

# KLIMAGASSBEREGNING

OSC-30-H003-K-RA-00001

## B45



## 1107304 OCEAN SPACE CENTRE

Prosjekt	Ocean Space Centre
Kontrakt	K203
Byggherre	Statsbygg
Utgiver	Norconsult
Utskriftsdato	26.08.2022
Sist endret	16.02.2021
Henvendelser kan rettes til	Statsbygg Postboks 232 Sentrum, 0103 Oslo Telefon: 22 95 40 00 Epost: <a href="mailto:postmottak@statsbygg.no">postmottak@statsbygg.no</a> Internett: <a href="http://www.statsbygg.no">http://www.statsbygg.no</a>

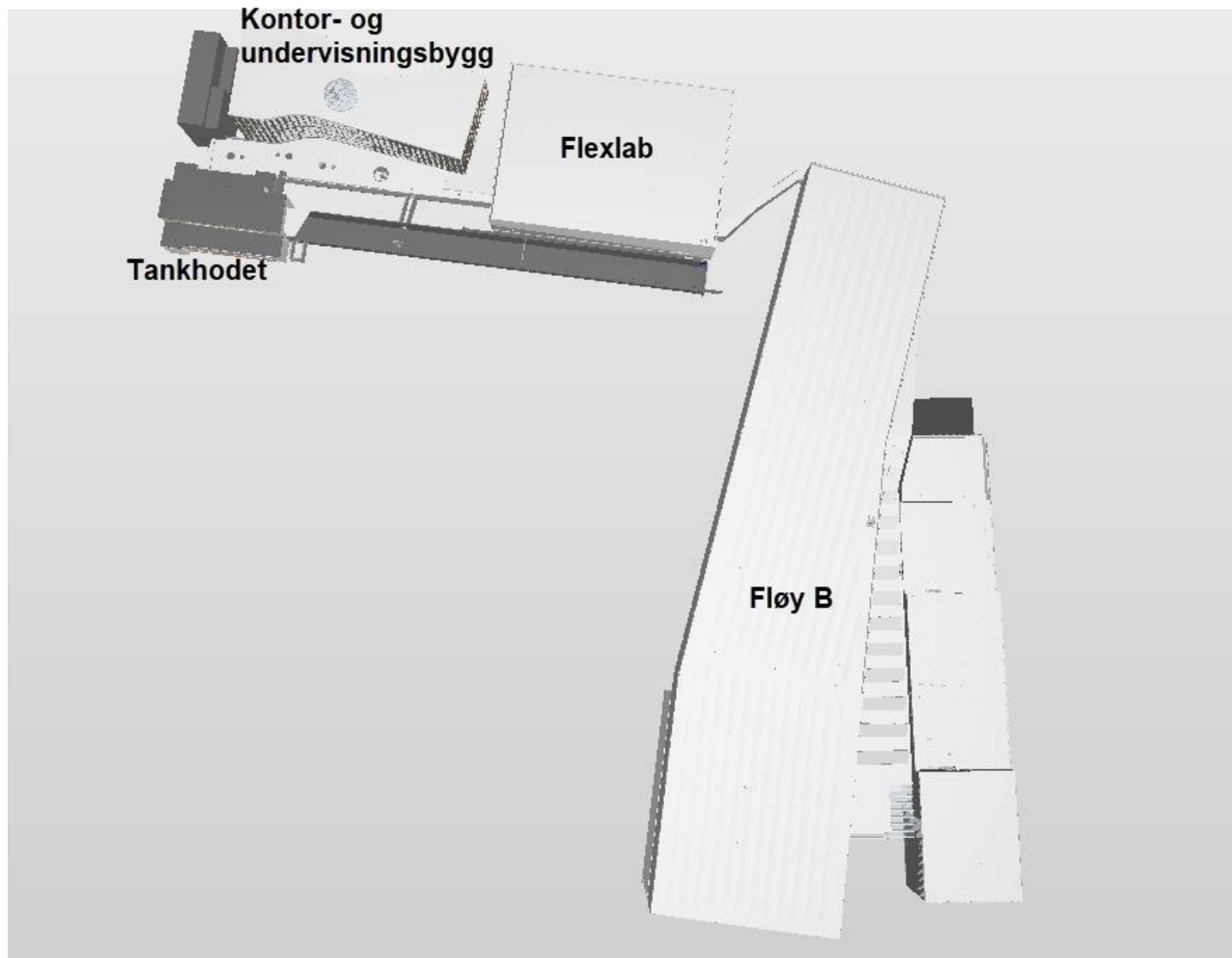
Statsbygg

## ► Ocean Space Centre

Klimagassberegning

Forprosjekt

Oppdragsnr.: 5202404 Dokumentnr.: PG-K-NO-00002 Versjon: J02 Dato: 2021-02-16



**Oppdragsgiver:** Statsbygg  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Kjersti Skjelle Paulsen  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Kjørboveien 22, NO-1337 Sandvika  
**Oppdragsleder:** Bjørn Sveberg  
**Fagansvarlig:** Sophie Ness Thøgersen  
**Andre nøkkelpersoner:** Karianne Nygaard, Nina Eklo Kjesbu, Isabel Renée Sture

J02	2021-02-16	Oppdatering etter kommentarer fra oppdragsgiver	Soptho, karnyg	Isrst	niekj
J01	2020-12-11		Soptho, karnyg	Isrst	niekj
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## ► Sammen drag

Norconsult AS har på oppdrag fra Statsbygg gjennomført en klimagassberegning i forprosjekt for Ocean Space Centre. Beregningen er en kvantitativ vurdering av utslipp av klimagasser forbundet med materialer, byggeplassdrift og energibruk i drift over en levetid på 60 år.

Klimagassberegningen er delt opp etter de ulike delene i prosjektet: kontor- og undervisningsbygget, Fløy B, Flexlab og Tankhodet. De to førstnevnte er nybygg, mens de to sistnevnte er rehabiliteringsprosjekter.

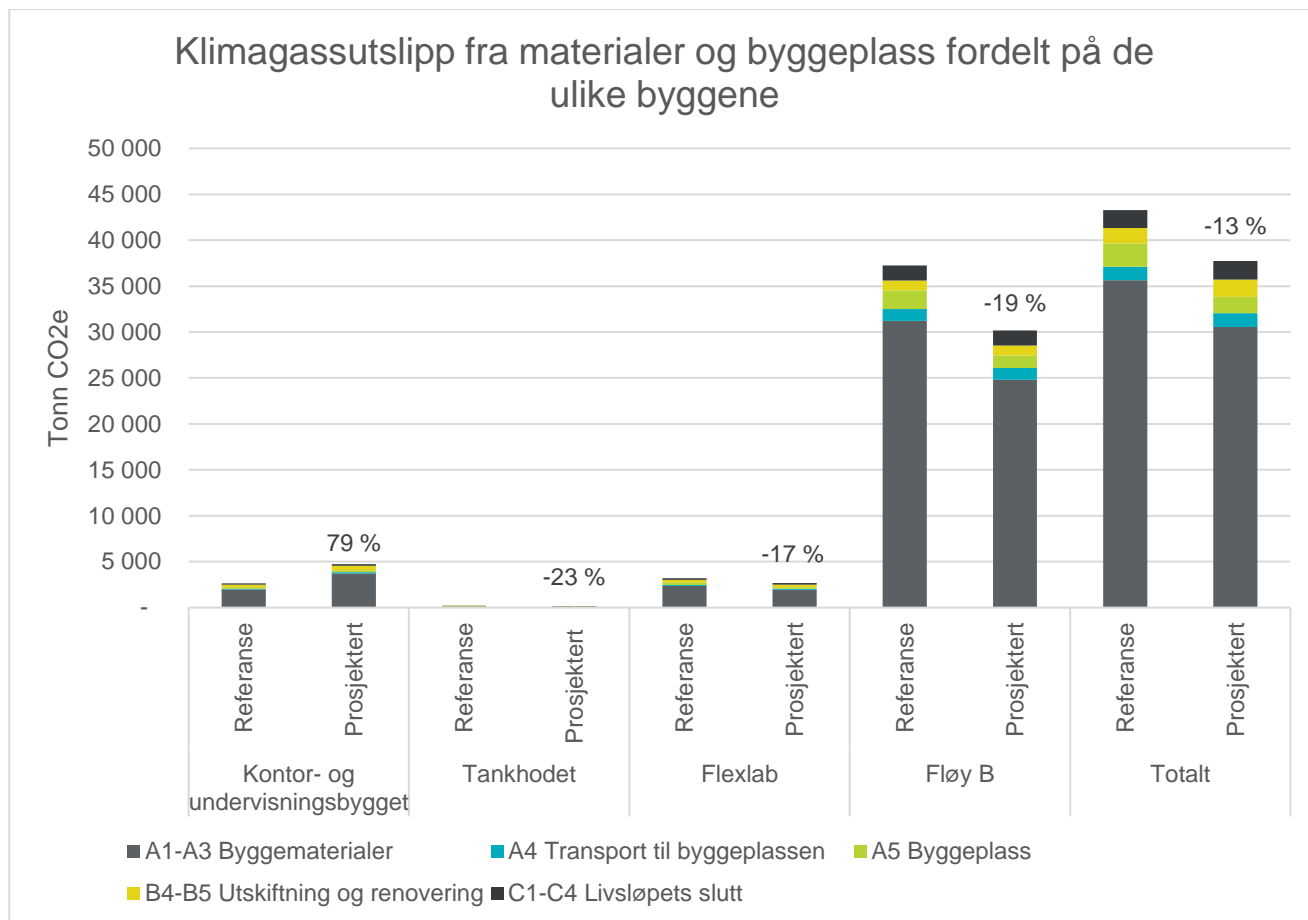
Referansene for de ulike byggene er utformet med ulike metoder. For kontor- og undervisningsbygget er referansebygget laget i Carbon designer, utformet som en skoeske. De resterende byggene er sammenliknet med et bygg med samme utforming som de prosjekterte byggene, men uten tiltak. Grunnen til at spesialbyggene ikke sammenliknes mot referansebygg fra Carbon designer, er fordi det ikke finnes referanser for de i One Click LCA. Alle referansene har materialvalg som gjenspeiler dagens byggepraksis.

Kontor- og undervisningsbygget har en økning i utslipp sammenliknet med referansebygget dersom man kun ser på utslipp fra materialer og byggeplassdrift. Dette skyldes blant annet årsaker diskutert i kapittel 4.1.4. Dersom energibruk i drift også inkluderes, oppnår dette bygget en reduksjon på 34 %. Reduksjonen skyldes i hovedsak at bygget produserer elektrisitet ved hjelp av solcellepaneler på taket, noe som kompenserer for energi- og materialutslippene. Reduksjonsmålet på 45 % er ikke mulig å nå i denne beregningen. Mulige optimaliseringer for å oppnå målet om 45 % reduksjon i klimagassutslipp for dette bygget, er beskrevet i kapittel 7.

En sammenligning av utslipp fra materialer og byggeplassdrift fra de fire byggene er vist i Figur 1. Her er det tydelig at Fløy B er det bygget som bidrar mest til prosjektets totale klimagassutslipp. Flexlab og tankhodet oppnår en liten reduksjon i utslipp fra materialer og byggeplassdrift, som vist i Figur 1, men sammenliknet med Fløy B har de lite å si i totalregnskapet for prosjektet. For Fløy B og Tankhodet er det foreslått et mål om 20 % reduksjon i klimagassutslipp fra materialer og byggeplassdrift sammenliknet med referansen. For Flexlab er det foreslått et mål om 15 % reduksjon.

I tillegg til beregningene av utslipp fra de fire byggene, er det gjort beregninger av prosjektets totale utslipp fra energibruk i drift, rivearbeider og massetransport. De to sistnevnte er gjort basert på grove beregninger, men er med for å gi et bilde av prosjektets totale klimagassutslipp.

Totalt har prosjektet et klimagassutslipp på 54 328 tonn CO<sub>2</sub>e. Dette inkluderer alle fire byggene, energibruk i drift totalt for hele prosjektet, utslipp fra massetransport og rivearbeider.



Figur 1. Resultat klimagassberegninger (tonn CO2e) fra materialer og byggeplassdrift fordelt på de ulike bygningene

## Innhold

<b>1</b>	<b>Bakgrunn</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Forutsetninger</b>	<b>8</b>
	2.1.1 Systemgrenser	8
	2.1.2 Beregningsverktøy – One Click LCA	9
	2.1.3 Beregningsgrunnlag	9
	2.1.4 Utforming av referanser for måling av klimagassreduksjon	10
<b>3</b>	<b>Tiltak for klimagassreduksjon</b>	<b>12</b>
	3.1 Materialer	12
	3.2 Byggeplassdrift	13
	3.3 Energibruk i drift	13
<b>4</b>	<b>Nybygg</b>	<b>14</b>
	4.1 Kontor- og undervisningsbygg	14
	4.1.1 Referansebygg	14
	4.1.2 Materialer i prosjektert bygg	14
	4.1.3 Energibruk i drift i prosjektert bygg	15
	4.1.4 Klimagassutslipp fra prosjektert bygg inkludert alle tiltak	16
	4.1.5 Sammenstilling av beregningsresultater	18
	4.2 Fløy B	19
	4.2.1 Klimagassutslipp fra referanse for materialer og byggeplassdrift	19
	4.2.2 Klimagassutslipp fra ulike tiltak	20
	4.2.3 Sammenstilling av beregningsresultater	20
	4.2.4 Valg av utslippsmål for Fløy B	21
<b>5</b>	<b>Rehabiliteringsbygg</b>	<b>22</b>
	5.1 Flexlab	22
	5.1.1 Klimagassutslipp fra referanse for materialer og byggeplassdrift	22
	5.1.2 Klimagassutslipp fra ulike tiltak	22
	5.1.3 Sammenstilling av beregningsresultater	23
	5.1.4 Valg av utslippsmål for Flexlab	24
	5.2 Tankhodet	24
	5.2.1 Klimagassutslipp fra referanse for materialer og byggeplassdrift	25
	5.2.2 Klimagassutslipp fra ulike tiltak	25
	5.2.3 Sammenstilling av beregningsresultater	26
	5.2.4 Valg av utslippsmål for bygget	26

<b>6</b>	<b>Klimagassutslipp samlet for hele prosjektet</b>	<b>27</b>
6.1	Energibruk i drift	27
6.1.1	<i>Referansescenario iht. TEK17 uten tiltak for reduksjon av energibruk</i>	27
6.1.2	<i>Prosjektert bygg (energibruk i drift inkludert tiltak)</i>	27
6.1.3	<i>Sammenligning energibruk i drift</i>	28
6.2	Klimagassutslipp fra rivearbeider	29
6.3	Klimagassutslipp fra massetransport	30
6.4	Totale klimagassutslipp for alle bygg og faser oppsummert	31
<b>7</b>	<b>Optimaliseringer for kontor og undervisningsbygget</b>	<b>33</b>
7.1	Fjerne mellombygget og kjeller	33
7.2	Plasstøpte dekker	34
7.3	Glassfasade med bindingsverk av tre	34
7.4	Bærekonstruksjon av tre	35
	<b>Vedlegg 1</b>	<b>36</b>

# 1 Bakgrunn

Norconsult AS har på oppdrag fra Statsbygg gjennomført en klimagassberegning i forprosjekt av Ocean Space Centre på Tyholt i Trondheim. Det er totalt fire bygninger som er beregnet, og nøkkelparametere for prosjektet er beskrevet i Tabell 1. Kontor- og undervisningsbygget er et nybygg som inneholder blant annet studentarealer, kontorarealer og et innovasjonssenter, og Tankhodet er et eksisterende bygg som i dag henger sammen med en slepetank. I Fløy B skal det være et havbasseng, et sjøgangsbasseng og en verkstedhall, og Flexlab inkluderer en strømningstank og flere mindre basseng. Grunnet bruken og funksjonene i de tre sistnevnte byggene, omtales de som spesialbygg.

Tabell 1. Arealinndeling for prosjektet (i BTA)

Fløy	Navn	Areal (BTA i m <sup>2</sup> )
A	Kontor/undervisning	11 329
A	Tankhodet	2 629
C	Flexlab	8 236
B	Fløy B	32 267

Formålet med klimagassberegningen er å kvantifisere klimagassutslipp (målt i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, heretter kalt CO<sub>2e</sub>) fra materialer, byggeplassdrift og energibruk i drift som følge av prosjektet, over en levetid på 60 år. Utslippene fra kontor- og undervisningsbygget er sammenlignet med et referansebygg som er utarbeidet av Statsbygg. De resterende byggene er sammenliknet med bygg med samme utforming som de prosjekterte byggene, men uten tiltak. Grunnen til at spesialbyggene ikke sammenliknes mot referansebygg, er fordi det ikke finnes referanser for de i One Click LCA. Se kapittel 2.1.4 for en nærmere beskrivelse av referansene.

I prosjektet er det, for kontor- og undervisningsbygget, et mål om 45 % reduksjon av klimagassutslipp fra materialer, byggeplassdrift og energibruk i drift sammenlignet med referansebygget. Sammen med prosjektets miljøstrategi, vil klimagassregnskapet benyttes for å legge føringer for valg av miljøvennlige løsninger og materialer i prosjektet, slik at dette målet nås.

For spesialbyggene skal disse beregningene brukes til å definere et ambisjonsnivå for reduksjon i klimagassutslipp fra materialer og byggeplassdrift. Energibruk i drift utelates fra disse enkeltvurderingene, men energibruk i drift beregnes samlet for hele prosjektet i Kapittel 6.1.

Klimagassberegningene videre i rapporten vil følge den samme inndelingen som gitt i Tabell 1. Det er også gjort noen tilleggsvurderinger for klimagassutslipp fra rivearbeider og massetransport som følge av prosjektet. Til slutt oppsummeres de totale klimagassutslippene for hele prosjektet.



## 2 Forutsetninger

Klimagassberegningen beskriver prosjektets påvirkning på klimaendringer<sup>1</sup>. Effekten måles i utslipp av drivhusgasser (tonn CO<sub>2</sub>e). Klimagassberegningen er utarbeidet iht. *NS 3720 Metodikk for klimagassberegning for bygninger*.

### 2.1.1 Systemgrenser

I NS 3720 fastsettes en felles livsløpsmodell for bygninger. Modellen inkluderer moduler for livsløpsstadiene, og legger til rette for at hvert stadium isolert kan sammenlignes med andre prosjekter. I utgangspunktet er det iht. NS3720, gjort en basisberegning uten lokalisering, men hvilke stadier som er inkludert i beregningene, varierer noe for de ulike byggene når de beregnes hver for seg ifb. mål av klimagassreduksjon.

I beregningen som oppsummerer utslippene til hele prosjektet, er følgende stadier inkludert; produktstadiet (byggematerialer), transport til byggeplass, anlegg- bygge- og monteringsarbeid (byggeplass), utskiftning og ombygging (renovering), energibruk i drift og livsløpets slutt, se Figur 2. Disse systemgrensene gjelder også for mål av klimagassreduksjon for kontorbygget. I beregningene for valg av utslippsmål for Fløy B, Flexlab og tankhodet, er ikke energibruk i drift inkludert.

Produktstadiet			Gjennomføringsstadiet		Bruksstadiet								Livsløpets slutt				Konsekvenser utover systemgrensen
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	C1	C2	C3	C4	D
Råvarer	Transport	Produksjon	Transport	Anlegg-, bygge- og monteringsarbeid	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftning	Ombygging	Energibruk i drift	Vannforbruk i drift	Transport i drift	Riving	Transport	Avfallsbehandling	Avhending	Material- og energigjenvinning og ombruk av materialer og eksport av egenprodusert energi
X	X	X	X	X				X	X	X			X	X	X	X	

Figur 2. Livsløpsstadier inkludert i klimagassberegning.

For vurdering av mulig klimagassreduksjon for de to byggene som skal benytte gjenbrukte materialer fra eksisterende bygg, Flexlab og Tankhodet, er det kun de nye materialene til byggene som inkluderes i beregningene. Ved beregning for å undersøke muligheten for reduksjon har det ikke noe hensikt å inkludere de eksisterende materialene, ettersom prosjektet ikke har noen mulighet til å påvirke disse.

I beregningen for prosjektets totale klimagassutslipp, kunne utslippet fra livsløpets slutt blitt inkludert for de gjenbrukte materialene. Det er gjort en forenkling av beregningene og disse materialene er holdt utenfor. Dette gjør at totalutslippet ville vært noe høyere, men det antas at de utelatte utslippene kun vil utgjøre en minimal økning sammenliknet med resten.

<sup>1</sup> Endringer i lokale, regionale eller globale overflatetemperaturer som følge av økt konsentrasjon av drivhusgasser i atmosfæren.

### 2.1.2 Beregningsverktøy – One Click LCA

Verktøyet One Click LCA fra Bionova er benyttet til å gjennomføre klimagassberegningene. One Click LCA er et bransjestandardverktøy for klimagassberegninger i Norge og inneholder verifiserte globale og lokale databaser for miljødata. Programvaren inneholder 11 tredjeparts sertifiseringer og er i overensstemmelse med mer enn 30 sertifiseringer og standarder for livsløpsvurdering (LCA), inkludert BREEAM og NS 3720 metode for klimagassberegninger for bygninger.

Verktøyet «Carbon Designer» i One Click LCA er et referansebygg-verktøy utarbeidet av Bionova i samarbeid med Statsbygg, Civitas og Context. Carbon Designer er utarbeidet for den norske bransjen slik at det kan genereres referansebygg med like forutsetninger i ulike prosjekter.

### 2.1.3 Beregningsgrunnlag

Tabell 2 beskriver underlaget som er benyttet som input til klimagassberegningen for de ulike livsløpsstadiene.

Tabell 2. Informasjon om benyttet beregningsgrunnlag

Datatype	Datkilde
Materialmengder (A1-A3)	Materialmengder er i størst grad hentet fra IFC-modeller lastet ned fra Interaxo. I tillegg har det blitt gjort løpende avklaringer med ARK og RIB angående uklarheter i materialmengder og -valg underveis. Det er benyttet ulike versjoner av ARK- og RIB-modeller, ettersom ferdigstillelse av modellene for de ulike byggene har variert: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontorbygget: «SB_1107304_B3_ARK_A.ifc» datert 2020-09-24 og «SB_1107304_B3_RIB_A.ifc» datert 2020-09-21. Armeringsmengder er mottatt fra RIB per epost den 2020-11-03.</li> <li>- For Fløy B er mengder og materialtyper hentet fra IFC lastet ned den 2020-11-25. Armeringsmengder er mottatt fra RIB per epost den 2020-12-04.</li> <li>- Flexlab: «SB_1107304_B3_ARK_A.ifc» og «SB_1107304_B3_RIB_A.ifc» datert 2020-10-19. Armeringsmengder er mottatt fra RIB per epost den 2020-12-04.</li> <li>- Tankhodet: Lastet ned IFC fra Interaxo, «SB_1107304_B3_ARK_A.ifc» datert 2020-10-30.</li> </ul>
Transportavstand materialer (A4)	Gjeldende regionale transportscenarier fra One Click LCA. Disse scenarioene representerer typiske transportavstander og metoder for aktuelle materialtyper, som er relevante dersom leverandør ikke ennå er kjent.
Anlegg-, bygge- og monteringsarbeid (A5)	Utslipp fra anlegg-, bygge og monteringsarbeid er basert på standardverdier fra One Click LCA.  Massetransport: Mengder, avstander og opplysninger om massetransport er mottatt per e-post fra RIANleggsgjennomføring v/Gøran E. Hansen.
Materialer i bruksfasen (B4-B5)	Estimerte levetider er basert på typiske verdier for hvert enkelt materiale. Vedlikehold og reparasjoner er utelatt fra vurderingen da materialer er antatt utskiftet ved endt teknisk levetid.
Energibruk i drift (B6)	Energibruk i drift er basert på energiberegning mottatt fra energirådgiver v/ Ferry Smith per e-post 2020-11-25 og 2020-11-27.
Livsløpets slutt (C1-C4)	Utslipp i forbindelse med riving, transport av avfall, avfallsbehandling og avhending er basert på innebygde scenarier i One Click LCA som representerer typiske prosedyrer for ulike materialtyper i samsvar med kravene i EN 15804+A1.  Tilleggsvurderingen for riving er basert på rivemengder mottatt fra Statsbygg v/Synnøve Kogstad per e-post 2020-12-01.

## 2.1.4 Utforming av referanser for måling av klimagassreduksjon

Utforming av referanse er gjort på ulike måter for kontorbygget og spesialbyggene. Referansebygget for kontorbygget er utarbeidet av Statsbygg ved hjelp av Carbon designer i One Click LCA, og inkluderer utslipp fra materialer, energibruk i drift og byggeplassdrift.

For de resterende byggene er det laget referanser som kun inkluderer utslipp fra materialer og byggeplassdrift, og har utforming som prosjektert bygg. Dette skyldes at ingen av referansebyggene som kan genereres av Carbon designer gir et representativt sammenlikningsgrunnlag for spesialbyggene.

### 2.1.4.1 Materialer

Referansebygget for kontor og undervisningsbygget er utarbeidet i henhold til Statsbyggs metodeskriv «Etablering av referansebygg og mål for klimagassreduksjon i byggeprosjekter». Dette bygget har form som en skoese, men er tilpasset noe mtp. etasjer slik at det gjenspeiler fordelingen av areal under og over bakken i det prosjekterte bygget bedre. Denne tilpasningen er gjort av Statsbygg.

De resterende bygningene har meget spesielle funksjoner og bruk, og derfor er det for disse byggene tatt utgangspunkt i materialmengder som i de prosjekterte byggene.

Når det kommer til materialbruk, er det valgt materialkombinasjoner iht. standard materialbruk. Dermed er det lagt til grunn armering med en resirkuleringsgrad på 90 % og betong med lavkarbonklasse B. For strukturelle stålkonstruksjoner er det lagt til grunn hule stålprofiler med 10 % resirkuleringsgrad, mens resterende stålprofiler har resirkuleringsgrad på 60 %.

Varmepumper er inkludert i materialutslippene, da de inngår i lokalt energiproduksjonssystemer som ikke er dekket av NS 3451. For referansebygget til kontor- og undervisningsbygg er det lagt inn følgende produkt som eksempel på bransjestandard iht. Statsbyggs metodeskriv: Electric heat pump (water-water), OKOBAUT. For å finne totalt behov for referansebygget, er det tatt utgangspunkt i et behov på 50 kW/1000 m<sup>2</sup> oppvarmet del av BRA.

Varmepumper i de resterende referansene er lagt inn som følgende: Electric heat pump (brine-water, geothermal probe), OKOBAUT. Ut ifra beskrivelsen av den prosjekterte varmpumpen ble væske-vann, energibrønn antatt å være mer passende til prosjektet enn den som er valgt som bransjestandard i Statsbyggs metodeskriv. For å fokusere på effekten av material- og byggeplasstiltak, ble varmpumpen i spesialbyggene satt lik for både referansene og de prosjekterte byggene, ettersom tiltakene for energibruk i drift ikke synliggjøres i disse beregningene. Et totalt behov på 1000 kW fra varmpumpene i prosjektet, ble arealfordelt på alle byggene.

#### 2.1.4.2 Byggeplassdrift

For byggeplassdrift er det lagt til grunn «gjennomsnittlig» byggeplassdrift, basert på BTA for byggene. Utslippsfaktor for gjennomsnittlig byggeplassdrift og hva denne generelle faktoren inkluderer, er beskrevet i Tabell 3.

Tabell 3. Utslippsfaktor byggeplassdrift i referansebygg

Type byggeplassdrift	Utslippsfaktor (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	Miljødatakilde	Beskrivelse
Gjennomsnittlig byggeplass påvirkning - Norden (per BTA)	18,55	LCA for jordavfall, treavfall, gjenvinnbart metallavfall og byggeavfall basert på ecoinvent 3.3 (Bionova 2017). Bionova (2016) LCA av diesel og biodiesel basert på ecoinvent 3.3. LCA-studie for landsspesifikke elektrisitetsblandinger basert på IEA, Bionova 2016.	Antatt gjennomsnittlig produksjon av byggeavfall 12,6 kg / m <sup>2</sup> (GFA) og andeler for avfall: 59% jord- og steinbasert avfall, 27% treavfall, 12% metallavfall, 2% annet byggeavfall. Antatt strømforbruk 43 kWh / m <sup>2</sup> (GFA) og utslippsfaktor 0,034 kgCO <sub>2</sub> eq / kWh (Norge 2015). Antatt totalbruk av diesel 5,2 l / m <sup>2</sup> (GFA) og utslippsfaktor 3,24 kgCO <sub>2</sub> eq / l.

#### 2.1.4.3 Energibruk i drift

Energibruk i drift er kun inkludert i referansebygget for kontor- og undervisningsbygget. Energibehovet for referansebygget er beregnet for et samlet areal på 11 329 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA, og baserer seg på krav til energieffektivitet for Høyskole/universitet iht. TEK17. Det er tatt utgangspunkt i elektrisitet som energikilde og at 60 % av varmebehovet dekkes av varmepumpe og 40 % dekkes av elkjel.

### 3 Tiltak for klimagassreduksjon

Tiltakene inkludert for å undersøke prosjektets mulige klimagassreduksjon er basert på de gitt i «RIM01 Miljøstrategi OSC» datert 2020-05-25, i tillegg til noe ytterligere muligheter for reduksjon for de enkelte byggene.

#### 3.1 Materialer

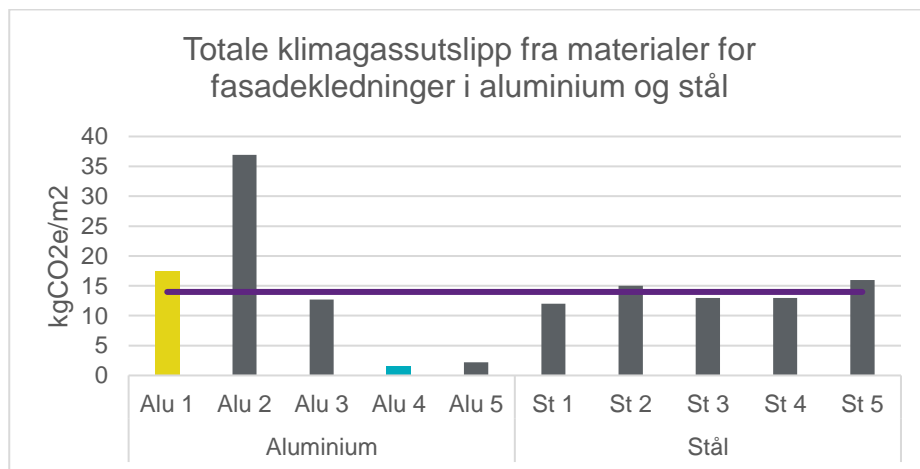
De overordnede materialtiltakene som er vurdert i beregningene for alle byggene er følgende:

- Betong med lavkarbonklasse A
- 100 % resirkulert armeringsstål
- 80 % resirkulert konstruksjonsstål i valsede og sveisede elementer, og minst 30 % i hulprofiler.

For Fløy B og Flexlab er det, med hensyn til tetthet, toleranse og krav til lys konstruksjon fra bruker i bassengene, ikke lagt inn lavkarbonklasse A som tiltak i bassengene. I de resterende betongkonstruksjonene i byggene, har vi lagt inn lavkarbonklasse A som et mulig materialtiltak. Muligheten for å benytte betong med lavkarbonklasse A også i bassengene, bør undersøkes nærmere med leverandør senere i prosjektet, da dette kan gi ytterligere besparelser i klimagassutslipp.

Videre er det inkludert noen ekstra tiltak for enkelte av byggene. For kontorbygget har glassfasaden et betydelig klimagassutslipp, og det er derfor undersøkt virkningen av å erstatte deler av glassfasaden med tettfelt av vanlig bindingsverk. I tankhodet er det sett på virkningen av å erstatte innervegger av stålendere, med trestenderverk.

Etter ønske fra arkitekt er det gjort en sammenlikning av fasadekledninger i aluminium og stål, ettersom det er de to materialene som anses aktuelle som kledning på Fløy B og Flexlab. Figur 3 viser utslipp fra et utvalg av produktspesifikke EPD-er i aluminium og stål. Søylene vist i gult er aluminiumskledningen som er lagt til grunn i referansene for Fløy B og Flexlab. Den lilla linjen viser gjennomsnittet. I beregningene av mulig utslippsreduksjon for Fløy B og Flexlab, inkluderer materialtiltakene å bytte fasademateriale fra «Alu 1» til «Alu 4». Sistnevnte har såpass lavt utslipp fordi det er inkludert 66 % resirkulert aluminium. Hensikten er ikke å anbefale et spesifikt produkt for prosjektet, men å vise potensialet for ulike typer kledning og hvor mye riktig valg av produkt og EPD kan påvirke resultatene.



Figur 3 Sammenlikning av ulike kledningstyper

### 3.2 Byggeplassdrift

Klimagassutslipp fra byggeplass omfatter byggeplassdrift i form av energiforbruk, avfallshåndtering og transport av avfall. Det er basert på en gjennomsnittlig byggeplasspåvirkning per utbygd BTA, med utslippsfaktor som beskrevet i Tabell 4. For klimagassutslipp fra byggeplassdrift er det undersøkt mulig reduksjon ved å bytte ut «gjennomsnittlig» byggeplassdrift, som er lagt til grunn i referansene, med fossilfri byggeplassdrift. Dette betyr at diesel erstattes med 100 % biodiesel.

Tabell 4. Utslippsfaktor byggeplassdriftstiltak

Type byggeplassdrift	Utslippsfaktor (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	Miljødatakilde	Beskrivelse
Gjennomsnittlig byggeplass påvirkning - Norden, med 100 % biodiesel (per BTA)	7,32	LCA for jordavfall, bygningsved, gjenvinnbart metallavfall og byggeavfall basert på ecoinvent 3.3 (Bionova 2017). Bionova (2016) LCA av diesel og biodiesel basert på ecoinvent 3.3. LCA-studie for landsspesifikke elektrisitetsblandinger basert på IEA, Bionova 2016.	Antatt gjennomsnittlig produksjon av byggeavfall 12,6 kg / m <sup>2</sup> (GFA) og andeler for avfall: 59% jord- og steinbasert avfall, 27% treavfall, 12% metallavfall, 2% annet byggeavfall. Antatt strømforbruk 43 kWh / m <sup>2</sup> (GFA) og utslippsfaktor 0,034 kgCO <sub>2</sub> eq / kWh (Norge 2015). Antatt total bruk av biodiesel 6,0 l / m <sup>2</sup> (GFA) og utslippsfaktor 0,95 kgCO <sub>2</sub> eq / l.

### 3.3 Energibruk i drift

Utslipp fra energibruk i drift utgjør en stor andel av det totale klimagassutslippet over byggets levetid. For å redusere levert energi til bygningene er det gjort en rekke tiltak for energiforsyningen til prosjektet. Disse er beskrevet i større grad i prosjektets rapport for energiberegning, men kan oppsummeres som følger:

- Bruk av varmepumpe, vann – vann med brønnpark
- Isoleringstiltak eksisterende bygg A, vinduer og luftlekkasjetall
- Passivhusstandard for kontor- og undervisningsbygget (Bygg A)
- Vinduer og dører har U-verdi lik 0,8 W/(m<sup>2</sup>K)
- Svært lavt luftlekkasjetall
- Bruk av ventilasjonsaggregater med høy varmegjenvinningsgrad i bassengområdene
- Utnyttelse av overskuddsenergi fra prosess til romoppvarming
- Lave interne laster til belysning og effektivt belysningssystem
- Installert solcelleanlegg på ca. 5.700 kvm og 1500 kWp

I tillegg benytter prosjektet fjernvarme som energikilde, og sammenliknet med det å kun bruke elektrisitet, vil man da få et lavere utslipp fra energibruk ettersom fjernvarme har lavere utslippsfaktor.

Når det gjelder solcelleanlegget, er størrelsen på anlegget basert på en estimert elektrisk lastprofil for prosjektet på nåværende tidspunkt, utarbeidet av energirådgiver. Dimensjonering av solcelleanlegget skal undersøkes nærmere i en senere fase, og vil bli basert på en videreutvikling av den elektriske lastprofilen for prosjektet. Solcellearealet skal plasseres på kontor- og undervisningsbygget og Fløy B. Andelen av solcelleanlegget som er lagt inn i klimagassberegningen for hvert av de to byggene er fordelt etter byggenes areal. Materialene til anlegget er lagt inn i materialmodulen i One Click LCA, mens produksjonen fra solcelleanlegget er trukket fra levert energi til byggene i energimodulen.

Materialutslippet fra varmepumpe i de prosjekterte byggene er også inkludert for hvert bygg. Nødvendig behov fra varmepumpe er estimert av energirådgiver i samråd med RIV, og er arealvektet for hvert av de fire byggene. Det er da lagt inn antall varmepumper av typen OKUBAUT Electric heat pump (brine-water, geothermal probe), 70 kW, for å tilfredsstille beregnet behov. Denne ble valgt ut ifra beskrivelsen av den prosjekterte varmepumpeløsningen, som har ammoniakk som kjølevæske og 70 energibrønner med dybde 200 meter.

## 4 Nybygg

Kontorbygget og Fløy B er nybygg. Kontorbygget skal oppnå en klimagassreduksjon på 45 % i utslipp fra materialer, byggeplassdrift og energibruk i drift sammenlignet med referansebygget. For Fløy B vil beregningen vise hva slags mål for klimagassreduksjon som bør settes for bygget for utslipp fra materialer og byggeplassdrift.

### 4.1 Kontor- og undervisningsbygg

Bygningen har fire etasjer over bakken og én underetasje. Bygget inneholder blant annet studentarealer, kontorarealer og et innovasjonssenter. Kontor- og undervisningsbygget er også fysisk tilknyttet til to andre bygg i prosjektet: Tankhodet og Flexlab, gjennom underetasjen som også kalles mellombygget.



Figur 4. Illustrasjon av kontor- og undervisningsbygget isolert fra resten av prosjektet

I OFP-rapporten<sup>2</sup> er det stilt et krav på 45 % reduksjon i klimagassutslipp fra materialer, energi i drift og byggeplass samlet. Kontor- og undervisningsbygget skal BREEAM-sertifiseres, og sertifiseringen gir poeng dersom bygget oppnår 20 % reduksjon i materialer alene. I tillegg kan man få et ekstra poeng dersom man oppnår 40 % reduksjon i klimagassutslipp fra materialer. BREEAM-sertifiseringen gjelder kun for kontor- og undervisningsbygget.

#### 4.1.1 Referansebygg

Referansebygget er som nevnt laget av Statsbygg. Totalutslippet fra referansebygget er 11 571 tonn CO<sub>2</sub>e over en levetid på 60 år. Referansebygget har størst utslipp fra energibruk i drift (76 %), og deretter følger produksjon av byggematerialer (17 %).

#### 4.1.2 Materialer i prosjektert bygg

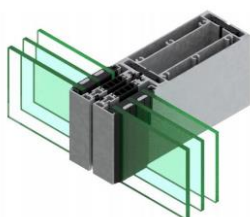
Materialtyper og mengder er primært hentet ut fra IFC-modellen, i tillegg er det gjort avklaringer med ARK, RIB og RIByfy om uklarheter i modellen. Materialene som er brukt i beregningen er oppsummert i Tabell 18 i Vedlegg 1. Tiltakene som er beskrevet i kapittel 3.1 er inkludert i det prosjekterte bygget.

Oppbyggingen av glassfasaden er ennå ikke helt bestemt. I mangel på generisk data i One Click LCA, ble et spesifikt produkt for glassfasaden valgt ut ifra det som passet til beskrivelsene ARK og RIByfy. Forutsatt oppbygging av glassfasade er vist i Figur 5 og Figur 6. Dette er en antagelse som kan ha stor påvirkning på resultatet. Fasaden ble delt inn i 41 % tettfelt og 59 % 3-lags glass, basert på fordeling i IFC-modell.

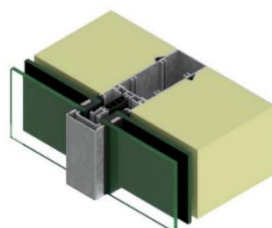
<sup>2</sup> OSC-SB-K-RA-00001 Miljøambisjon OFP-rapport, datert 2019-06-15.



Generelt vil prefabrikkert glassfasade/curtain wall ha høye utslipp, og det kan derfor være hensiktsmessig å vurdere valg av produkt og leverandør ut ifra de dokumenterte klimagassutslippene. Produktet som er valgt har en utslippsfaktor som er lik eller lavere enn gjennomsnittet for lignende produkter, avhengig om man sammenligner med alle tilgjengelige produkter eller kun produktene i naboland.



Figur 5. Antatt oppbygning for glassfelt i glassfasade (EPD No. MD-18001-EN\_rev1)



Figur 6. Antatt oppbygning for tettfelt i glassfasade (EPD No. MD-18001-EN\_rev1)

Materialutslipp fra solcellepanelene er fordelt på dette bygget, samt Fløy B, basert på areal. Totalt er 1 481 m<sup>2</sup> solceller plassert på kontor- og undervisningsbygget, noe som tilsvarer 26 % av solcellearealet i prosjektet. Takbelegget er lagt inn med PVC som materiale, men dette materialet må imidlertid vurderes om må endres dersom installasjonen av solceller på taket krever et annet underlag.

#### 4.1.3 Energibruk i drift i prosjektert bygg

Klimagassutslipp fra energibruk i drift er beregnet basert på levert energi og utslippsfaktorer for elektrisitet og fjernvarme som beskrevet i Tabell 5. Total levert energi for kontor- og undervisningsbygget er beregnet til å være 409 731 kWh, etter å ha trukket fra produksjon fra solcellepanelene.

Tabell 5. Utslippsfaktorer energibruk i drift

Energibærer	Utslippsfaktor (kg CO <sub>2</sub> e/kWh)	Kommentar	Miljødatakilde
Elektrisitet	0,1293	Elektrisitet, EU28 + Norge, forventet gjennomsnitt over neste 60 år (IEA/NS3720 energimiks, projeksjon fra 2015-2017 gjennomsnitt)	LCA-studie for landsspesifikke elektrisitetsblandinger basert på NS 3720, IEA og ecoinvent 3.3, Bionova 2020
Fjernvarme	0,036	Faktor for distriktoppvarming i Trondheim, gjennomsnitt fra 2016-2018	LCA-studie basert på drivstoffdata levert av Fjernvarme.no (2016-2018) og Ecoinvent 3.3, Bionova Ltd

Energiforsyningen for kontor- og undervisningsbygget er hentet ut fra energiberegningen utført i forprosjekt for hele Ocean Space Center samlet. Det medfører at energiposter og tiltak som er felles for alle byggene, kan ha blitt fordelt skjevt. For eksempel kan det diskuteres om all oppvarming av mellombygget og kommunikasjonganger skal tillegges kontor- og undervisningsbygget.

Produksjonen av elektrisitet fra solcellepanelene er, i likhet med materialutslippene fra solcellepanelene, vektet basert på arealet på Kontor- og undervisningsbygget og Fløy B. Totalt er en produksjon av elektrisitet på 189 715 kWh/år lagt inn i beregningen for kontor- og undervisningsbygget, noe som tilsvarer 26 % av produksjonen i prosjektet. Verdier er mottatt fra energirådgiver som har gjort foreløpige vurderinger av solcelleanlegget. Dimensjonering av solcelleanlegget skal undersøkes nærmere i en senere fase av prosjektet.

Klimagassutslipp fra levert energi til det prosjekterte bygget tilsvarer 2 915 tonn CO<sub>2</sub>e. I beregningen av dette er det trukket fra energi fra solcelleproduksjon. Solcelleanlegget er planlagt å produsere energi som tilsvarer 1 472 tonn CO<sub>2</sub>e.



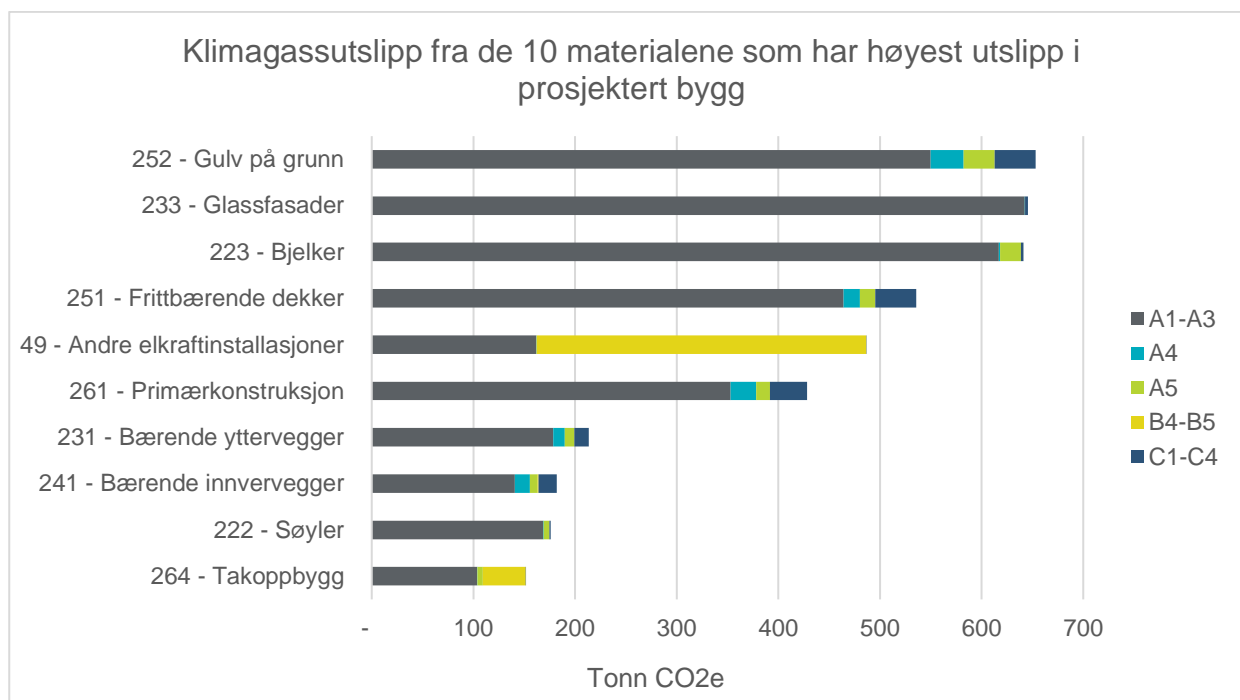
#### 4.1.4 Klimagassutslipp fra prosjektert bygg inkludert alle tiltak

Totalutslippet fra prosjektert bygg er 7 647 tonn CO<sub>2</sub>e over en levetid på 60 år. Energibruk i drift utgjør blant livsløpsstadiene, den største kilden til utslipp med 52 % av totalutslippene for det prosjekterte bygget. Videre utgjør produksjon av byggematerialer 49 % av totalutslippene. Utslipp fra materialer i alle livsløpsfaser er 4 649 tonn CO<sub>2</sub>e. Totalt sett er betong det materialet som står for den største andelen av utslippene fra produksjon, slik som illustrert i Tabell 6.

Tabell 6. Materialene med høyest tilknyttet utslipp over byggets levetid (60 år).

Ressurstype	% av total
Betong	35
Stål og andre metaller	22
Glass	14
Installasjoner og systemer	12
Andre materialer	17

Videre viser Figur 7 utslipp av klimagasser for de 10 materialene med høyest utslipp i det prosjekterte bygget, fordelt på bygningsdeler og livsløpsstadium. Som det kommer frem av figuren er gulv på grunn, glassfasader, bjelker, frittstående dekker, elkraftinstallasjoner (solceller) og primærkonstruksjon på taket de største kildene til utslipp blant bygningsdelene, med totalt 74 % av klimagassutslippene fra materialer.

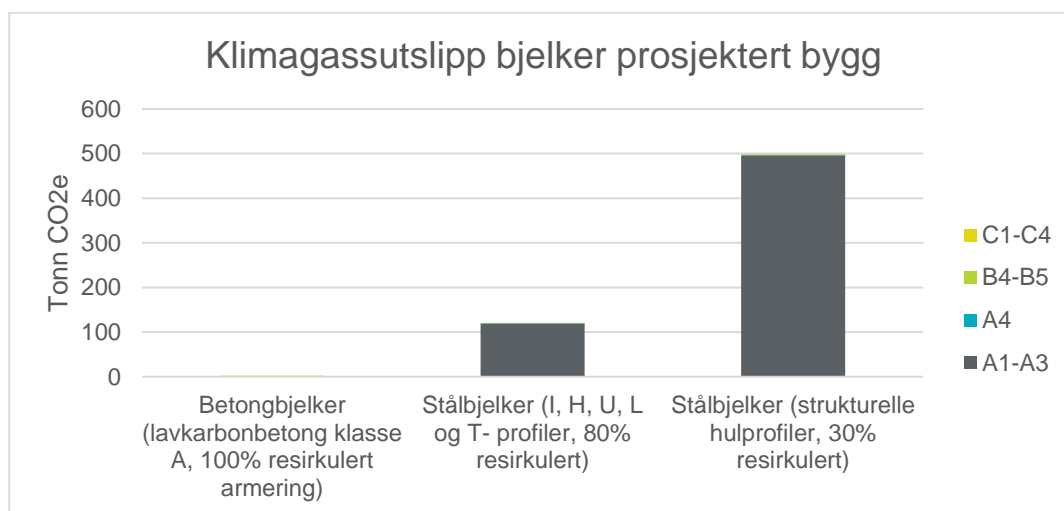


Figur 7. Klimagassutslipp fra materialene med høyest utslipp i prosjektert bygg kontor- og undervisningsbygget, rangert etter størrelsen på klimagassutslippene

Gulv på grunn står for 14 % av klimagassutslippene fra materialer. Gulv på grunn har et areal på 2 266 m<sup>2</sup> i referansebygget, og et areal på 4 075 m<sup>2</sup> i det prosjekterte bygget. Årsaken til at det prosjekterte bygget har et nesten dobbelt så stort areal er at mellombygget blir en forskjøvet kjeller som øker mengden gulv mot grunn. Det blir derfor ett gulv under hovedbygget (1 920 m<sup>2</sup>) og ett under mellombygget (2 154 m<sup>2</sup>). I tillegg har referansebygget en dekketykkelse på 300 mm, mens det tilsvarende dekket har en tykkelse på 350 mm i det prosjekterte bygget. Dette gjør at klimagassutslipp fra gulv på grunn har økt sammenlignet med referansebygget.

Som nevnt i kapittel 4.1.2 er det anslått at glassfeltet i fasaden utgjør 59 % av fasadearealet. Som følge av dette utgjør fasaden en stor andel av materialutslippene, med totalt 645 tonn CO<sub>2e</sub>. Dette tilsvarer 14 % av klimagassutslippene fra materialer i bygget. Til sammenlikning har referansebygget 44 % vindusareal, med et utslipp på 119 tonn CO<sub>2e</sub>.

Bjlkene i bygget er hovedsakelig av stål, og står for 14 % av klimagassutslippene fra materialer. Mengden stål kan blant annet skyldes geometrien på bygget og det runde atriet i midten av bygget. Det er primært hulprofilene som bidrar til det høye klimagassutslippet, slik som vist i Figur 8.



Figur 8 Klimagassutslipp bjelker prosjektert bygg

Frittstående dekker står for 12 % av klimagassutslippene fra materialer i det prosjekterte bygget. Referansebygget har et utslipp fra frittstående dekker på 745 tonn CO<sub>2e</sub>, mens prosjektert bygg har et tilsvarende utslipp på 536 tonn CO<sub>2e</sub>. Det betyr at det prosjekterte bygget har redusert utslippene fra denne bygningsdelen betraktelig, og at utslippene ikke relativt sett er høyere enn for et vanlig bygg.

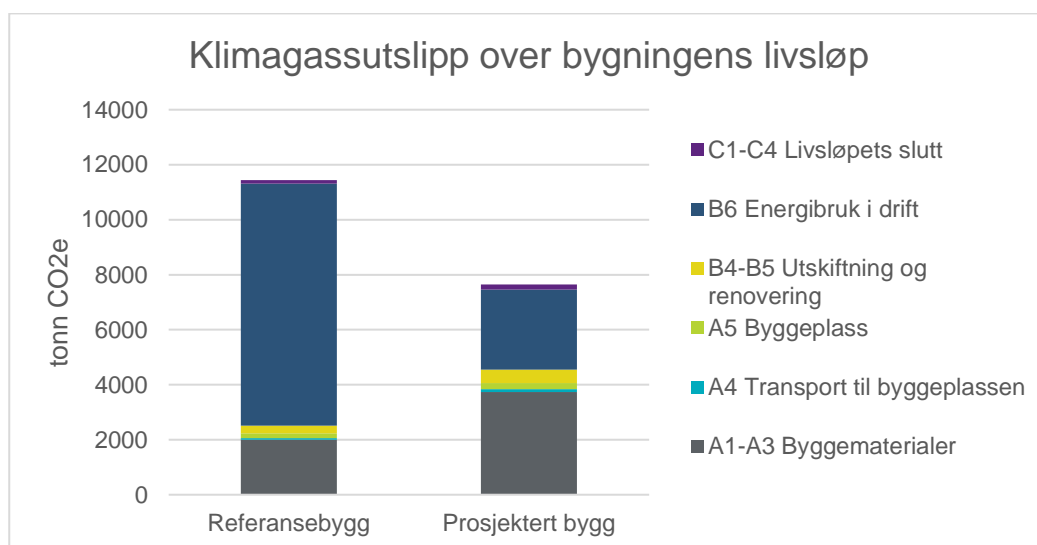
Solcellene, som i One Click LCA er lagt inn under 49 - andre elkraftinstallasjoner, står for 11 % av klimagassutslippene fra materialer i prosjektert bygg. Over halvparten av utslippene kommer fra utskifting, ettersom solcellepanelene er lagt inn med en levetid på 20 år.

Mellombygget har store betongmengder i primærkonstruksjon på tak som ikke referansebygget har, i tillegg til at formen er svært lite materialeeffektiv (mye bærende gulv, vegger og tak per BTA). Betongdekket over campusplassen er 500 mm tykt og har 200 kg armering/m<sup>3</sup> betong, da det skal tilrettelegges for opphold. Dette gir et unormalt høyt utslipp for tak, og er en av årsakene til at primærkonstruksjonen står for 9 % av utslippene fra materialer i det prosjekterte bygget. I referansebygget er det lagt til grunn et ordinært tak som ikke er beregnet for opphold.

#### 4.1.5 Sammenstilling av beregningsresultater

Totalutslippet fra referansebygget og prosjektert bygg er henholdsvis 11 571- og 7 647 tonn CO<sub>2</sub>e over en levetid på 60 år. Resultatene av klimagassberegningen er oppsummert i Figur 9. Prosjektert bygg oppnår er total reduksjon i klimagassutslipp fra materialer, energibruk i drift og byggeplass på 34 % sammenlignet med referansebygget.

Som figuren viser, er det reduksjon i utslipp fra energibruk i drift som har størst påvirkning på totalreduksjonen, mens materialutslippene faktisk er høyere i prosjektert bygg sammenliknet med referansebygget, blant annet av årsaker diskutert i kapittel 4.1.4. Mulige optimaliseringstiltak for å nå målet om 45 % reduksjon er diskutert i kapittel 7.

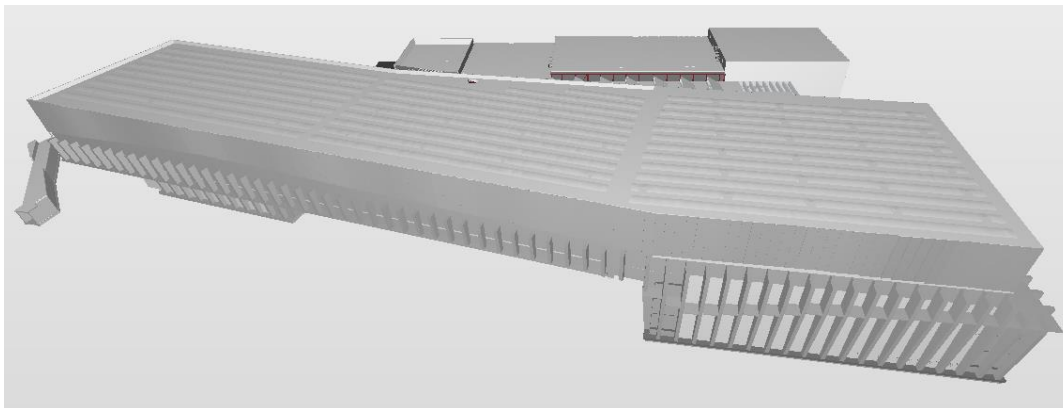


Figur 9. Resultater klimagassberegning referansebygg og prosjektert bygg for kontor- og undervisningsbygget

## 4.2 Fløy B

Bygningen består av et havbasseng, et sjøgangsbasseng og en verkstedhall. Strengt krav til stabilitet i forskningsbassengene medfører at bygget består av store mengder betong.

Solcellearealet, og tilhørende materialutslipp, er arealvektet mellom Kontor- og undervisningsbygget og Fløy B. Totalt er 4 219 m<sup>2</sup> solceller plassert på Fløy B, noe som tilsvarer 74 % av solcellearealet i prosjektet.



Figur 10 Illustrasjon av Fløy B isolert fra resten av prosjektet

### 4.2.1 Klimagassutslipp fra referanse for materialer og byggeplassdrift

Materialbruk i referansen er beskrevet i kapittel 2.1.4.1. Totalutslippet for referansen for Fløy B, er 37 225 tonn CO<sub>2</sub>e. Utslippet fra byggeplassdrift, ekskludert kapp og svinn som går under materialer, er på 625 tonn CO<sub>2</sub>e.

Bærende yttervegger (8 424 tonn CO<sub>2</sub>e), gulv på grunn (7 659 tonn CO<sub>2</sub>e), bjelker (6 221 tonn CO<sub>2</sub>e) og frittstående dekker (5 822 tonn CO<sub>2</sub>e), er de største kildene til utslipp blant bygningsdelene, og tilsvarer totalt 75 % av klimagassutslippene fra materialer. Grunnen til at klimagassutslippene fra bærende yttervegger, gulv på grunn og frittstående dekker er så høyt, er at det er lagt store betongkonstruksjoner rundt havbassenget og sjøgangsbassenget. I tillegg til store dimensjoner, er også mengden armering per kg betong høyere enn normalt i nærheten av bassengene.

Hovedårsaken til at klimagassutslippet fra bjelker er så høyt, er fagverkene i takene. Alene står fagverkene for 4 390 tonn CO<sub>2</sub>e av utslippet. Det store spennet i taket, medfører at store fagverk er lagt inn i bærekonstruksjonen. Fagverkene er lagt inn i klimagassberegningen som hulprofiler, da elementene i modellen ikke kunne separeres inn i hulprofiler og H-profiler. H-profiler har betydelig lavere utslipp enn hulprofiler.

Blant livsløpsstadiene utgjør produksjon av byggematerialer den største kilden til utslipp med 84 % av materialutslippene. Totalt sett er det betong (51 %) og stål og andre metaller (41 %) som er de største utslippsdriverne blant materialene.

Siden disse beregningene er utført i forprosjekt kan det forekomme endringer. Endringer i stål- og betongmengdene vil påvirke utslippet i stor grad, noe som både kan være både positivt og negativt. Det er brukt generiske verdier for stålprofiler, noe som innebærer en usikkerhet ved at det finnes flere ulike leverandører og dermed utslippsfaktorer på markedet.

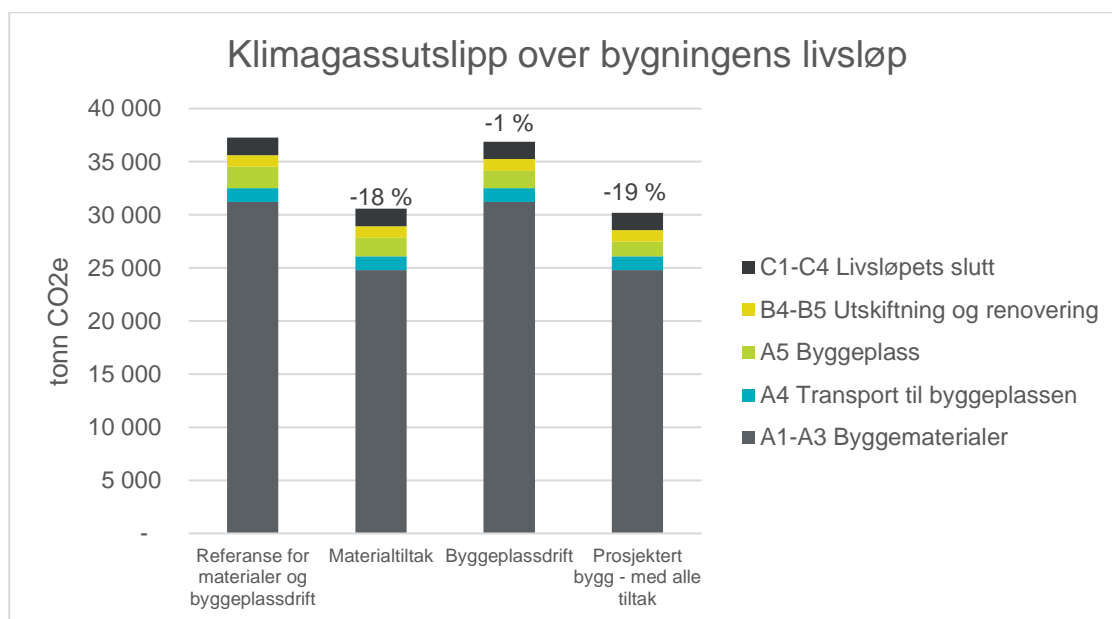
#### 4.2.2 Klimagassutslipp fra ulike tiltak

Figur 11 viser resultatene ved å inkludere tiltakene gitt i kapittel 3. For beskrivelse av hva som er inkludert av materialer og oppbygning for de ulike bygningsdelene, se Tabell 19 i Vedlegg 1. Etter innspill fra RIB, er det ikke lagt inn betong med lavkarbonklasse A for betongkonstruksjonene som er i tilknytning til bassengene. Dette er med hensyn til tetthet, toleranse og krav til lys konstruksjon fra bruker i bassengene, og det er dermed lagt inn betong med lavkarbonklasse B i konstruksjonene rundt bassengene.

Ved å gjennomføre materialtiltakene for betong, armering og stålkonstruksjoner oppnås en reduksjon på 6 366 tonn CO<sub>2</sub>e. Satt i perspektiv, er dette omtrent like mye som det totale klimagassutslippet fra kontor- og undervisningsbygget. Tiltakene påvirker bygningsdeler med stål og betong, noe som tilsvarer 92 % av materialene.

Ved å endre aluminiumskledningen til et produkt med lavere utslippsfaktor reduseres utslippene med ytterligere 209 tonn CO<sub>2</sub>e. Selv om utslippsreduksjonen for kledningen skyldes bruk av en produktspesifikk EPD og vi ikke kan kreve en spesifikk leverandør, så viser resultatene likevel mulighetene for reduksjon ved å velge riktig leverandør.

For tiltaket knyttet til byggeplassdrift oppnås en reduksjon i klimagassutslipp på 378 tonn CO<sub>2</sub>e dersom det legges til grunn fossilfri byggeplassdrift, sammenlignet med vanlig byggeplassdrift.



Figur 11 Klimagassutslipp over bygningens livsløp, og effekten av ulike tiltak

#### 4.2.3 Sammenstilling av beregningsresultater

Resultatene av klimagassberegningene er oppsummert i Tabell 7. Resultatene representerer den totale livssykluspåvirkningen fra materialer og byggeplassdrift i løpet av 60 års levetid, for referansen og det prosjekterte bygget med alle tiltak. Dersom de foreslåtte materialtiltakene gjennomføres, oppnår det prosjekterte bygget en reduksjon i klimagassutslipp fra materialer og byggeplassdrift på 19 %.

Tabell 7 Resultater klimagassberegning for referansen og prosjektert bygg med tiltak

Livsløpsstadium	Referanse for materialer og byggeplassdrift	Prosjektert bygg med tiltak
	tonn CO2e	tonn CO2e
A1-A3 Byggematerialer	31 207	24 791
A4 Transport til byggeplass	1 293	1 293
A5 Byggeplass	2 027	1 375
B4-B5 Utskiftning og renovering	1 090	1 090
C1-C4 Livsløpets slutt	1 637	1 638
<b>Total</b>	<b>37 225</b>	<b>30 187</b>

#### 4.2.4 Valg av utslippsmål for Fløy B

I henhold til prosjektets miljøstrategi, er følgende tiltak inkludert i beregningene for å vurdere mulighetsrommet for reduksjon av klimagassutslipp for Fløy B:

- 100 % resirkulert armeringsstål
- 80 % resirkulert konstruksjonsstål i valsede og sveisede elementer, og minst 30 % i hulprofiler.
- Bruk av betong med lavkarbonklasse A i betongkonstruksjonene som ikke er tilknyttet bassengene. I betongkonstruksjonene rundt bassengene er det benyttet lavkarbonklasse B
- Utvendig kledning med lavere utslippsfaktor
- Fossilfri byggeplass

Basert på beregningene, anbefales et utslippsmål for Fløy B på 20 % i klimagassutslipp fra materialer og byggeplass.

I tillegg bør det vurderes som tiltak å benytte betong med lavkarbonklasse A i flere av betongelementene rundt bassengkonstruksjonen, da dette kan ha stor påvirkning på de totale klimagassutslippene fra prosjektet. Fløy B kan oppnå en reduksjon på totalt 23 % dersom all betong endres til lavkarbonklasse A.

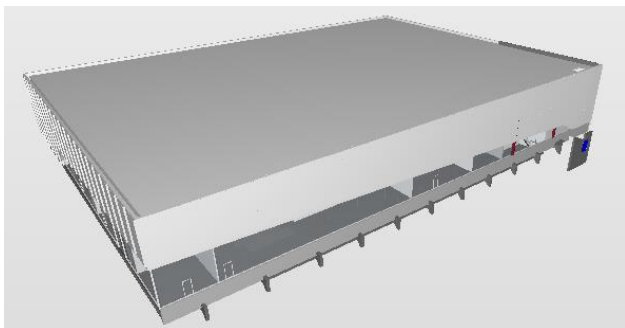
Dersom noen av de foreslåtte tiltakene ikke er gjennomførbare i prosjektet, bør det undersøkes muligheter for andre tiltak innenfor materialvalg og byggeplassdrift.

## 5 Rehabiliteringsbygg

Flexlab og Tankhodet er bygg hvor mye av eksisterende bygningsmasse skal beholdes. I beregningene for disse byggene, inkluderes kun de nye materialene. Med tanke på reduksjonsmål for disse byggene, vil beregningene vise hva slags mål for klimagassreduksjon som bør settes for byggene for utslipp fra nye materialer og byggeplassdrift.

### 5.1 Flexlab

Bygningen består av to etasjer over terreng, og én etasje under. Bygget inkluderer en strømningstank og en del av arealet i bygget har takhøyde over to etasjer. I dette bygget skal det meste av bærekonstruksjonen i stål og betong beholdes fra eksisterende bygg, men det er likevel noen nye betongsøyler og -bjelker.



Figur 12 Illustrasjon av Flexlab isolert fra resten av prosjektet

#### 5.1.1 Klimagassutslipp fra referanse for materialer og byggeplassdrift

Materialbruk i referansen er beskrevet i kapittel 2.1.4.1. Totalutslippet fra referansen for materialer og byggeplass for Flexlab er 3 210 tonn CO<sub>2</sub>e over en levetid på 60 år. Utslippet fra byggeplassdrift, ekskludert kapp og svinn som går under materialer, er på 153 tonn CO<sub>2</sub>e. Utslipp forbundet med de nye materialene er 3 057 tonn CO<sub>2</sub>e over en levetid på 60 år.

Frittstående dekker og bærende innervegger er de største kildene til utslipp blant bygningsdelene, med til sammen 57 % av klimagassutslippene fra de nye materialene. Grunnen til at frittstående dekker er såpass stort, skyldes et betongdekke på nesten 5 000 m<sup>2</sup> med tykkelse 400 mm. For de innvendige veggene, skyldes det store utslippet at bassengveggene er i tykkelse fra 2-500 mm og dette gir betydelige mengder betong.

Blant livsløpsstadiene utgjør produksjon av byggematerialer den største kilden til utslipp med 77 % av materialutslippene. Totalt sett er det betong som er den største utslippsdriveren blant materialene (46 %) og stål og andre metaller er den nest største (34 %).

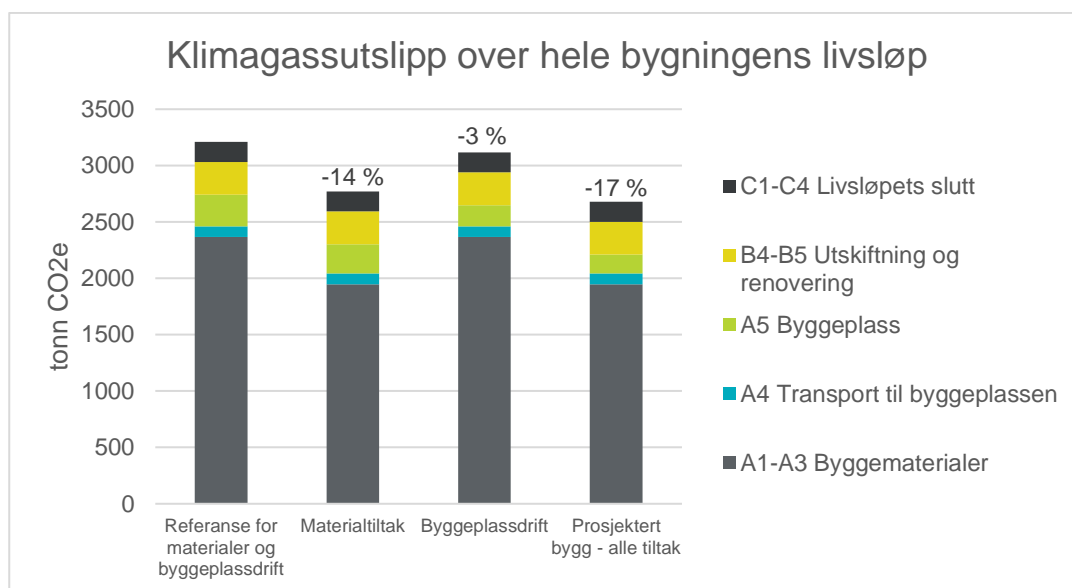
#### 5.1.2 Klimagassutslipp fra ulike tiltak

Figur 13 viser resultatene ved å inkludere tiltakene gitt i kapittel 3. For beskrivelse av hva som er inkludert av materialer og oppbygning for de ulike bygningsdelene, se Tabell 20 i Vedlegg 1.

Ved å gjennomføre materialtiltakene for betong, armering og stålkonstruksjoner oppnås en reduksjon på 384 tonn CO<sub>2</sub>e sammenliknet med referansen. Tiltakene påvirker bygningsdeler med stål og betong, og ettersom mye av bærekonstruksjonen er gjenbruk i denne bygningen, vil ikke disse tiltakene påvirke reduksjonen i så stor grad som hvis eksempelvis fundamenter og gulv på grunn var inkludert.

Det å endre aluminiumskledningen til et produkt med lavere utslippsfaktor reduserer utslippene med ytterligere 54 CO<sub>2</sub>e fra alle materialtiltakene. Selv om utslippsreduksjonen for kledningen skyldes bruk av en produktspesifikk EPD og vi ikke kan kreve en spesifikk leverandør, så viser resultatene likevel mulighetene for reduksjon ved å velge riktig leverandør.

For tiltaket knyttet til byggeplassdrift oppnås en reduksjon i klimagassutslipp på 93 tonn CO<sub>2</sub>e dersom det legges til grunn fossilfri byggeplassdrift, sammenlignet med vanlig byggeplassdrift.



Figur 13 Klimagassutslipp for Flexlab over bygningens livsløp, og effekten av ulike tiltak

### 5.1.3 Sammenstilling av beregningsresultater

Resultatene av klimagassberegningen er oppsummert i Tabell 8. Resultatene representerer den totale livssykluspåvirkningen fra materialer og byggeplassdrift i løpet av 60 års levetid. Dersom de foreslåtte materialtiltakene gjennomføres, oppnår det prosjekterte bygget en reduksjon i klimagassutslipp fra materialer og byggeplassdrift på 17 %.

Tabell 8 Resultater klimagassberegning for referansen og prosjektert bygg med tiltak

Livsløpsstadium	Referanse for materialer og byggeplassdrift	Prosjektert bygg med tiltak
	tonn CO <sub>2</sub> e	tonn CO <sub>2</sub> e
A1-A3 Byggematerialer	2 367	1 948
A4 Transport til byggeplass	94	94
A5 Byggeplass	281	168
B4-B5 Utskiftning og renovering	290	290
C1-C4 Livsløpets slutt	178	178
<b>Total</b>	<b>3 210</b>	<b>2 678</b>



#### 5.1.4 Valg av utslippsmål for Flexlab

I henhold til prosjektets miljøstrategi, er følgende tiltak inkludert i beregningene for å vurdere mulighetsrommet for reduksjon av klimagassutslipp for Flexlab:

- 100 % resirkulert armeringsstål
- 80 % resirkulert konstruksjonsstål i valsede og sveisede elementer, og minst 30 % i hulprofiler.
- Bruk av betong med lavkarbonklasse A i alle betongkonstruksjoner med unntak av bassengene
- Utvendig kledning med lavere utslippsfaktor
- Fossilfri byggeplass

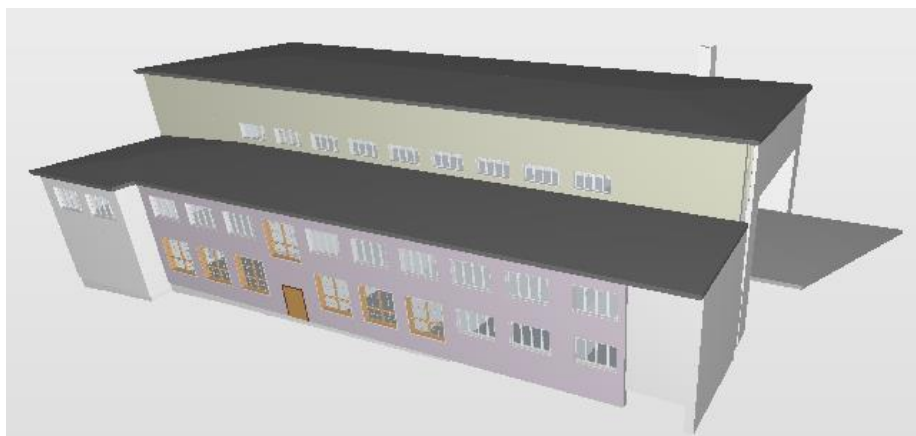
Basert på beregningene, anbefales et utslippsmål for Flexlab på 15 % i klimagassutslipp fra materialer og byggeplass. Dersom noen av de foreslåtte tiltakene ikke er gjennomførbare i prosjektet, bør det undersøkes muligheter for andre tiltak innenfor materialvalg og byggeplassdrift.

I tillegg bør det vurderes å benytte betong med lavkarbonklasse A i flere av betongelementene rundt bassengkonstruksjonen. Flexlab kan oppnå en reduksjon på totalt 18 % dersom all betong endres til lavkarbonklasse A.

Dersom noen av de foreslåtte tiltakene ikke er gjennomførbare i prosjektet, bør det undersøkes muligheter for andre tiltak innenfor materialvalg og byggeplassdrift.

## 5.2 Tankhodet

Dette bygget er i dag en del av et større bygg som skal rives, men i denne delen skal det meste av bygget beholdes. Det skal bygges på noe ny fasade, innvendige vegger, trapper og dekker, samt at vinduene skal byttes. Ettersom det kun er de nye materialene som inkluderes i beregningene, har dette bygget et nokså lavt klimagassutslipp i utgangspunktet.



Figur 14 Illustrasjon av Tankhodet isolert fra resten av prosjektet

### 5.2.1 Klimagassutslipp fra referanse for materialer og byggeplassdrift

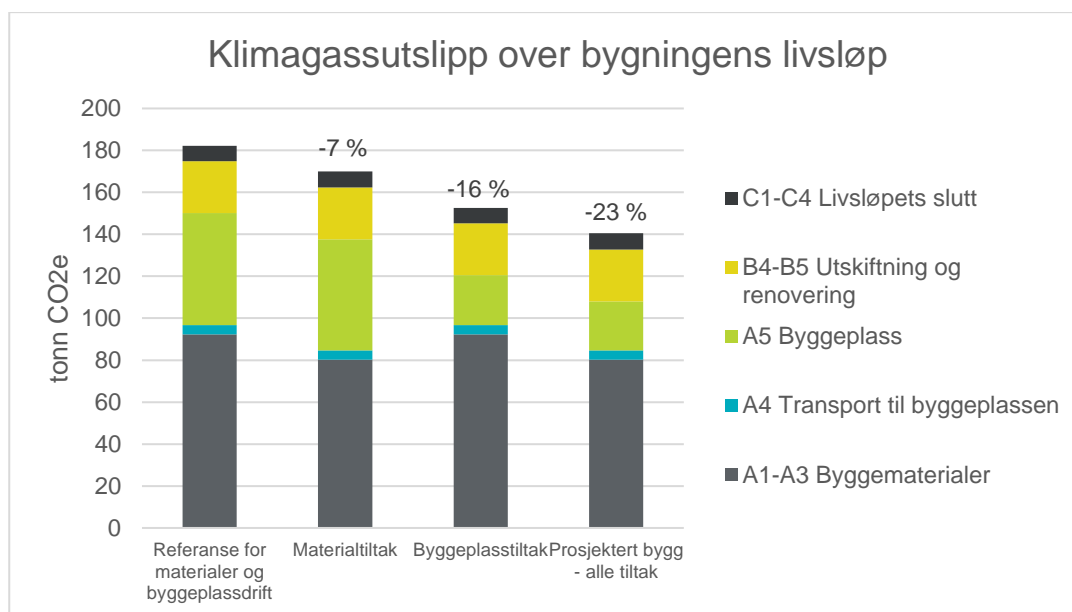
Materialbruk i referansen er beskrevet i kapittel 2.1.4.1. Totale klimagassutslipp fra materialer og byggeplassdrift i referansen er 182 tonn CO<sub>2e</sub> over en levetid på 60 år. Utslipp forbundet med de nye materialene er 133 tonn CO<sub>2e</sub> og utslippet fra byggeplassdrift er 49 tonn CO<sub>2e</sub>.

Frittstående dekker og bærende yttervegger de største kildene til utslipp blant bygningsdelene, med totalt 37 % av klimagassutslippene fra materialer. Blant livsløpsstadiene utgjør produksjon av bygningsmaterialer den største kilden til utslipp med 69 % av totalutslippene fra materialer. Totalt sett er det betong som er den største utslippsdriveren blant de nye materialene (34 %), mens dører og vinduer er den nest største (18 %).

### 5.2.2 Klimagassutslipp fra ulike tiltak

Figur 15 viser resultatene ved å inkludere tiltakene gitt i kapittel 3. For beskrivelse av hva som er inkludert av materialer og oppbygning for de ulike bygningsdelene, se Tabell 21 i vedlegg 1. For klimagassutslipp fra materialer og byggeplassdrift oppnås det en reduksjon i klimagassutslipp på 42 tonn dersom alle tiltakene gjennomføres.

Dersom tiltakene for materialer gjennomføres, reduseres utslippene med 12 tonn CO<sub>2e</sub> sammenliknet med referansen. Grunnen til at materialtiltakene ikke har større effekt, er at bygget ikke har så store mengder betong og stål ettersom mye av det eksisterende bygget beholdes. Tiltaket om å ha fossilfri byggeplassdrift, reduserer utslippet fra tankehodet med 30 tonn CO<sub>2e</sub>.



Figur 15 Klimagassutslipp for Tankhodet over bygningens livsløp, og effekten av ulike tiltak

### 5.2.3 Sammenstilling av beregningsresultater

Resultatene av klimagassberegningen er oppsummert i Tabell 9. Resultatene representerer den totale livssykluspåvirkningen i løpet av 60 års levetid. Prosjektert bygg oppnår en total reduksjon i klimagassutslipp fra materialer og byggeplassdrift på 23 % sammenlignet med referansen.

Tabell 9 Resultater klimagassberegning for referansen og prosjektert bygg med tiltak

Livsløpsstadium	Referanse for materialer og byggeplassdrift	Prosjektert bygg med tiltak
	tonn CO2e	tonn CO2e
A1-A3 Byggematerialer	92	80
A4 Transport til byggeplass	4	4
A5 Byggeplass	53	23
B4-B5 Utskiftning og renovering	25	25
C1-C4 Livsløpets slutt	7	8
<b>Total</b>	<b>182</b>	<b>140</b>

### 5.2.4 Valg av utslippsmål for bygget

I henhold til prosjektets miljøstrategi, er følgende tiltak inkludert i beregningene for å vurdere mulighetsrommet for reduksjon av klimagassutslipp for tankhodet:

- 100 % resirkulert armeringsstål
- Bruk av betong med lavkarbonklasse A
- Trestenderverk istedenfor stålstendere i innvendige lettvegger
- Fossilfri byggeplass

Basert på beregningene, anbefales et utslippsmål for Tankhodet på 20 % i klimagassutslipp fra materialer og byggeplass. Dersom noen av de foreslåtte tiltakene ikke er gjennomførbare i prosjektet, bør det undersøkes muligheter for andre tiltak innenfor materialvalg og byggeplassdrift.

## 6 Klimagassutslipp samlet for hele prosjektet

Dette kapittelet inkluderer beregning av klimagassutslipp fra energibruk i drift, samt tilleggsvurderinger for rivearbeider og massetransport.

### 6.1 Energibruk i drift

Klimagassutslipp fra energibruk i drift er beregnet basert på levert energi og utslippsfaktorer for elektrisitet og fjernvarme som beskrevet i Tabell 10. Iht. NS 3720 er beregning av utslipp fra energibruk i drift gjort med to scenarier for utslippsfaktor for elektrisitet: basert på europeisk og norsk elektrisitetsmiks. Det er imidlertid beregningen med europeisk elektrisitetsmiks som er brukt i oppsummeringen av prosjektets totale klimagassutslipp.

Grunnen til at klimagassutslippet fra energibruk i drift er beregnet samlet for hele prosjektet, og ikke per bygg, er fordi underlaget mottatt fra energirådgiver ikke viste energibruk for hver enkelt bygning.

Tabell 10. Utslippsfaktorer for energiforsyning

Energiforsyning	Utslippsfaktor (kg CO <sub>2</sub> e/kWh)	Kommentar	Miljødatakilde
Elektrisitet EU	0,1293	Elektrisitet, EU28 + Norge, forventet gjennomsnitt over neste 60 år (IEA/NS3720 energimiks, projeksjon fra 2015-2017 gjennomsnitt)	LCA-studie for landsspesifikke elektrisitetsblandinger basert på NS 3720, IEA og ecoinvent 3.3, Bionova 2020
Elektrisitet NO	0,0128	Elektrisitet, Norge, forventet gjennomsnitt over neste 60 år (IEA/NS3720 energimiks, projeksjon fra 2015-2017 gjennomsnitt)	
Fjernvarme, Trondheim	0,0363	Faktor for distriktoppvarming i Trondheim, gjennomsnitt fra 2016-2018	LCA-studie basert på drivstoffdata levert av Fjernvarme.no (2016-2018) og Ecoinvent 3.3, Bionova Ltd

#### 6.1.1 Referansescenario iht. TEK17 uten tiltak for reduksjon av energibruk

Energibehovet er beregnet for et samlet areal på 47 807 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA, og baserer seg på beregning for energibruk dersom ingen av tiltakene nevnt i kapittel 3.3 inkluderes, og elektrisitet er eneste energiforsyning. Klimagassutslipp for energiforsyningen er beskrevet i Tabell 11.

Tabell 11. Energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp referansescenario

Energiforsyning	Levert energi (kWh/år)	Klimagassutslipp over bygningens livsløp (tonn CO <sub>2</sub> e)
Elektrisitet EU	6 446 055	50 012
Elektrisitet NO	6 446 055	4 951

#### 6.1.2 Prosjektet bygg (energibruk i drift inkludert tiltak)

Energiforsyningen for det prosjekterte bygget er basert på energiberegninger utført i forprosjekt, se Tabell 12. Klimagassutslipp fra levert energi til det prosjekterte bygget blir dermed 14 770 tonn CO<sub>2</sub>e dersom man legger europeisk el-mix til grunn, og 2 396 tonn CO<sub>2</sub>e dersom man legger norsk el-mix til grunn. Solcelleproduksjonen er basert på opplysninger oppgitt av energirådgiver. Nærmere undersøkelser av dimensjonering på solcelleanlegget er i gang, og beregningene vil oppdateres når nye resultater foreligger. Det er ikke tatt hensyn til kostnadsbildet av å installere et så stort solcelleareal mtp. produksjon og nødvendig energibruk gjennom hele året.

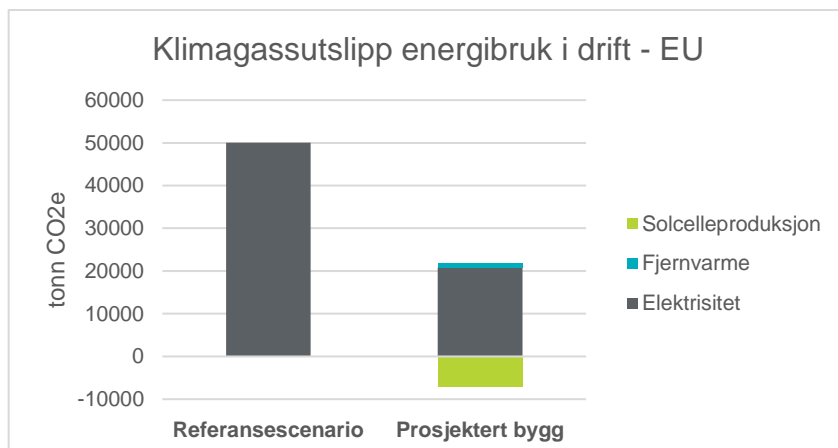
Tabell 12. Energiforsyning prosjektert bygg (forprosjekt)

Energiforsyning	Levert energi (kWh/år)	Klimagassutslipp over bygningens livsløp (tonn CO <sub>2</sub> e)	
		Elektrisitet EU	Elektrisitet NO
Elektrisitet	2 682 017	20 809	2 060
Fjernvarme	476 362	1 038	1 038
Solcelleproduksjon	-912 000	-7 076	-700
<b>Totalt</b>	<b>2 246 379</b>	<b>14 770</b>	<b>2 396</b>

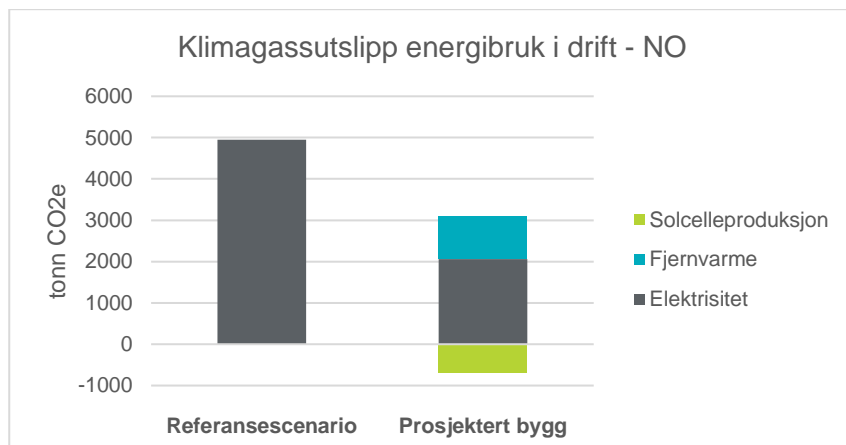
### 6.1.3 Sammenligning energibruk i drift

Figur 16 og Figur 17 viser utslipp fra energibruk i drift for hele prosjektet basert på henholdsvis europeisk og norsk elektrisitetsmiks. Det er også inkludert et referansescenario med energibruk iht. TEK 17 og kun elektrisitet som energikilde til sammenlikning.

For energibruk i drift oppnås det en reduksjon av klimagassutslipp på 70 % for levert energi, sammenlignet med referansescenarioet basert på europeisk elektrisitetsmiks. Basert på norsk elektrisitetsmiks oppnås det en reduksjon av klimagassutslipp på 52 % for levert energi, sammenlignet med referansescenarioet. Se Figur 17.



Figur 16. Totale klimagassutslipp for energibruk i drift basert på Europeisk elektrisitetsmiks



Figur 17 Totale klimagassutslipp for energibruk i drift basert på Norsk elektrisitetsmiks

## 6.2 Klimagassutslipp fra rivearbeider

For de to eksisterende bygningene skal det rives noe. Gjenbruk av disse byggene er gode tiltak for å redusere prosjektets utslipp. For tankhodet skal mye av eksisterende bygg beholdes, og for Flexlab skal bærekonstruksjonen beholdes. Det er i tillegg en del andre eksisterende bygninger på området som skal rives i sin helhet. For å beregne klimagassutslippet fra rivearbeider i prosjektet er det benyttet en funksjon for å beregne gjennomsnittlig dekonstruksjons- og rivingsprosess, beregnet etter arealet som skal rives. Tabell 13 viser utslippsfaktoren for denne funksjonen.

Tabell 13 Utslippsfaktor for gjennomsnittlig dekonstruksjons- og rivingsprosess (per BTA)

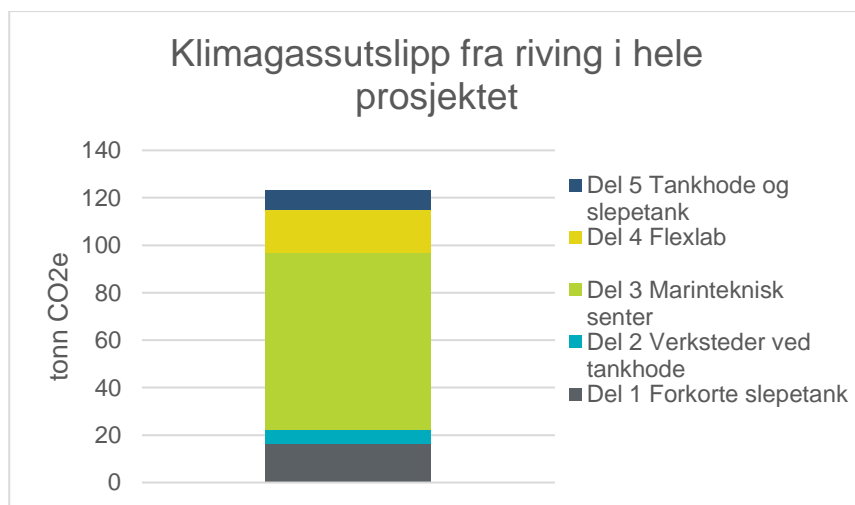
Funksjon	Utslippsfaktor	Miljødatakilde
Gjennomsnittlig dekonstruksjons- og rivingsprosess (per BTA)	3,4 kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	RICS profesjonelle standarder og veiledning, Storbritannia: Hele livets karbonvurdering for det bygde miljøet (RICS, 2017). LCA-studie om dekonstruksjons- og rivingsprosesser (Bionova 2020)

Det er gjort noen forenklinger for å beregne klimagassutslippet fra rivearbeidene i prosjektet. For del 1 til 3, er det benyttet gulvareal fra Miljøsaneringsrapporten for prosjektet fra desember 2019 og disse er forutsatt å skulle rives i sin helhet. For de byggene hvor noe beholdes, Flexlab og Tankhodet, er det forutsatt at en prosentandel av BTA for de to byggene skal rives og dette er vist i Tabell 14.

Tabell 14 Forutsatt mengde som skal rives

Del	Bygg	Forutsatt andel av areal som rives	Estimert riveareal BTA (m <sup>2</sup> )	Klimagassutslipp (tonn CO <sub>2</sub> e)
1	Slepetank (forkorte)	100 %	4 800	16
2	Verksteder ved tankhodet	100 %	1 750	6
3	Marinteknisk senter	100 %	21 950	75
4	Flexlab	50 %	5 350	18
5	Tankhode og slepetank	50 %	2 400	8
	<b>Totalt</b>		<b>36 250</b>	<b>123</b>

Figur 18 viser klimagassutslippet for alt rivearbeid i prosjektet. Det er rivingen av marinteknisk senter som har størst utslipp.



Figur 18 Klimagassutslipp fra rivingsprosessen for hele prosjektet OSC

### 6.3 Klimagassutslipp fra massetransport

Hensikten med beregning av utslipp fra massehåndtering, er å vise hvor stor effekt tiltak som prosjektet har mulighet til å gjennomføre for å redusere massetransporten vil ha på utslippene i byggeperioden. For beregning av massehåndtering er det benyttet One Click LCA til å beregne utslipp fra massetransport, slik at resultatene er basert på de samme forutsetningene som resten av klimagassberegningene. Et annet program som ble undersøkt, og som har blitt brukt som database for utslippsfaktorer, er VegLCA.

Alle masser oppgitt i m<sup>3</sup> er lm<sup>3</sup>, altså løst volum. For å regne om fra m<sup>3</sup> til tonn masser, er det benyttet en egenvekt for diverse masser på 2 tonn/m<sup>3</sup>. Denne faktoren er hentet fra biblioteket for utslippsfaktorer i VegLCA. Ettersom massetransporten vil gå på offentlig vei, kan ikke dumpere brukes. Det er forutsatt at det benyttes en lastebil, med dobbeltvogn med kapasitet på 30-34 tonn per tur. Dette er basert på opplysninger om at 80 til 90 % av massene vil fraktes med en slik type lastebil.

Det er beregnet mulig reduksjon i utslipp ved å inkludere tre tiltak prosjektet har mulighet til å gjennomføre. De resterende massene, som ikke påvirkes av de tre tiltakene, transporteres til massemtak. Det finnes et utvalg av massemtak som ligger i avstand 16-20 km fra byggeplassen, og derfor er avstanden massene til massemtak skal transporteres satt til 20 km.

Dersom det ikke gjøres noen tiltak må 1 501 231 tonn masser transporteres 20 km til et massemtak, og dette gir et klimagassutslipp på 1 935 tonn CO<sub>2e</sub>. Dette kalles 0-alternativet, og er med for sammenlikning.

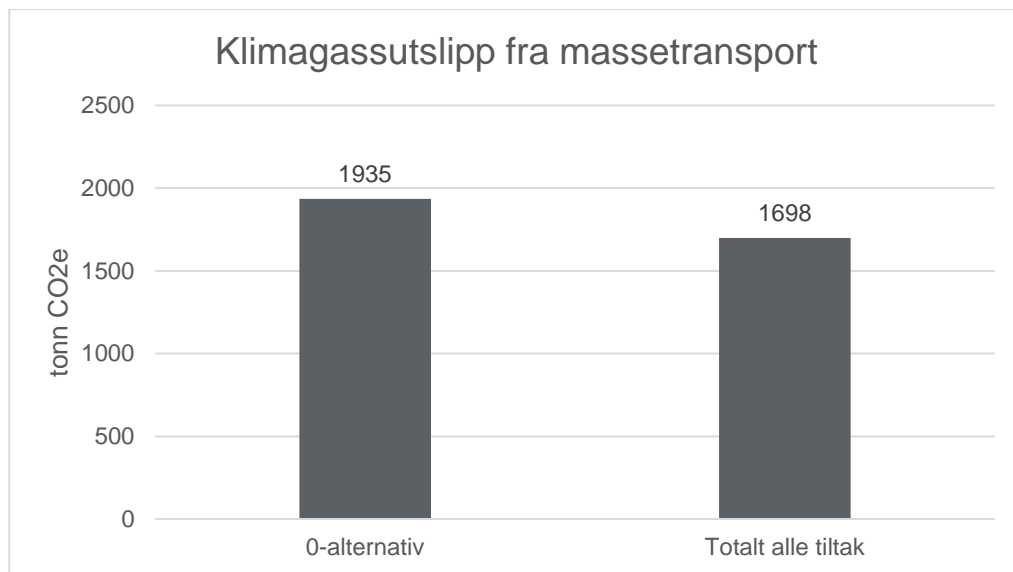
Tiltak 1 går ut på at prosjektet skal bruke om lag 30 000 m<sup>3</sup> av løsmassene direkte på tomten. Dette tilsvarer 60 000 tonn. Tiltak 2 går ut på å levere 3 300 m<sup>3</sup> til en kai 10 km fra byggeplassen. Tiltak 3 omhandler muligheten for at prosjektet muligens kan levere store deler av løsmassene til et annet prosjekt 15 km unna. Det er antydnet at prosjektet kan trenge 400 000 lm<sup>3</sup>, men dette vil kreve at prosjektene er helt samkjørt og det er ikke helt realistisk. Derfor er det anslått at prosjektet kan ta imot 60 % av løsmassene, som gir 240 000 m<sup>3</sup>.

Tabell 15 viser en oversikt over massetransporten dersom alle de tre tiltakene gjennomføres. Det betyr at kun 954 631 tonn fraktes til massemtak, sammenliknet med 1 501 231 tonn dersom ingen tiltak gjennomføres. Tabellen viser tilhørende klimagassutslipp oppsummert dersom alle tiltakene for massetransport blir gjennomført i prosjektet.

Tabell 15 Resultater for massetransport dersom alle tiltak inkluderes

	Masse (tonn)	Avstand (km)	Kjøretøy	Utslipp (tonn CO <sub>2e</sub> )
Til massemtak	954631	20	Lastebil, dobbeltvogn	1230
Tiltak 1: Brukes direkte på egen tomt	60000	0		0
Tiltak 2: Til kaien	6600	10	Lastebil, dobbeltvogn	4,3
Tiltak 3: Til prosjekt i nærheten	480000	15	Lastebil, dobbeltvogn	464
<b>Totalt</b>				<b>1698</b>

Figur 19 viser en sammenlikning av klimagassutslipp for 0-alternativet og dersom alle tiltakene gjennomføres. Sammenliknet med 0-alternativet, oppnås en reduksjon på 237 tonn CO<sub>2e</sub>.



Figur 19 Klimagassutslipp fra massetransport for 0-alternativet og dersom alle tiltakene inkluderes

## 6.4 Totale klimagassutslipp for alle bygg og faser oppsummert

Resultatene av klimagassberegningen er oppsummert i Tabell 16, for prosjekterte bygg inkludert alle tiltak, de totale utslippene for energibruk i drift og tilleggsvurderingene for rivearbeider og massetransport.

Totalt har prosjektet et klimagassutslipp på 54 328 tonn CO<sub>2</sub>e over en levetid på 60 år, etter å ha lagt inn tiltakene som er beskrevet i denne rapporten. Byggematerialer (A1-A3) og energibruk i drift (B6) utgjør henholdsvis 56 % og 27 % av totalutslippene.

Tabell 16 Resultater klimagassberegning prosjektert bygg, totalt for hele prosjektet

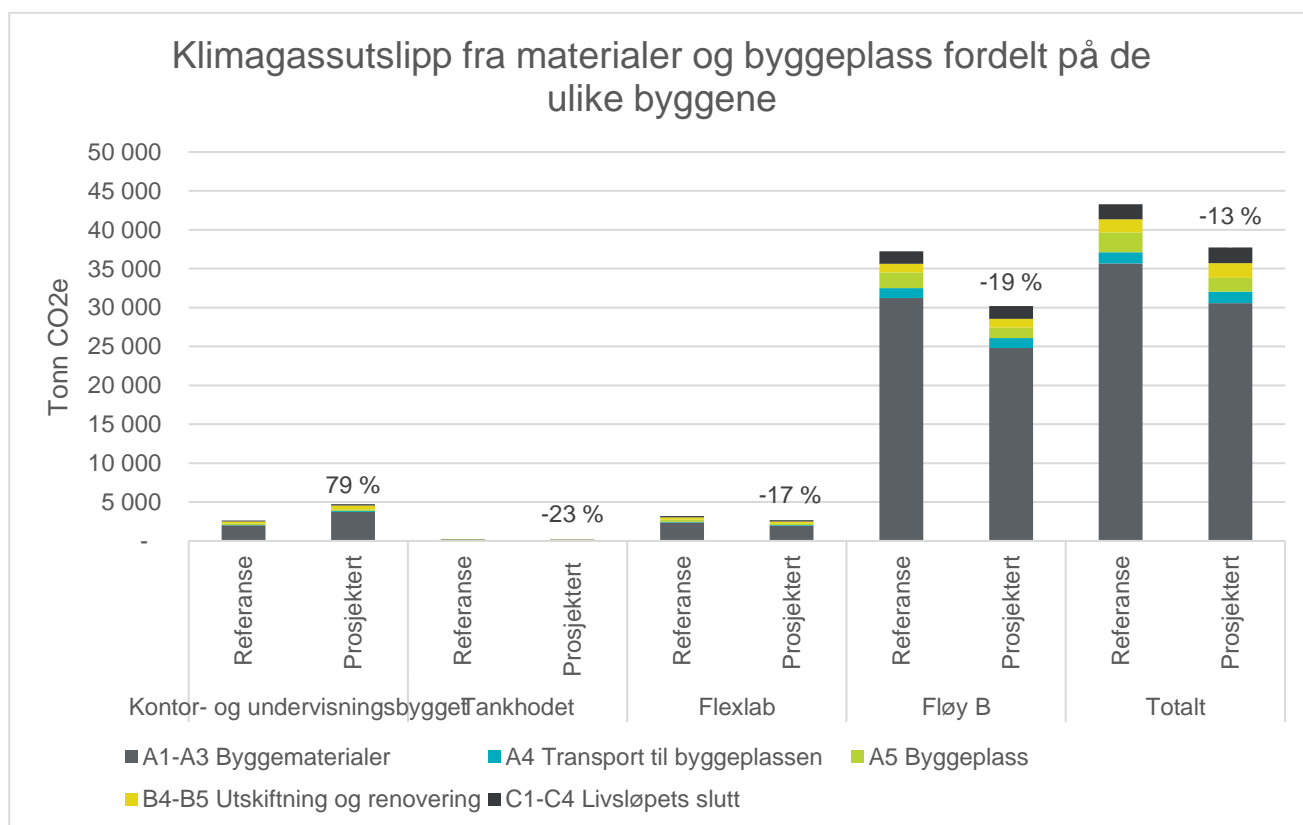
Livsløpsstadium	Kontorbygget	Fløy B	Flexlab	Tankhodet	Totalt
	tonn CO <sub>2</sub> e	tonn CO <sub>2</sub> e	tonn CO <sub>2</sub> e	tonn CO <sub>2</sub> e	tonn CO <sub>2</sub> e
A1-A3 Byggematerialer	3 732	24 791	1 948	80	30 551
A4 Transport til byggeplass	110	1 293	94	4	1 502
A5 Byggeplass	213	1 375	168	23	1 779
B4-B5 Utskiftning og reovering	493	1 090	290	25	1 898
C1-C4 Livsløpets slutt	183	1 638	178	8	2 007
B6 Energibruk i drift					14 770
A5 Massetransport					1 698
C1 Riving i byggefase					123
<b>Total</b>					<b>54 328</b>



Figur 20 viser det totale klimagassutslippet fra materialer og byggeplassdrift for de ulike byggene for sammenlikning. For utslipp fra materialer og byggeplassdrift er det mulig å sammenlikne utslippene for de ulike byggene, og det er tydelig at Fløy B er det bygget som bidrar mest til prosjektets totale klimagassutslipp.

Kontor- og undervisningsbygget har en økning i utslipp sammenliknet med referansebygget dersom man kun ser på utslipp fra materialer og byggeplassdrift. Noen av årsakene til dette er diskutert i kapittel 4.1.4. Dersom energibruk i drift også inkluderes, oppnår dette bygget en reduksjon på 34 %. Mulige optimaliseringer for å oppnå målet om 45 % reduksjon i klimagassutslipp for dette bygget, er beskrevet i kapittel 7.

Flexlab og tankhodet oppnår en liten reduksjon i utslipp fra materialer og byggeplassdrift, men sammenliknet med Fløy B, har de lite å si i totalregnskapet for prosjektet.



Figur 20 Resultater klimagassberegning prosjektert bygg og referanser over hele levetiden (60 år)

## 7 Optimaliseringer for kontor- og undervisningsbygget

Ettersom vi i denne klimagassberegningen ikke nådde prosjektets mål for kontor- og undervisningsbygget om en reduksjonsgrad på 45 % i forhold til referansebygget, er det i dette kapittelet gjort noen overordnede vurderinger knyttet til mulige optimaliseringstiltak. Det er en blanding av tiltak prosjektet ønsker vurdert, samt tiltak som følge av beregningene anses som aktuelle. Det anbefales at disse optimaliseringstiltakene vurderes videre i neste fase av prosjektet, i samråd med andre aktuelle fag.

### 7.1 Fjerne mellombygget og kjeller

Planløsningen, og da særlig mellombygget, er en pådriver til økte materialutslipp i kontor- og undervisningsbygget. Det er blant annet fordi mellombygget ikke er plassert direkte under resten av kontorbygget, campusdekket er relativt tykt i forhold til andre frittstående dekker og konstruksjoner under terreng er av betong. Som vist i Tabell 17, står grunn og fundamenter, yttertak og yttervegger for den største andelen klimagassutslipp i mellombygget. Her er det forsøkt å grovt skille ut alle elementer som er tilknyttet mellombygget, selv om det er usikkerheter rundt bygningselementer som hører til flere deler av bygget. Disse overslagsberegningene viser at mellombygget står for omtrent 24 % av materialutslippene i kontor- og undervisningsbygget.

Tabell 17 Klimagassutslipp fra materialene i mellombygg og kjeller

Bygningsdel	Tonn CO <sub>2</sub> e
21 Grunn og fundamenter	403
22 Bæresystemer	8
23 Yttervegger	228
24 Innervegger	47
25 Dekker	31
26 Yttertak	369
28 Trapper, balkonger mm.	23
<b>Totalt for mellombygget</b>	<b>1109</b>

Når mellombygget og kjelleren skal fjernes, må noen nye mengder av gulv på grunn og fundamenter legges til i beregningen. Dette er grovt beregnet til å tilsvare 125 tonn CO<sub>2</sub>e. Når nytt gulv på grunn og fundamenter tas med i beregningen vil endret planløsning, ved å fjerne mellombygget og kjelleren, føre til en utslippsreduksjon fra materialer på omtrent 1000 tonn CO<sub>2</sub>e.

For å kompensere for bruksarealet som fjernes i mellombygget er det tenkt å etablere en mesanin-etasje og to auditorier i Tankhodet, samt flytte kantinen til Fløy C. I tillegg til å påvirke materialutslippet, vil endringene i planløsning og BRA påvirke utslipp fra byggeplassdrift og energibruk i drift. For å kunne evaluere den reelle effekten på klimagassutslippene ved å fjerne mellombygget og kjelleretasjen, bør de kompensierende tiltakene også tas med i vurderingen. Det anbefales derfor å lage et klimagassregnskap med oppdaterte materialutslipp fra den komplette optimaliserte planløsningen i neste fase av prosjektet. Det bør i den forbindelse også gjøres en vurdering av hva slags referanse som skal ligge til grunn for måling av klimagassreduksjonen når kjelleretasjen fjernes.

## 7.2 Plasstøpte dekker

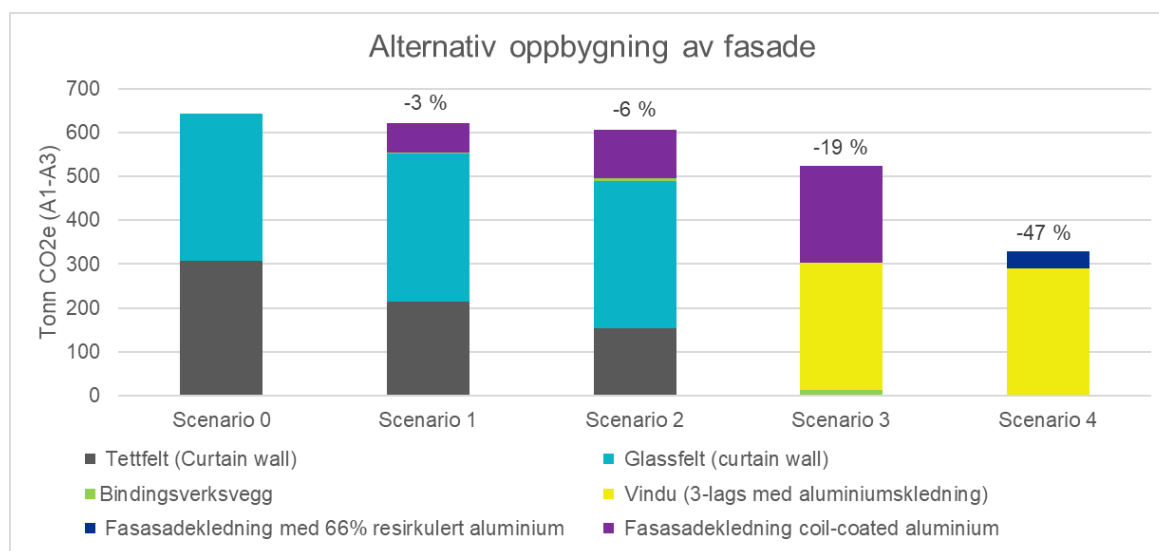
Et annet optimaliseringstiltak er å erstatte prefabrikkerte betongdekker med plasstøpte dekker. Dette reduserer mengden stål i bygget, ettersom plasstøpte dekker spenner i to retninger og det derfor ikke er nødvendig med bjelker på samme måte som når det brukes prefabrikkerte dekker. Som vist i Figur 7 og Figur 8 i kapittel 4.1.4, har klimagassberegninger i denne fasen av prosjektet vist at stålbjelker står for en stor andel av materialutslippene i kontor- og undervisningsbygget. I neste fase av prosjektet kan eksakte mengder fra den optimaliserte løsningen beregnes, og man kan dermed vise reduksjonen av klimagassutslipp.

## 7.3 Glassfasade med bindingsverk av tre

Siden glassfasaden i den prosjekterte løsningen står for 14 % av utslippene, kan det være aktuelt å se på alternative oppbygninger av fasaden. For å vurdere ulike alternativer er følgende scenarier satt opp:

- Scenario 0: antatt prosjektert løsning, slik som beskrevet i Figur 5 og Figur 6
- Scenario 1: 30 % av tettfeltene byttes til bindingsverksvegg, glassfeltene i fasaden er det samme som i scenario 0
- Scenario 2: 50 % av tettfeltene byttes til bindingsverksvegg glassfeltene i fasaden er det samme som i scenario 0
- Scenario 3: hele tettfeltet i glassfasaden byttes ut med bindingsverksvegg og glassdelen byttes med 3-lags vinduer med aluminiumskledning
- Scenario 4: bindingsverk slik som i scenario 4, men aluminiumskledningen er byttet ut Alu 4 fra Figur 3, som er 66 % resirkulert

Felles for alle scenariene er at det er 41 % tett fasade og 59 % glass.



Figur 21 Klimagassutslipp for alternative oppbygning av fasade

Figur 21 viser at bindingsverksvegg av tre har lavt klimagassutslipp, men at aluminiumskledningen og vinduene vil trekke klimagassutslippet opp selv om man bytter fra curtain wall til bindingsverksvegg. Ved scenario 4, valg av bindingsverksvegg og resirkulert fasadekledning, kan man redusere utslippene med 300 tonn CO<sub>2</sub>e.

Det må presiseres at disse beregningene baseres på produktspesifikke EPD-er for glassfasade og aluminiumskledning. Det betyr at resultatene ikke representerer generiske verdier i bransjen, selv om det er forsøkt å velge produkter som er realistiske og har en gjennomsnittlig utslippsfaktor. Prosjektet kan redusere klimagassutslippene ytterligere ved å velge spesifikke produkter med lavere utslippsfaktorer enn det som er valgt her.

## 7.4 Bærekonstruksjon av tre

Et tiltak som kan redusere utslippene fra stål og betong, er å bytte til en bærekonstruksjon av tre. I tidligfase er det gjort en overslagsberegning basert på overordnet data i forskjellen mellom betong/stål og tre, men en faktisk reduksjon i klimagassutslipp som følge av dette, kan ikke måles uten at et nytt bæresystem i tre er prosjektert av RIB og andre relevante rådgivere. Det er påbegynt et arbeid med å undersøke muligheten prosjektet har med å endre til et bæresystem i tre, men dette arbeidet er ikke ferdigstilt på nåværende tidspunkt og er dermed ikke inkludert i denne rapportens vurderinger mtp. klimagassutslipp per nå.

Ut ifra generelle vurderinger av et standard bygg i funksjonen Carbon Designer i One Click LCA, kan man oppnå en reduksjon i materialutslippene på 24 % ved å bytte ut bærekonstruksjonen til treverk/massivtre. Dette tilsvarer en reduksjon på 1 100 tonn CO<sub>2</sub>e i utslippet fra materialer i kontor- og undervisningsbygget. Det er da antatt massivtre i dekker og tak, tresøyler, trebjelker og bindingsverksystem av tre i yttervegger. Det må imidlertid tas i betraktning av dette nok ikke kan være aktuelt for mellombygget og campusplassen. Dermed vil potensialet for reduksjon av materialutslipp mest sannsynlig være lavere enn det som fremkommer i disse generelle vurderingene.

## Vedlegg 1

Tabell 18. Beskrivelse av bygningsdeler i kontor- og undervisningsbygget med tilhørende klimagassutslipp prosjektert bygg

Bygningsdel	Oppbygning	Klimagassutslipp	
		tonn CO2e	andel av total
21 Grunn og fundamenter	Stripefundamenter av betong (B35) på sand eller blanding av sand, grus, silt og leire	81	2 %
22 Bæresystemer	<p><b>Søylar</b>                      56% Stålsøylar                      44% Betong søylar, B45, inkl. armering, primært plassert i mellombygget</p> <p><b>Bjelker</b>                      66% stålbjelker - hulprofiler                      31% stålbjelker – I-, H-, U-, L- og T-profiler                      3% betongbjelker, B45</p>	817	18 %
23 Yttervegger	<p><b>Under bakken</b>                      Plasstøpt betongvegg 350mm, B45, med EPS</p> <p><b>Over bakken</b>                      Glassfasade (41% tettfelt, 59% glassfelt)</p>	863	19 %
24 Innervegger	<p><b>Bærende</b>                      Plasstøpt betongvegg, B30 (250 mm og 350 mm) inkl. forsterkning                      Skillevegg i betong, B30</p> <p><b>Ikke-bærende</b>                      Bindingsverksvegger med 100mm trestendere                      Glassveggsystem</p>	305	7 %
25 Dekker	<p><b>Gulv på grunn</b>                      Plasstøpt betongdekke 350mm, B45, inkl. armering og EPS isolasjon</p> <p><b>Dekker</b>                      Hulldekker 265 og 320 mm, B35</p> <p><b>Gulv og himling</b>                      Parkett(20%), Linoleum (75%) og keramiske fliser (5%)                      Systemhimling (30%) og treullsement (70%)                      Auditoriedekke av treverk</p>	1298	28 %
26 Yttertak	<p><b>Primærkonstruksjon</b>                      44% Hulldekke 200mm. Over hulldekket er det konstruktiv påstøp, EPS og PVC takteking                      56% Plasstøpt betongdekke 500mm over campusplassen. Over dekket er det asfaltbelegg, XPS og påstøp</p> <p>Glasstak og overlys</p>	699	15 %
28 Trapper, balkonger mm.	48% Betongtrapp 13% Tretrapp 40% Massivtretrapp  Betongrampe	44	1 %
30 - VVS - installasjoner, generelt	OKUBAUT Electric heat pump (brine-water, geothermal probe), 70 kW (3 units)	57	1 %
49 Andre elkraftinstallasjoner	Solcellepanel	487	10 %
<b>Totalt</b>		<b>4 649</b>	

Tabell 19. Beskrivelse av bygningsdeler i Fløy B med tilhørende klimagassutslipp for prosjektert bygg inkl. tiltak

Bygningsdel	Oppbygning	Klimagassutslipp	
		tonn CO2e	andel av total
21 Grunn og fundamenter	Stålpeler Stripfundament i betong Punktfundamenter i betong	908	3 %
22 Bæresystemer	<b>Søylar</b> 5% Stålsøylar 95% Betongsøylar, med konsoller  <b>Bjelker</b> 32% stålbjelker – hulprofiler og I-, H-, U-, L- og T-profiler 16% betongbjelker 51% fagverk	4 969	17 %
23 Yttervegger	<b>Under bakken</b> 63% Plasstøpt betongvegg 37% Ribbevegg  <b>Over bakken</b> Sandwich element  <b>Kledning</b> Aluminiumskledning, 66 % resirkulert aluminium	6 796	23 %
24 Innervegger	<b>Bærende</b> 93% Innervegg av betong tilknyttet bassengene 7% Innervegg av betong  <b>Ikke-bærende</b> 56% Bindingsverksvegger med stålstender 1% Mobile vegger 38% Lecavegg 5% Glassvegg	3 107	10 %
25 Dekker	<b>Gulv på grunn</b> 77% Bunnplate bassengbygg 23% Bunnplate resten av bygget  <b>Dekker</b> 17% Plasstøpt betongdekke 79% Betongdekker rundt bassengene 4% Hulldekker	11 813	39 %
26 Yttertak	<b>Primærkonstruksjon</b> 84% Ståltak 11% Hulldekke 4% Plasstøpt betong 2% Gittertak	726	2 %
28 Trapper, balkonger mm.	90% Betongtrapp 10% Ståltrapp	84	0 %
30 - VVS - installasjoner, generelt	OKUBAUT Electric heat pump (brine-water, geothermal probe), 70 kW (8 units)	151	1 %
49 Andre elkraftinstallasjoner	Solcellepanel	1 387	5 %
<b>Totalt</b>		<b>29 941</b>	

Tabell 20. Beskrivelse av bygningsdeler i Flexlab med tilhørende klimagassutslipp for prosjektert bygg inkl. tiltak

Bygningsdel	Oppbygning	Klimagassutslipp	
		tonn CO2e	andel av total
21 Grunn og fundamenter	Punktfundament, B35	2	0,1 %
22 Bæresystemer	<b>Søyler</b> Stålsøyler - I-, H-, U-, L- og T-profiler (32 %) Stålsøyler – hulprofil (2 %) Betongsøyler, B45, inkl. armering (66 %)  <b>Bjelker</b> Stålbjelker – hulprofiler (27 %) Stålbjelker – I-, H-, U-, L- og T-profiler (54 %) Betongbjelker, B45 (19 %)	220	8 %
23 Yttervegger	<b>Under bakken</b> Plasstøpt betongvegg 350 mm, B45, inkl. grunnmursplate i XPS  <b>Over bakken</b> Sandwichelementfasade (84 %) Glassfasade (13 %) Betongvegg B35 (4 %)  <b>Kledning</b> Aluminiumskledning, 66 % resirkulert aluminium  <b>Dører og vinduer</b> Ytterdør i stål, garasjeport og utvendige vinduer med tre- og aluminiumsramme.	152	6 %
24 Innervegger	Lettvegg, stålstenderverk 100 mm inkl. isolasjon (40 %) Bassengvegger betong, B45 (40 %) Plasstøpt betongvegg, B35 inkl. forsterkning (20 %)  <b>Dører og vinduer</b> Tredør, ståldør og innvendige vinduer 1-lags	764	29 %
25 Dekker	<b>Dekker</b> Plasstøpt betongdekke, B35, inkl. armering (67 %) Plasstøpt betongdekke basseng, B45, inkl. armering (29 %) Hulldekker 200 mm, B35 inkl. 20 mm avretting (4 %)  <b>Gulv og himling</b> Vinyl (95 %) og keramiske fliser (5%) Treullsementhimling	1183	45 %
26 Yttertak	<b>Primærkonstruksjon</b> Ståltak-system inkl. isolasjon og takteking av stål	180	7 %
28 Trapper, balkonger mm.	Betongtrapper Ståltrapper Trebenker/trapp	80	3 %
30 VVS-installasjoner	OKUBAUT Electric heat pump (brine-water, geothermal probe), 70 kW (2 units)	38	1 %
<b>Totalt</b>		<b>2618</b>	<b>100 %</b>

Tabell 21. Beskrivelse av bygningsdeler i Tankhodet med tilhørende klimagassutslipp for prosjektert bygg inkl. tiltak

Bygningsdel	Oppbygning	Klimagassutslipp	
		tonn CO2e	andel av total
21 Grunn og fundamenter			
22 Bæresystemer			
23 Yttervegger	<b>Over bakken</b> Sandwichelementfasade (63 %) Betongvegg B35 (24 %) Glassfasade (13 %)  <b>Dører og vinduer</b> Ytterdør i stål og glass	40	33 %
24 Innervegger	Lettvegg, trestenderverk 100 mm inkl. isolasjon (93 %) Plasstøpt betongvegg, B35 inkl. forsterkning (7 %)  <b>Dører og vinduer</b> Tredør og ståldør	36	30 %
25 Dekker	<b>Dekker</b> Plasstøpt betongdekke, B35, inkl. armering	23	19 %
26 Yttertak			
28 Trapper, balkonger mm.	Betongtrapper Betongrampe	3	3 %
30 VVS-installasjoner	OKUBAUT Electric heat pump (brine-water, geothermal probe), 70 kW (1 unit)	19	16 %
<b>Totalt</b>		<b>121</b>	<b>100 %</b>