

Klimagassregnskap Barliveien 21 (Skjenhaugane)

Oppdrag 16200581
Kunde Opphus AS

Revisjon 21.12.2023
Opprettet av Sandra Heese Elbe
Kontrollert av



Revisjoner

Revisjon	Dato	Kommentar	Utført	Kontrollert	Godkjent
1	23.12.22		Sandra Heese Elbe	03.01.22	AFL - 09.01.2023
2	20.01.23	[Tekst]	Sandra Heese Elbe	[Dato]	[Dato]
3	17.04.23	REV 02 iht Bergen Kom.	Sandra Heese Elbe	17.04.23	AFL – 17.04.2023
4	21.12.23	REV 03 iht Bergen Kom.	Sandra Heese Elbe	03.01.24	SOB – 03.01.24

SAMMENDRAG

Dette notatet omhandler revidert rapport på klimagassberegninger for prosjektet boligutvikling i Barliveien 21, Bergen.

Hensikten med notatet er å vise foreløpige klimagassutslipp for Barliveien 21 og anbefale strategier for å redusere klimafotavtrykket til prosjektet som helhet.

Anbefalinger for å redusere klimafotavtrykket er gjort med bakgrunn i alternativvurderinger av byggeprinsipp (konstruksjonsprinsipp og valg av materialer) og en alternativvurdering av energikonsepter for de planlagte bygningstypologiene boligblokk, enebolig og rekkehus. Nedenfor er en oversikt over de beregnede totale utslippene for prosjektet gitt prosjekteringsunderlag 16.12.2022:

Prosjektets totale utslipp per typologi	Boligblokk	Rekkehus	Enebolig	Totalt
tonn CO ₂ e over 60 år	3429	6337	4594	14361
kg CO ₂ e/ m ²	936	918	582	778
kg CO ₂ e/ år/ person	762	903	1215	939

*resultatene i tabellen over forutsetter norsk-europeisk utslippsfaktor fra elektrisitet

Totalt utslipp per typologi - fordelt på de ulike modulene	Boligblokk	Rekkehus	Enebolig	Totalt
Produktstadiet A1-A3	624	971	944	2539
Transport A4	21	24	27	72
Gjennomføringsstadiet A5	59	73	74	206
Utskifting B4-B5	113	149	100	362
Energi i drift NO + EU 28 + solceller på boligbl.	917	2484	1981	5382
Energi i drift NO	111	235	187	533
Transport i drift B8	1654	2573	1392	5619
Livsløpets sluttstadium C1-C4 (riving, transport, avfallshåndtering)	41	64	76	181

*tabellen over viser kun resultater for anbefalt VP berg vann/vann

Prosjektets samlede utslipp	Material	Energi	Transport	Totalt
tonn CO ₂ e over 60 år	3360	5382	5619	14361
kg CO ₂ e/ m ²	182	292	304	778
kg CO ₂ e/ år/ person	220	352	367	939

Materialbruk – innledende vurderinger og anbefalinger

Innledende beregnet utslipp fra material i prosjektet er 220 kgCO₂e/år/pers. og 182 kg CO₂e/m² BTA.

Utslipp fra materialer utgjør ca 1/4 del av de totale utslippene i prosjektet og de største utslippene fra materialer skjer i forbindelse med produksjonsfasen A1-A3. Det betyr at de største utslippskuttene fra materialer oppnås ved enten å benytte andre materialer med lavere utslipp fra produksjon, eller bruke lavkarbonalternativer innenfor samme materialgruppe.

Det vil i videre prosjektering jobbes systematisk med valg av materialer, deretter velges produkter og settes krav til terskelnivå på utslipp (velge lavkarbonalternativer) innenfor særlig de store materialgruppene i prosjektet. Materialgruppene som det anbefales å stille krav til er: betong (dekker), armeringsjern, isolasjon, glass i vinduer og balkongdører og gipsplater.

Ombruk – innledende vurderinger og anbefalinger

På tomten står det per i dag 2 kontorbygg/næringsbygg på 2 etasjer, 2 lagerbygninger og 1 parkeringskjeller under parkeringsplasser på terreng i øst. En stor del av arealet benyttes til overflateparkering og overflatelagring. Vurdering om riving eller bevaring av eksisterende bygningsmasse på eiendommen er utført. Det skal videre utredes mulighet for rehabilitering og ombruk av eksisterende parkeringskjeller samt fundament ved integrering i den nye boligstrukturen. Gjenbruk av hele bygg over bakken konkluderes med å ikke være hensiktsmessig siden arealer ikke er fleksibelt nok for å transformeres til boligformål samtidig som tilstanden er for dårlig.

Derimot kan ombruk av enkelte elementer og materialer føre til betydelige besparelser med sikt på både bundet klimagassutslipp og redusert nykjøp av ressurser samt besparelser på utførelse, transport og avfallshåndtering. Potensialet for dette ble nærmere undersøkt i en innledende ombrukskartlegging, se vedlegg 05. I resulterende ombruksrapport (vedlegg 06) omtales funn på bygningsdeler og materialer som anbefales ombrukt i det nye prosjektet på eiendommen eller i andre prosjekter. Potensialet på besparelse av klimagassutslipp ligger på inntil **111** tonn CO₂e ved ombruk av bygningselementer og ytterlige **222** tonn CO₂e ved ombruk av alle betong- / og granittelementer som er lagret uthomhus per i dag.

En grundig ombrukskartlegging der mulighetene for ombruk av enkelt elementer av bygningene (som rives) undersøkes av relevante fagressurser kan føre til ytterlige besparelser. Til eksempel ville en direkte gjenbruk av stålkonstruksjoner fra lagerhallene på henholdsvis 570 m² og 330 m² føre til en materialbesparelse på ca 70 tonn CO₂e.

Ser man på ombruk av hele eksisterende parkeringskjeller viser beregningen at dette vil kunne føre til en utslippsreduksjon for fundamentering og grunnkonstruksjoner på ca 175 tonn CO₂e.

I og med at eiendommen er flatet ut fra før må det ikke graves ut store mengder med masser. For landskapsutformingen kan det derfor oppstå behov for å tilføre prosjektet fyllmasser, noe som igjen medfører økt klimagassutslipp for transport av byggematerialer. Dette vil være en målsetting for prosjektet å jobbe mot å lokalisere muligheter for å få kortest mulig transport for masser som må tilføres til tomten. I systematisk bruk av landskapselementer som per i dag lagres på eiendommen ligger det stort potensiale for besparelse av ressurser, transport og klimagass.

Til eksempel kan **granittkantstein** og de lagrete granitemnene i foreliggende dimensjoner eller ved tilsvarende bearbeidelse brukes til prosjektets landskapsutforming. I og med at det finnes betraktelig kvanta av disse på eiendommen kan omfattende ombruk føre til en betydelig besparelse av ressurser og klimagass i prosjektet.

Energibruk – innledende vurderinger og anbefalinger

Innledende beregnet utslipp fra energi i drift (B6) er 352 kgCO₂e/år/pers. og 292 kg CO₂e/m².

Energibruk i drift utgjør omtrent 2/5 deler (38%) av prosjektets totale utslipp over 60 år. Den største reduksjonen i utslipp på omkring 40% sammenliknet med referanseberegningen stammer fra energibruk i drift som følger av bruk av varmepumpe med bergvarme som kilde. Videre er det planlagt solkraft produksjon på bygg A som skal designes for å dekke andeler av energibruk til sentral energiforsyning (varmepumper), og el-bruk i blokk A. Valg av energiforsyning og tekniske løsninger har med andre ord stort utslag for de totale klimagassutslippene til prosjektet.

Når prosjektet videreutvikles, bør klimagassberegningen revideres og konsekvens for klimagassutslipp vurderes. Valg av andre forutsetninger for energi vil kunne gi andre resultater. Alle tiltak som reduserer oppvarmings- og el-behov til byggene, som f.eks. energieffektiviseringstiltak, vurdering av lokal energiproduksjon (solceller el.) og å benytte seg av alternative fornybare energileveranser vil kunne redusere utslipp fra energibruk i drift ytterligere.

Mobilitet/ transport – innledende vurderinger og anbefalinger

Innledende beregnet utslipp fra transportbruk (B8) er omkring 367 kgCO₂e/år/pers. og 304 kg CO₂/m².

Utslipp fra transport utgjør omtrent 2/5 deler (39%) av de totale utslippene fra prosjektet. Sammenliknet med full parkeringsdekning reduseres utslipp fra transportbruk for de prosjekterte byggene med ca. 27 % som følger av en betrakkelig lavere p-dekningsgrad i prosjektet.

Byggets plassering og tomtevalg er allerede gitt, og kollektivtilbud i område er gitt. Siden det allerede er begrenset parkeringsdekning i prosjektet og det er lagt til rette for sykkelparkering i kjeller og ladestasjoner for el, vurderes at tiltak for reduserte utslipp fra transport er godt ivaretatt. Det vurderes derfor at ytterligere tiltak vil kunne gi noe, men ikke betraktelige reduksjoner i utslipp.

I tillegg til klimagassutslipp er det andre forhold som må inngå i vurderingen, iht. veilederen for klimagassberegninger:

- Eiendommens egnethet med tanke på å unngå nedbygging av karbonlager (myr skog mv.), reduksjon av biologisk mangfold og stor tomtebearbeiding: Tomten er allerede nedbygd og har liten verdi som karbonlager. Behovet for tomtebearbeiding er minimalt.
- Industritomten ligger «... som ett sår i landskapet, inngjerdet og utilgjengelig. Området fremstår som en barriere som hindrer kontakt med naturområdene sør og avbryter turstien rundt tjernet. Aktiviteten på industritomten har vært til skade for terreng, dyr og planter. Blant annet har avrenning fra området til tjernet har bidratt til forurensing og påfølgende gjengroing av tjernet.» Med sikt på naturinngrep har prosjektet til mål å «reparere skader, utfylle mangler og tilføre nye kvaliteter.»

Innhold

1	Innledning	6
2	Barliveien (Skjenhaugane) prosjektbeskrivelse	6
3	Metode og sentrale inndata	7
4	Utslipp fra materialer	7
4.1	Forutsetninger og beregningsalternativer	7
4.2	Utslipp fra riving av eksisterende bygninger	8
4.3	Boligblokker	9
4.4	Rekkehus	11
4.5	Enebolig	12
4.6	Alle bygg	13
5	Utslipp fra energi i drift	14
5.1	Forutsetninger og beregningsalternativer	14
5.2	Boligblokker - felt A	15
5.3	Rekkehus – felt B-F	16
5.4	Enebolig – felt G	16
5.5	Alle bygg	17
6	Utslipp fra transport i drift	19
6.1	Forutsetninger og beregningsalternativer	19
6.1.1	Prosjektert	19
6.1.2	Referanse	20
6.2	Utslipp transport totalt	20
7	Totale utslipp for bygningsmaterialer, energibruk og transport i drift	22
7.1	Sammenstilling av resultater	22
7.2	Vurderinger og råd til videre prosjektering	23
8	Konklusjon	24

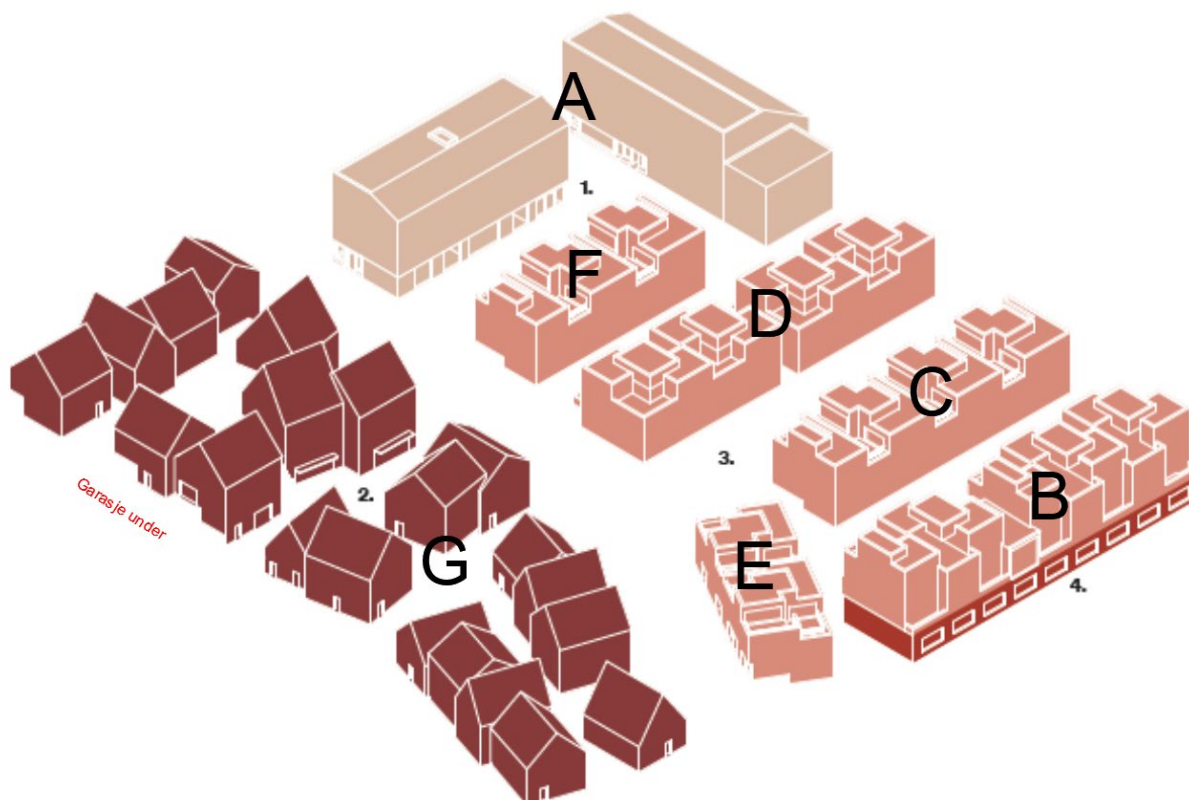
1 Innledning

Dette notatet er revisjon 03 på klimagassberegninger for prosjektet boligutvikling i Barliveien 21, Bergen. Prosjektet er i reguleringsfasen, rapporten skal kvalitetssikres og det må forventes oppdateringer av regnskapet. Hensikten med notatet er å vise foreløpige klimagassutslipp for Barliveien 21 som gir en indikator på forventede utslipp av designet og anbefale strategier for å redusere klimafotavtrykket til prosjektet som helhet.

Notatet beskriver først prosjektet og hvilke forutsetninger for beregningene som ligger til grunn. Deretter presenteres vurderinger av utslippene for ulike designstrategier for bygningstyper og energikonsept. Til slutt gis det en anbefalt strategi og forslag til videre designtiltak for å redusere klimafotavtrykket til prosjektet som helhet.

2 Barliveien (Skjenhaugane) prosjektbeskrivelse

En eksisterende industritomt i Barliveien/ Fyllingsdalen ønskes transformert til boligområde. Formålet er å utvikle eiendommen med ulike typer boligbebyggelse som på felt A - boligblokk, felt B til F - rekkehus og felt G – enebolig, se figur 1.



Figur 1: Skjema boligtyper (LINK Arkitektur)

Konstruksjonsprinsippene og materialvalg gjenspeiles i bygningstypologiene samtidig som alternative materialkonsepter skal belyses i klimaregnskapet.

3 Metode og sentrale inndata

Metodikken for klimagassberegningen er basert på omfang og retningslinjer definert i «Veileder for klimagassberegninger» v2020, jf. krav i KPA 2018 for Bergen kommune. For å beregne prosjektets klimagassutslipp er det benyttet beregningsprogrammet One Click LCA. Dette verktøyet er lisensbasert og er kompatibel med den norske standarden NS 3720 Metode for klimagassberegninger for bygninger.

Klimagassregnskapet inkluderer bygging, vedlikehold, drift og avhending av bygget. Systemgrensene for byggematerialene er vugge til port (A1-A3), transport til byggeplass (A4), kapp og svinn fra byggeplass (inkludert i A5), energibruk og avfall fra byggeplass (inkludert i A5) samt utskiftning (B1-B5) og avhendingsfase (C1-C4). Det er også gjort beregninger for energibruket i drift (B6) og transport i drift (B8). Omfanget for beregningen er definert til «basis med lokalisering» iht. NS 3720:2018. Bygningens levetid er antatt 60 år.

Sentrale inndata for klimagassberegningen av boligblokkene, rekkehusene og eneboligene er som følger:

Bygningskategori	Boligblokk (A)	Rekkehus (B-F)	Enebolig (G)
BTA, inkludert kjeller	3663 m ² BTA	6904 m ² BTA	7895 m ² BTA
BRA	3251 m ² BRA	5906 m ² BRA	6965 m ² BRA
BRA oppvarmet inkludert bod	2624 m ² BRA oppvarmet	3684 m ² BRA oppvarmet	4137 m ² BRA oppvarmet
Antall etasjer	4 etg + 1 etg kjeller	3 etg + 1 U-etg felt B	3 etg + 2 etg kjeller
Antall boenheter	25 stk	39 stk	21 stk
Antall personer	75 pers (antatt 63 over 13 år)	117 pers (antatt 98 over 13 år)	63 pers (antatt 53 over 13 år)
Dekningsgrad p-plasser prosjektert bygg	Basert på krav i Bergen KPA 2018: 6-12 p-plasser per 1000 m ² BRA bolig.		

Det er ikke utført beregninger for flere transportscenarier utover scenario der full dekningsgrad for p-plasser sammenliknes med redusert dekningsgrad som følger kravene til Bergen kommune KPA.

4 Utslipp fra materialer

Utslipp fra materialer stammer fra produksjon (A1-A3), gjennomføring (A4-A5), utskifting, vedlikehold (B4-B5) og endt levetid (C1-C4) etter 60 år.

Levetiden til materialene i beregningene er satt til det som er standard i One Click LCA.

Avstand for transport av materialer fra produsent til byggeplass er satt til det som er standard i One Click LCA.

4.1 Forutsetninger og beregningsalternativer

Beregningsalternativer

For de tre bygningstypologiene boligblokk, rekkehus og enebolig er det gjennomført beregninger av utslipp fra materialer med følgende foreløpig planlagt utførelse:

1. Boligblokk som prosjektert med antatt konstruksjon og hovedoppbygging i massivtre.
2. Rekkehus som prosjektert med antatt konstruksjon og hoved oppbygging i stenderverk.
3. Enebolig som prosjektert med antatt konstruksjon og hoved oppbygging i stenderverk.

Utforming av bygningene

Utformingen av de prosjekterte bygningstypene er basert på materialmengder hentet fra ARK modell 21.12.22. For hver typologi er det foreslått en oppbygging og konstruksjons/ byggeprinsipp som antas å være hensiktsmessige alternativer til en standard referansebygg innenfor samme typologi dersom målet er å redusere klimafotavtrykket til prosjektet som helhet.

Som Bergen Kommune krever i «*Fagnotat, offentlig ettersyn - Fyllingsdalen, Gnr. 22, Bnr. 874, Skjenhaugane, Reguleringsplan*» av 09.06.23, skal referansebygg beskrives i henhold til metodikken, beskrevet i ny «Veileder for klimagassberegninger», juni 2023: «... *utslippene fra tiltaket [skal] ikke lenger sammenliknes med et referansebygg.*». I foreliggende revisjon av klimagassregnskap er dette tatt hensyn til.

Vedlegg 01-03 viser forutsetninger for materialmengder og materialvalg for de tilpassete referansebyggene og de prosjekterte byggene.

Forutsetninger for de inkluderte livsløpmodulene:

Parameterne er generisk laget av programvare One Click LCA.

- A1-A3 - Produksjon av byggematerialer
- A4 - Transport av byggematerialer til byggeplass

Standard transportavstander er valgt og det er ikke utført alternative beregninger for ulike transportavstander av materialer.

- A5 - Kapp og svinn
- B4-B5- Utskifting
- C1-C4 - Riving og avfallshåndtering

4.2 Utslipp fra riving av eksisterende bygninger

De eksisterende bygningene som er vurdert revet vises i tabellen under.

Bygg	Funksjon	Bruttoareal	Etasjer	Materiale	Rives	
1	Lagerhall	104	1	Midlertidig bygg, presenning		Lagertelt fjernet mellom 2016 og 2019. Flyttet inn mot skjæringen (9)?
2	Annen industribygning	1190	2	Betong/Leca og betongtakstein	x	
3	Annen lagerbygning	2722	2	Betong/Leca og betongtakstein	x	
4	Lagerhall	570	1	Stålkonstruksjon/plater	x	Stålkonstruksjoner kan gjenbrukes.
5	Annen lagerbygning	108	1	Midlertidig bygg, presenning		Lagertelt. Kan flyttes.
6	Lagerhall	330	1	Stålkonstruksjon/plater	x	Stålkonstruksjoner kan gjenbrukes.
7	Garasjeuthus anneks	7	1	Betongelementer		Trafostasjon
8	Annen lagerbygning	1 093	1	Betong		Parkeringskjeller
9	Støttemur			Betongmur og belegningsstein	x	

Beregnet utslipp for riving av de eksisterende bygningskonstruksjonene tilsvarer verdiene i modul C1-C4 i beregningsverktøyet One Click LCA. Det er lagt til grunn bygningstypologi, areal BTA og materialfunn fra gjennomført ombrukskartlegging.

Potensialet for ombruk av materialer og bygningselementer fra de rivningsobjektene ble nærmere undersøkt i en innledende ombrukskartlegging, se vedlegg 05. I resulterende ombruksrapport (vedlegg 06) omtales funn på bygningsdeler og materialer som anbefales ombrukt i det nye prosjektet på eiendommen eller i andre prosjekter. Samlet potensialet på besparelse av klimagassutslipp ligger på inntil **111** tonn CO_{2e} ved ombruk av bygningselementer og ytterlige **222** tonn CO_{2e} ved ombruk av alle betong- / og granittelementer som er lagret uthomhus per i dag, se tabell under.

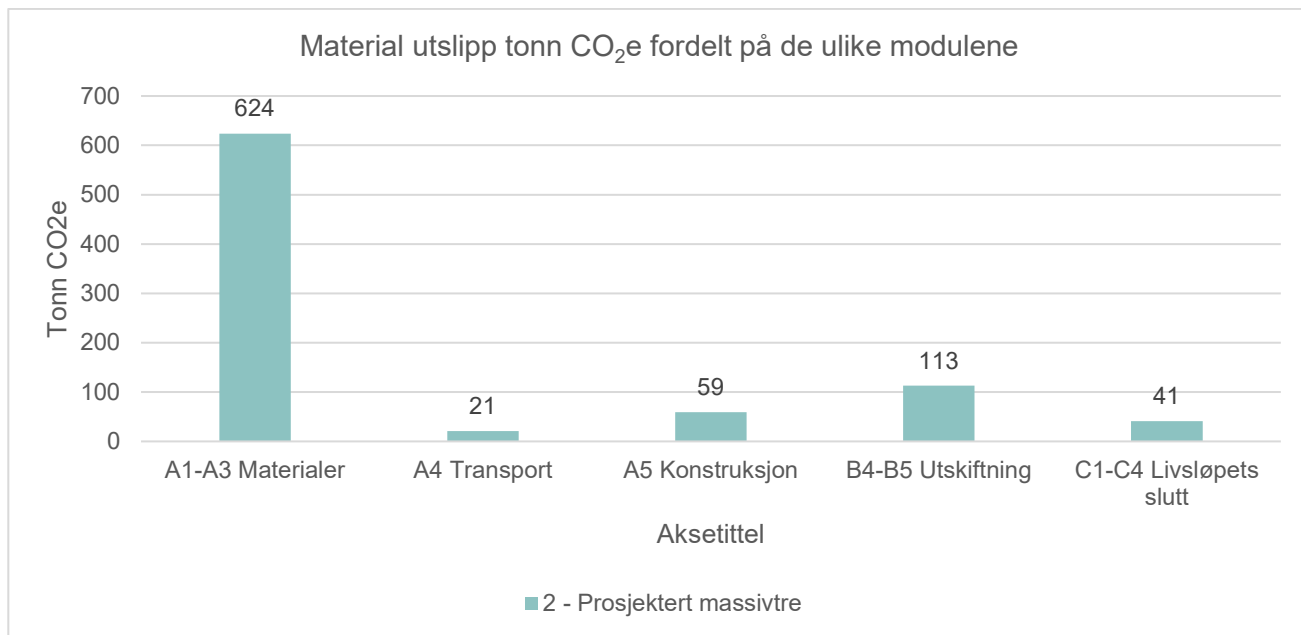
			Utslipp -tonn CO _{2e}	Potensiale for besparelse (verdier iht ombruksrapport) - tonn CO _{2e}										
Bygg	Funksjon	BTA	utslipp iht oneclick	vin- duer/ porter	kon- struk- sjon	yt- ter- veg- ger	in- ner- veg- ger	inner- dører	takstol	taktek- king	gulvbe- legg	tek- nisk ut- styr	utom- hus ele- menter	SUM
2	Annen industri- bygning	1190	81,3	2,4			2,7		17	6	9	1,9		39
3	Annen lagerbyg- ning	2722	93,9						2,3					2,3
4	Lagerhall	570	62,6		5	6,7			14	11				36,7
6	Lagerhall	330	62,3		3,3	15			8,3	6,3				32,9
9	Støttemur/ utom- hus elementer												222	222
	areal som skal rives	4812	300											333

En grundig ombrukskartlegging der mulighetene for ombruk av enkelte elementer av bygningene (som rives) kan føre til ytterlige besparelser. Til eksempel ville en direkte gjenbruk av stålkonstruksjoner fra lagerhallene på henholdsvis 570 m² og 330 m² føre til en materialbesparelse på nærmest 70 tonn CO_{2e}.

4.3 Boligblokker

Materialene er generiske, dvs. det er ingen forskjeller i utslippsfaktorer for antatte materialer. Det betyr at utslippsreduksjonen i materialer for det prosjektet sammenliknet med konvensjonell byggemåte i hovedsak stammer fra at det er valgt andre type materialer og mengder i prosjektet. I hovedsak reduseres utslippene fra materialer brukt i det prosjekterte bygget ved at bygget ikke har bjelke/søylesystem i stål og betong (primærkonstruksjon) og færre innervegger i betong sammenliknet med et konvensjonelt bygg.

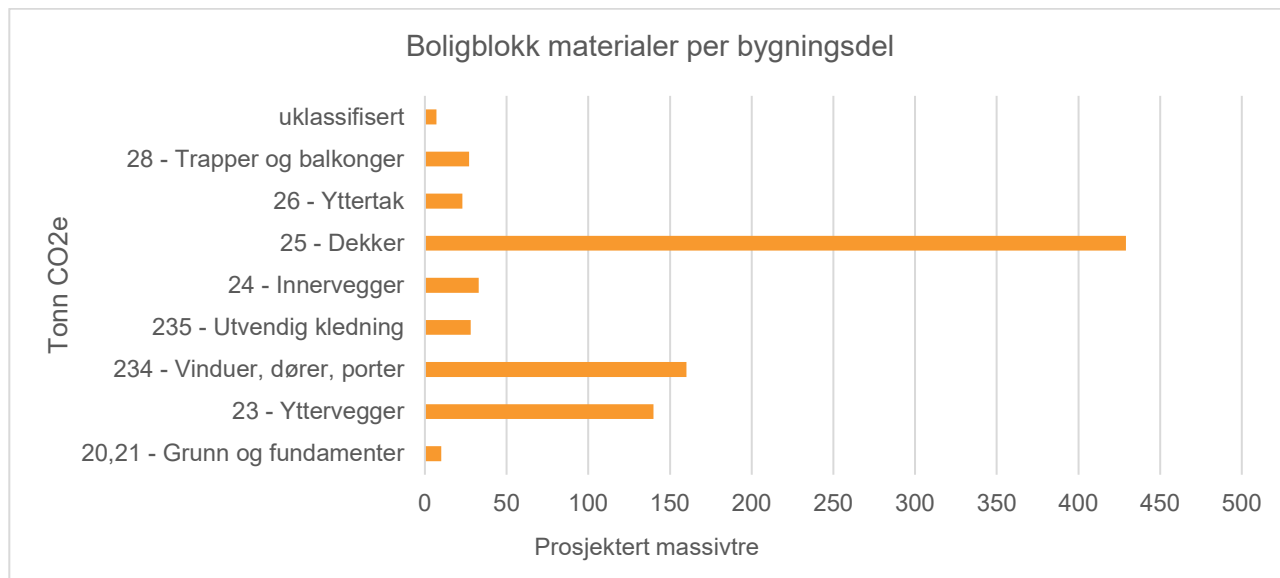
Figuren under viser totale utslipp fra materialer fordelt på de ulike levetidsmodulene for boligblokk som prosjektert med antatt konstruksjon og hoved oppbygging i massivtre. Hovedandel utslippene skjer i produksjonsfasen A1-A3; omtrent 73% ved prosjektert massivtrekonstruksjon.



Utslipp fra materialer fordelt på bygningsdeler og materialgrupper

Figuren under viser totale utslipp fra materialer fordelt på bygningsdeler for boligblokk som prosjektert med antatt konstruksjon og hoved oppbygging i massivtre sammenliknet. Med 50% ligger hovedandel på utslippene i dekkekonstruksjonene.

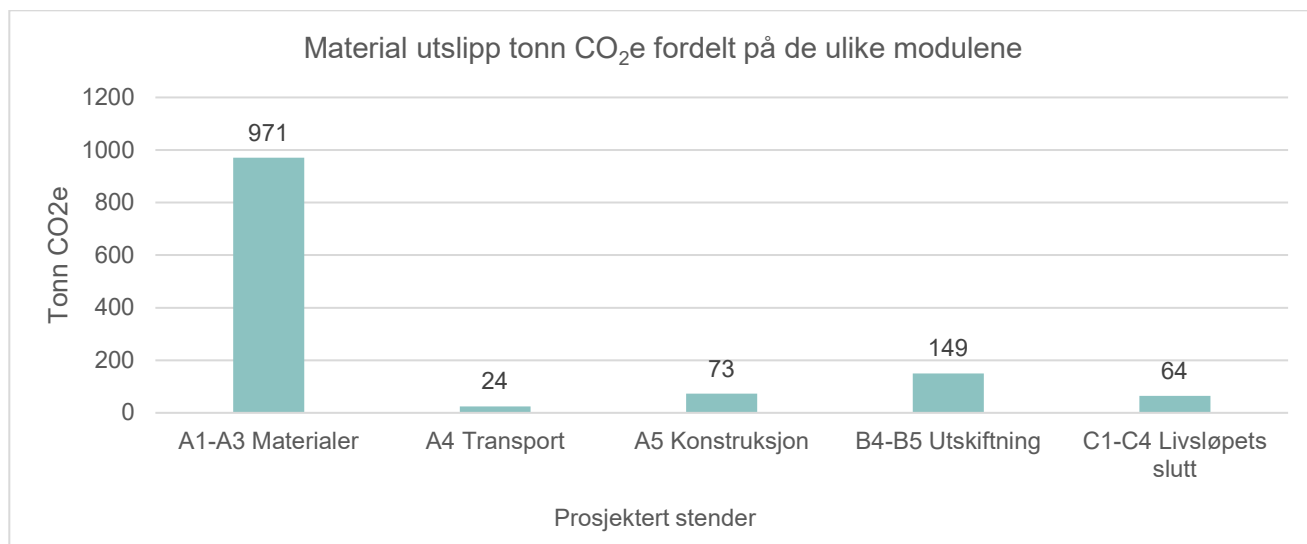
Ved bruk av solcellepaneler tilkommer ca 100 kg CO₂e/m². Det vil si 30 tonn CO₂e for solcelle paneler på blokk A.



4.4 Rekkehus

Figuren under viser totale utslipp fra materialer fordelt på de ulike levetidsmodulene for rekkehus. Hovedandel utslippene skjer også her i produksjonsfasen A1-A3; omtrent 76% ved stenderbygg.

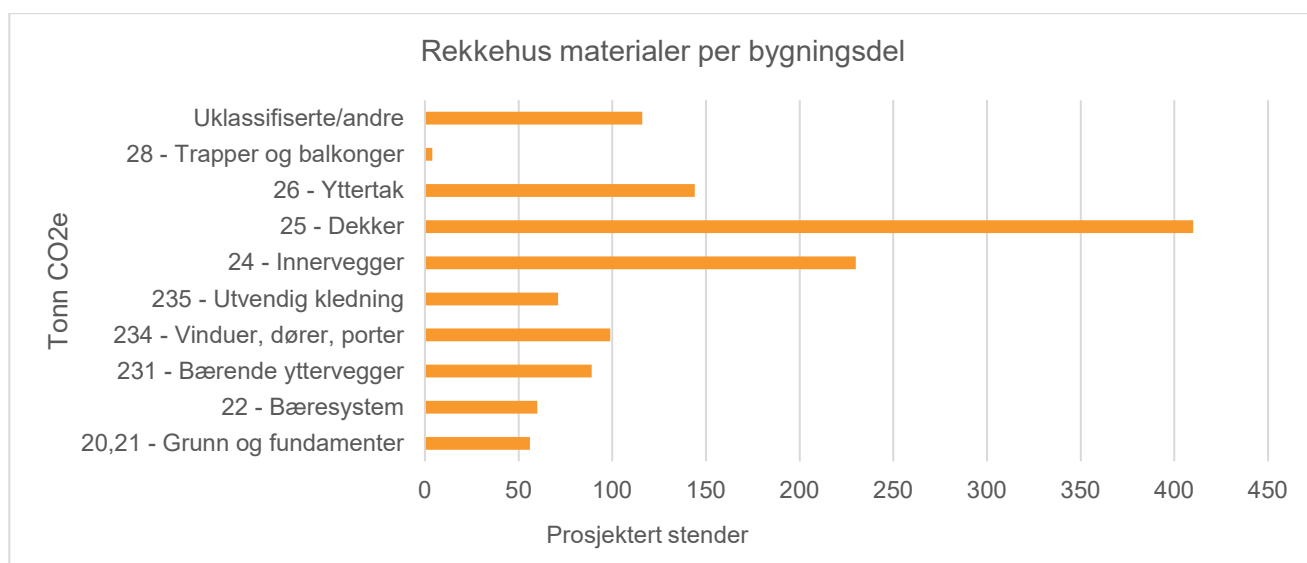
Også for rekkehusene anbefales valg av alternative materialer med lavere utslipp for å oppnå tilfredsstillende utslippsreduksjon på en effektiv måte.



Utslipp fra materialer fordelt på bygningsdeler og materialgrupper

Figuren under viser utslipp fra materialer fordelt på moduler for rekkehus som skoeske referanse sammenliknet med prosjektert konstruksjon og hoved oppbygging i bindingsverk (stender).

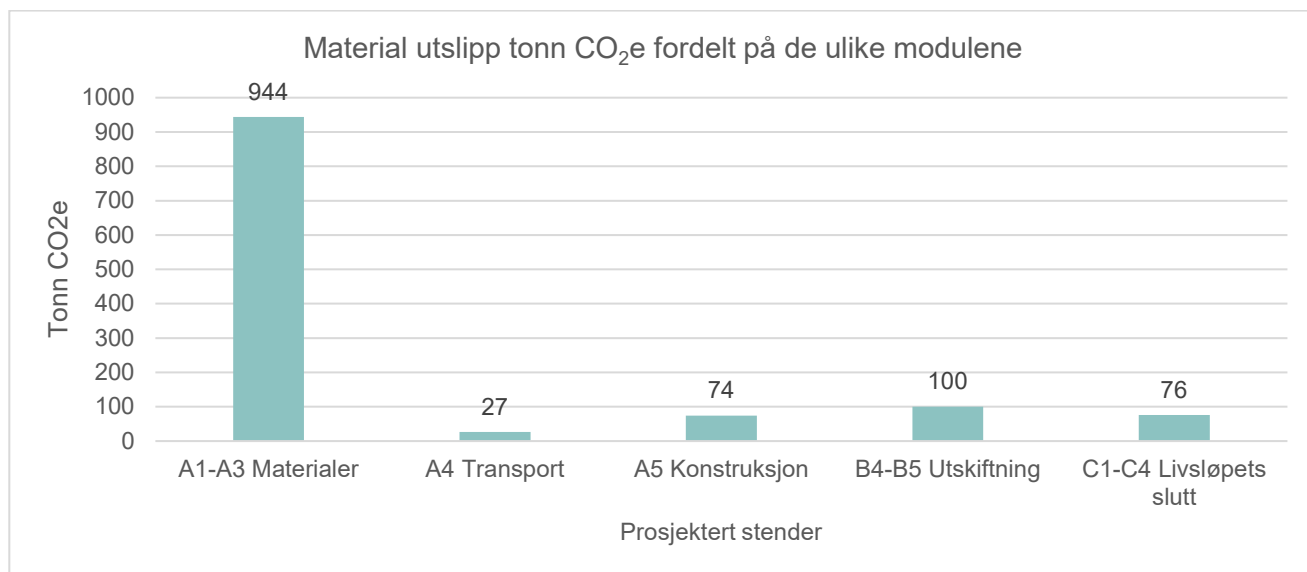
Ser man på utslippsfordeling på bygningsdelene så viser det seg at dekker og bærende innervegger står for de største utslippene med henholdsvis 32% og 18%. Det anbefales derfor fokus på lavkarbonalternativer for nødvendige betongkonstruksjoner ved gulv på grunn, etasjeskillene og bærende innervegger/ skille mellom boenhetene.



4.5 Enebolig

Figuren under viser totale utslipp fra materialer fordelt på de ulike levetidsmodulene for enebolig. Samlikning viser referansebygg og prosjekterte eneboliger med stenderkonstruksjon. De mest signifikante utslippene skjer også her i produksjonsfasen A1-A3; omkring 77% ved prosjektert stenderbygg.

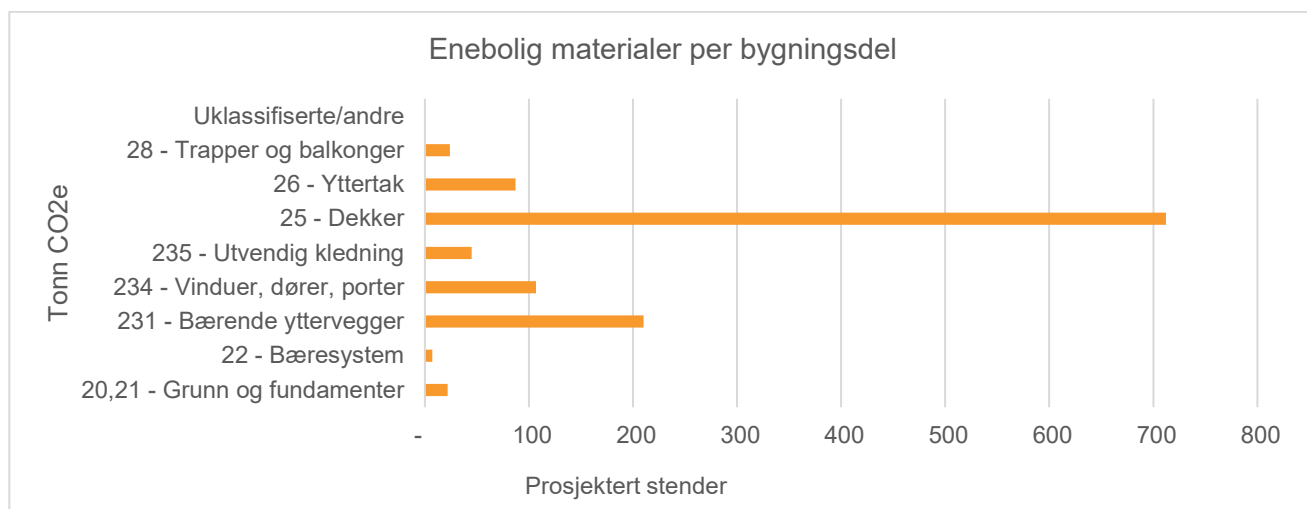
Utslipp fra utskifting av materialer ved prosjektert stenderkonstruksjon utgjør 8% av de totale utslippene fra materialer. Utslippene stammer i hovedsak fra erstatning av vinduer og balkongdører etter 35 år samt overflatebehandling av fasadekledning, innervegger, himlinger og gulvbelegg.



Utslipp fra materialer fordelt på bygningsdeler og materialgrupper

Figuren under viser utslipp fra materialer fordelt på bygningsdeler for rekkehus som prosjektert med antatt konstruksjon og hoved oppbygging i bindingsverk (stender) med enebolig referansebygg.

Ser man på utslippsfordeling på bygningsdelene så viser det seg at dekker og yttervegger står for de største utslippene med henholdsvis 59% og 17%. Det anbefales derfor fokus på lavkarbonalternativer for nødvendige betongkonstruksjoner i gulv på grunn og etasjeskillene.

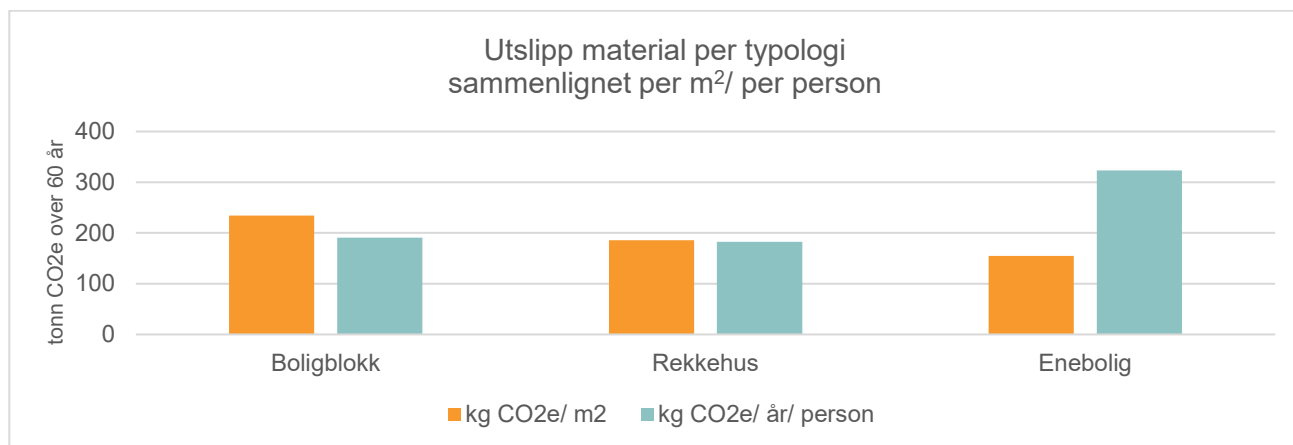


4.6 Alle bygg

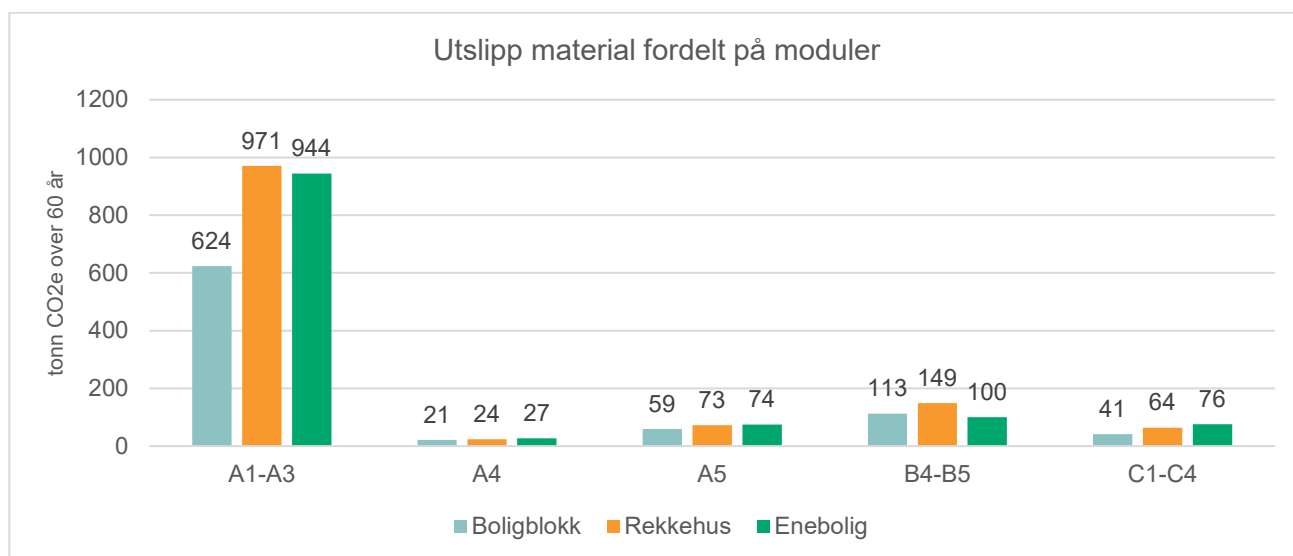
Utslipp per typologi

Tabellen under viser materialutslipp fra de prosjekterte alternativene samt summen for hele utbyggingsområde. De prosjekterte variantene viser en del forskjell mellom karbonutslipp per areal (m² BTA) og karbonutslipp per bruker. Spesielt ved enebolig-typologien der det ligger an til å være lavest utslipp per m² BTA vises størst utslipp per bruker. Dette viser tydelig hvor viktig det er å prosjektere for god arealeffektivitet.

Utslipp material per typologi	Boligblokk	Rekkehus	Enebolig	Samlet
m ² BTA	3663	6904	7895	18462
Personer	75	117	63	255
tonn CO ₂ e over 60 år	858	1281	1221	3360
kg CO ₂ e/ m ²	234	185	155	182
kg CO ₂ e/ år/ person	191	182	323	220



Utslipp fordelt på moduler



A1-A3 - Produksjon av byggematerialer

De største utslippene fra materialer skjer i forbindelse med produksjonsfasen A1-A3 som utgjør 76 % av de totale utslippene fra materialer over livsløpet til byggene. Det betyr at de største utslippskuttene fra materialer i prosjektet hentes ved enten å benytte alternative materialer med lavere utslipp fra produksjon eller stille krav til lavkarbonalternativer innenfor samme materialgruppe.

Gjenbruk av eksisterende parkeringskjeller vil kunne føre til en reduksjon av utslipp for fundamentering og grunnkonstruksjoner på ca. 175 tonn CO₂e.

A4 - Transport av byggematerialer til byggeplass

Transport av byggematerialer utgjør 2 % av de totale utslippene fra materialer over livsløpet i byggene.

Det anbefales vurdering av konsekvenser av mål om fossilfri/utslippsfri bygge-/anleggsgjennomføring.

I og med at eiendommen er flatet ut fra før må det ikke graves ut store mengder med masser. For landskapsutformingen kan det derfor oppstå behov for å tilføre prosjektet fyllmasser, noe som igjen medfører økt klimagassutslipp for transport av byggematerialer.

A5 - Kapp og svinn

I neste fase bør utarbeidelse av avfallsplan til prosjektet inngå som en del av grunnlaget, for å vurdere utslipp knyttet til kapp og svinn.

B4-B5- Utskifting

Utslipp fra utskifting av materialer utgjør omkring 11 % av de totale utslippene fra materialer. Utslippene stammer i hovedsak fra erstattet glass i vinduer og balkongdører etter 35 år samt overflatebehandling/maling av fasadeledning og innervegger.

Vurderinger og anbefalinger for materialer

Utslipp fra materialer utgjør 23 % av de totale utslippene i prosjektet.

Det anbefales derfor å arbeide systematisk med valg av materialer i videre prosjektering, deretter velge produkter og sette krav til terskelnivå på utslipp (velge lavkarbonalternativer) innenfor særlig de store materialgruppene i prosjektet. Materialgruppene som det anbefales å stille krav til er: betong (dekker), armeringsjern, isolasjon, glass i vinduer og balkongdører og gipsplater. Forslag til terskelverdier for utslipp for store materialgrupper kan utarbeides i neste fase og kan brukes som underlag til krav i anbud. Det anbefales videre arbeid med utslippsreduksjon for materialer etter Grønn Byggallianse sin veileder «Grønn Materialguide Versjon 3.1»

5 Utslipp fra energi i drift

Utslipp fra energi i drift stammer fra energibruk i løpet av driftsfasen til boligene (B6) over 60 år. Levert energi brukes som beregningspunkt og utslipp beregnes som levert energi ganger utslippsfaktor for energibærer.

5.1 Forutsetninger og beregningsalternativer

Målet med klimagassberegning av energibruk i drift i tidligfase er å finne de mest optimale energiløsningene som bør legges til grunn for prosjektering av byggene. For å svare på dette er det gjennomført innledende anslagsberegninger i Simien for følgende ulike energiløsninger basert på at energibehovet tilfredsstiller rammekravene i TEK 17:

1. Boligblokk varmpumpe berg vann/vann sammenliknet med boligblokk referansebygg iht. TEK 17
2. Rekkehus varmpumpe berg vann/vann sammenliknet med enebolig referansebygg iht. TEK 17
3. Enebolig varmpumpe berg vann/vann sammenliknet med rekkehus referansebygg iht. TEK 17

For beregning av levert energi er lokalt Bergens klima benyttet. Det forutsettes en driftsperiode på 60 år. Energiposter og levert energi for beregningsalternativene 20.12.2022 er gjengitt i tabellen under.

Byggtype	Referanse el	VP - berg vann/vann	VP - berg vann/vann + 300 m ² solceller på tak
	kWh/år	kWh/år	kWh/år
Boligblokk	236 947	150 880	117 513
Rekkehus	526 450	318 443	-
Enebolig	455 070	254 012	-

Gjennom *Veileder for klimagassberegning Bergen kommune 2020* og NS 3720 er det formalisert at klimagassberegninger for bygg skal gjøres for to scenarioer for utslippsfaktor for elektrisitet. Den ene antar en norsk-europeisk fordeling av energivarer (NO+EU) med en utslippsfaktor på 0,13 kg/kWh. Den andre antar en norsk fordeling av energivarer (NO) på 0,0123 kg/kWh. Resultatene presenteres derfor med begge scenarioer.

I innledende design er det planlagt med 300m² solcelleareal på blokker bygg A. Der er forutsatt øst/vest orientering med en helning på 15°. Premisser for valgt areal er, at hele energiproduksjonen (mere enn 95%) kan benyttes direkte på bygg eller energisentral i bygget.

Design og størrelse på solcelle system skal optimeres i den videre prosjekteringen. Reduksjon levert energi som nås ved solproduksjon er 117513 kWh/år.

Referanse scenario

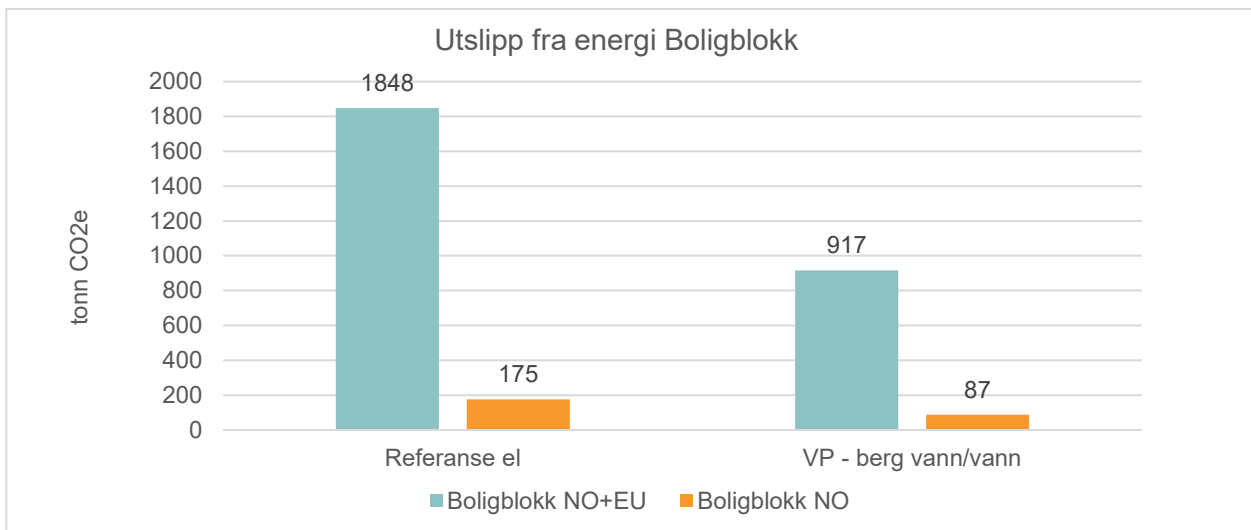
Referanse er med energifleksibel energiforsyning for bygg over 1000 m². Det forutsettes bygg som tilfredsstiller energikrav i TEK17. Levert energi brukes som beregningspunkt og utslipp beregnes som levert energi x utslippsfaktor for energibærer. Referanse er med energifleksibel energiforsyning for bygg over 1000 m². Referanse er for bygg over 1000 m² med sentral elkjel på oppvarming.

5.2 Boligblokker - felt A

Prosjektet boligblokk sammenliknet med boligblokk referansebygg energikonsept:

- 1a) Energiscenario 1 – levert energi tilsvarende referanse (oppvarming dekkes av 100 % el).
- 1b) Energiscenario 2 – levert energi oppvarming dekkes av VP berg vann/ vann, inkludert 300m² solceller på tak.

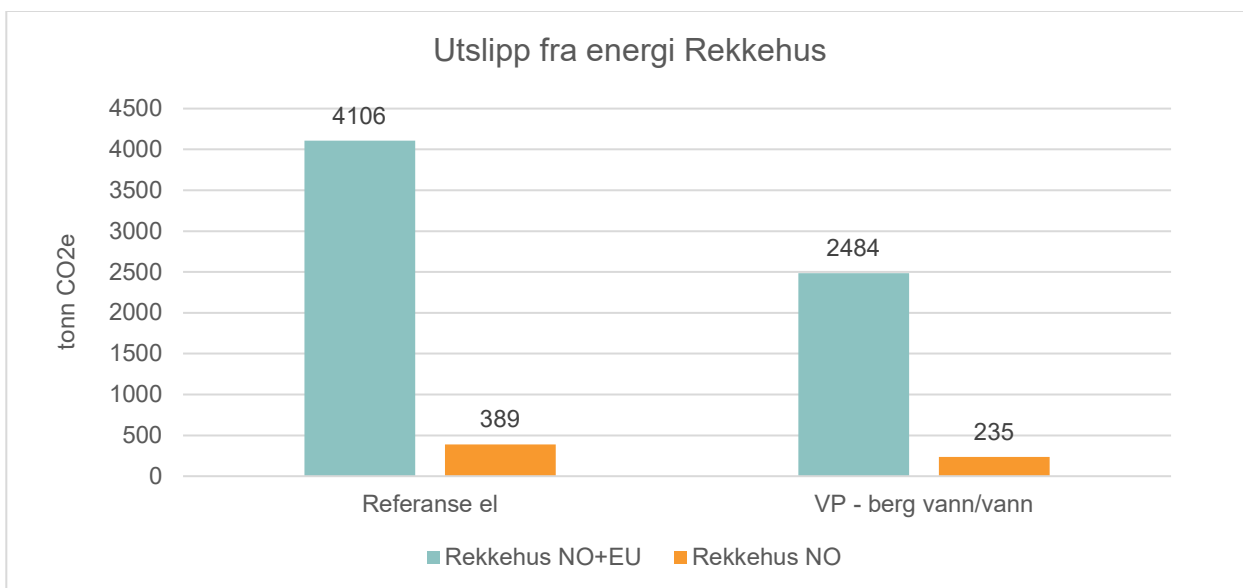
Kraftproduksjon fra solceller på taket til Boligblokk A fører til den relativ lave beregnede energibruken.



5.3 Rekkehus – felt B-F

Prosjektet rekkehus sammenliknet med rekkehus referansebygg energikonsept:

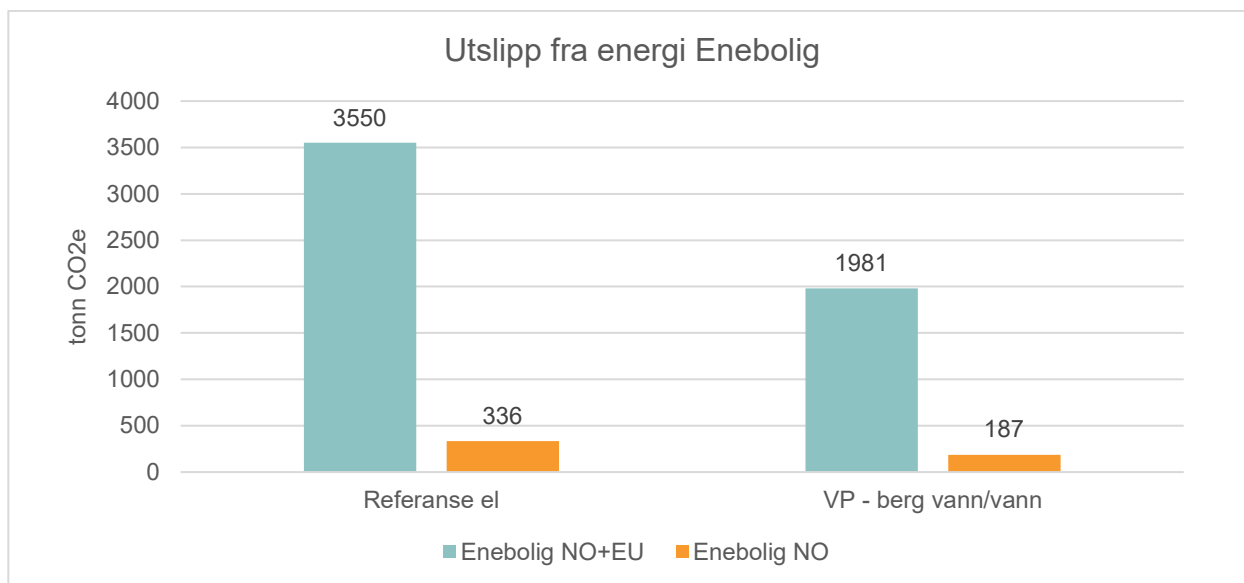
- 1a) Energiscenario 1 – levert energi tilsvarende referanse (oppvarming dekkes av 100 % el).
- 1b) Energiscenario 3 – levert energi oppvarming dekkes av VP berg vann/ vann.



5.4 Enebolig – felt G

Prosjektet enebolig sammenliknet med enebolig referansebygg energikonsept:

- 1a) Energiscenario 1 – levert energi tilsvarende referanse (oppvarming dekkes av 100 % el).
- 1b) Energiscenario 3 – levert energi oppvarming dekkes av VP berg vann/ vann.



5.5 Alle bygg

I tabellen og diagram under vises samlet utslipp for prosjekterte boligtyper sammenliknet med tilhørende referansebygg og energikonsept som følger:

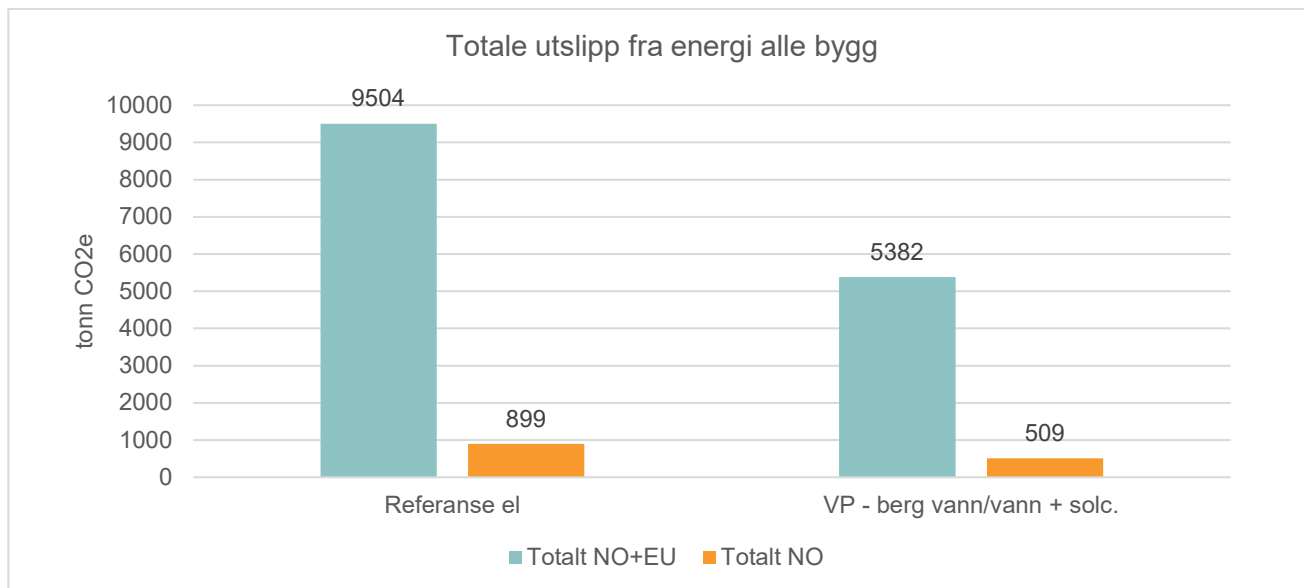
- a) Energiscenario 1 – levert energi tilsvarende referanse (oppvarming dekkes av 100 % el)
- b) Energiscenario 3 – levert energi oppvarming dekkes av VP berg vann/ vann

Utslipp i energibruk med varmepumpe ligger ca 38 % (VP berg inkl. solceller på tak til blokk A) lavere enn ved bruk av el-forsyning. Karbonfotavtrykk ved energiscenario oppvarming med varmepumpe berg vann/vann har størst reduksjon sammenliknet med referansebygg og anbefales som hovedsystem i utbyggingen.

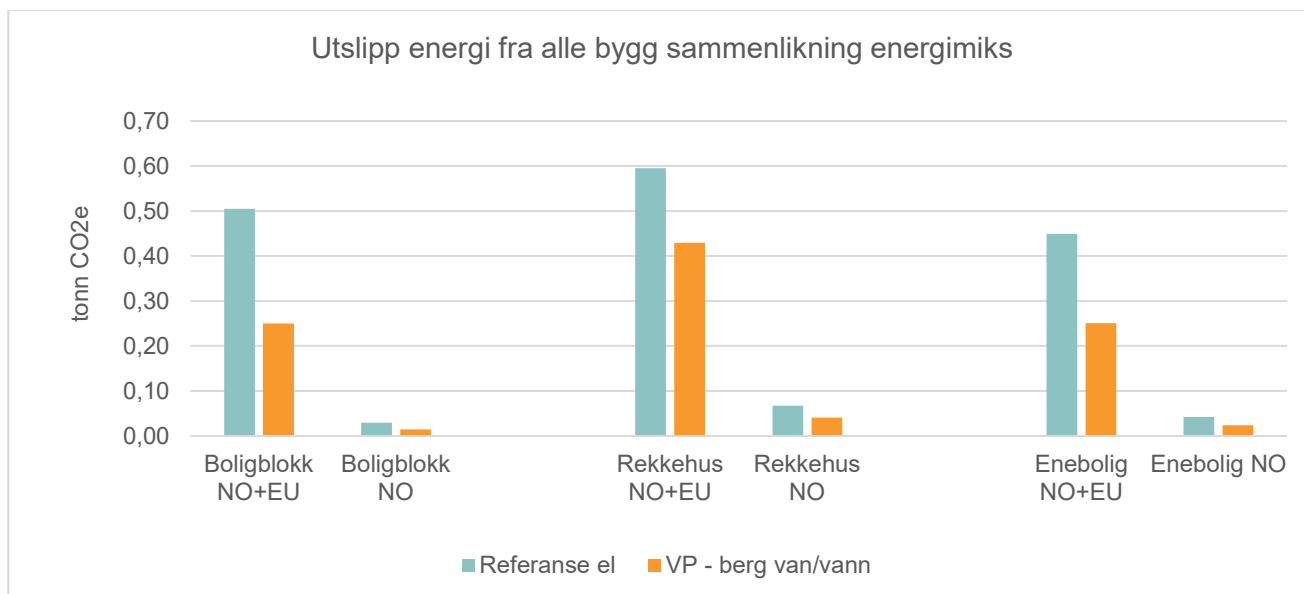
Totalt klimagassutslipp for energi i drift ved valg av varmepumpe berg og norsk energimiks er som vist i tabellen under:

- 5382 tonn CO₂e over 60 år
- 292 kg CO₂e/m² BTA
- 352 kg CO₂e/år/pers

	Boligblokk		Rekkehus		Enebolig		Totalt	
m2 BTA	3663		6904		7895		18462	
NO	Referanse el	VP - berg v/v +solc.	Referanse el	VP - berg v/v	Referanse el	VP - berg v/v	Referanse el	VP - berg v/v + solc.
tonn CO ₂ e over 60 år	1848	917	4106	2484	3550	1981	9504	5382
kg CO ₂ e/ m2	505	250	595	360	450	251	515	292
kg CO ₂ e/ år/ person	411	204	585	354	939	524	621	352



Figuren over viser potensiale for energibesparelse ved overgang til fornybare energikilder (norsk el).



Figuren over viser sammenlikning energimiks for alle bygningstypene.

Samlet vurderinger og anbefalinger

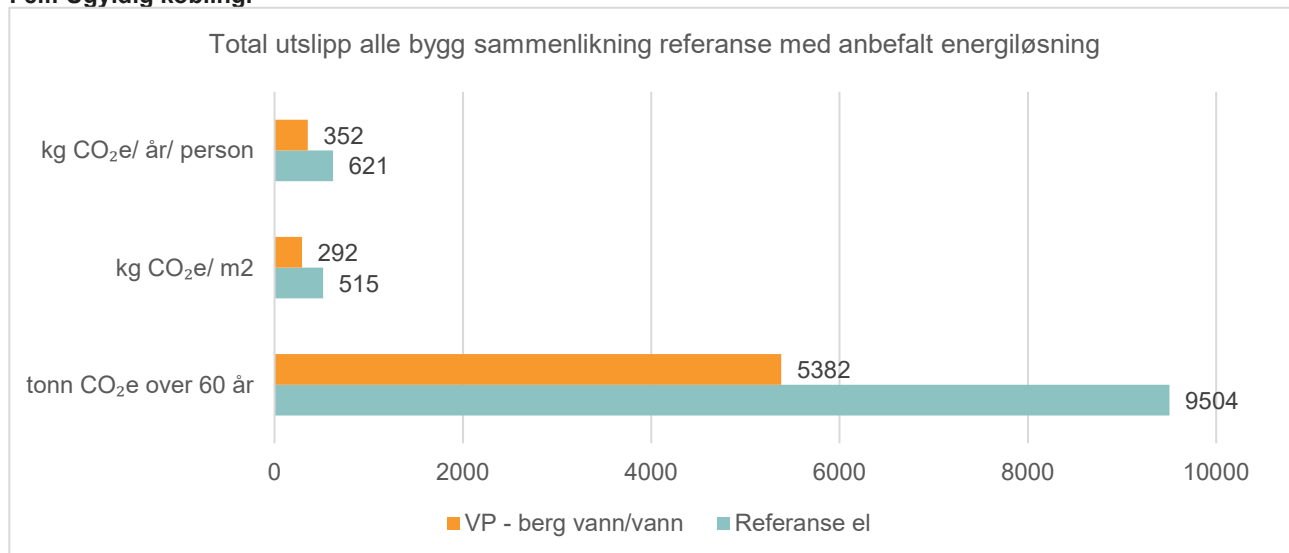
Av resultatene i figuren over kan det leses at den mest optimale energiløsningen som bør legges til grunn for prosjektering av byggene er å benytte bergvarme med en vann/vann varmepumpeløsning og supplere med solceller på det flate taket til blokk A.

Ved antatt norsk fordeling av energivarer (NO) kan utslipp fra energi i drift reduseres om ca. 90%.

Ved bruk av anbefalt energiløsning varmepumpe berg vann/vann + solceller på Blokk A kan det reduseres utslipp med mer enn 43 % (4122 tonn CO₂e over 60 år).

Diagram under viser utslippene fra energi for prosjektet og referansebygget fordelt på utslippspostene for elektrisitet og varmepumpe berg.

Feil! Ugyldig kobling.



6 Utslipp fra transport i drift

Utslipp fra transport (B8) stammer fra reiser og transport med kjøretøy utført av brukerne (beboerne) av byggene.

6.1 Forutsetninger og beregningsalternativer

6.1.1 Prosjektet

Det er forutsatt totalt 255 beboere hvorav 84 % antas å være over 13 år. Det blir totalt 214 beboere som legges til grunn i transportregnskapet. Det er ikke regnet med andre brukere (eks besøkende) enn beboerne. «Enebolig og boligblokk» er valgt som bygningstype. «Bergen kommune utenom indre by» er valgt som geografisk område. Det gjør at det ikke er noen forskjell mellom referanseberegning og prosjektert beregning mht. valg av lokalisering.

Det er antatt bruk 365 dager i året. Det er tilrettelagt for P-plasser til område som tilsvarer 9-12 P-plasser per 1000 m². Det reduserer bilbruken med ca. 10 % i forhold til fri parkering. Utslippsfaktorer er forventede gjennomsnitt over de neste 60 år. Figurene under viser sentrale inndata for transport for prosjekterte bygg.

Ressurs	Mengde	Antall brukere	Bil %	Bildeling %	Buss %	Skinnegående %	Gang/sykel %	Turlengde bil, km	Turlengde kollektiv, km
Arbeid - Bergen kommune utenom indre by	0,8	214	72	Ingen	12,8	3,2	12	12,9	12,3
Tjeneste - Bergen kommune utenom indre by	0,1	214	79	Ingen	9,6	2,4	9	12,9	12,3
Private turer - Bergen kommune utenom indre by	1,0	214	67	Ingen	6,8	1,7	24,5	12,9	12,3
Besøkende og brukere - Bergen kommune	2,0	214	67	Ingen	6,8	1,7	24,5	12,9	12,3

Spørsmål	Svar
Antall åpningsdager (for ansatte, for boliger angis 365 dager) ?	365 dager Vis andre svar
Årlig antall reisedager for besøkende	0 dager Vis andre svar
Parkeringstilgjengelighet ?	Maksimumsnorm 9-12 P-plasser per 1000 m2 (0.5) ▾ Vis andre svar
Gjennomsnittlig reiselengde for varetransport ?	12,9 km Vis andre svar
Antall brukere som krever varetransport ?	0 per dag Vis andre svar
Varetransportfrekvens ?	Ingen varetransport ▾ Vis andre svar

6.1.2 Referanse

Beregningsgrunnlag for antall brukere er som nevnt under punkt 6.1.1 *Prosjektert*.

Tall genereres i OneClick LCA. Det er antatt bruk 365 dager i året, og fri tilgang på parkering ved beregning av referansen. Utslippsfaktorer er forventede gjennomsnitt over de neste 60 år. Figuren under viser innstillinger for transportberegning for referansebygget.

Spørsmål	Svar
Antall åpningsdager (for ansatte, for boliger angis 365 dager) ?	365 dager Vis andre svar
Årlig antall reisedager for besøkende	0 dager Vis andre svar
Parkeringstilgjengelighet ?	Fri parkering, full tilgang (1.0) ▾ Vis andre svar
Gjennomsnittlig reiselengde for varetransport ?	12,9 km Vis andre svar
Antall brukere som krever varetransport ?	0 per dag Vis andre svar
Varetransportfrekvens ?	Ingen varetransport ▾ Vis andre svar

6.2 Utslipp transport totalt

	Boligblokk		Rekkehus		Enebolig		Samlet	
m² BTA	3663		6904		7895		18462	
	Referanse	Prosjektert område	Referanse	Prosjektert område	Referanse	Prosjektert område	Referanse	Prosjektert område
tonn CO ₂ e over 60 år	2279	1654	3546	2573	1918	1392	7743	5619
kg CO ₂ e/ m²	622	452	514	373	243	176	419	304
kg CO ₂ e/ år/ person	603	438	601	436	604	438	602	437

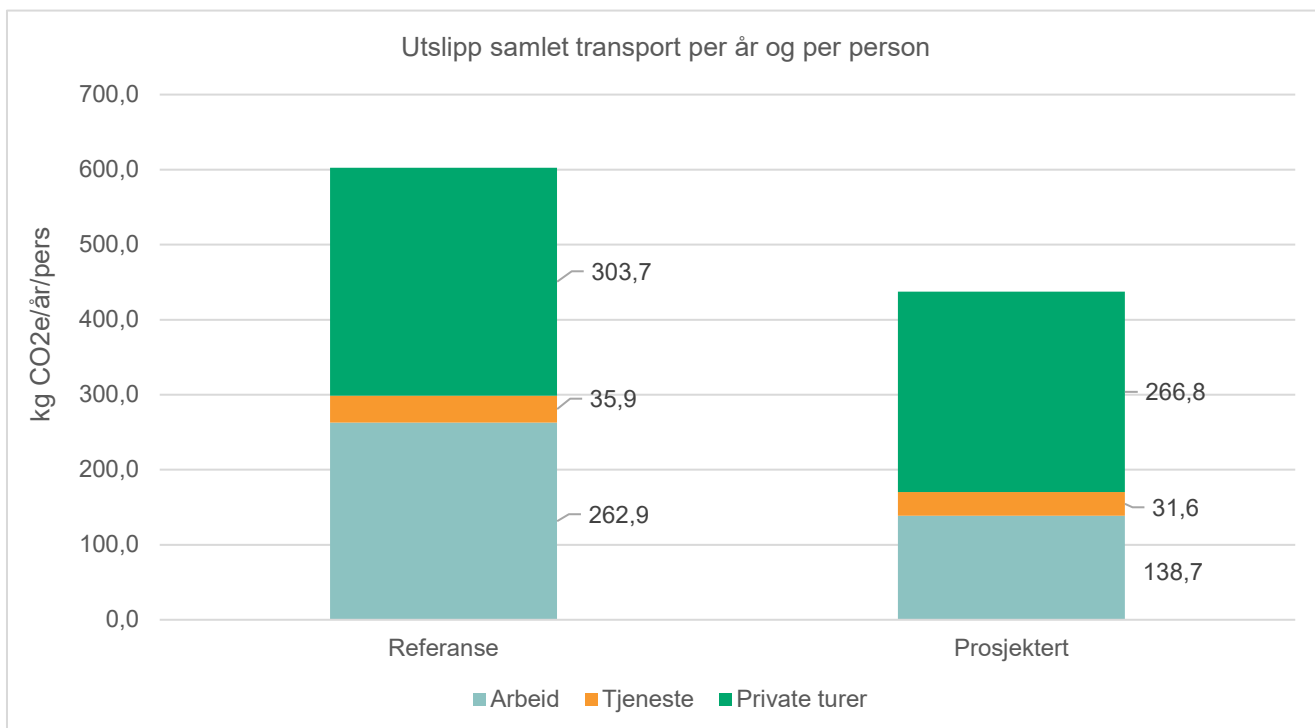
kg CO ₂ e	Boligblokk		Rekkehus		Enebolig		Samlet	
	Referanse	Prosjektert	Referanse	Prosjektert	Referanse	Prosjektert	Referanse	Prosjektert
Arbeid	994581	524965	1547126	816612	836711	441637	3378418	1783214
Tjeneste	135737	119643	211146	186111	114191	100652	461074	406406
Private turer	1149156	1009500	1787576	1570333	966750	849262	3903482	3429095

Samlet vurderinger og anbefalinger

Av resultatene i tabellen over kan det leses at utslipp for transport kan ved begrensning av antall tilgjengelige bilparkeringsplasser reduseres om 47% for arbeidsreiser, om 12% for tjenestereiser og om 12% for private reiser. Se også figur nedenfor.

Resultatet illustrerer at det hovedsakelig er jobbreiser med alternativ til bil som følger av lavere parkeringsdekning i prosjektet som reduserer utslippene sammenliknet med referansen. Forutsatt inndata ligger det an til at beboerne i prosjektet medfører et utslipp i transportbruk på omkring 437 kgCO₂e/ år/ pers.

kg CO ₂ e/år/pers	Referanse	Prosjektert
Arbeid	262,9	138,7
Tjeneste	35,9	31,6
Private turer	303,7	266,8
Samlet	602,5	437,2



7 Totale utslipp for bygningsmaterialer, energibruk og transport i drift

7.1 Sammenstilling av resultater

Sammenstillingen har til formål å gi oversikt over klimagassutslipp fra materialer, energi og transport for de prosjekterte variantene. Scenarier for prosjekterte bygg er valgt med tanke på reduksjon av utslipp ved material, energi og transport. Ved valg av hensiktsmessig byggesystem, energiløsning og transportalternativer kan prosjektet utvikles mot lavt fotavtrykk.

Klimagassutslippet er i tabellen under også oppgitt i enhetene kg CO₂e./år/person og kg CO₂e./m² i henhold til Bergen kommunes "Veileder for klimagassberegninger", versjon 2020.

Prosjektets samlede utslipp	Material	Energi	Transport	Totalt
tonn CO ₂ e over 60 år	3360	5382	5619	14361
kg CO ₂ e/ m ²	182	292	304	778
kg CO ₂ e/ år/ person	220	352	367	939

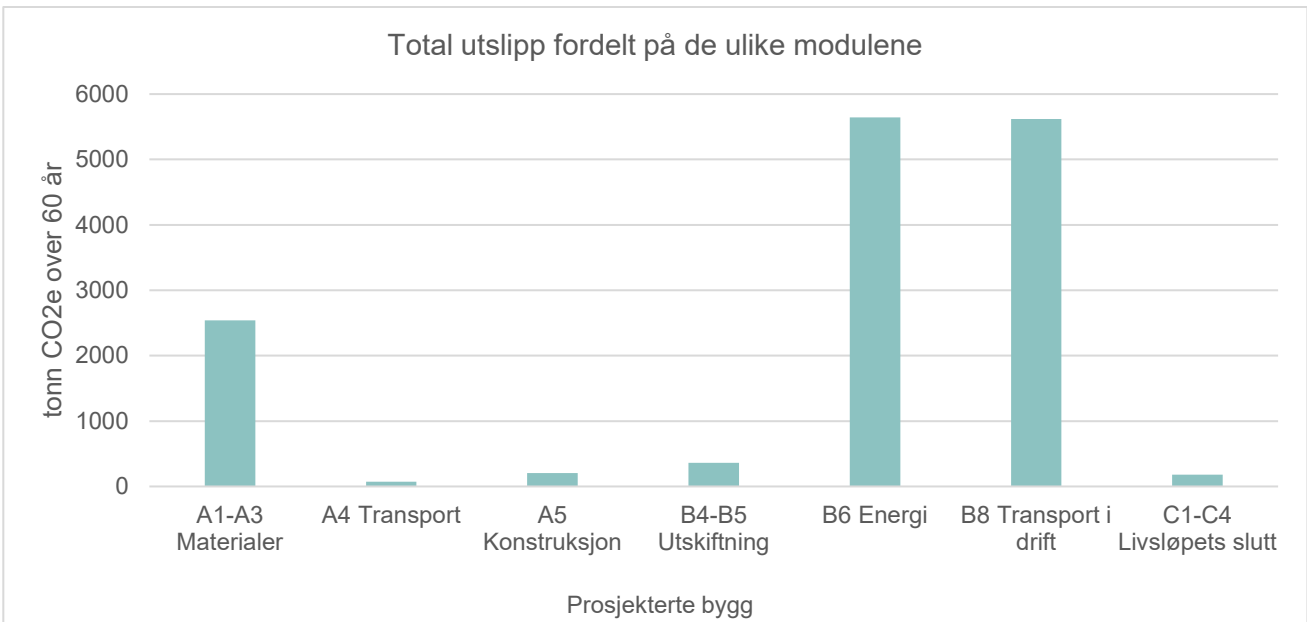
Sammenlikning av totale utslipp per typologi

Tabellen under viser totale utslipp fra materialer, energi og transport i drift for prosjektet og referansebygget fordelt på de ulike typologiene.

tonn CO ₂ e over 60 år	Boligblokk	Rekkehus	Enebolig	Totalt
Materialer	858	1281	1221	3360
Energi	917	2484	1981	5382
Transport	1654	2573	1392	5619
Sum tonn CO ₂ e	3429	6337	4594	14361

Sammenlikning av totale utslipp fordelt på moduler

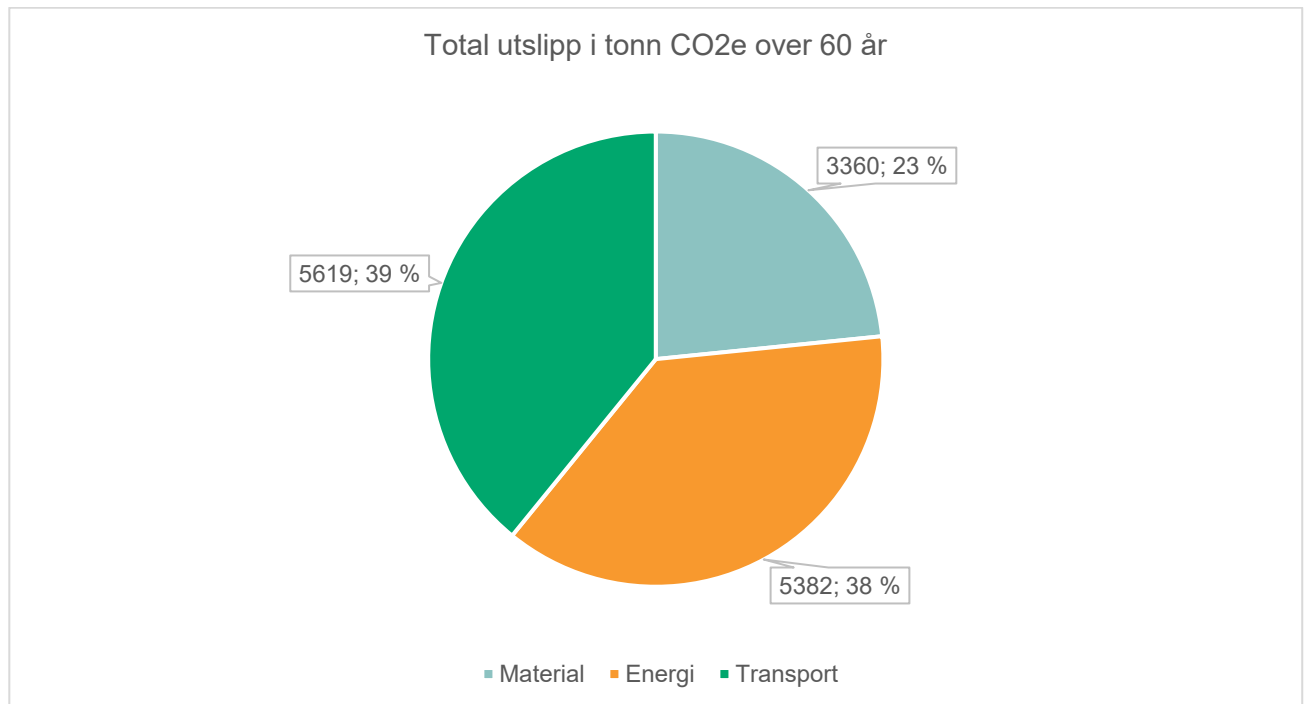
Figuren under viser prosjektets totale klimagassutslipp for bygningsmaterialer, energibruk og transport i drift over en 60-årsperiode.



7.2 Vurderinger og råd til videre prosjektering

Diagram under viser samlet utslipp fra prosjektet fordelt på material, energi i drift og transport i drift over 60 år.

Basert på klimagassberegningen og gitt aktuelle rammebetingelser for prosjektet, gis det følgende vurderinger og råd for videre prosjektering for å redusere utslippene fra materialer, energi og transport:



Materialer

Utslipp fra materialer utgjør 23 % av de totale utslippene i prosjektet og de største utslippene fra materialer skjer i forbindelse med produksjonsfasen A1-A3. Det betyr at de største utslippskuttene fra materialer oppnås ved enten å benytte andre materialer med lavere utslipp fra produksjon, eller bruke lavkarbonalternativer innenfor samme materialgruppe.

Forutsatt valg av de anbefalte bygge prinsippene vises det en samlet reduisering av klimagassutslipp fra materialene på 10% sammenliknet med skoeske referanse. Denne sammenlikning viser ikke hele potensiale på besparelse siden referansebygget er en udifferensiert boks. Sammenlikner man en tilpasset referanse med prosjekt der material- og konstruksjonskonsept er optimert kan det oppnås mer enn 35 % besparelse av klimagassutslipp.

I den videre prosjekteringen anbefales det derfor særlig å arbeide systematisk med valg av materialer, deretter valg av produkter og sette krav til terskelnivå (velge lavkarbonalternativer) på utslipp særlig innenfor de store materialgruppene i prosjektet. Materialgruppene som det særlig bør stilles krav til er: betong (dekker), armeringsjern, isolasjon, glass i vinduer og balkongdører og gipsplater. Forslag til terskelverdier for utslipp for store materialgrupper kan utarbeides i neste fase og kan brukes som underlag til krav i anbud. Viktige beslutninger som påvirker klimagassutslipp kan være valg av leverandør med sikt på transportdistanse, levetid for planlagte materialer og løsninger og fleksibilitet av planløsninger.

En tydelig sirkulær strategi som inkluderer, men er ikke begrenset til videre prosjektering av ombruksfunnene, bør være én av ledetrådene i prosjektets videreutvikling.

Energi

Utslipp fra energi i drift utgjør 38% av de totale utslippene fra prosjektet. Den største reduksjonen i utslipp på omkring 43 % sammenliknet med referanseberegningen stammer fra energi, som følger av bruk av bergvarme som har en lavere utslippsfaktor enn elkjel samt supplering med 300 m² solceller på tak til Blokk A. Valg av energiforsyning og tekniske løsninger har med andre ord stort utslag for de totale klimagassutslippene til prosjektet.

Når prosjektet videreutvikles, bør klimagassberegningen revideres og konsekvens for klimagassutslipp vurderes. Valg av andre forutsetninger for energi vil kunne gi andre resultater. Alle tiltak som reduserer oppvarmings- og elbehov til byggene, som f.eks. energieffektiviseringstiltak, vurdering av lokal energiproduksjon og å benytte seg av alternative fornybare energileveranser vil kunne redusere utslipp fra energibruk i drift ytterligere.

Transport

Utslipp fra transport i drift utgjør nærmest 40% av de totale utslippene fra prosjektet. Sammenliknet med referanseberegningen reduseres utslipp fra transportbruk i for det prosjekterte bygget med ca. 27 % som følger av en betraktelig lavere p-dekningsgrad i prosjektet sammenliknet med full parkeringsdekning.

Byggets plassering og tomtevalg er allerede gitt, og kollektivtilbud i område er gitt. Siden det allerede er begrenset parkeringsdekning i prosjektet og det er lagt til rette for sykkelparkering i kjeller og ladestasjoner for el, vurderes at tiltak for reduserte utslipp fra transport er godt ivarettatt. Det vurderes derfor at ytterligere tiltak vil kunne gi noe, men ikke betraktelige reduksjoner i utslipp. Innledende beregnet utslipp fra transportbruk (B8) er omkring 437 kgCO₂e/år/pers.

8 Konklusjon

Forutsatt inndata beskrevet i rapporten, viser resultatene at prosjektet ligger an til følgende totale klimagassutslipp:

- 14361 tonn CO₂e over 60 år (A1-A3, A4-A5, B4, B6, B8, C1-C4)
- 778 kg CO₂e/m² (A1-A3, A4-A5, B4, B6, B8, C1-C4)
- 939 kg CO₂e/år/person (A1-A3, A4-A5, B4, B6, B8, C1-C4)

Utslipp fra transport og energi utgjør til sammen 4/5 deler av de totale utslippene fra prosjektet, mens utslipp fra materialer utgjør omkring 1/5 del av de totale utslippene. Resultatene fra gjennomført innledende ombrukskartlegging viser videre at prosjektet har potensialet på besparelse av klimagassutslipp på inntil **111** tonn CO₂e ved ombruk av bygningselementer og ytterlige **222** tonn CO₂e ved ombruk av alle betong- / og granittelementer som er lagret uthomhus per i dag.

Basert på klimagassberegningen og gitt aktuelle rammebetingelser for prosjektet, gis det følgende råd for videre prosjektering for å redusere utslippene fra materialer, energi og transport:

For å redusere klimagassutslipp med tanke på materialer bør en prøve å minske andel betong og stål i prosjektet samt se på produsenter, avstand til prosjekt og lavkarbonalternativer for de enkelte produktene.

Med sikt på prosjektets unike potensiale bør en se på mulighet for gjenbruk av materialer og produkter fra bygg som skal rives.

Klimagassberegninger for mobilitet er forbundet med betydelig høyere usikkerhet enn beregninger for materialbruk og energi. Informasjon om reisevaner og fremtidsutvikling er som regel mindre tilgjengelig for prosjektene enn informasjon om materialvalg og energiløsning. Når det gjelder anbefalingene for transport i drift kan klimatiltak som parkeringsrestriksjoner, bildeling og krav til sykkelparkering under tak, bidra til videre reduisering.

Samlet sett er tomten er velegnet til utvikling mot boligområde. Fyllingsdalen har gode transportforbindelser og vil med bybanen også få gode forbindelser østover til Mindemyren/Haukeland. Med buss kommer man seg innen 20 min til Bergen

sentrum. Det er rimelig gangavstand til et godt servicetilbud samt barnehage, skoler, butikker, teater, treningssenter, idrettsanlegg, arbeidsplasser og friluftsområder.

Prosjektet sikter på «reparering av sår» som dette industriområde per i dag fremstiller for omgivelsene. Dette med sikt på landskapsutforming, arkitektonisk og sosial integrering i nabolaget.

Vedlegg 01 – Boligblokk inndata materialer

Vedlegg 02 – Rekkehus inndata materialer

Vedlegg 03 – Enebolig inndata materialer

Vedlegg 04 – Inndata energi

Vedlegg 05 – Inndata transport

Vedlegg 05 – Ombrukskartlegging Barliveien_Rev 01

Vedlegg 06 – Ombrukskartlegging Barliveien 21 – forenklet rapport_Rev 01