

Klimagassberegning etter oppføring

Beregning av sparte CO₂-ekvivalenter ved renovering av Rokilde aldershjem og Tollåsenga bofellesskap



HRP

SAMMENDRAG:

Rokilde aldershjem og Tollåsenga bofellesskap ble nylig rehabilitert, og HRP har på vegne av Kristiansund kommune utarbeidet et klimagassregnskap etter endt arbeid. HRP har benyttet entreprenørs datamodell for å beregne mengder materiale benyttet i rehabiliteringen for Rokilde og oversikt over materialer gitt av Kristiansand kommunen for Tollåsenga.

Klimagassutslipp knyttet til rehabilitering ble analysert opp mot alternativet å rive hele eksisterende bygning for å oppføre et nybygg på tomten. Beregninger viser at det ble spart til sammen omtrent 6840 tonn CO₂-ekvivalenter ved å rehabilitere fremfor å rive eksisterende bygningsmasse i de to byggeprosjektene. Hovedårsaken til utslippsreduksjon er at det er benyttet færre materialer i rehabiliteringen enn ved nybyggsalternativet og redusert riveomfang, samt at Rokilde ble tilknyttet en nærvarmesentral i nabobygget etter rehabilitering.

Versjon	Kommentar	Dato	Utarbeidet av
2	Rapport	28.05.21	Stina Edvardsen, HRP
1	Utkast	11.05.21	Stina Edvardsen, HRP

Innhold

Sammendrag:	1
1. Innledning	3
1.1 Bestilling	3
1.2 Beskrivelse av prosjekt	3
1.2.1 Rokilde aldershjem	3
1.2.2 Tollåsenga bofellesskap	4
2 Metode	5
2.1 Beregningsverktøyet	6
3 Omfang og systemavgrensning	6
4 Rokilde aldershjem	7
4.1 Materialer	7
4.2 Byggeplassdrift og transport til byggeplass	10
4.3 Energibruk i drift	11
4.4 Avhending	13
5 Tollåsenga bofellesskap	15
5.1 Materialer	15
5.2 Byggeplassdrift og transport til byggeplass	17
5.3 Energibruk i drift	18
5.4 Avhending	18
6 Sparte CO ₂ -ekvivalenter ved renovering av Rokilde aldershjem og Tollåsenga bofellesskap	20
6.1 Rokilde	20
6.2 Tollåsenga	22
7 Diskusjon	23
8 Vedlegg	23

1. INNLEDNING

1.1 BESTILLING

Kristiansund kommune har bestilt klimagassberegninger av Rokilde aldershjem og Tollåsenga bofelleskap hvor det skal fremkomme sparte klimagassutslipp (CO₂-ekvivalenter) ved renovering sett opp mot klimagassutslipp hvis man hadde revet bygningene helt ned og satt opp nye. Metode og omfang beskrives i kapittel 2.

1.2 BESKRIVELSE AV PROSJEKT

1.2.1 Rokilde aldershjem

Rokilde aldershjem er plassert i Politimester Bendixens gate 54, og er oppført med bærekonstruksjon i betong. Bygningens areal er omtrent 7 300 kvm og er i 5 etasjer med en kjelleretasje, ekskl. overbygde gangveier og sansehage. Bygningen ble oppført i 1986 og gjennomgikk i år 2018-2020 en omfattende rehabilitering hvor bygningen ble revet ned til bærende betongkonstruksjon (vegger, dekker, søyler), og bygget opp på ny. Bygningen ble ekspandert med én ekstra etasjer, samt nye overbygde terrasser. Bygget består i dag av 38 omsorgsleiligheter, dagsenter og arealer til administrasjon, lager og lignende.



Figur 1 Hovedinngang Rokilde aldershjem

1.2.2 Tollåsenga bofellesskap

Tollåsenga bofellesskap består av totalt 6 bygninger med 4 leilighetsbygg med 8 leiligheter i hvert bygg på adresse Johan P. Clausens gate 19, 21, 23 og 25, samt 2 leilighetsbygg med personalområder og 16 boenheter i Politimester Bendixens gate 39 og 11 boenheter i Politimester Bendixens gt. 41. Over en fireårs periode gjennomgikk bygningene en rehabilitering og ombygging for å øke bokvaliteten i området.

De 4 boligbyggene i J.P. Clausens gate 19-25 er tilsvarende i størrelse og omfang av rehabilitering var lik. De er oppført i 2 etasjer med uoppvarmet kjeller som inneholder boder, lager og tekniske rom. Byggene har også kaldloft. Leilighetene i J.P. Clausens gt. 19-25 ble revet innvendig, men det ble beholdt innvendige bærende konstruksjoner, samt at yttervegger, tak og kjeller ble bevart. Byggene fikk nye vinduer. Figur 2 viser bilde av de fire byggene etter rehabilitering.



Figur 2 J.P. Clausens gate 19-25

Boenhetene i P. Bendixens gt. 39 og 41, videre kalt PB39 og PB41, er utformet som omsorgsboliger, og det finnes også kontorer, og base- og fellesarealer i hvert bygg. Byggenes kjelleretasje inneholder for det meste uoppvarmede arealer i form av boder og tekniske rom, men også oppvarmede garderobefasiliteter. Loftsetasjer er uoppvarmet, og inneholder ventilasjonsrom og lagerrom. Byggene ble supplert med nye svalganger, trapper og heis på utsiden av eksisterende fasade. Bygningene ble opprinnelig oppført på 1940-tallet, med støpt betong og bærende konstruksjon i tre og skrått tak. Bygningene ble etterisolert med blåseisolasjon på 1980-tallet. Figur 3 viser fasade på PB39.



Figur 3 Nye svalganger PB39

2 METODE

For å løse oppdraget har HRP benyttet metode angitt av NS 3720:2018 for å kartlegge sparte klimagassutslipp ved renovering kontra riving av Rokilde og Tollåsenga. Alle nye materialer tilført bygget er kartlagt for å beregne reelle utslipp knyttet til rehabilitering, og resultatene er analysert og målt opp mot et referansescenario med riving og nybygg oppført på tomten. Analysen er utført i tråd med type «Basis, uten lokalisering» da det ikke er mulig å innhente realistiske data på tomtebearbeiding etter avslutning av rehabiliteringsprosjektet. Levetid er anslått til 60 år.

Følgende kategorier er vurdert i rapporten, og beskrevet i egne kapitler:

- Konsekvenser av å rive bygningene helt ned
- Byggeplassdrift
- Materialer, produkter og byggevarer
- Energibruk i byggefasen
- Transport i byggefasen
- Utskiftninger

For å kunne måle faktiske utslipp ved rehabilitering opp mot et scenario hvor byggene ble revet og bygget opp på nytt er det utført beregninger for et referansebygg, i tillegg til beregninger for rehabilitering. Referansebygget/referanseberegningen brukes som et sammenlikningsgrunnlag for den faktiske utslippsberegningen. For dette prosjektet er referansebygget en fremstilling av et tenkt nybygg med samme størrelsesorden, energiforbruk og lokasjon som Rokilde og Tollåsenga. Referansebyggene er optimalisert for å være så like faktiske bygg som mulig. Referansebygget er prosjektert i henhold til alle minimumskrav i TEK17, og er bygget med typiske bygningsmaterialer, uten

spesielt tanke på miljø. Referansebygget er estimert ved å benytte One Click LCA, Carbon designer. Scenarioene med riving omfatter riving av bygget, transport til avfallshåndtering og håndtering av avfall, basert på generiske data.

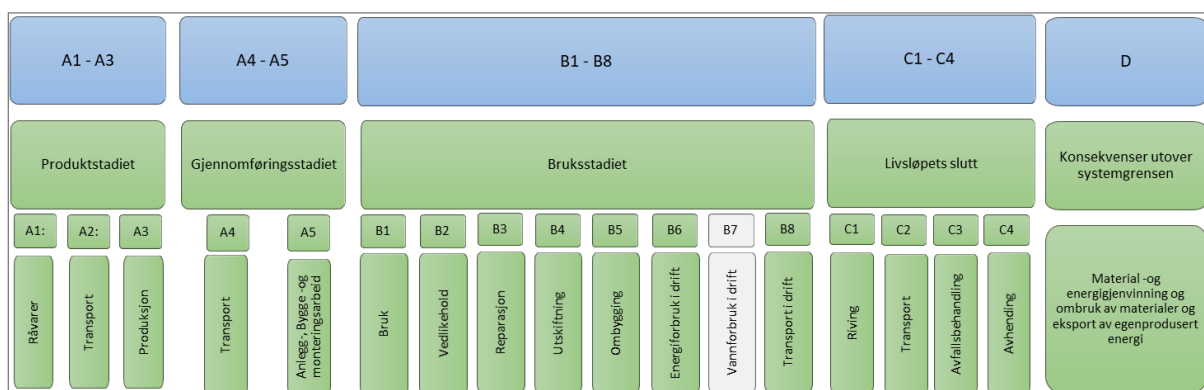
For Tollåsenga er det vurdert at bygningene i J.P. Clausens gate 19, 21, 23 og 25 er tilsvarende i størrelse og at omfanget av rehabiliteringen er lik. Beregningene er derfor utført for ett bygg, og skalert opp til å gjelde for alle fire bygninger. Bygningene i PB39 og 41 gjennomgikk rehabilitering av likt omfang, men størrelsen på byggene er ulike. Det er tatt utgangspunkt i PB39 og resultatet er skalert til å gjelde for begge bygninger. Resultatene for Tollåsenga presenteres i sin helhet i rapporten, men beregninger for hvert bygg presenteres separat i vedlegg. Faktiske mengder materialer benyttet i rehabiliteringen av Tollåsenga er opplyst av Kristiansand kommune. Materialer og mengder benyttet ved rehabilitering av Rokilde er hentet ut av entreprenørens 3D-modell.

2.1 BEREGNINGSVERTKØYET

Beregningsprogrammet One Click LCA, utviklet av Bionova, er tatt i bruk for gjennomføringen av klimagassberegningen. Programvaren samsvarer med NS 3720:2018 – Metode for klimagassberegninger for bygninger.

3 OMFANG OG SYSTEMAVGRENSNING

Klimagassberegningene baseres på modulsystemet i NS 3720:2018 som er illustrert i figur 4. Utslipp fra modul A1-A3 i produktstadiet og A4-A5 i gjennomføringsstadiet inngår i beregningen. Det samme gjør modulene B4-B5 og B6 i bruksstadiet. Videre inngår utslipp knyttet til livsløpets slutt med modulene C1-C4. Utslipp til transport i drift, modul B8, utgår fordi prosjektet ikke påvirker fremtidig transportmønster etter ferdigstilling. Modulene B1-B3 og modul D utgår også fra klimagassberegningene.



Figur 4: Fremstilling av systemgrensene i NS 3720:2018

Utslipp fra materialer (A1-A3) er basert på materialenes EPD for valgte bygningsprodukter oppgitt fra Kristiansand kommune, hvor tilgjengelig. I de tilfeller hvor informasjon om faktiske materialer ikke er tilgjengelig, er material benyttet basert på miljørådgivers faglige skjønn.

Utslipp fra materialenes utskifting og reovering i løpet av levetiden (B4-B5) er basert på materialenes EPD og standardverdier i beregningsprogrammet. For Rokilde er utslipp fra stasjonært energiforbruk (B6) er basert på faktisk forbruk fra det året det nye aldershjemmet har vært i drift. Da kun deler av bygget har vært i drift på grunn av korona-pandemien er energiforbruk skalert opp til å vise et forbruk

ved full drift av aldershjemmet. Ved Tollåsenga bofellesskap har det ikke vært mulig å innhente faktiske forbrukstall på energi da det er egne målere per leilighet. På bakgrunn av dette er det vurdert at både nybygget og de rehabiliterte byggene tilfredsstiller kravene i TEK17, og at eventuelle nybygg på tomten ville blitt oppført med elektrisitet som eneste energikilde slik som byggene er i dag. Basert på disse forutsetningene vil energiforbruket ved rehabilitering og nybyggsalternativet være lik og kan utelates fra beregningene.

Utslipp fra transport i byggefasen (A4) er basert på materialers EPD. Utslipp fra byggeplassdrift (A5) er basert på en estimert gjennomsnittlig utslippsfaktor, da faktisk forbruk på byggeplass ikke ble målt under byggeperioden. I denne posten inkluderes arbeid knyttet til klargjøring av tomt og forbruk i forbindelse med byggefasen. Utslipp fra riving (C1-C4) er basert på standardverdier oppgitt i beregningsprogrammet basert på materialenes EPD, her inngår også avfallshåndtering fra byggefasen.

4 ROKILDE ALDERSHJEM

4.1 MATERIALER

Utslipp knyttet byggematerialer for modul A1-A3 og B4-B5 angår materialer, hvor A1-A3 gjelder produksjon av materialene, mens B4-B5 inkluderer transport fra fabrikk til port og utslipp knyttet til byggeplassdrift.

Punktlisten under viser den viktigste dataen som er benyttet for å lage referansebygget:

- Bygningstype: 72 - Sykehjem
- Bruttoareal (BTA): 7 300 m²
- Oppvarmet bruksareal (oppv. BRA): 6 300 m²
- Etasjer over bakken: 5
- Etasjer under bakken: 1 oppvarmet kjeller med areal på omtrent 1 300 m²

Tabell 1 gir en beskrivelse av hovedelementene benyttet i oppbygningen av referansebygget med tilhørende klimagassutslipp oppgitt i kg CO₂-ekvivalenter (CO₂e). Det totale utslippet for materialer i referanseberegninger er 1 554 860 kg CO₂e.

Tabell 1 Hovedelementer per bygningsdel for referansebygget, med tilhørende klimagassutslipp

Bygningsdel	Oppbygging	A1-A3 [kg CO ₂ -ekv]	B4-B5 [kg CO ₂ -ekv]
21 Grunn og fundamenter	Stripefundamenter, betong sandwichelement	56 275	0
22 Bæresystemer	Betongsøyle	130 586	0
23 Yttervegger	Murstein, betongvegg, bindingsverksystem, fibersement platekledning, 3-lags vindu med tre-aluminiumkledning, isolasjon	104 210	1 322
24 Innervegg	Bindingsverk stålstender, innvendige betongvegger, gipsplater, isolasjon	185 233	37 843
25 Dekker og 26 Yttertak	Hulldekket system inkl. mineralullisolasjon, betong grunndekk, strukturelle stålprofiler, fliser, parkett, betongtak system, inklusiv EPS isolasjon	999 556	180 847
28 Trapper og balkonger	Betongtrapper og heissjakt	79 000	0
Vinduer og dører	3-lags vindu med tre og aluminiumsramme, ståldør	43 428	39 670
Sum		1 554 860	259 682
Sum A1-A3, B4-B5		1 857 970 kg CO₂e	

Utslipp knyttet til faktisk materialbruk, A1-A3 og B4-B5, er listet opp i tabell 2. Her er nye materialer lagt inn basert på informasjon hentet fra prosjektets 3D-modell, gitt av totalentreprenør, Betonmast Røsand AS. Se vedlegg for oversikt over materialer som har inngått i beregningene. Eksisterende materialer som ikke berøres av rehabiliteringen er videreført som de er, og medfører ikke klimagassutslipp. Det totale klimagassutslippet for materialer i rehabiliteringsprosjektet er 889 098 kg CO₂e.

Tabell 2 Hovedelementer per bygningsdel for prosjektet etter oppføring, med tilhørende klimagassutslipp

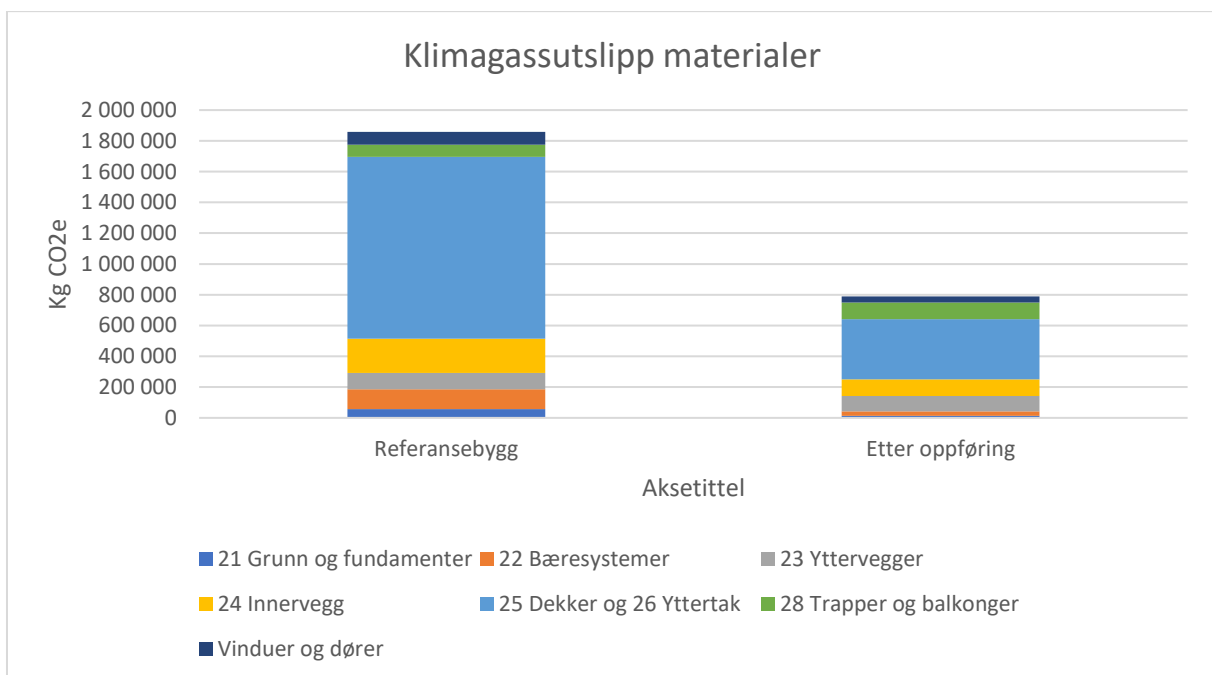
Bygningsdel	Oppbygging	A1-A3 [kg CO ₂ -ekv]	B4-B5 [kg CO ₂ -ekv]
21 Grunn og fundamenter	Betong fundament og yttervegger, veggelementer	13 465	0
22 Bæresystemer	Betong søyler lavkarbon klasse B, stål- og hulprofiler	29 066	0
23 Yttervegger	Vinduer, dører, kledningsplater, dampspærre bindingsverksystem i tre, isolasjon, betong	98 801	1 583
24 Innervegg	Bindingsverksystem i tre, stålstender, innvendige betongvegger, gipsfiberplater, vinduer, dører	108 077	0
25 Dekker og 26 Yttertak	Betongarmering stål, hulldekker, vinyl, himlingsplater i mineralull isolasjon, veggpanel, isolasjon, veggelementer	258 632	130 594
28 Trapper og balkonger	Betong, glassvegg, kompakt veggelement, stålprodukter	109 249	0
Vinduer og dører	H-vindu, tredør, balkongdør	76 053	71 987
Sum		617 290	204 164
Sum A1-A3, B4-B5		889 098 kg CO₂e	

Tabell 3 viser de 10 mest medvirkende materialene på det totale klimagassutslippet for hele rehabiliteringsarealet i modul A1-A3.

Tabell 3 Mest medvirkende materialer til klimagassutslipp

Plassering	Produkt	Påvirkning fra start til slutt (A1-A3) [tonn CO ₂ -ekv]
1	Ferdigbetong, normal styrke, generisk, B30	124
2	Betongarmering	78
3	Glassvegg i ny, innglasset balkong	50
4	Stålprodukter i pulverlakkert utførelse (f.eks. håndløpere)	44
5	Fibersementplater	33
6	Steinullisolasjon	33
7	Hulldekker	29
8	Vindu	29
9	Vinylbelegg (PVC)	28
10	Kompakt veggelement, lavkarbon B	27

Enkelte materialer listet som topp 10 er gode alternativer med tanke på utslippsprofil, men har høye totale utslipp på grunn av omfattende mengde benyttet i bygningen i forhold til andre, mer utslippstunge, materialer. For eksempel har betongarmering, nummer 2, lave utslipp sammenlignet med et tilsvarende materiale med samme funksjon. Til sammenligning, så har glassveggen høyt utslipp målt opp mot tilsvarende materialer med samme funksjon, og kunne vært byttet ut med et materiale med lavere utslippsnivå dersom prosjektet var bevisst på klimagassutslipp knyttet til de ulike materialene i prosjektering. Alle materialer og mengder benyttet i beregningene, finnes i vedlegg.



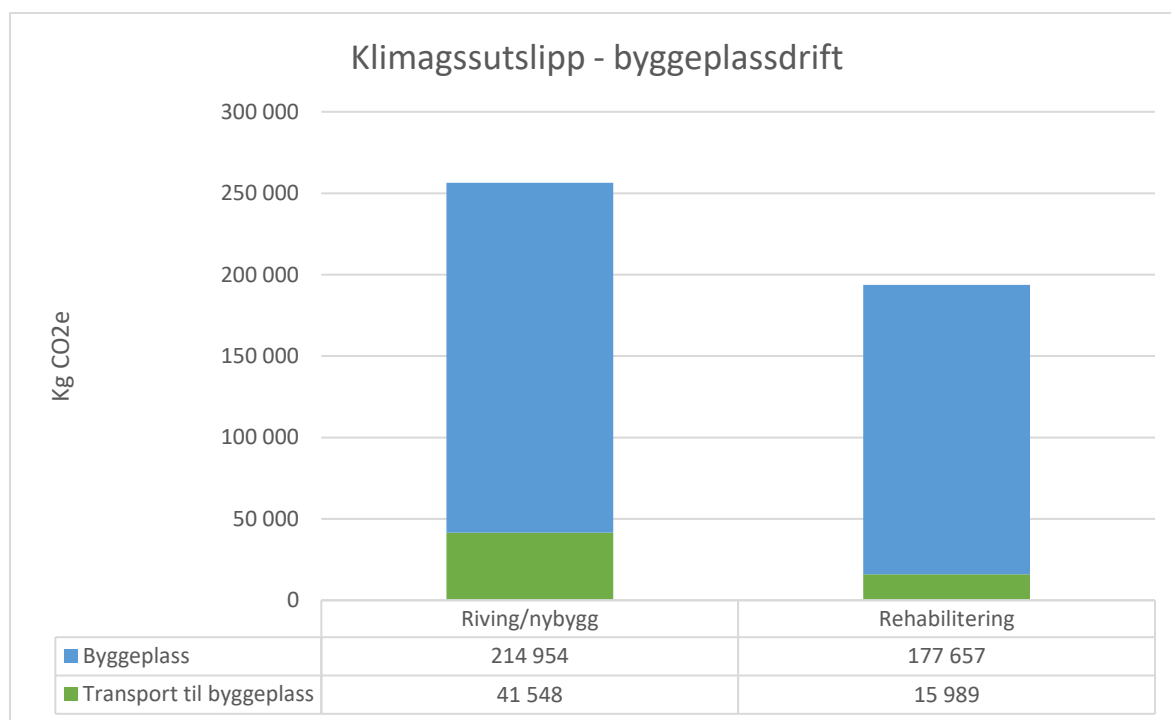
Figur 5 Klimagassutslipp materialer

Utslipp fra materialer reduseres med 51 % for prosjektet etter oppføring sammenliknet med referanseprosjektet, som vist i figur 5. Hovedårsaken til forbedringen er at dette er et rehabiliteringsprosjekt hvor store deler av utslippstung bygningskonstruksjon videreføres som den er. Rehabiliteringen benytter en liten andel av nye materialer sammenliknet med å bygge alt nytt.

4.2 BYGGEPLASSDRIFT OG TRANSPORT TIL BYGGEPLASS

For utslipp knyttet til gjennomføringsstadiet er det for referanseberegningen lagt til grunn gjennomsnittlig utslipp knyttet til transport av materialer til byggeplassen (A4) basert på valgte materials EPD, og gjennomsnittlig utslipp fra byggeplasspåvirkning (A5) basert på BTA. Konsekvenser av å rive bygningene er presentert i kap. 5.3. Det antas at materialer som videreføres i prosjektet ikke genererer utslipp. Klimagassutslipp knyttet til rehabilitering er lavere enn ved oppføring av nytt bygg, da det antas lavere aktivitet på, samt til og fra byggeplass, siden store deler av konstruksjonen bevares. Figur 6 illustrerer klimagassutslipp per kvadratmeter for byggeplassdrift for referansebygget og rehabilitering.

Figur 6 Klimagassutslipp transport til byggeplass og forbruk på byggeplass



Prosjektet etter oppføring har 24,5 % lavere utslipp i byggefasen sammenliknet med om hele bygget skulle blitt revet og ført opp på nytt. Utslipet er lavere for prosjektet etter oppføring fordi det benyttes færre materialer, som dermed krever mindre byggeplassdrift og lavere transportbehov av materialer sammenliknet med å bygge tilsvarende areal helt nytt. Utslipet knyttet til byggeplassdrift for rehabilitering inkl. transport til byggeplass tilsvarer 193 646 kg CO₂e.

4.3 ENERGIBRUK I DRIFT

Netto energiforbruk for Rokilde aldershjem fra februar 2020 til februar 2021 er oppgitt av kommunen til å være 750 000 kWh. Kommunen opplyser videre om at dette forbruket var fordelt mellom elektrisitet og nærvarme fra en biokjel i et nabobygg. Fordelingen var 61,6 % elektrisitet og 38,4 % nærvarme. Det ble videre opplyst om at oppgitt energiforbruk tilsvarer 75 % av normal drift. Dermed ble energiforbruket oppskalert for å være representativt for et normalår. Netto energiforbruk for Rokilde er satt til 900 000 kWh/år med samme fordeling mellom elektrisitet og nærvarme. Forbruket for elektrisitet tilsvarer 554 723 kWh/år og nærvarme 345 277 kWh/år.

Klimagassutslipp knyttet til energibruk i drift for referansebygget baseres på estimering av One Click LCA ved bruk av funksjonen «Carbon designer». For bygget etter oppføring er årlig, netto energiforbruk estimert til å være 994 103 kWh/år. Energibehovet dekkes av elektrisitet, primærvarme fra varmepumpe, sekundær oppvarming fra el-kjel og kjøling fra varmepumpe.

Klimagassutslipp for energibruk i drift for både referansebygget og prosjektet etter oppføring beregnes basert på levert energi og utslippsfaktorer for elektrisitet og nærvarme i form av bioolje. Tabell 4 viser utslippsfaktorene som er benyttet.

Tabell 4: Utslippsfaktor energibruk i drift

Energibærer	Verdi	Enhet	Kommentar	Datakilde
Elektrisitet	0,13	kg CO ₂ -e/kWh	Elektrisitet, EU28 + Norge, forventet gjennomsnitt over neste 60 år (IEA/NS3720 energimiks, projeksjon fra 2015-2017 gjennomsnitt)	LCA study for country specific electricity mixes based on NS 3720, IEA and ecoinvent 3.3, Bionova 2020
Nærvarme bioolje	0,0338	kg CO ₂ -e/kWh	FutureBuilts klimagassberegninger 2019 oppgir at utslippsfaktor for Bioolje er 0,033 kg CO ₂ -e/kWh. Benytter Distriktsoppvarming, Oslo - Nydalen, Norge i One Click LCA med utslippsfaktor lik: 0,0338 kg CO ₂ -e/kWh	“FutureBuilt klimagassberegninger 2019” og LCA study based on fuel data provided by Fjernvarme.no (2016-2018) and Ecoinvent 3.3, Bionova Ltd

Energibehovet for referansebygget og bygget etter oppføring med tilhørende klimagassutslipp er fremstilt i tabell 5 og 6.

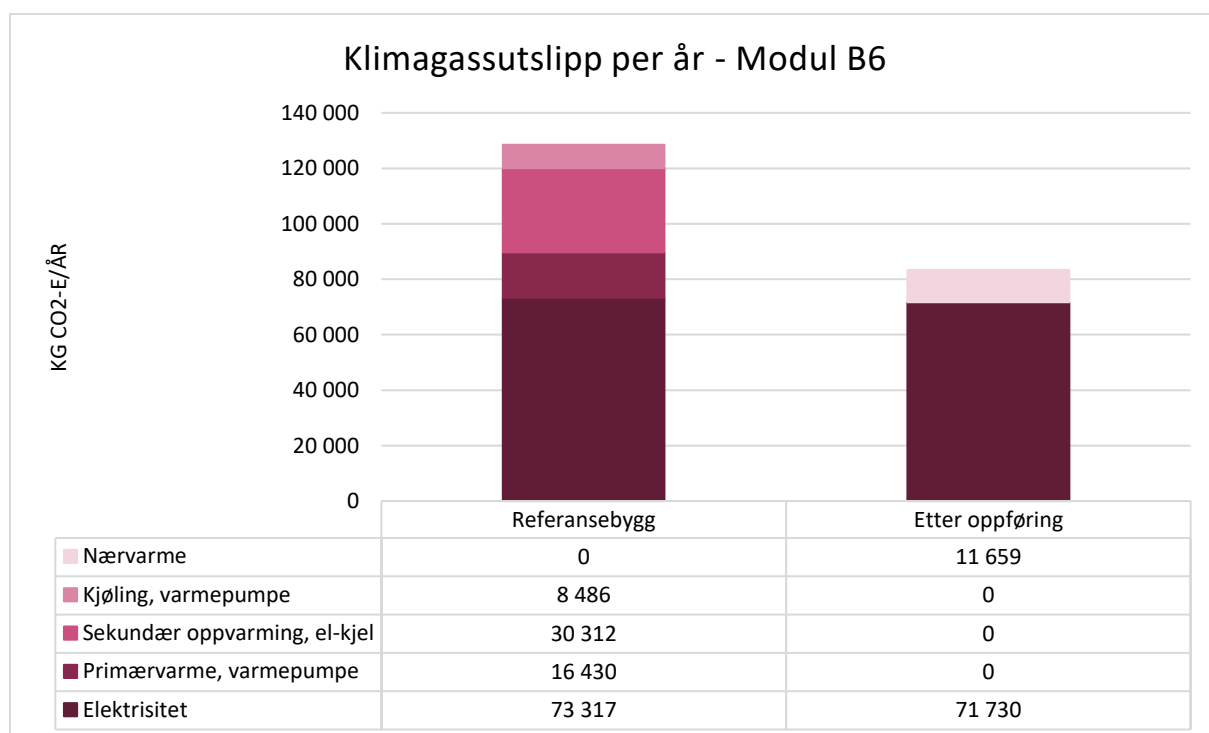
Tabell 5: Levert energi og klimagassutslipp, referansebygg

	Levert energi [kWh/år]	Utslipp per år [kg CO ₂ -e/år]	Utslipp over 60 år [kg CO ₂ -e]
Elektrisitet, uspesifisert bruk	567 000	73 317	4 339 031
Primærvarme (varmepumpe)	127 059	16 430	985 779
Sekundær oppvarming (elektrisk kjele)	234 419	30 312	1 818 724
Kjøling (varmepumpe)	65 625	8 486	509 147
Sum	994 103	128 545	7 712 681

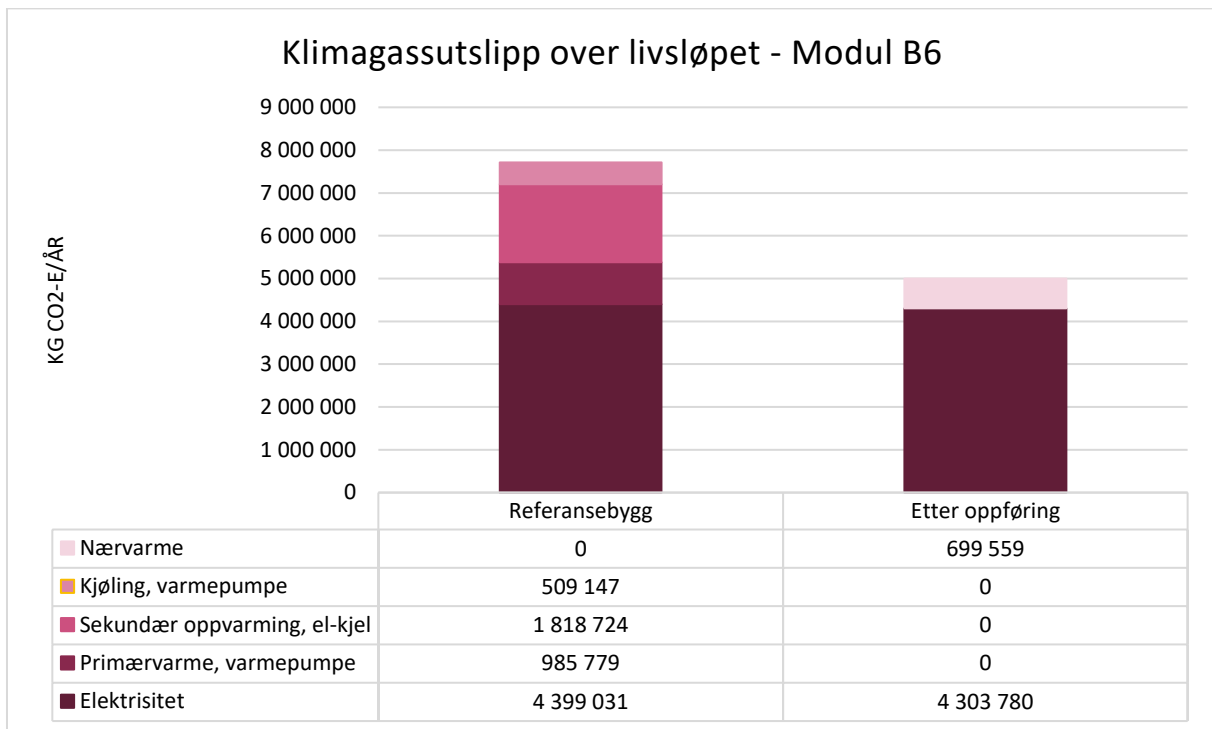
Tabell 6: Levert energi og klimagassutslipp, bygg etter oppføring

	Levert energi [kWh/år]	Utslipp per år [kg CO ₂ -e/år]	Utslipp over 60 år [kg CO ₂ -e]
Elektrisitet, uspesifisert bruk	554 723	71 730	4 303 780
Nærvarme, bioolje	345 277	11 658	699 559
Sum	900 000	83 389	5 003 339

Energibehovet for bygget etter oppføring er redusert med 9,5 % sammenliknet med referansebygget. Klimagassutslipp for energiforbruk i drift er redusert med 35 % sammenliknet med referansebygget. Hovedårsaken til dette er at utslippsfaktoren for nærvarme er lavere enn utslippsfaktoren til elektrisitet. Figur 7 viser en grafisk fremstilling av klimagassutslipp per år knyttet til energibruk i drift for referansebygget og bygget etter oppføring. Figur 8 viser klimagassutslipp fra energiforbruk i drift for hele livsløpet til prosjektet.



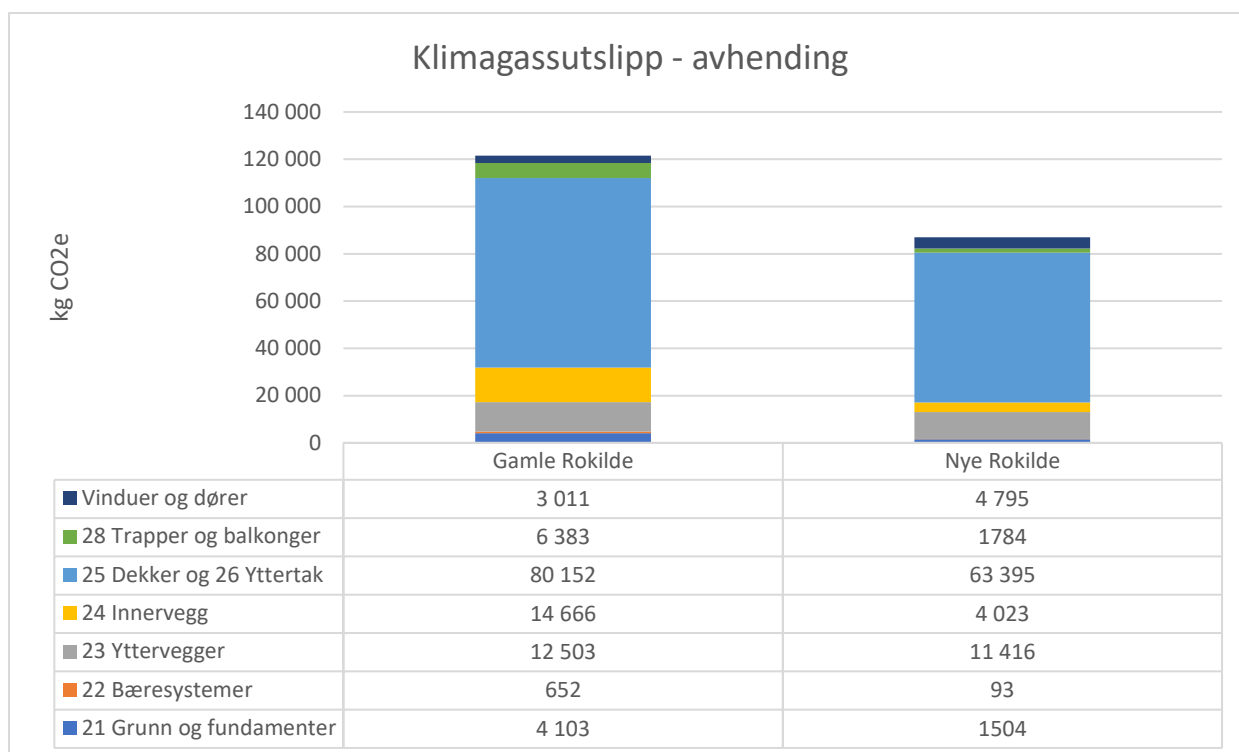
Figur 7: Klimagassutslipp per år oppgitt i kg CO₂e for modul B6 Energiforbruk i drift



Figur 8: Klimagassutslipp i kg CO₂e over 60 år for modul B6 Energiforbruk i drift

4.4 AVHENDING

Modul C1-C4, utslipp knyttet til avhending baserer seg på klimagassutslipp knyttet riving av to ulike scenarier. Det ene er riving av gamle Rokilde, mens det andre er riving i forbindelse med rehabilitering. Da det ikke finnes informasjon om hvilke materialer som er i bygget er det antatt standard byggematerialer. Figur 9 viser grafisk fremstilling av utslipp for Gamle Rokilde og riving i forbindelse med oppføring av Nye Rokilde. Det er antatt at både referansebygget og rehabiliterede Rokilde står etter analyseperioden på 60 år. Analysen inkluderer riving av bygget, transport til avfallshåndtering og håndtering av avfallet.



Figur 9 Klimagassutslipp avhending

Analysen viser at ved å rehabilitere spares det 28 % klimagassutslipp målt opp mot å rive bygget helt ned. De fleste utslipp knyttet til oppføring av bygg kommer av produksjon av nye materialer slik at utslippsposten for riving kun er en liten del av dette.

5 TOLLÅSENGA BOFELLESSKAP

5.1 MATERIALER

Utslipp knyttet byggematerialer for modul A1-A3 og B4-B5 angår materialer, hvor A1-A3 gjelder produksjon av materialene, mens B4-B5 inkluderer transport fra fabrikk til port og utslipp knyttet til byggeplassdrift.

Punktlisten under viser den viktigste dataen som er benyttet for å lage referansebygget:

J.P. Clausens gate (pr bygg)

- Bygningstype: 15 - Boligblokk
- Bruttoareal (BTA): 460 m²
- Oppvarmet bruksareal (oppv. BRA): 296 m²
- Etasjer over bakken: 2
- Etasjer under bakken: 1

P. Bendixens gate 39/41

- Bygningstype: 15 – Boligblokk
- Bruttoareal (BRA): 1 588/1 217 m²
- Oppvarmet bruksareal (oppv. BRA): 1 202/857 m²
- Etasjer over bakken: 2
- Etasjer under bakken 1

Tabell 8 gir en beskrivelse av hovedelementene benyttet i oppbygningen av referansebygget med tilhørende klimagassutslipp oppgitt i kg CO₂-ekvivalenter (CO₂e) fordelt på modul A1-A3 og B4-B5. Det totale utslippet for materialer i referanseberegninger er 1 562 709 kg CO₂e.

Tabell 8 Hovedelementer per bygningsdel for referansebygget, med tilhørende klimagassutslipp

Bygningsdel	Oppbygging	A1-A3 [kg CO ₂ -ekv]	B4-B5 [kg CO ₂ -ekv]
21 Grunn og fundamenter	Stripefundamenter, betong sandwichelement	98 303	0
22 Bæresystemer	Strukturelle hule stålprofiler	100 784	0
23 Yttervegger	Bindingsverksystem, lurte lettklinkerblokker, trekledning	82 883	2 331
24 Innervegg	Bindingsverk stålstender, innvendige betongvegger, gipsplater, isolasjon	240 391	86 334
25 Dekker og 26 Yttertak	Huldekket system inkl. mineralullisolasjon, betong grunndekk, strukturelle stålprofiler, fliser, parkett, betongtak system, inklusiv EPS isolasjon	782 672	80 676
28 Trapper og balkonger	Betongtrapper og heissjakt	41 912	0
Vinduer og dører	3-lags vindu med tre-aluminium, multifunksjonell tredør	24 167	22 256
Sum		1 371 112	191 597
Sum A1-A3, B4-B5		1 562 709 kg CO₂e	

Utslipp knyttet til materialbruk, er listet opp i tabell 9. Her er nye materialer lagt inn basert på informasjon opplyst av Kristiansund kommune. For nye utvendige svalganger er kun vegger og tak inkludert, da data mangler for resterende deler av konstruksjonen. Der de oppgitte materialene ikke har EPD, eller der materialene ikke ble spesifisert er det valgt ut tilsvarende materialer. Se vedlegg for oversikt over materialer benyttet i analysen. Eksisterende materialer som ikke berøres av rehabiliteringen er videreført som de er, og medfører ikke klimagassutslipp. Det totale klimagassutslippet for materialer i rehabiliteringsprosjektet er 228 338 kg CO₂e.

Tabell 9 Hovedelementer per bygningsdel for prosjektet etter oppføring, med tilhørende klimagassutslipp

Bygningsdel	Oppbygging	A1-A3 [kg CO ₂ -ekv]	B4-B5 [kg CO ₂ -ekv]
21 Grunn og fundamenter	Betong fundament	0	0
22 Bæresystemer	Betong søyler lavkarbon klasse B, stål- og hulprofiler	0	0
23 Yttervegger	Glassfasade (svalgang)	61 123	0
24 Innervegg	Fibo baderomspanel, gipsplater, isolasjon, maling, dampspærre	11 956	3 598
25 Dekker og 26 Yttertak	Gipsplate, avrettingsmasse, sponplater, vinylbelegg, glasstak (svalgang), isolasjon, sportsgulv	61 860	16 720
28 Trapper og balkonger	Betong, stålprodukter	0	0
Vinduer og dører	H-vinduet, dører med trekarm	36 547	36 534
Sum		171 486	56 852
Sum A1-A3, B4-B5		228 388 kg CO₂e	

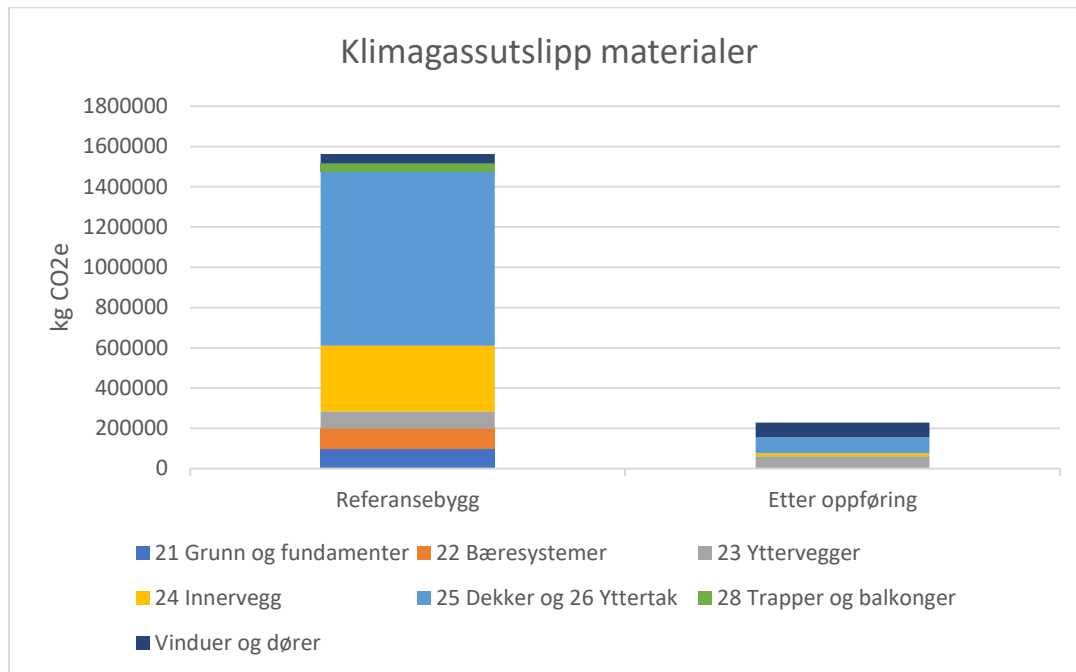
Tabell 10 viser de 10 mest medvirkende materialene på det totale klimagassutslippet for hele rehabiliteringsarealet i modul A1-A3.

Tabell 10 Mest medvirkende materialer til klimagassutslipp

Plassering	Produkt	Påvirkning fra start til slutt (A1-A3) [tonn CO ₂ -ekv]
1	Glassfasade og tak	106
2	Vinduer	32,4
3	Betong	5,3
4	Dører	5,3
5	Gipsplate	3
6	Vinylbelegg (PVC)	2,6
7	Steinull-isolasjon	2,08
8	Gipsplate, robust	1,8
9	Avrettingsmasse	1,56
10	Fibo baderomspanel	1,21

Tollåsenga har gjennomgått en lite omfattende rehabilitering, slik at klimabelastning er lav. De største utslippene kommer av at det i PB39 og 41 er bygget utvendige svalganger med glassfasade.

Sammenligning av utslipp for referanseberegningen og faktisk utslipp knyttet til materialbruk for prosjektet etter oppføring er presentert i figur 8.

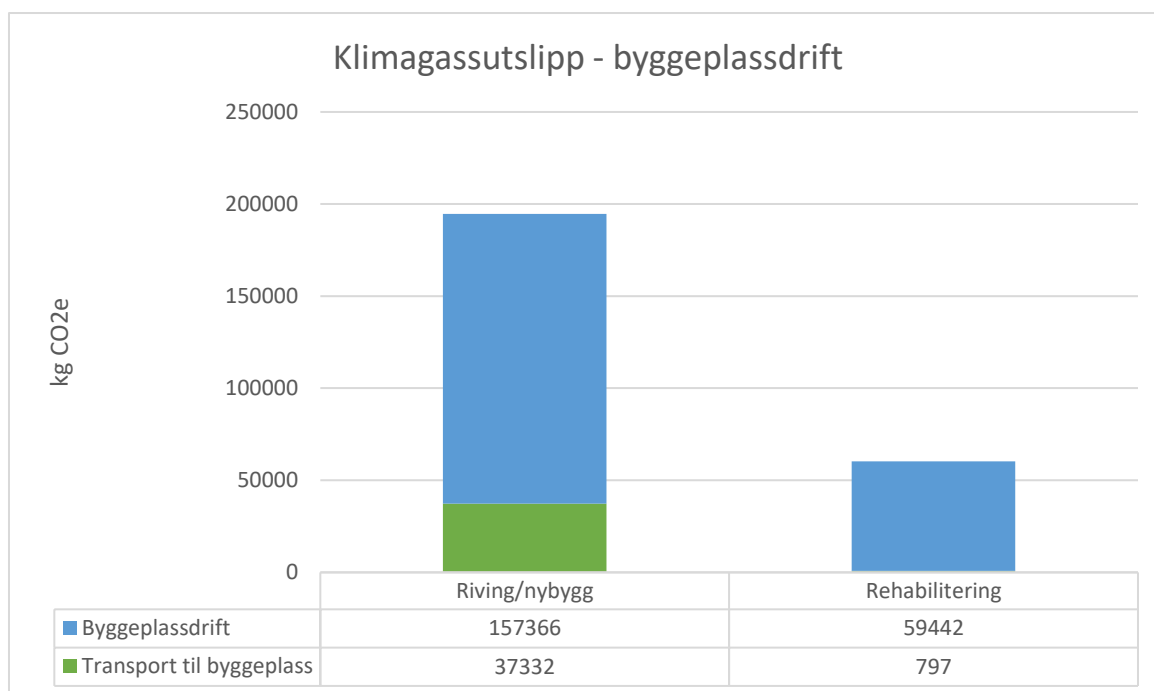


Figur 8 Klimagassutslipp materialer

Utslipp fra materialer reduseres med 87 % for prosjektet etter oppføring sammenliknet med referanseprosjektet. Hovedårsaken til forbedringen er at dette er et rehabiliteringsprosjekt hvor store deler av utslippstung bygningskonstruksjon videreføres som den er. Rehabiliteringen benytter en liten andel av nye materialer sammenliknet med å bygge alt nytt.

5.2 BYGGEPLASSDRIFT OG TRANSPORT TIL BYGGEPLASS

For utslipp knyttet til gjennomføringsstadiet er det for referanseberegningen lagt til grunn gjennomsnittlig utslipp knyttet til transport av materialer til byggeplassen basert på valgte materialers EPD, og gjennomsnittlig utslipp fra byggeplaspåvirkning basert på BTA. Konsekvenser av å rive bygningene er presentert i kap. 5.3. Det antas at materialer som videreføres i prosjektet ikke genererer utslipp. Klimagassutslipp knyttet til rehabilitering er lavere enn ved oppføring av nytt bygg, da det antas lavere aktivitet på, samt til og fra byggeplass, siden store deler av konstruksjonen bevares. Figur 9 illustrerer klimagassutslipp per kvadratmeter for byggeplassdrift for referansebygget og rehabilitering.



Figur 10 Klimagassutslipp transport til byggeplass og forbruk på byggeplass

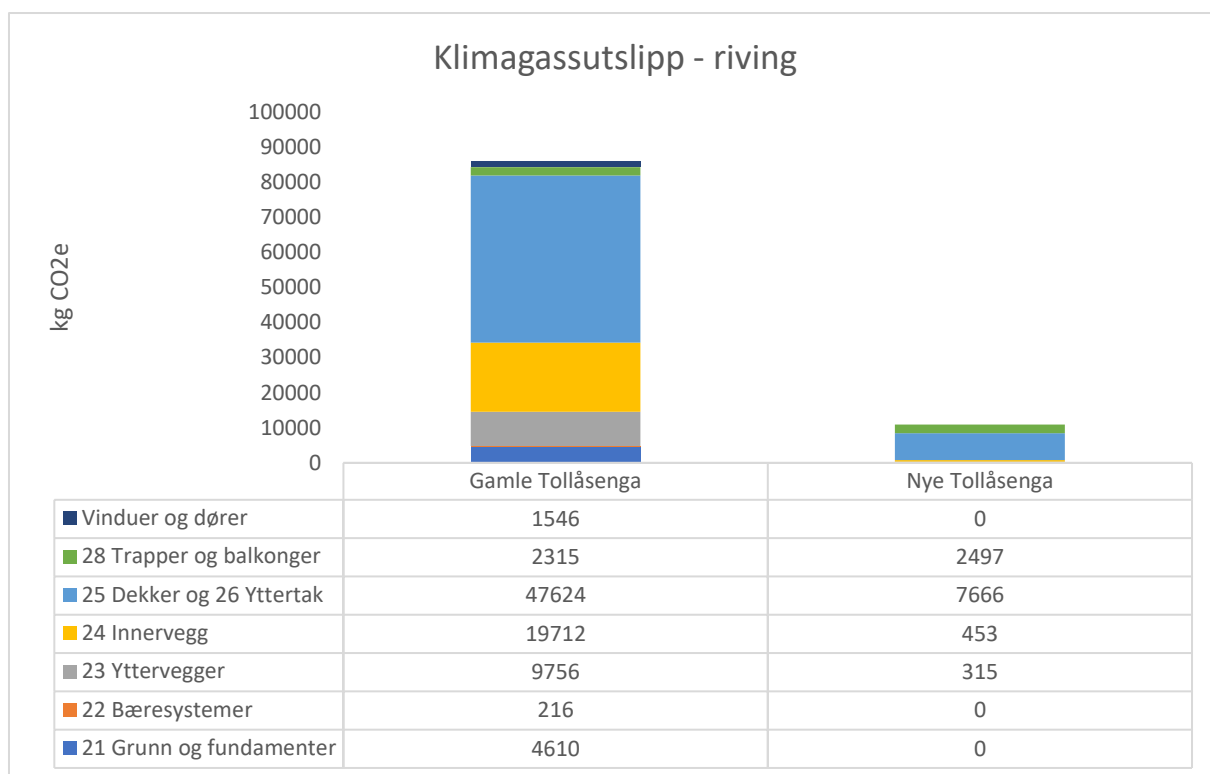
Prosjektet etter oppføring har 69 % lavere utslipp sammenliknet med referanseberegningen. Utslipet er lavere for prosjektet etter oppføring fordi det ble benyttet svært lite materialer i forbindelse med rehabiliteringen, som dermed krever mindre byggeplassdrift og lavere transportbehov av materialer sammenliknet med å bygge tilsvarende areal helt nytt. Utslipet etter oppføring for byggeplassdrift inkl. transport til byggeplass tilsvarer 60 239 kg CO₂e.

5.3 ENERGIBRUK I DRIFT

Da Tollåsenga bofellesskap består av individuelle boenheter med egne energimålere, har ikke kommunen tilgang på energimålinger for de ulike boenhetene. Det antas at rehabiliteringen vil medføre at byggene etter oppføring vil tilfredsstille kravene i TEK17. Elektrisitet er den eneste energikilden for byggene slik de driftes i dag, og det antas videre at alternativet med nybygg også kun ville benyttet elektrisitet og tilfredsstilt kravene i TEK17, slik at energibruk i drift er likt for begge scenarier og kan tas ut av analysen.

5.4 AVHENDING

På tilsvarende måte som ved Rokilde vil utslipp knyttet til riving vurderes ved to alternativer. Det ene er riving av Tollåsenga, mens det andre er riving i forbindelse med rehabilitering. Da det ikke finnes informasjon om hvilke materialer som finnes i bygget er det antatt standard byggematerialer. Figur 11 viser grafisk fremstilling av utslipp for gamle Tollåsenga, og riving i forbindelse med oppføring av nye Tollåsenga. Det er antatt at både referansebygget og rehabiliterte Tollåsenga står etter analyseperioden på 60 år. Analysen inkluderer riving av byggene, transport til avfallshåndtering og håndtering av avfallet.



Figur 11 Klimagassutslipp riving

Analysen viser at ved å rehabilitere spares det 86 % klimagassutslipp målt opp mot å rive bygget helt ned. De fleste utslipp knyttet til oppføring av bygg kommer av produksjon av nye materialer slik at utslippsposten for riving kun er en liten del av dette.

6 SPARTE CO₂-EKVIVALENTER VED RENOVERING AV ROKILDE ALDERSHJEM OG TOLLÅSENGA BOFELLESSKAP

6.1 ROKILDE

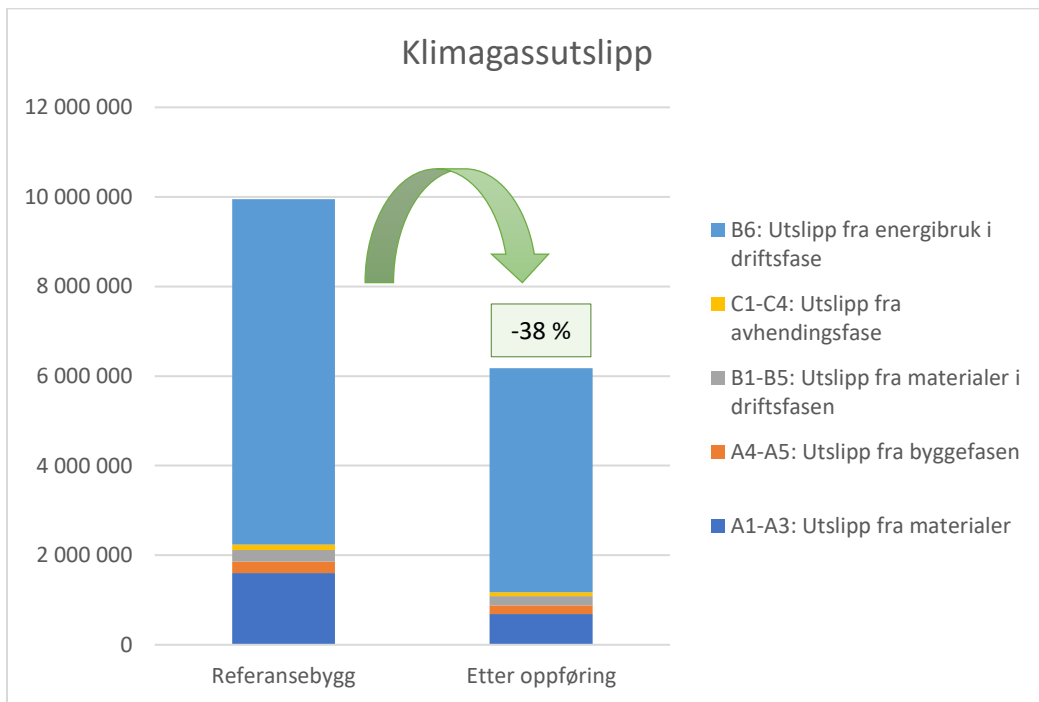
Prosjektet etter oppføring gir 38 % lavere klimagassutslipp sammenliknet med å bygge et nybygg på tomten. Klimagassutslippet for prosjektet etter oppføring tilsvarer 846 kg CO₂e/m² over livsløpet på 60 år, eller 14 kg CO₂e/m²/år for hvert år i 60 år.

Tabell 7 under viser utslipp fordelt over de ulike fasene, og figur 8 viser en grafisk fremstilling av de samme tallene. Avslutningsvis fremstiller tabell 8 utslipp sortert på nevner.

Tabell 7 Klimagassutslipp over livsløpet

Reduksjon i utslipp av kg CO ₂ e – Rokilde aldershjem			
	Referansebygg kg CO ₂ -ekv	Som bygget kg CO ₂ -ekv	Prosentvis endring
Utslipp fra materialer			
A1-A3 Utslipp materialproduksjon	1 598 288	684 934	-57 %
A4-A5 Utslipp fra byggefase	256 502	193 646	-25 %
B4-B5 Utslipp fra materialer i driftsfase	259 683	204 164	-21 %
C1-C4 Utslipp fra avhendingsfasen	121 471	87 011	-28 %
Sum utslipp fra materialer	2 235 944	1 034 331	-48 %
Utslipp fra energibruk i drift			
B6 Utslipp fra energibruk i drift	7 712 680	5 003 340	-35 %
Total	9 948 624	5 803 360	-38 %

Figur 12 Reduksjon i klimagassutslipp



Tabell 8 Utslipp fordelt på nevner

	Referansebygg [kg CO ₂ -e/år]	Som bygget [kg CO ₂ -e/år]
Per år	165 810	102 885
Per m ² BTA	1 363	846
Per m ² BTA per år	23	14

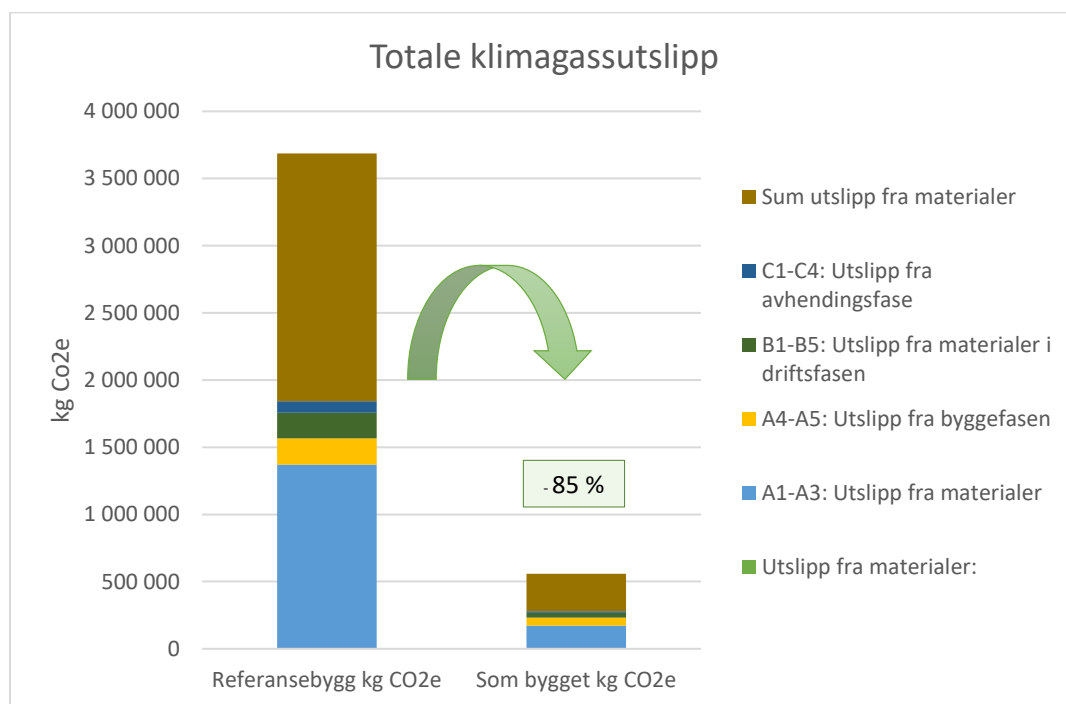
6.2 TOLLÅSENGA

Prosjektet etter oppføring gir 85 % lavere klimagassutslipp sammenliknet med å bygge et nybygg på tomten. Klimagassutslippet for prosjektet etter oppføring tilsvarer 60 kg CO₂e/m² over livsløpet på 60 år, eller 1 kg CO₂e/m²/år for hvert år i 60 år.

Tabell 8 under viser utslipp fordelt over de ulike fasene, og figur 8 viser en grafisk fremstilling av de samme tallene. Avslutningsvis fremstiller tabell 9 utslipp sortert på nevner.

Tabell 9 Klimagassutslipp fordelt på faser

Reduksjon i utslipp av kg CO ₂ e – Tollåsenga			
	Referansebygg kg CO ₂ -ekv	Som bygget kg CO ₂ -ekv	Prosentvis endring
Utslipp fra materialer			
A1-A3 Utslipp materialproduksjon	1 371 112	171 486	-87 %
A4-A5 Utslipp fra byggefase	194 698	60 239	-89 %
B4-B5 Utslipp fra materialer i driftsfase	191 597	35 933	-81 %
C1-C4 Utslipp fra avhendingsfasen	85 779	10 931	-87 %
Sum utslipp fra materialer	1 843 186	278 580	-85 %



Figur 13 Totale klimagassutslipp

Tabell 10 Utslipp fordelt på nevner

	Referansebygg [kg CO ₂ -e/år]	Som bygget [kg CO ₂ -e/år]
Per år	30 720	4 643
Per m ² BTA	397	60
Per m ² BTA per år	7	1

7 DISKUSJON

Klimagassberegningene viser at rehabilitering av Rokilde aldershjem har spart prosjektet for klimagassutslipp tilsvarende 38 % av det totale utslipp knyttet til å rive hele bygningen for å bygge den opp igjen. Rehabilitering av Tollåsenga sparte klimagassutslipp tilsvarende 85 %. Til sammen har prosjektet spart klimagassutslipp tilsvarende 48 % ved å rehabilitere fremfor å rive og bygge nye bygg. I tillegg til reduserte klimagassutslipp førte rehabilitering kontra nybygg til flere andre miljøvennlige gevinster, slik som for eksempel reduserte avfallsmengder og mindre fortetting på trafikknettet med tilhørende utslipp av eksos og støv til omgivelsene.

Hurtigruten AS opplyser på sine hjemmesider at en tur med et av deres cruiseskip slipper ut 217 kg CO₂e pr nautiske mil. Et seilas fra Bergen til Hammerfest strekker seg over 1 250 nautiske mil og vil føre til klimagassutslipp tilsvarende 271 250 kg CO₂. Ved å rehabilitere Rokilde fremfor å rive og oppføre nybygg på tomten har prosjektet spart omtrent 3 500 tonn CO₂ (ikke inkludert tekniske installasjoner og utearealer). Dette betyr en reduksjon i utslipp tilsvarende omtrent 6 tur-retur seilinger med Hurtigruten.

8 VEDLEGG

Materialrapporter:

1. Rokilde referansebygg
2. Rokilde som bygget
3. J.P. Clausens gt 19 referansebygg
4. J.P. Clausens gt 19 som bygget
5. PB 39 referansebygg
6. PB 39 som bygget
7. PB 41 referansebygg
8. PB 41 som bygget