

## NOTAT

OPPDRAAG	<b>Hjortevegen - Klimagassberegninger</b>	DOKUMENTKODE	10228494-RIM-NOT-001
EMNE	Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	<b>LAB Eiendom</b>	OPPDRAAGSLEDER	Katrine Taksdal
KONTAKTPERSON	Synne Lauritzen	SAKSBEHANDLER	Øystein Rønneseth
KOPI		ANSVARLIG ENHET	10233026 Bygningsforvaltning og Bygningsfysikk

## SAMMENDRAG

Multiconsult Norge AS er engasjert av LAB Eiendom for å utføre klimagassberegninger for oppføring av tre nye boligblokker på Skjold i Bergen, samt klimagassberegninger for både riving og rehabilitering av eksisterende bygg på tomten. Det er utført klimagassberegninger ved hjelp av programvaren One Click LCA iht. NS 3720:2018. Beregningene er gjennomført iht. veileder til klimagassberegninger i KPA 2018 for Bergen kommune.

Resultatet viser at boligblokkene har et totalt klimagassutslipp på 7 013 tonn CO<sub>2</sub>-ekv., som tilsvarer 1 949 kg CO<sub>2</sub>-ekv./m<sup>2</sup> BTA og 2 656 kg CO<sub>2</sub>-ekv./person/år.

Det er utarbeidet et referansebygg for prosjektet, som samlet har et klimagassutslipp på 7 739 tonn CO<sub>2</sub>-ekv., som tilsvarer 2 148 kg CO<sub>2</sub>-ekv./m<sup>2</sup> BTA og 2 931 kg CO<sub>2</sub>-ekv./person/år.

Prosjektet bygg oppnår en 9 % reduksjon av klimagassutslipp sammenlignet med referansebygget, dette tilsvarer omtrent 726 tonn CO<sub>2</sub>-ekv.

Det er utarbeidet et alternativ for rehabilitering av eksisterende bygninger, som samlet har et klimagassutslipp på 609 tonn CO<sub>2</sub>-ekv., som tilsvarer 1 534 kg CO<sub>2</sub>-ekv./m<sup>2</sup> BTA og 2 538 kg CO<sub>2</sub>-ekv./person/år.

Det er utarbeidet et alternativ for riving av eksisterende bygninger, som samlet har et klimagassutslipp på 8 tonn CO<sub>2</sub>-ekv., som tilsvarer 19 kg CO<sub>2</sub>-ekv./m<sup>2</sup> BTA.

Det oppfordres til å aktivt arbeide med å redusere klimagassutslipp i videre prosjektering og byggefase.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
02	06.10.2023	Revidert etter tilbakemelding fra Bergen kommune, tomteopparbeidelse	Øystein Rønneseth	Katrine Taksdal	Katrine Taksdal
01	27.09.2022	Revidert etter tilbakemelding fra Bergen kommune	Øystein Rønneseth	Katrine Taksdal	Katrine Taksdal
00	24.09.2021	Utsendt	Katrine Taksdal	Øystein Rønneseth	Katrine Taksdal

## INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning .....	3
2	Formål .....	3
3	Omfang .....	3
4	Om prosjektet .....	3
5	Metode .....	4
5.1	Systemgrenser .....	4
5.2	Omfang av bygningsdeler .....	5
5.3	Funksjonell enhet .....	5
5.4	Eksisterende bygninger .....	5
5.5	Referansebygg og prosjektert bygg .....	6
6	Data .....	7
6.1	Eksisterende bygninger .....	7
6.2	Referansebygg .....	8
6.3	Prosjekterte bygg .....	10
7	Scenarier .....	11
8	Resultater .....	12
8.1	Eksisterende bygninger .....	12
8.2	Referansebygg .....	12
8.3	Prosjekterte bygg .....	13
8.4	Sammenligning .....	13
8.5	Følsomhetsanalyse .....	15
9	Vurdering .....	15
9.1	Sammenligning referansebygg .....	15
9.2	Usikkerhet .....	16
9.3	Valg mellom riving og bevaring .....	16
9.4	Eiendommens egnethet .....	16
9.5	Energiproduksjon .....	16
9.6	Beliggenhet og mobilitetsløsninger .....	16
9.7	Funksjonalitet og arealeffektivitet .....	17
9.8	Utslippsreducerende tiltak .....	17
10	Konklusjon .....	18

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

## 1 Innledning

I henhold til statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning er det et overordnet mål å prioritere arbeidet med å redusere klimagassutslipp. Klima- og energihandlingsplan for Bergen «Grønn strategi» sier at hensynet til reduksjon av klimagassutslipp skal ligge til grunn for videre utvikling av Bergen.

I forbindelse med ønske om å rive eksisterende bygninger på tomten er det utarbeidet klimagassberegninger for oppføring av nye boligblokker. Klimagassberegningene benyttes for å kartlegge prosjektets totale klimagassutslipp og tiltak som er gjort for å redusere byggenes klimagassutslipp. Klimagassberegningene omfatter materialbruk i byggene, energibruk og transport i driftsfase iht. veileder til klimagassberegninger i KPA2018.

Multiconsult har også utarbeidet klimagassberegninger for både rehabilitering og riving av eksisterende bygninger på tomten, dvs. to eneboliger.

Revisjon 01 omfatter revidert beregning for transport i drift for prosjektert bygg iht. reisevaneundersøkelse i *Trafikkanalyse Skjold* fra Asplan Viak datert 02.07.2021 og supplerende vurderinger iht. tilbakemeldinger fra Bergen kommune.

## 2 Formål

Formålet med klimagassberegningene er å kartlegge klimagassutslipp for nye boligblokker, samt rehabilitering og riving av eksisterende bygninger på tomten iht. veileder for klimagassberegninger i KPA2018.

## 3 Omfang

Klimagassberegningene er en vurdering av klimagassutslipp på nivå «Basis med lokalisering» som definert i NS 3720:2018. Se kapittel 5 for nærmere spesifisering.

## 4 Om prosjektet

Multiconsult er engasjert av LAB Eiendom for å utføre klimagassberegninger for prosjektet Hjortevegen på Skjold i Bergen. Prosjektet omhandler planarbeid for å oppføre boligblokker, samt riving av to eksisterende eneboliger. Totalt planlagt BTA er omtrent 3 600 m<sup>2</sup> fordelt på tre bygg og felles parkeringskjeller, se Figur 1.

Kommuneplanens arealdel for Bergen kommune (KPA2018, §18.4) stiller krav om at det skal utføres klimagassregnskap for tiltak som innebærer:

1. Vesentlige naturinngrep eller
2. Nybygg større enn 1 000 m<sup>2</sup> BRA eller
3. Valg mellom riving og bevaring av eksisterende bygg.

Prosjektet berører punkt 2 og 3 i KPA 2018. Klimagassberegningene utføres totalt for prosjektet iht. NS 3720:2018 inklusive utarbeidelse av referansebygg. Omfanget av beregningene omhandler byggets materialbruk, energibruk i drift og transport i driftsfase. I tillegg utarbeides klimagassberegninger for riving og rehabilitering av eksisterende bygningssmasse iht. KPA 2018.

## Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg



Figur 1 – Perspektivskisse for Hjortevegen, mottatt fra ARK 03.09.2021

## 5 Metode

Standarden NS 3720:2018 *Metode for klimagassberegninger for bygninger* er lagt til grunn for beregningene og skal omfatte «basis», «med lokalisering» som beskrevet i NS 3720:2018. Programvaren One Click LCA er benyttet.

### 5.1 Systemgrenser

Grønne celler i Tabell 1 markerer hvilke informasjonsmoduler eller livsløpsfaser klimagassberegningene omfatter.

Tabell 1 - Grønne celler markerer hvilke informasjonsmoduler klimagassberegningene omfatter

INFORMASJON OM VURDERING AV BYGNINGEN																		
INFORMASJON OM BYGNINGENS LIVSLØP																TILLEGGSSINFORMASJON UTOVER BYGNINGENS LIVSLØP		
Produktstadiet A1 – A3			Gjennomføringsstadiet A4 – A5		Bruksstadiet B1 – B8								Livsløpets sluttstadiet C1 – C4				Konsekvenser utover systemgrensen D	
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	

\*B7 inngår ikke i NS 3720:2018.

## Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

B1-B3 er ikke inkludert i klimagassberegningene på nåværende tidspunkt. B1 omhandler bruken av bygget og er spesielt relatert til lekkasje av kuldemedium og karbonisering av betongen. Det er store usikkerheter og uenigheter rettet mot beregningsmetode og utslippsfaktor knyttet til disse verdiene, følgelig er denne livsløpsfasen utelatt. Ettersom kuldemedier med høy GWP er under utfasing som følge av EUs- f-gass forordning, er det forventet at klimagassutslipp knyttet til lekkasje av kuldemedier reduseres fremover. Det antas at disse utslippene er neglisjerbare i dette prosjektet. Vedlikehold og reparasjoner (B2-B3) er ikke inkludert i beregningene da det forutsettes utskiftning etter endt teknisk levetid og ikke forlenget levetid for materialene som følge av reparasjoner. Til tross for at tre livsløpsfaser er utelatt i beregningene, vurderes beregningene til å være helhetlige da de omfatter hele prosjektets livsløp.

## 5.2 Omfang av bygningsdeler

Følgende bygningsdeler er inkludert i beregningen:

20	Bygning generelt
21	Grunn og fundamenter
22	Bæresystemer
23	Yttervegger
24	Innervegger
25	Dekker
26	Yttertak
28	Trapper, balkonger, m.m.

Følgende er ikke inkludert:

27	Fast inventar
29	Andre bygningsmessige deler

## 5.3 Funksjonell enhet

Levetid: 60 år for bygget som helhet. For komponentene generelt og bygningsdeler brukes estimert levetid basert på EPD og Byggforsk datablad 700.320. Klimagassberegningenes funksjonelle enhet er 1 m<sup>2</sup> BTA.

## 5.4 Eksisterende bygninger

Modulen «Carbon designer» i One Click LCA er benyttet i utarbeidelsen av klimagassberegningen for de eksisterende bygningene. Mengder og materialvalg beregnes av programvaren etter oppgitt areal, antall etasjer og type bygning. Programvaren antar at alle etasjer er like store og at det benyttes relativt ideelle forutsetninger på beregning av areal på ytter- og innervegger (skoeskiform på bygget). Data som er benyttet i beregningene er på datakvalitetsnivå 2. Se kapittel 6 for mer informasjon.

For levetid på bygningsprodukter og antall utskiftninger er standardverdier fra One Click LCA benyttet. Eksisterende bygg omfatter de samme bygningsdelene og systemgrensene som prosjektert bygg. Tabell 2 oppsummerer arealer, funksjoner og input benyttet i klimagassberegningene for eksisterende bygninger.

## Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

Tabell 2 - Arealer og benyttede input til klimagassberegningene for eksisterende bygninger

Bygning	Hjortevegen 4	Hjortevegen 6	Garasje*
Levetid	60 år	60 år	60
Bruttoareal [m <sup>2</sup> BTA]	183	192	22
Bygningstype	Småhus	Småhus	Garasje
Bygningens funksjon	Småhus	Småhus	Garasje
Byggeår	1958	1957	1961/1962
Antall etasjer	3	2	1
Antall personer	2	2	-

\*Input i tabellen gjelder for 1 stk garasje. Begge eneboligene har garasje som er medregnet i totale utslipp.

## 5.5 Referansebygg og prosjektert bygg

Modulen «Carbon designer» i One Click LCA er benyttet i beregningen for referansebyggene og prosjekterte bygg, men for prosjekterte bygg er arealer på bygningsdeler tilpasset prosjektet. Data som er benyttet i beregningene er på datakvalitetsnivå 2. Se kapittel 6 for mer informasjon.

For levetid på bygningsprodukter og antall utskiftninger er standardverdier fra One Click LCA benyttet. Referansebyggene og prosjekterte bygg omfatter de samme bygningsdelene og systemgrensene. Tabell 3 oppsummerer BTA, funksjoner og input benyttet i klimagassberegningene for referansebyggene og prosjekterte bygg. Se Figur 2 for navngiving av boligblokkene.

Tabell 3 - Arealer og benyttede input til klimagassberegningene for referansebygg og prosjektert bygg

Bygning	Hus A	Hus B	Hus C	P-kjeller
Levetid	60 år	60 år	60 år	60 år
Bruttoareal [m <sup>2</sup> BTA]	1075	751	564	1 213
Bygningstype	Boligblokk	Boligblokk	Boligblokk	Boligblokk
Bygningens funksjon	Boligblokk	Boligblokk	Boligblokk	P-hus
Tekniske og funksjonelle krav	TEK 17	TEK 17	TEK 17	TEK 17
Antall etasjer	3-4	3	3	1 (u.etg)
Antall personer	22	12	10	-

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

## 6 Data

Datakvalitet på nivå 1 og 2 er benyttet iht. NS 3720:2018. I hovedsak er det valgt generiske materialvalg for prosjektet.

### 6.1 Eksisterende bygninger

#### 6.1.1 Riving av eksisterende bygninger

##### *Materialer*

Materialmengder for eneboligene er utarbeidet ved hjelp av tilleggsfunksjonen «Carbon designer» i One Click LCA. Input er basert på informasjon mottatt fra ARK 06.09.2021 og «Kulturminne- og rivedokumentasjon» for Hjortevegen 4 og 6 utarbeidet i januar 2021. Det er lagt inn materialer for en enkel garasje for hver av eneboligene. Diverse andre uthus som lekehytte og hønsehus er ikke inkludert i beregningen da utslippene tilknyttet disse byggene antas som neglisjerbare.

##### *Riving og avhending*

Livsløpsfasene C1 til C4 er inkludert i beregningene. Utslipp fra riving og avhending er hentet fra generiske EPD'er i One Click LCA, samt beregning av klimagassutslipp fra riving. Klimagassutslipp fra riving av materialer er beregnet basert på bygningens areal i programvaren.

#### 6.1.2 Rehabilitering av eksisterende bygninger

Foruten materialer er input til livsløpsfasene lik som for referansebygget i neste kapittel. Beregningene for rehabilitering av eksisterende bygninger er utført på overordnet nivå da dette scenariet ikke er vurdert som aktuelt for prosjektet. I beregningene er det forutsatt at bærende konstruksjoner og konstruksjoner mot grunnen bevares og resten skiftes ut. Det forutsettes at underjordiske etasjer ikke er oppvarmet og forblir uoppvarmet etter rehabilitering.

#### 6.1.3 Energibruk i drift

Energibruk i drift er energikrav i TEK 17 hensyntatt byggets geometri. Her er det benyttet standardverdier og gjeldende byggteknisk forskrift for fordeling av varme- og kjølebehov.

#### 6.1.4 Transport i drift

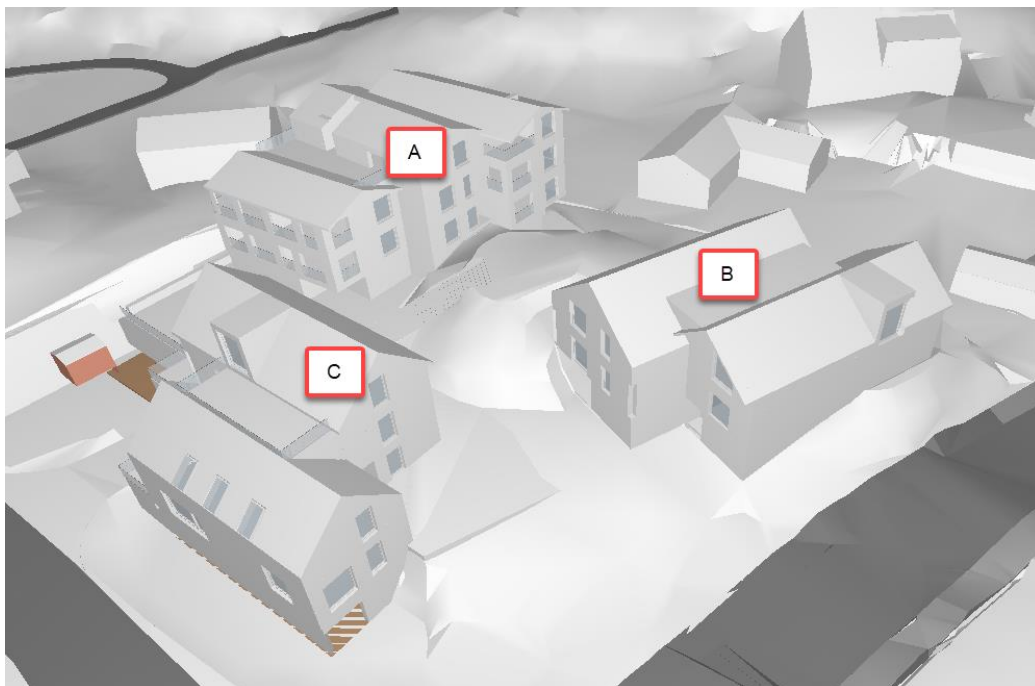
Det er benyttet predefinert scenario for transport i drift i Bergen kommune, men antall beboere og besøkende er tilpasset prosjektet. Utslippsfaktorer er iht. Vedlegg C i NS 3720:2018.

Tabell 4 - Parkeringstilgjengelighet og transportmiddelfordeling for eksisterende bygg

Hjortevegen 4 og 6						
Parkeringstilgjengelighet						1,0
Transportmiddelfordeling	Turer/ pers*dag	Bil	Buss	Skinne- gående	Gang/sykkel	
Arbeid	0,8	48 %	20 %	5 %	27 %	
Tjeneste	0,1	79 %	10 %	2 %	9 %	
Private turer	1,0	53 %	8 %	2 %	37 %	
Besøkende og brukere	2,0	53 %	8 %	2 %	37 %	

## 6.2 Referansebygg

Klimagassutslipp for referansebyggene er beregnet individuelt for hvert bygg iht. bygningsnavn gitt i Figur 2. Parkeringskjeller ligger under bygg B og C.



Figur 2 – Utklipp fra IFC-modell mottatt fra ARK 06.09.2021

### 6.2.1 Materialer

#### Materialmengder

Funksjonen «Carbon designer» i One Click LCA er benyttet for å utarbeide referansebyggene. Se Tabell 5 for arealer lagt til grunn i referansebygget.

Materialtyper er valgt av programvaren og er «typisk» materialtyper for bygningskategorien. Typiske materialvalg for leilighetsbygg er dekker av hulldekker, bæresystem av betong og stål, bærende vegger av betong og kledning av tegl og behandlet trevirke.

Tabell 5 – Input i Carbon designer for referansebyggene

	Hus A	Hus B	Hus C	P-kjeller
BTA [m <sup>2</sup> ]	1 075	751	564	1 213
Dekker [m <sup>2</sup> ]	806	501	376	0
Gulv på grunn [m <sup>2</sup> ]	269	250	188	1 213
Lastbærende innervegger [m <sup>2</sup> ]	0	0	0	0
Yttervegger [m <sup>2</sup> ]	670	489	442	0
Vinduer [m <sup>2</sup> ]	215	150	113	0
Tak [m <sup>2</sup> ]	269	250	188	1 213
Vegger mot terreng [m <sup>2</sup> ]	0	0	0	656
Innervegger (ikke lastebærende) [m <sup>2</sup> ]	2 404	1740	1508	0
Gulv/himling [m <sup>2</sup> ]	971	676	499	0
Balkonger/Svalganger [m <sup>2</sup> ]	108	75	56	0



Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

### Utslippsfaktor

Det er benyttet generiske EPD'er og generiske verdier beregnet av programvaren. Dersom dette ikke var tilgjengelig, eller dersom disse representerer en annen region enn der produktet er antatt å være produsert, ble det benyttet representative produktspesifikke EPD'er for andre produkter. Dette ble vurdert som representativt. Datakvalitet på nivå 2 er benyttet (samme for både produksjon og transport av varer).

### 6.2.2 Byggeplass

Utslipp fra byggeplass er inkludert i klimagassberegningene med generiske tall for Norden. Anlegg- og monteringsarbeid er basert på generiske EPD'er og byggeplass-scenarier for energibruk og drivstofforbruk i One Click LCA.

### 6.2.3 Utskiftning

Intervaller for utskiftning er basert på produktets levetid. Produktet erstattes med tilsvarende produkt.

### 6.2.4 Energibruk i drift

Energibruk i drift er energikrav i TEK 17 hensyntatt byggets geometri. Her er det benyttet standardverdier og gjeldende byggteknisk forskrift for fordeling av varme- og kjølebehov. Energibruk i parkeringsgarasjen er ikke inkludert, men det antas at denne vil være neglisjerbar, eksempelvis med belysning styrt etter tilstedeværelse.

### 6.2.5 Transport i drift

Det er benyttet predefinert scenario for transport i drift i Bergen kommune, men antall beboere og besøkende er tilpasset prosjektet. Utslippsfaktorer er iht. Vedlegg C i NS 3720:2018. Se Tabell 6 for input benyttet for beregning av utslipp tilknyttet transport i drift.

Tabell 6 - Parkeringstilgjengelighet og transportmiddelfordeling for referansebyggene

Referansebygg					
Parkeringstilgjengelighet	1,0				
Transportmiddelfordeling	Turer/ pers*dag	Bil	Buss	Skinne- gående	Gang/syssel
Arbeid	0,8	48 %	20 %	5 %	27 %
Tjeneste	0,1	79 %	10 %	2 %	9 %
Private turer	1,0	53 %	8 %	2 %	37 %
Besøkende og brukere	2,0	53 %	8 %	2 %	37 %

### 6.2.6 Riving og avhending

Livsløpsfasene C1 til C4 er inkludert i beregningene. Utslipp fra riving og avhending er hentet fra EPD'er.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

### 6.3 Prosjekterte bygg

Det er gjort et par endringer for prosjektet bygg fra referansebygget, endringene er beskrevet i dette delkapitlet.

#### 6.3.1 Materialer

Prosjekteringen av leilighetsbyggene er i tidligfase og det er derfor manglende prosjekteringsunderlag på enkelte områder. Funksjonen «Carbon designer» i One Click LCA er derfor benyttet for å utarbeide materialmengder og materialtyper for de ulike bygningsdelene. Arealer for de fleste bygningsdeler er tilpasset prosjektet, se Tabell 7. Arealene er basert på mål fra ARKs IFC-modell mottatt 06.09.2021. Det er også justert noe på materialtyper, dette gjelder følgende:

- Kledning endret fra 70 % teglkledning og 30 % trekledning til 100 % trekledning.
- Strukturelle hule stålprofiler, resirkuleringsgrad er endret fra 10 % til 20 %.
- Armering, resirkuleringsgrad er endret fra 90 % til 100 %.
- Informasjon om tomtebearbeiding foreligger ikke på nåværende tidspunkt, så klimagassutslipp fra byggeplassdrift er forutsatt iht. gjennomsnittlig scenario for energi- og drivstofforbruk på byggeplasser i Norden.

Tabell 7 – Input i Carbon designer for prosjekterte bygg

	Hus A	Hus B	Hus C	P-kjeller
BTA [m <sup>2</sup> ]	1 075	751	564	1 213
Dekker [m <sup>2</sup> ]	788	777	523	0
Gulv på grunn [m <sup>2</sup> ]	296	0	0	1213
Lastbærende innervegger [m <sup>2</sup> ]	0*	0*	0*	0*
Yttervegger [m <sup>2</sup> ]	762	537	389	102
Vinduer [m <sup>2</sup> ]	48	62	111	0
Tak [m <sup>2</sup> ]	381	365	314	1 213
Vegger mot terreng [m <sup>2</sup> ]	0	0	0	656
Innervegger (ikke lastbærende) [m <sup>2</sup> ]	2 404*	1740*	1508*	0*
Gulv/himling [m <sup>2</sup> ]	971*	676*	499*	0*
Balkonger/Svalgang [m <sup>2</sup> ]	61	26	69	0

\*Arealer generert direkte fra Carbon Designer

#### 6.3.2 Byggeplass

Utslipp fra byggeplass er inkludert i klimagassberegningene med generiske tall for Norden. Anlegg- og monteringsarbeid er basert på generiske EPD'er og byggeplass-scenarier for energibruk og drivstofforbruk for fossilfri byggeplass i One Click LCA.

Rev 02: Klimagassberegningen er supplert til å inkludere massehåndtering ifm. tomteopparbeidelse. ARK har i e-post datert 26.09.2023 estimert at gravde sprengte masser ifm. grunnarbeid utgjør 15 353 m<sup>3</sup> og 11 428 m<sup>3</sup> av dette skal transporteres bort fra byggeplass.

Iht. arealressurskartet fra NIBIO (AR5) ligger tomten i arealbrukskategori *Utbygd areal* og det er følgelig ikke beregnet klimagassutslipp som følge av naturinngrep/arealbruksendringer.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

### 6.3.3 Energibruk i drift

Energiberegninger er ikke utført for prosjektert bygg på nåværende tidspunkt, så energibruk er følgelig antatt lik som for referansebyggene.

### 6.3.4 Transport i drift

Det er tatt utgangspunkt i predefinert scenario for transport i drift i Bergen kommune, men turer/pers\*dag og reisemiddelfordeling er tilpasset reisevaneundersøkelsen i *Trafikkanalyse Skjold* fra Asplan Viak datert 02.07.2021. Det er valgt å bruke et gjennomsnitt av grunnkretssammensetningene "Skjold sentralt" og "Studieområdet" vist i figur 3-7 av rapporten. Rapporten påpeker at feilmarginene er betydelige, men Multiconsult vurderer denne studien til å være mer representativ enn standard transportmiddelfordeling for Bergen kommune. Antall beboere, besøkende og parkeringsdekning er tilpasset prosjektet.

Utslippsfaktorer er iht. «norsk gjennomsnittsbil» i Vedlegg C i NS 3720:2018 iht. veileder for klimagassberegninger jf. Krav i KPA 2018. Dette tilsvarer «dagens gjennomsnitt» i One Click LCA, og er en konservativ antagelse for en tidsperiode på 60 år. Se Tabell 8 for input benyttet for beregning av utslipp tilknyttet transport i drift.

Tabell 8 - Parkeringstilgjengelighet og transportmiddelfordeling for prosjekterte bygg

Prosjekterte bygg					
Parkeringstilgjengelighet	0,6				
Transportmiddelfordeling	Turer/ pers*dag	Bil	Buss	Skinne- gående	Gang/syssel
Arbeid	0,67	57 %	6 %	11 %	26 %
Tjeneste	0,08	64 %	13 %	10 %	13 %
Private turer	0,83	57 %	6 %	11 %	26 %
Besøkende og brukere	1,67	57 %	6 %	11 %	26 %

## 7 Scenarioer

Iht. NS 3720:2018 er det obligatorisk å beregne klimagassutslippet ved bruk av to ulike scenarioer for elektrisitet.

- Scenario 1 – NO
- Scenario 2 – EU28 + NO: Europeisk forbruksmiks. Gjennomsnittet av den europeiske forbruksmiksen de siste 3 årene med en lineær funksjon til nær nullutslipp i 2050.

Scenario 1 – NO er basert på gjennomsnittet av den norske forbruksmiksen de siste 3 årene, med en lineær funksjon til nær nullutslipp i 2050. I praksis er Norge en del av et utvidet nettverk med el-kabler til flere andre land i Europa. Scenario 2 – EU28 + NO er derfor gjennomsnittet av den europeiske forbruksmiksen de siste 3 årene, med en lineær funksjon til nær nullutslipp i 2050.

Scenario 1 er benyttet i klimagassberegningene.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

## 8 Resultater

### 8.1 Eksisterende bygninger

#### 8.1.1 Rehabilitering av eksisterende bygninger

Klimagassutslipp fordelt på de ulike livsløpsfasene er vist i Tabell 9.

Tabell 9 - Klimagassutslipp for rehabilitering av eksisterende enebolig fordelt på livsløpsfase

Livsløpsfase	Totalt (tonn CO <sub>2</sub> -ekv.)	Per BTA (kg CO <sub>2</sub> -ekv./m <sup>2</sup> BTA)
A1-A3 Materialer	16	40
A4 Transport	0,2	0,5
A5 Konstruksjon	9	24
B4-B5 Utskiftning	6	16
B6 Energi	13	32
B8 Transport i drift	557	1 402
C1-C4 Slutten på livet	8	19
<b>Totalt</b>	<b>609</b>	<b>1 534</b>

Totalt utslipp for alle livsløpsfasene som er inkludert i beregningen er 609 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. som tilsvarer 1 534 kg CO<sub>2</sub> ekv./m<sup>2</sup> BTA og 2 538 kg CO<sub>2</sub>-ekv./person/år.

Biogent karbon er ikke inkludert i resultatene i tabellen over. Det er omtrent 16 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. lagret i materialene, som følge av at trær opptar karbon når de vokser. Alt eller deler av dette vil slippes ut igjen som karbondioksid ved avfallshåndtering, avhengig av type behandling det får.

#### 8.1.2 Riving av eksisterende bygninger

Riving av eksisterende bygninger har et totalt klimagassutslipp på 8 tonn, som tilsvarer 19 kg CO<sub>2</sub> ekv./m<sup>2</sup> BTA .

### 8.2 Referansebygg

Klimagassutslipp fordelt på de ulike livsløpsfasene for referansebygget er vist samlet i Tabell 10. Riving av eksisterende bygninger er medregnet i A5.

Tabell 10 - Totalt klimagassutslipp for de fem referansebygningene fordelt på livsløpsfase

Livsløpsfase	Totalt (tonn CO <sub>2</sub> -ekv.)	Per BTA (kg CO <sub>2</sub> -ekv./m <sup>2</sup> BTA)
A1-A3 Materialer	1 110	308
A4 Transport	32	9
A5 Konstruksjon	130	36
B4-B5 Utskiftning	153	43
B6 Energi	124	34
B8 Transport i drift	6 123	1 699
C1-C4 Slutten på livet	68	19
<b>Totalt</b>	<b>7 739</b>	<b>2 148</b>

Totalt utslipp for alle livsløpsfasene som er inkludert i beregningen er 7 739 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. som tilsvarer 2 148 kg CO<sub>2</sub> ekv./m<sup>2</sup> BTA og 2 931 kg CO<sub>2</sub>-ekv./person/år.

Biogent karbon er ikke inkludert i resultatene i tabellen over. Det er omtrent 132 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. lagret i materialene.

Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

### 8.3 Prosjekterte bygg

Klimagassutslipp fordelt på de ulike livsløpsfasene er vist i Tabell 11, riving av eksisterende bygninger og massehåndtering ifm. tomteopparbeidelse er medregnet i A5.

Tabell 11 - Klimagassutslipp for prosjekterte bygg fordelt på livsløpsfase

Livsløpsfase	Totalt (tonn CO <sub>2</sub> -ekv.)	Per BTA (kg CO <sub>2</sub> -ekv./m <sup>2</sup> BTA)
A1-A3 Materialer	1 029	286
A4 Transport	31	9
A5 Konstruksjon	156	45
B4-B5 Utskiftning	153	43
B6 Energi	124	34
B8 Transport i drift	5 452	1 513
C1-C4 Slutten på livet	67	19
<b>Totalt</b>	<b>7 013</b>	<b>1 949</b>

Totalt utslipp for alle livsløpsfasene som er inkludert i beregningen er 7 013 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. som tilsvarer 1 949 kg CO<sub>2</sub> ekv./m<sup>2</sup> BTA og 2 656 kg CO<sub>2</sub>-ekv./person/år.

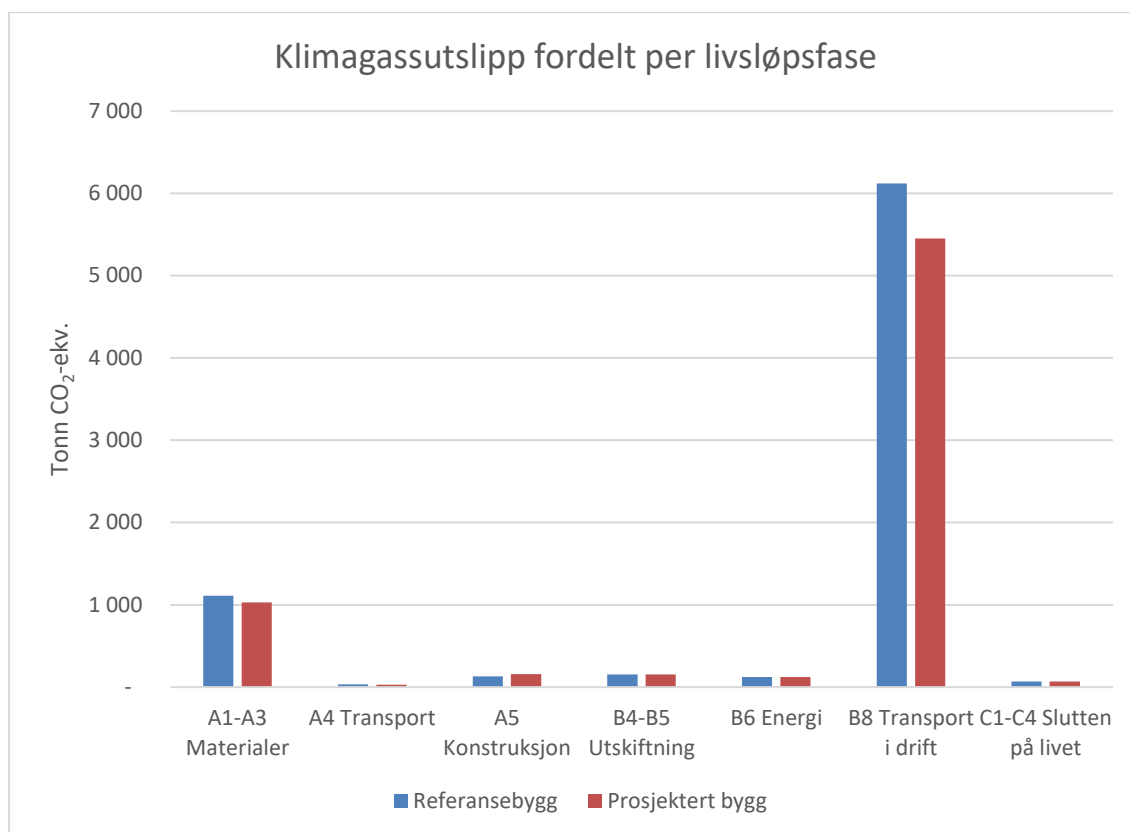
Biogent karbon er ikke inkludert i resultatene i tabellen over. Det er omtrent 162 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. lagret i materialene.

### 8.4 Sammenligning

Klimagassutslipp for de ulike livsløpsfasene er vist i Figur 3. Ser en på alle de inkluderte livsløpsfasene oppnår prosjekterte bygg en reduksjon på 9 % sammenlignet med referansebyggene. Denne reduksjonen tilsvarer omtrent 726 tonn CO<sub>2</sub>-ekv.

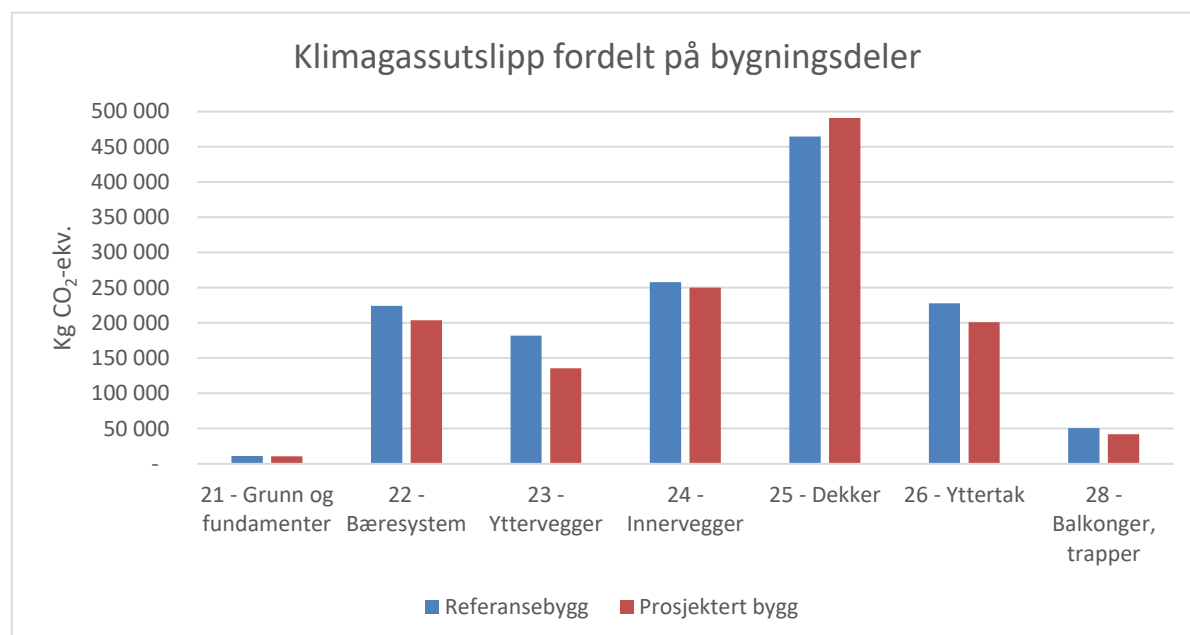
Det er tydelig at livsløpsfasen B8 Transport i drift står for høyest klimagassutslipp av de inkluderte fasene. Det er som tidligere omtalt valgt en konservativ utslippsfaktor iht. veileder for klimagassberegninger jf. krav i KPA 2018. En mer realistisk forutsetning hadde vært å anta en utslippsfaktor som representerer et forventet gjennomsnitt de neste 60 år. Samtidig som at transport i drift står for en stor del av utslippene, er det også forbundet med en stor usikkerhet da utslippene her avhenger bl.a. av antall brukere av bygget som ofte har en stor usikkerhet knyttet til seg.

## Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg



Figur 3 - Klimagassutslipp fordelt over livsløpsfase

Klimagassutslipp fordelt over bygningsdeler er vist i Figur 4 og Tabell 12. For materialer har prosjekterte bygg og referansebygg relativt likt klimagassutslipp, men prosjekterte bygg har 6 % lavere utslipp som tilsvarer omtrent 85 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. over byggets livsløp.



Figur 4 - Klimagassutslipp fordelt over bygningsdeler

## Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

Tabell 12 - Klimagassutslipp fordelt per bygningsdel i kg CO<sub>2</sub>-ekv.

Bygningsdel	Referansebygg	Prosjektert bygg	Eksisterende bygninger
21 - Grunn og fundamenter	11 274	10 608	185
22 - Bæresystem	224 010	203 596	660
23 - Yttervegger	181 991	135 734	8 509
24 - Innervegger	258 018	250 307	7 800
25 - Dekker	464 746	491 098	9 166
26 - Yttertak	228 055	200 891	4 487
28 - Balkonger, trapper	50 596	41 947	1 220

Mest medvirkende materialer for prosjekterte bygg er betong, hulldekker og stål.

## 8.5 Følsomhetsanalyse

Det er utført en følsomhetsanalyse for energibruk i drift ved å vurdere scenario 2 iht. NS 3720:2018 for energibruk i drift (B6). Resultatet fra følsomhetsanalysen er vist i Tabell 13. Sammenligner en utslipp fra energibruk i drift med norsk forbruksmiks (Tabell 9 for rehabilitering av eksisterende bygg og Tabell 11 for prosjektert bygg), ser en at europeisk forbruksmiks medfører at utslippene blir ca. 10 ganger høyere.

Tabell 13 - Følsomhetsanalyse for energibruk i drift ved å benytte scenario 2 i NS 3720:2018

Bygg	Tonn CO <sub>2</sub> -ekv.	Kg CO <sub>2</sub> -ekv./m <sup>2</sup> BTA
Rehabiliterede bygninger	128	339
Referansebygninger/prosjektert bygninger	1 277	354

## 9 Vurdering

### 9.1 Sammenligning referansebygg

Ser man på prosjektet som helhet, inklusiv alle livsløpsfaser, oppnår prosjektet en samlet reduksjon på 9 % sammenlignet med referansebygget. Dette tilsvarer omtrent 726 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. Dette er i hovedsak grunnet tiltak for å begrense transport i drift. Tiltakene utført er begrenning av parkeringsdekning og plassering nær kollektivtransport.

Transport i drift utgjør den største andelen av de totale utslippene, omtrent 78 %. Dette er hovedsakelig grunnet at det er brukt en konservativ utslippsfaktor for transportmidlene iht. veileder for klimagassberegninger til KPA 2018. Her tar man utgangspunkt i en høy andel fossile kjøretøy over en analyseperiode på 60 år og tar ikke høyde for allerede gjennomført og forventet elektrifisering. En mer realistisk forutsetning hadde vært å anta en utslippsfaktor som representerer et forventet gjennomsnitt de neste 60 år.

Klimagassutslipp tilknyttet materialer er relativt likt for prosjektert bygg og referansebygget, men beregningen viser at prosjekterte bygg har et klimagassutslipp som er 85 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. lavere enn referansebyggene, som tilsvarer en reduksjon på omtrent 6 %. Dette skyldes blant annet at det er lagt inn 100 % trekledning på prosjekterte bygg, mens referansebyggene har 70 % tegkledning og 30 % trekledning, noe som resulterer i høyere klimagassutslipp.

Lab Eiendom har enda ikke tatt stilling til valg av materialer og kommer til å vurdere materialer med lavere klimagassutslipp etter hvert som prosjektet tar form.

## 9.2 Usikkerhet

Det er noe usikkerheter ved resultatet fra beregningene. Blant annet er beregningene utført i tidligfase med kun arkitektmodellen og det er på nåværende tidspunkt ikke gjort vurderinger av materialvalg. Det vil derfor kunne være avvik fra faktiske mengder sammenlignet med benyttede mengder i prosjektet. Multiconsult vurderer fortsatt resultatet som representativt for prosjektet.

Valg av generiske produkter vil også føre til en større usikkerhet, da disse vurderes som konservative. Generiske CO<sub>2</sub>-verdier benyttet i beregningene skal gjenspeile et gjennomsnitt i Norge og i Europa. På dette tidspunktet er det riktig å bruke i hovedsak generiske utslippsfaktorer siden valg av materialprodusent for alle materialene ikke er vedtatt. Generiske utslippsfaktorer ligger i hovedsak høyere enn tilsvarende produktspesifikke EPD'er.

Det er usikkerheter ved resultatene knyttet til energibruk i drift. Det er ikke utført energiberegninger enda for prosjektet, og følgelig vil levert energi i beregningene kunne avvike fra faktisk levert energi. Multiconsult vurderer fortsatt resultatet som representativt for prosjektet.

## 9.3 Valg mellom riving og bevaring

Alternativene vurderes opp mot hverandre, med følgende scenario iht. veileder i KPA2018:

- Alternativ 1: Bevare og rehabilitere eksisterende bygninger
- Alternativ 2: Rive eksisterende bygninger og oppføre nybygg

Alternativ 1 har betydelig lavere klimagassutslipp totalt sett for livsløpet enn alternativ 2. Dette er i hovedsak grunnet ulikt areal for de to byggene (378 m<sup>2</sup> BTA vs. 3 603 m<sup>2</sup> BTA) og dermed ulike materialmengder og totalt energi- og transportbehov i driftsfase.

Totalt utslipp bør ikke benyttes som eneste faktor for valg mellom de to alternativene, da det er viktig å sammenligne alternativene per funksjonell enhet og per person. Vurderes alternativene opp mot hverandre per funksjonell enhet (per m<sup>2</sup> BTA) vil klimagassutslippene knyttet til alternativ 2 være 26 % høyere enn alternativ 1. Ser en på forskjell i klimagassutslipp per person per år vil alternativ 2 ha 4 % høyere klimagassutslipp enn alternativ 1.

For bevaring og rehabilitering er det forutsatt i beregningene at eksisterende klimaskall etterisoleres iht. krav i TEK 17, overflater utskiftes for å modernisere byggene, men at bærende konstruksjoner bevares. Det er ikke utført en tilstandsanalyse, så faktisk tilstand til forutsatte bevarte konstruksjoner er ikke vurdert i disse beregningene.

## 9.4 Eiendommens egnethet

I forbindelse med arealbruk er det positivt å gjenbruke en allerede opparbeidet tomt, i stedet for å beslaglegge ytterligere areal. Leilighetsbygg er arealeffektive sammenlignet med eneboliger. Det vil imidlertid være noe inngrep som medfører nedbygging av karbonlagre og reduksjon av biologisk mangfold.

## 9.5 Energiproduksjon

Energiambisjoner er foreløpig ikke avklart i prosjektet og klimavennlig energiforsyning vil kartlegges på et senere tidspunkt. Prosjektet ligger utenfor konsesjonsområdet for fjernvarme. I foreliggende beregning er det forutsatt bruk av luft-vann varmepumpe.

## 9.6 Beliggenhet og mobilitetsløsninger

Prosjektet er lokalisert nær kollektivtransport, med 300 m gangavstand til bybane linje 1. Det er også gode sykkelveier i området, som planlegges oppgradert ifm. prosjektet E39 Sykkelstamveg Bergen. Dagligvarebutikk og frisørsalong er nærmeste nabo til prosjektet og det er kort vei til Lagunen Storsenter.



Klimagassberegninger nybygg og eksisterende bygg

## 9.7 Funksjonalitet og arealeffektivitet

Detaljer rundt funksjonalitet er foreløpig ikke kjent. Dette vil utredes ved et senere tidspunkt.

## 9.8 Utslippsreducerende tiltak

Tabell 14 gir en oversikt over mulige utslippsreducerende tiltak på en mer generell basis.

Tabell 14 - Generelle utslippsreducerende tiltak

Prioritering	Materiale	Tiltak	Forklaring
↓	Ombruk/ gjenbruk	Hele bærekonstruksjon, betongelementer (dekke, trapper o.l.), tegl, stålelementer osv.	Ombruk/gjenbruk i eget prosjekt fra eksisterende bygningsmasse på stedet eller fra naboprojekter. Ombruk og rehabilitering er av de mest klimaeffektive tiltakene som finnes!
	Massivtre	Hele bæresystemet, dekker, kledning, interiør	Å benytte tre er et svært effektivt utslippsreducerende tiltak. Å bytte ut betong og stål med tre, gir store reduksjoner i klimagassutslipp.
	Betong	Redusere betongvolum	Valg av konstruksjonsutforming, spennvidder og tverrsnittsdimensjoner har stor betydning for det totale betongforbruket. Benytte hulldekker o.l.
		Benytte lavkarbonbetong, både prefabrikkert og plaststøpt	Lavkarbonbetong B er i store deler av landet standard. Lavkarbonbetong A er litt mer ambisiøst, men nokså vanlig og ikke nødvendigvis fordyrende. Lavkarbon Pluss og Ekstrem er mer ambisiøst, men vil også gi langt større utslippsreducerende effekt.
		Benytte lavvarmebetong	Lavvarmebetong blir ofte «automatisk» lavkarbonbetong.
		Valg av riktig fasthetsklasse og eksponeringsklasse	Velg så lav fasthetsklasse og eksponeringsklasse som mulig. I mange tilfeller er B20 eller B25 tilstrekkelig for å ivareta bæreevne.
	Stål (og andre metaller)	Redusere volum/mengde	Metaller er energikrevende og dermed kilder til klimagassutslipp. Redusere mengder og velg slanke løsninger.
		Benytte stål med så høy resirkuleringsgrad som mulig	Høy resirkuleringsgrad har stor effekt ettersom produksjon av jomfruelig stål er svært energikrevende. Velg alltid produkter med høyest mulig andel resirkulert materiale.

## 10 Konklusjon

Nye boligblokker har et totalt klimagassutslipp på 7 013 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. beregnet over 60 år levetid. Prosjekterte bygg oppnår en 9 % reduksjon av klimagassutslipp sammenlignet med referansebyggene, total reduksjon er omtrent 726 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. I forbindelse med arealbruk er det positivt å gjenbruke en allerede opparbeidet tomt, i stedet for å beslaglegge ytterligere areal.

Klimagassutslippene er beregnet ved hjelp av programmet One Click LCA. Beregningene er utført i en tidligfase i prosjektet og er utført iht. NS 3720:2018 og iht. veileder for klimagassberegninger i KPA 2018 for Bergen kommune.

Det oppfordres til å aktivt arbeide med å redusere klimagassutslipp i videre prosjektering og byggefase. Utslippene kan reduseres ved å blant annet vurdere materialmengder, benytte lavutslippsmaterialer, energiambisjon og energiproduksjon.