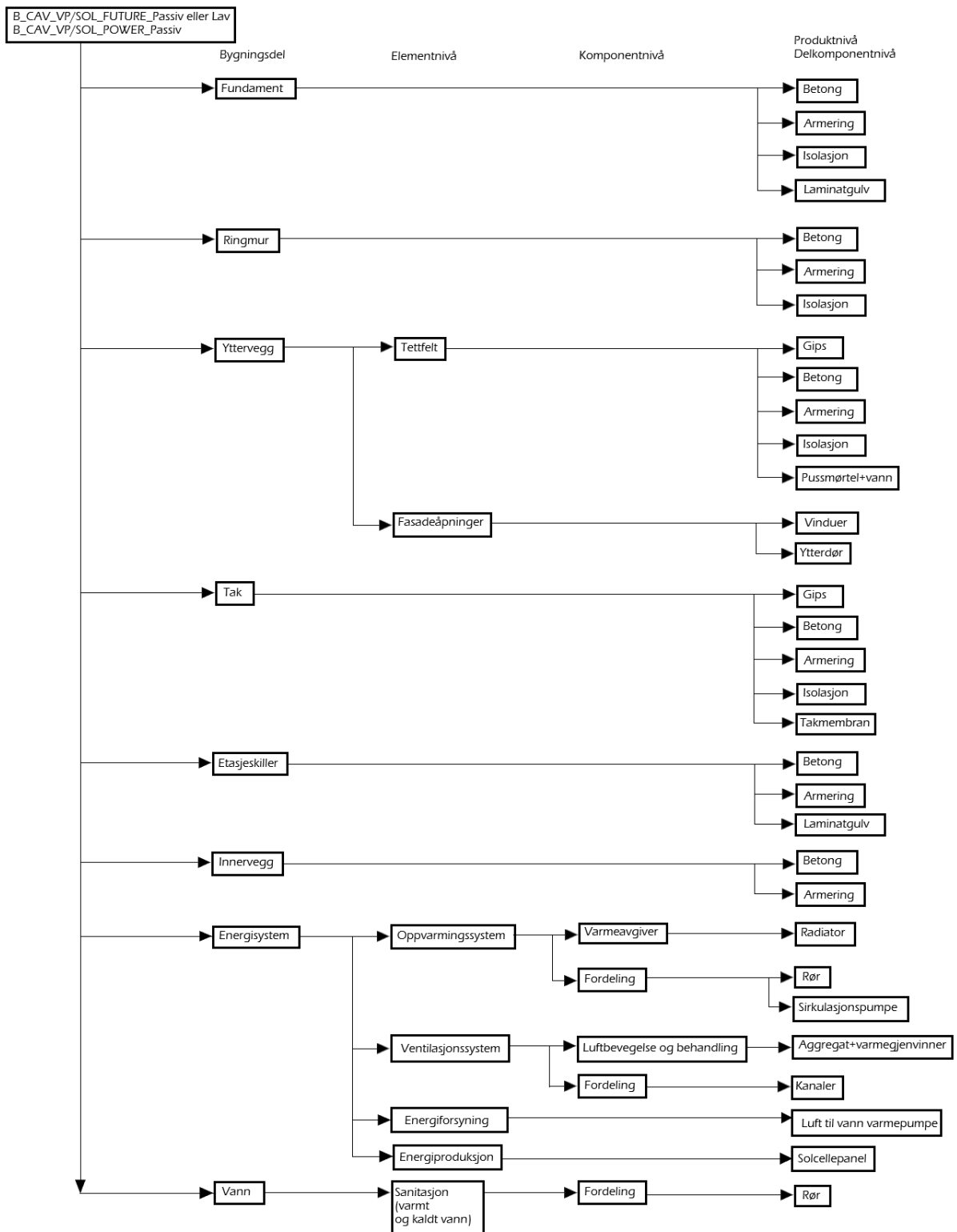
Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,12
Varmetapstall tak	0,04
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,16
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,03
Totalt varmetapstall	0,42
Krav varmetapstall	0,48

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	22,7 kWh/m ²	22,8 kWh/m ²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Energibruk el./fossile energibærere	70,6 kWh/m ²	71,4 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (NS 3700)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	7571 kWh	70,1 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	57 kWh	0,5 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	7628 kWh	70,6 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	7628 kWh	70,6 kWh/m ²

E - Hva som skal inkluderes i LCA vurderingen for tilfeller i ambisjonsnivå 3 – Plusshus





F - Dokumentasjon for verifikasjon av kriterie B og beregnet levert energi (B6) for ambisjonsnivå 3 –Plusshus

B_CAV_BIO/SOL_FUTURE_Lav

Resultater av evalueringen	
Evalueringskriterium	Beskrivelse
Evalueringskriterium	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til lavenergihus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,19
Varmetapstall tak	0,06
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,06
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,20
Varmetapstall kuldebroer	0,05
Varmetapstall infiltrasjon	0,04
Totalt varmetapstall	0,60
Krav varmetapstall	0,65

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	41,1 kWh/m ²	41,5 kWh/m ²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Energibruk el./fossile energibærere	61,2 kWh/m ²	89,9 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (NS 3700)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	6609 kWh	61,2 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	8506 kWh	78,8 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	15115 kWh	140,0 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	15115 kWh	140,0 kWh/m ²

Resultater av evalueringen		
Evaluering mot NS 3700:2013		Beskrivelse
Varmetapsramme		Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse		Bygningen tilfredstiller krav til energiytelse
Minstekrav		Bygningen tilfredstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon		Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering		Bygningen tilfredstiller alle krav til lavenergihus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,19
Varmetapstall tak	0,06
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,06
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,20
Varmetapstall kuldebroer	0,05
Varmetapstall infiltrasjon	0,04
Totalt varmetapstall	0,60
Krav varmetapstall	0,65

Energiytelse			
Beskrivelse		Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov		41,1 kWh/m ²	41,5 kWh/m ²
Netto kjølebehov		0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Energibruk el./fossile energibærere		79,8 kWh/m ²	89,9 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (NS 3700)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	6609 kWh	61,2 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	2006 kWh	18,6 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	8615 kWh	79,8 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	8615 kWh	79,8 kWh/m ²

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredsstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til passivhus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,13
Varmetapstall tak	0,04
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,16
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,03
Totalt varmetapstall	0,43
Krav varmetapstall	0,48

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	22,7 kWh/m ²	22,8 kWh/m ²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Energibruk el./fossile energibærere	52,2 kWh/m ²	71,3 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (NS 3700)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	5637 kWh	52,2 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	6376 kWh	59,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	12013 kWh	111,2 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	12013 kWh	111,2 kWh/m ²

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til passivhus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,13
Varmetapstall tak	0,04
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,16
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,03
Totalt varmetapstall	0,43
Krav varmetapstall	0,48

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	22,7 kWh/m ²	22,8 kWh/m ²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Energibruk el./fossile energibærere	66,3 kWh/m ²	71,3 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (NS 3700)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	5637 kWh	52,2 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	1519 kWh	14,1 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	7156 kWh	66,3 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	7156 kWh	66,3 kWh/m ²

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til passivhus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,13
Varmetapstall tak	0,04
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,16
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,03
Totalt varmetapstall	0,43
Krav varmetapstall	0,48

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	22,7 kWh/m ²	22,8 kWh/m ²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Energibruk el./fossile energibærere	66,3 kWh/m ²	71,3 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (NS 3700)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	5637 kWh	52,2 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	1519 kWh	14,1 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	7156 kWh	66,3 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	7156 kWh	66,3 kWh/m ²