

Oslo kommune Klimaetaten

KARTLEGGING AV KLIMAGASSBEREGNINGER FOR BYGG OG ANLEGG I OSLO

Klikk eller trykk her for å skrive inn tekst.

Dato: 03.04.2020
Versjon: 01



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver: Oslo kommune Klimaetaten
Tittel på rapport: Kartlegging av klimagassberegninger for bygg og anlegg i Oslo
Oppdragsnavn: Kartlegging virkemidler for ombruk og klimagassberegninger
Oppdragsnummer: 625563-01
Utarbeidet av: Mie Fuglseth, Oddbjørn Dahlstrøm, Julie Lyslo Skullestad, Alexander Borg
Oppdragsleder: Mie Fuglseth
Tilgjengelighet: Åpen

01	03.04.20	Nytt dokument	MF, OD, JLS, AB	LBR
VERSJON	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KS

Sammendrag

Oslo kommune har mål om 95 % kutt i egne utslipp innen 2050. Dette er et ambisiøst mål, men omfatter kun de direkte utslippene. 60 % av forbruksutslipp knyttet til bygg og infrastruktur er forbundet med produksjon og transport av byggematerialer. Dermed er det avgjørende at man setter inn effektive tiltak for å få bukt også med de indirekte utslippene fra byggeaktivitet dersom vi skal nå klimamålene.

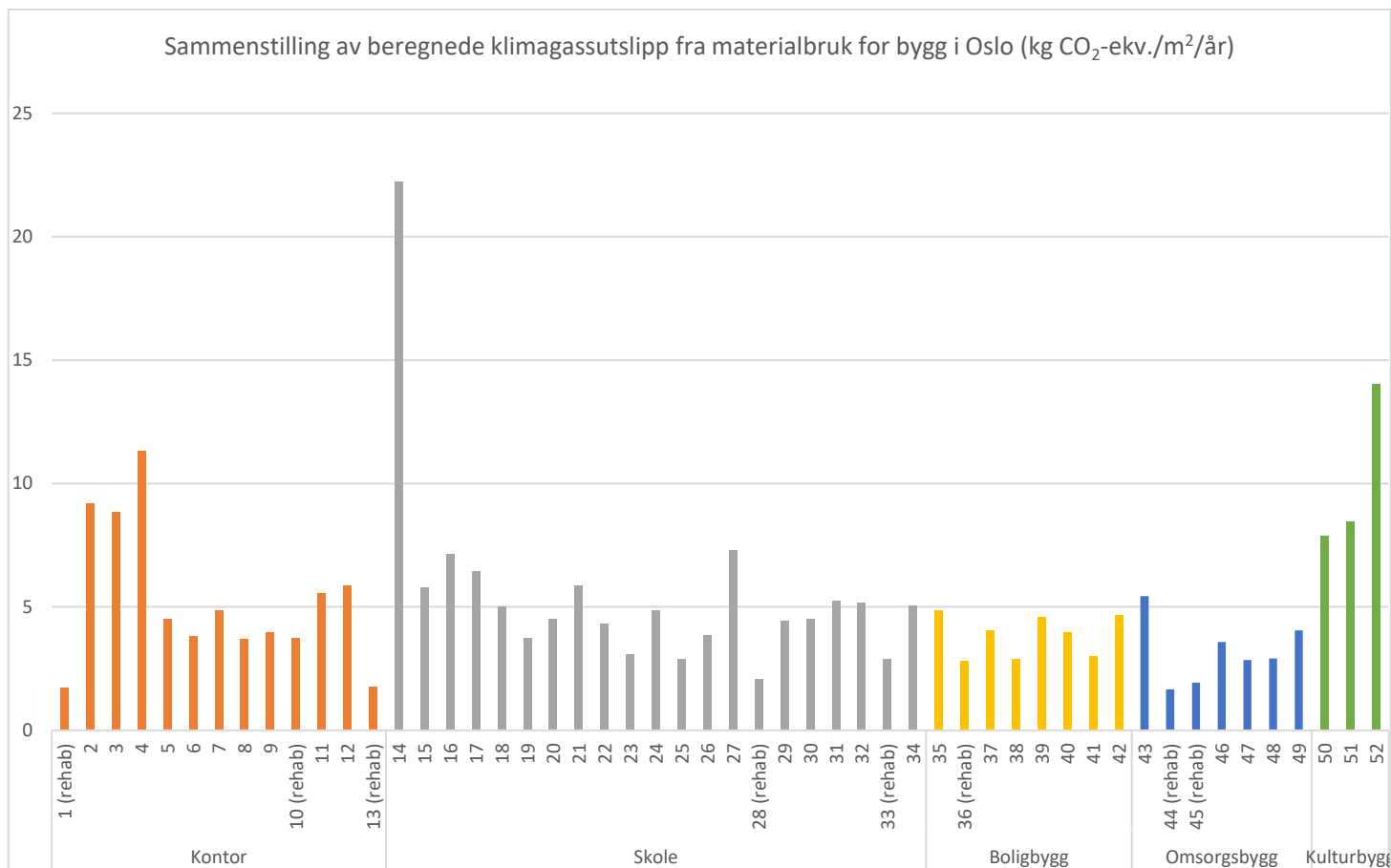
Oslo kommune ønsker derfor å kunne stille krav som reduserer også de indirekte utslippene fra bygg- og anleggsprosjekter i Oslo. Formålet med arbeidet presentert i denne rapporten har vært å gi et faglig grunnlag for å stille krav til klimaprestasjon for materialbruk i bygg og anlegg.

Rapportens hovedfunn kan oppsummeres med følgende punkter:

- Det er mulig å beregne representative referansenivåer for klimagassutslipp fra materialbruk for bygg i Oslo.
- Referansenivåene for klimagassutslipp fra materialbruk i bygg presentert i denne rapporten gir grunnlag for å kunne stille helhetlige utslippskrav til materialbruk for bygg i Oslo. Gitt at de er tilstrekkelig ambisiøse, vil slike krav kunne bidra til å redusere det totale klimafotavtrykket for ny bygningsmasse i Oslo, samt å bidra til økt grad av rehabilitering og ombruk. Markedet er modent for slike krav i byggeprosjekter.
- Krav til klimagassutslipp for materialbruk i bygg bør stilles helhetlig for hele bygningskroppen, og ikke på komponent- eller bygningsdelnivå.
- Etersom det ikke finnes noe anerkjent åpent tilgjengelig beregningsverktøy for klimagassberegninger for bygg, bør krav til klimagassberegninger være verktøynøytrale.
- Vurderinger som skal danne grunnlag for myndighetskrav bør bygge på allment aksepterte metodiske retningslinjer innenfor LCA. Vi anbefaler derfor at man i utformingen av krav til klimagassberegninger følger retningslinjene gitt av NS 3720. Omfang «Basis, uten lokalisering» anbefales på nåværende tidspunkt.
- Tidligere utførte klimagassberegninger for anleggsprosjekter i Norge har liten overføringsverdi for kommunale anleggsprosjekter i Oslo.
- Per i dag er det ikke tilstrekkelig grunnlag for å anslå robuste referansenivåer for kommunale anleggsprosjekter.
- Vi anbefaler at man stiller krav til komplette klimagassberegninger for alle nye prosjekter. På denne måten vil man kunne etablere nødvendig datagrunnlag og dermed etablere referansenivåer på sikt.
- Bonus/malus-mekanismer eller spesifikke utslippskrav til enkeltmaterialer eller til løsningsvalg kan benyttes for å gi et insentiv til å redusere utslipp uten komplette reduksjonsmål for anleggsprosjekter som et alternativ til komplette klimagassberegninger for anleggsprosjekter.

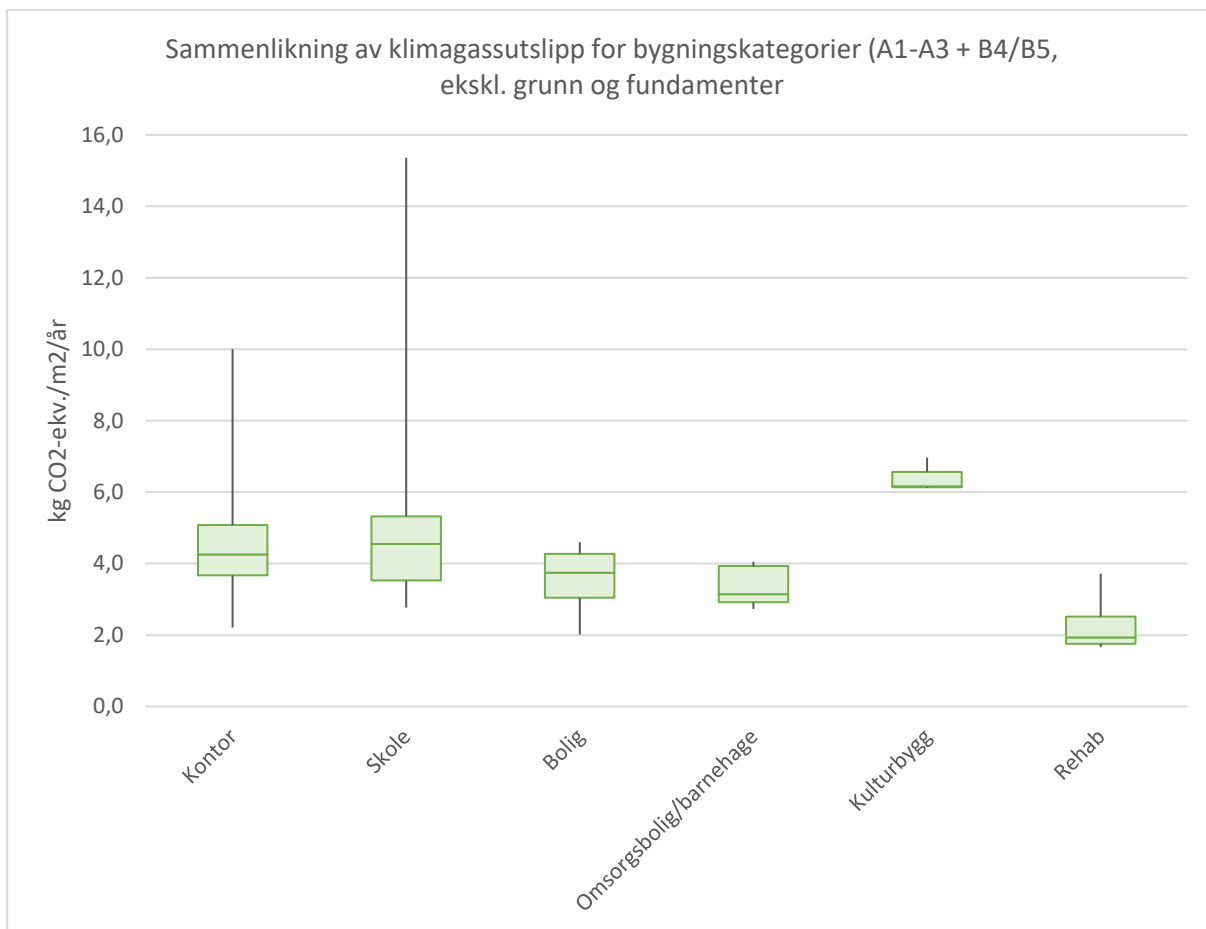
Bygg

Vi har gjennomført kartlegginger av tidligere utførte klimagassberegninger for prosjekter i Oslo. Sammenstillingen omfatter beregninger fra 2010 til 2019 for 52 bygg oppført i Oslo-området, som totalt dekker et areal på ca. 490 000 m².



Sammenstilling av klimagassberegninger fra materialbruk for bygg oppført i Oslo-området, gruppert iht. bygningstype. Beregninger omfatter livsløpsfaser A1-A3 + B4/B5. Prosjektene er anonymisert og angitt med nummerering.

Beregnete klimagassutslipp for prosjektene i sammenstillingen spenner fra 1,7 til 22,2 kg CO₂-ekv./m²/år. Gjennomsnittsverdien for byggene er 5,2 kg CO₂-ekv./m²/år, mens medianverdien er 4,5 kg CO₂-ekv./m²/år. Sammenstillingsresultatene tilsier at kontor- og skolebygg ligger høyere i utslippsnivå enn bolig og omsorgsbygg, og at kontor/skole og boligbygg/omsorgsbygg kan ha sammenliknbare utslippsnivåer. Men ettersom utvalget er større for kontor- og skoleprosjekter enn for de øvrige kategoriene, er det utfordrende å trekke generelle konklusjoner. At omsorgsbyggene som er inkludert i sammenstillingen har spesielt lave beregnede utslipp skyldes dels at noen av prosjektene er enkle bygg med lav materialbruk, og dels valg av materialer med spesielt lave beregnede utslipp.



Sammenstilling av spenn i beregnede klimagassutslipp, per bygningskategori. Bokser for hver kategori angir spenn mellom 25. og 75. persentil i resultatene, samt medianverdi. Strekene angir minimums- og maksimumsverdier.

Gjennomsnittlig reduksjon av utslipp fra materialbruk for prosjektene i sammenstillingen der man har sammenliknet med et referansebygg er ca. 30 %, og ca. 40 % dersom man ser bort fra de prosjektene som hadde like eller høyere utslipp fra materialbruk enn sine referansebygg. Dette gir et bilde på hva som har vært oppnåelig i byggeprosjekter, men viser også at bygg med høye miljø- og klimaambisjoner er overrepresentert i utvalget, og at beregningsresultater for byggene inkludert i sammenstillingen ikke representerer gjennomsnittlige bygg oppført i Oslo uten spesifikke krav til klimaprestasjon.

Referansenivåer som skal benyttes som utgangspunkt for å stille krav til klimaprestasjon for bygg i Oslo bør være representative for gjennomsnittlig byggepraksis for bygg oppført i med standard løsningsvalg og uten spesielle krav til klimaprestasjon. Nivåene bør være tilpasset byggeskikk i Oslo i dagens marked for å fungere som en rettferdig målestokk.

Referansenivåene presentert i denne rapporten er derfor basert på modellberegninger med nøktern bygningsutforming og løsningsvalg som er typiske for bygg i Oslo for hver bygningskategori. Hensikten med modellberegningene har *ikke* vært å etablere standard referansebyggmodeller for Oslo som skal tilpasses i hvert prosjekt, men derimot å identifisere hva gjennomsnittlige utslippsnivåer for prosjekter oppført i dagens marked vil være.

Vi har gjennomført modellberegninger og anbefalt referansenivåer for følgende bygningskategorier:

- Kontor
- Skole

- Boligblokk
- Næring/forretning
- Kjeller (oppvarmet og ikke oppvarmet)

Utvalget omfatter både bygningstyper som typisk vil være kommunale, som skolebygg, og bygningstyper som vanligvis oppføres av private aktører, som kontorbygg. Hensikten med referansenivåene er således at de skal kunne benyttes både for kommunale og ikke-kommunale byggeprosjekter i Oslo (og andre byer med et tilsvarende utbyggingsmønster). Oppvarmet og ikke oppvarmet kjeller er skilt ut som egne bygningskategorier fordi det vurderes som den mest praktiske og fleksible tilnærmingen for å inkludere kjellerarealer for ulike typer bygg. Det vurderes ikke som hensiktsmessig å sette et eget referansenivå for rehabilitering, fordi det å rehabilitere, gitt at dette gjøres i stedet for å bygge nytt, i seg selv vurderes som et klimatiltak. Å stille krav til klimagassutslipp for komplette bygg vil kunne bidra til økt ombruk og rehabilitering, gitt at de er tilstrekkelig ambisiøse.

Vurderinger som skal danne grunnlag for myndighetskrav bør bygge på allment aksepterte metodiske retningslinjer innenfor LCA. Vi anbefaler derfor at man i utformingen av krav til klimagassberegninger følger retningslinjene gitt av NS 3720. Omfang «Basis, uten lokalisering» anbefales på nåværende tidspunkt, ettersom tilgangen på data for tekniske systemer er begrenset. Materialbruk til fundamentering kan ha stor betydning for totale utslipp, og bør inkluderes i referansenivåer og krav til klimaprestasjon. Vi anbefaler en tilnærming der utslipp fra fundamentering inkluderes i referansenivået med en påslagsfaktor basert på dybde til fjell.

60 års beregningsperiode er lagt til grunn i modellberegningene i tråd med NS 3720. For å redusere usikkerhet og kompleksitet i krav og beregninger mener vi at det er hensiktsmessig å avgrense systemgrensene for krav til å omfatte livsløpsfasene A1-A3 (materialproduksjon), A4 (transport til byggeplass), samt B4/B5 (utskifting av materialer over byggets levetid). Transport i A4 og i B4/B5 bør medregnes iht. distanser fra produsent (ikke fra sentrallager/engros) for å fange opp betydningen av transport og unngå forskyvning av utslipp og suboptimalisering.

Vi anbefaler følgende referansenivåer for klimagassutslipp fra materialbruk for bygg i Oslo (verdier er gitt per bygningsdel fordelt per m² BTA og år i beregningsperioden, samt per livsløpsfase fordelt per m² BTA totalt for beregningsperioden):

Bygningsdel	REFERANSENIVÅ FOR KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK, A1-A4 + B4/B5 (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA/år)					
	Kontor	Boligblokk	Skole	Næring	Kjeller, oppvarmet	Kjeller, uoppvarmet
22 Bæresystemer	0,9	1,1	1,1	0,4	0,5	0,5
23 Yttervegger	1,5	1,5	1,5	1,5	0,9	0,9
24 Innervegger	0,7	2,2	0,7	0,5	0,8	0,1
25 Dekker	2,9	2,5	2,0	3,0	3,1	2,1
26 Yttertak	0,7	0,9	1,9	0,9	0,0	0,0
28 Trapper og balkonger	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
SUM, bygning	6,7	8,4	7,3	6,3	5,2	3,6

Livsløpsfase	REFERANSENIVÅ FOR KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA)					
	Kontor	Boligblokk	Skole	Næring	Kjeller, oppvarmet	Kjeller, uoppvarmet
A1-A3	261	330	306	228	230	184
A4	39	62	43	40	28	23
B4-B5 (materialer)	84	76	68	75	50	7,1
B4-B5 (transport)	20	39	19	34	6,2	1,8
SUM	404	507	436	378	314	217

Med de beregnede referansenivåene vi har presentert i rapporten, anbefaler vi følgende fremgangsmåte for å beregne referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for et gitt bygg:

1. Regn ut referansenivå basert på arealfordeling av bygningsfunksjoner (kontor/bolig/skole/næring/oppvarmet kjeller/uoppvarmet kjeller) iht. m² BTA for hver funksjon. Kjeller medregnes iht. fordeling av oppvarmet og uoppvarmet kjellerareal.

REFERANSENIVÅ FOR KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK (A1-A4 + B4/B5) (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA/år)					
Kontor	Boligblokk	Skole	Næring	Kjeller, oppvarmet	Kjeller, uoppvarmet
6,7	8,4	7,3	6,3	5,2	3,6

2. Utslipp fra materialbruk til fundamentering legges til på følgende måte:

Element	Påslagsfaktor	Enhet
Fundamentering med stålkjernepeler inkl. gysemasse	4,71	kg CO ₂ -ekv./m ² BTA/dybde til fjell
Tillegg for tykkere bunnplate ved pelefundamentering*	70,0	kg CO ₂ -ekv./m ² bebygd areal (m ² BYA)

100 mm bunnplate er medregnet i referansenivåene, og tillegg for tykkere bunnplate skal kun medregnes når bygget har behov for fundamentering med peler.

3. Summen av referansenivå for de ulike bygningsfunksjoner, kjeller og fundamentering gir prosjektets totale referansenivå for klimagassutslipp.

Det anbefales at krav til klimagassutslipp for materialbruk stilles helhetlig for hele bygningskroppen, og ikke på komponent- eller bygningsdelnivå. De ulike bestanddelene i et bygg er gjensidig avhengige av hverandre, og dersom man endrer en løsning, kan de ha konsekvenser andre steder i bygget. Dette kan føre til at man «flytter» utslippene dersom man stiller klimakrav isolert for enkelte bygningsdeler eller materialer, og ikke reduserer utslippene totalt for bygget. Krav til klimaprestasjon for komplett bygg gir fleksibilitet slik at det enkelte prosjekt kan velge de tiltakene som er mest hensiktsmessige og kostnadseffektive for bygget totalt.

Referansenivåene for klimagassutslipp fra materialbruk i bygg presentert i denne rapporten gir grunnlag for å kunne stille helhetlige utslippskrav til materialbruk for bygg i Oslo. Slike krav vil kunne stilles som en reduksjon relativt til referansenivået, slik man er kjent med fra referansebygg-tilnærmingen, eller som en øvre ramme eller budsjett for utslipp. Såkalte rammekrav har vært benyttet for å regulere energibruk i teknisk byggforskrift, og har til en viss grad allerede blitt benyttet for klimagassberegninger, blant annet av Undervisningsbygg. Dette gir i praksis et beregnet klimabudsjett totalt over livsløpet (60 års beregningsperiode) for det aktuelle bygget.

Fordi man kun angir det ønskede måltallet ved krav til utslippsramme vil rammekrav fremstå som enklere og mer entydig enn reduksjonsmål. Ved å sette en fast øvre ramme eller budsjett for utlipp flyttes oppmerksomheten vekk fra referansen, og over på det konkrete prosjektet, og hvilke tiltak som må gjøres for å nå utslippsbudsjettet. Rammekrav vil derfor bidra til at man fjerner seg fra diskusjoner rundt hvor representativt referansenivået er, som har vært en kjent problematikk knyttet til bruken av referansebygg.

Ettersom det ikke finnes noe anerkjent åpent tilgjengelig beregningsverktøy for klimagassberegninger for bygg, bør krav til klimagassberegninger være verktøynøytrale. Det anbefales å stille krav til at beregninger skal være iht. NS 3720, iht. et av de forhåndsdefinerte omfangene i standarden, og at den som utfører regnskapet har formalkompetanse eller tilsvarende på LCA og klimagassregnskap. På denne måten sikrer man at beregninger følger etablert praksis, holder et godt metodisk og beregningsteknisk nivå, og gir resultater som er sammenliknbare på tvers av prosjekter. En mulighet for å sikre kvalitet i klimagassberegninger kan være å innføre krav til uavhengig tredjepartskontroll eller verifisering for klimagassberegninger.

Det anbefales at referansenivåer revideres med jevne mellomrom, for å sikre at de gjenspeiler utvikling i byggebransjen mht. hva som betraktes som standard løsnings- og materialvalg. Ved fremtidige revisjoner av referansenivåer, når man har opparbeidet erfaring med klimagassberegninger for materialbruk og tilfanget av EPDer for disse bygningselementene har økt, bør man vurdere om systemgrenser for beregninger kan utvides.

Anlegg

Det er utført langt færre klimagassberegninger for anleggsprosjekter i Norge enn for byggeprosjekter. De beregningene som er gjort nesten utelukkende større, nasjonale infrastrukturprosjekter, og overføringsverdien fra disse til lokale kommunale anleggsprosjekter i Oslo har vist seg å være svært liten.

I denne rapporten har vi anslått referansenivåer for klimagassutslipp fra materialbruk for vei- og gateprosjekter i Oslo, basert på datagrunnlag for enkeltprosjekter som er utvalgt for å være representative for gjennomsnittlige prosjekter innenfor 8 ulike typer. Dette gir et vesentlig mindre robust grunnlag for å anslå referansenivåer for vei- og gateprosjekter enn det det vi har presentert for byggeprosjekter. Beregningene for anlegg må betraktes som et første skritt mot å kunne sette representative referansenivåer, frem til bedre datagrunnlag foreligger. Beregningene presentert i denne rapporten og vurderingene rundt metodikk og datagrunnlag kan benyttes som et utgangspunkt for videre arbeid som kan gi robuste referansenivåer på sikt.

Klimagassberegninger er utført ved bruk av Statens Vegvesens beregningsverktøy for klimagassberegninger for veiinfrastruktur, VegLCA. Arbeidet med referansenivåer har vist at det eksisterer metodiske utfordringer knyttet til bruk av VegLCA for kommunale vei- og gateprosjekter som må overkommes for å etablere tilstrekkelig generelle og representative nivåer. Dette skyldes i hovedsak at VegLCA er utarbeidet for bruk i større nasjonale veiprojekter. Utfordringen kan løses med en mer detaljert oppdeling av mengdegrunnlaget som benyttes for å beregne referansenivåer, og det anbefales å benytte VegLCA i videre arbeid med referansenivåer og klimakrav, fordi det er åpent tilgjengelig.

Basert på data- og erfaringsgrunnlaget, kan man trekke slutningen at tiden ikke er moden for å stille krav til klimaprestasjon på prosjektnivå for kommunale vei- og gateprosjekter på nåværende tidspunkt. Vi anbefaler likevel at man stiller krav til komplette klimagassberegninger for alle nye prosjekter. På denne måten vil man kunne etablere nødvendig datagrunnlag og dermed etablere referansenivåer på sikt. Et annet viktig aspekt er at krav til komplette klimagassberegninger bidrar til å få frem nødvendig kunnskap om hva som forårsaker klimagassutslipp i ulike typer prosjekter, samt synliggjøre den totale effekten av klimatiltak.

Samtidig bør krav til klimagassberegninger gi incentiver til forbedret prestasjon, og ikke kun være en dokumentasjonsoppgave. En mulighet for å gi et incentiv til å redusere utslipp uten komplette reduksjonsmål for prosjektet, er å benytte bonus/malus-mekanismer. Som et alternativ til komplette klimagassberegninger, kan det være en løsning å stille spesifikke utslippskrav til enkeltmaterialer eller til løsningsvalg man er kjent med at fører til reduserte utslipp. Denne typen krav gir mindre fleksibilitet i det enkelte prosjekt til å finne de mest hensiktsmessige og kostnadseffektive klimatiltakene, sammenliknet med krav til komplette klimagassberegninger.

Forord

Asplan Viak, Resirqel og Aase Teknikk har på oppdrag fra Oslo Kommune, Klimaetaten, gjennomført en kartlegging av virkemidler for økt ombruk, samt av utførte klimagassberegninger for bygg og anlegg i Oslo. Oppdraget er delt i tre deler, og presenteres i to separate rapporter. Denne rapporten omfatter delleveranse 2 og 3.

Delleveranse 1 omfatter kartlegging av virkemidler som kan fremme mer ombruk av materialer og andre komponenter i bygg, samt av erfaringer med igangsatte tiltak for å fremme ombruk av materialer, møbler og interiør i kommunale virksomheter. Olav Sunde i Resirqel har ledet arbeidet med delleveranse 1. Anne Sigrid Nordby og Lars Bugge i Asplan Viak, og Lasse Kilvær i Resirqel har deltatt i arbeidet.

Delleveranse 2 omfatter kartlegging av utførte klimagassberegninger for bygg og anlegg i Oslo, samt beregning av anbefalte referansenivåer for indirekte utslipp fra bygge- og anleggsprosjekter i Oslo. Delleveranse 3 omfatter kartlegging og anbefalinger for klimavennlige materialvalg, barrierer mot bruk av klimavennlige løsninger og tilnærminger for å måle klimaprestasjon i prosjekter. Mie Fuglseth har ledet arbeidet med delleveranse 2 og 3, samt vært overordnet oppdragsleder. Julie Lyslo Skullestad i Aase Teknikk og Oddbjørn Dahlstrøm og Alexander Borg i Asplan Viak har deltatt i arbeidet. Liv Bjørhovde Rindal har vært kvalitetssikrer.

André Aasrud har vært kontaktperson for oppdraget hos Klimaetaten. Bymiljøetaten har bidratt i oppdraget på delleveranse 1, og prosjektet har fått midler fra Klimasats. Cecilie Hirsch har vært kontaktperson hos Bymiljøetaten.

Sandvika, 03.04.2020



Mie Fuglseth
Oppdragsleder



Liv Bjørhovde Rindal
Kvalitetssikrer

Innhold

1	INNLEDNING	14
1.1	Bakgrunn	14
1.2	Byggeaktivitet i Oslo	15
1.3	Om rapporten	18
2	METODE OG DATAGRUNNLAG	20
2.1	LCA-metodikk og tidsaspekt for utslipp	20
2.1.1	Vekting av tidspunkt for utslipp	20
2.2	Bygg	21
2.2.1	Datagrunnlag for bygg	21
2.2.2	Beregning av referansenivå for bygg	22
2.3	Anlegg	22
2.3.1	Datagrunnlag for anlegg	22
2.3.2	Beregning av referansenivå for anlegg	23
2.3.3	Historisk utvikling for anlegg	23
3	SAMMENSTILLING AV KLIMAGASSBEREGNINGER FOR BYGGEPROSJEKTER I OSLO.....	25
3.1	Beskrivelse av datagrunnlaget	25
3.2	Sammenstilling av klimagassberegninger for bygg	27
3.2.1	Kontorbygg	30
3.2.2	Skolebygg	31
3.2.3	Boligbygg	32
3.2.4	Omsorgsbygg	33
3.2.5	Kulturbygg	34
3.2.6	Sammenstilling av utslipp ekskludert materialbruk til fundamentering	35
3.3	Drøfting av sammenstillingsresultater	40
4	BEREGNING AV REFERANSENIVÅ FOR KLIMAGASSUTSLIPP FOR UTBYGGINGSPROSJEKTER I OSLO	43
4.1	Referansenivå for byggeprosjekter	43
4.1.1	Grunnlag for referansenivå for bygg	43
4.1.2	Bygningskategorier	44
4.1.3	Metodiske valg og avgrensninger	44
4.1.4	Løsningsvalg	51
4.1.5	Skaleringseffekt	51
4.1.6	Utslippsfaktorer	54
4.1.7	Korrigeringer av modellbygg i One Click LCA	55
4.1.8	Beregnete referansenivåer for bygningskategorier	55
4.1.9	Beregningsmetodikk for referansenivå for klimagassutslipp (klimabudsjett) fra materialbruk i bygninger	65
4.1.10	Drøfting av resultater fra modellberegninger	66
4.2	Referansenivå for vei- og gateprosjekter	68
4.2.1	Grunnlag for referansenivå for anlegg	68
4.2.2	Beregningsmetodikk	69
4.2.3	Beregnete referansenivåer for typiske vei- og gateprosjekter i Oslo	69
4.2.4	Drøfting av beregnede referansenivåer for anlegg	75

5	ALTERNATIVER OG BARRIERER FOR KLIMAVENNLIG MATERIALBRUK.....	77
5.1	Hovedgrep og løsningsvalg for reduksjon av klimagassutslipp for bygg	77
5.1.1	Grunnforhold	78
5.1.2	Valg av konsept for bæresystem	78
5.1.3	Geometri.....	78
5.1.4	Energistandard.....	79
5.2	Materialalternativer med lavere klimafotavtrykk	79
5.2.1	Betong.....	79
5.2.2	Stål	81
5.2.3	Asfalt	82
5.2.4	Kalksement	83
5.2.5	Trevirke	84
5.2.6	Fasadematerialer	87
5.2.7	Isolasjon	88
5.2.8	Gulvbelegg	88
5.2.9	Himlingsmaterialer	88
5.3	Barrierer for klimavennlig materialbruk.....	88
5.3.1	Prosess og målstyring	88
5.3.2	Tekniske og funksjonelle krav	89
5.3.3	Økonomiske forhold	91
6	ANBEFALINGER FOR Å STILLE KRAV TIL OG VURDERE KLIMAPRESTASJON I UTBYGGINGSPROSJEKTER	93
6.1	Generelle anbefalinger for bygg og anleggsprosjekter	93
6.1.1	Utslippsramme vs. referansenivå	93
6.1.2	Klimagassberegninger i ulike entreprisereformer	93
6.1.3	Dokumentasjonskrav og kvalitetssikring	94
6.1.4	Krav til aktiviteter på bygge- og anleggsplass.....	96
6.2	Anbefalinger for å stille krav til og vurdere klimaprestasjon for bygg	96
6.2.1	Anbefalinger til anvendelse og oppdatering av referansenivåer	96
6.2.2	Krav til bruk av verktøy	98
6.2.3	Alternativer til å vurdere klimaprestasjon for komplett bygg	100
6.3	Anbefalinger til å stille krav til og vurdere klimaprestasjon for anleggsprosjekter.....	101
6.3.1	Krav til komplette klimagassberegninger i anleggsprosjekter.....	101
6.3.2	Materialkrav.....	102
7	HOVEDFUNN OG ANBEFALINGER FOR VIDERE ARBEID	104
7.1	Viktigste funn og anbefalinger.....	104
7.1.1	Bygg.....	104
7.1.2	Anlegg	106
7.2	Anbefalinger for videre arbeid.....	107
7.2.1	Bygg.....	107
7.2.2	Anlegg	107
	VEDLEGG 1 BYGNINGSGEOMTERI FOR SINTEF MODELLBYGG.....	108
	VEDLEGG 2 LISTE OVER BYGGEPROSJEKTER I SAMMENSTILLING	109
	VEDLEGG 3 DOKUMENTASJON AV LØSNINGSVALG I MODELLBYGG, SAMMENLIKNET MED LØSNINGSVALG I ONE CLICK LCA	110

Kontorbygg	110
Skolebygg.....	111
Boligblokk	112
Forretning/næring.....	114
Kjeller, oppvarmet og uoppvarmet	115

VEDLEGG 4 DOKUMENTASJON AV ENDRINGER FOR HULLDEKKER OG GLASS I MODELLBYGG I ONE CLICK LCA **116**

Hulldekker	116
OneClick LCA	116
Justering	116
Argumentasjon	116
Planglass	117
OneClick LCA	117
Justering	117
Argumentasjon	118

VEDLEGG 5 INFORMASJON OM PROSJEKTER BENYTTET FOR Å BEREGNE REFERANSENIVÅ FOR UTSLIPP FRA VEI- OG GATEPROSJEKTER **119**

Veitvetveien.....	119
Ekebergveien	120
Sognsveien.....	120
Tollbugata	120
Thorvald Meyersgate.....	121
Torggata.....	121
Åkebergveien.....	122
Turvei D2 og gang- og sykkelvei	122

VEDLEGG 6 TIDSASPEKTET I BEREGNING AV KLIMAEFFEKT AV BRUK AV BIOBASERTE MATERIALER OG -BRENSLER **124**

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Oslo er med i flere internasjonale nettverk av byer som arbeider aktivt for å redusere sine klimagassutslipp; C40 Cities Climate Leadership Group, Carbon Neutral Cities Alliance (CNCA), Local Governments for Sustainability (ICLEI) og Eurocities. I C40-samarbeidet leder Oslo Clean Construction Forum¹, et initiativ for å bistå byer med å redusere utslipp fra bygninger og infrastruktur, med vekt på utslipp fra byggematerialer og anleggsmaskiner.

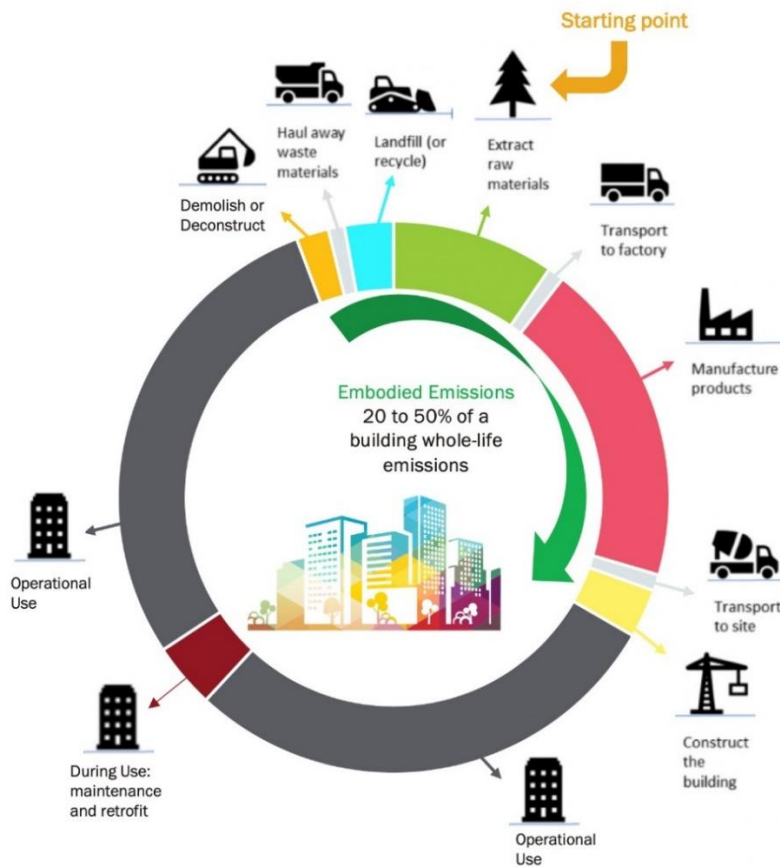
Oslo kommune har mål om 95 % kutt i egne utslipp innen 2050. Dette omfatter per i dag kun de direkte utslippene. Av utslippene knyttet til transport i Oslo står bygg- og anleggssektoren for om lag 30 %. For å redusere disse utslippene stiller kommunen per i dag krav om minst fossilfrie anleggsmaskiner og kjøretøy, med krav om utslippsfri teknologi innen 2025, og at oppvarming og byggtørke skal være utslippsfri. Miljø skal vektlegges minimum 20 % i kommunale anskaffelser, og minst halvparten av miljøkriteriet skal omfatte direkte utslipp fra bygge-/anleggsvirksomhet.

Ifølge C40-rapporten "Building and Infrastructure Consumption Emissions"², forventes utslipp fra oppføring av bygg og infrastruktur å utgjøre den største enkelte bidragsyteren til utslipp for C40-byer mellom 2017 og 2050. I denne rapporten har man valgt å basere seg på beregninger av forbruksbaserte klimagassutslipp, dvs. utslipp knyttet til innbyggernes forbruk av varer og tjenester, heller enn produksjonsutslipp, som benyttes i nasjonale utslippsregnskap og i Oslo kommunes klimabudsjett. Ved å knytte utslipp til forbruk belyser man den totale utslippskonsekvensen av aktivitet. Rapporten viser at 60 % av forbruksutslipp knyttet til bygg og infrastruktur er forbundet med produksjon og transport av byggematerialer. Dermed er det avgjørende at man setter inn effektive tiltak for å få bukt med også de indirekte utslippene fra byggeaktivitet dersom vi skal nå klimamålene.

¹ <https://www.c40.org/networks/clean-construction-forum>

² https://c40-production-images.s3.amazonaws.com/other_uploads/images/2390_BIC_Report_FINAL.original.pdf?1570401598

Fordelingen av forbruksutslipp over livsløpet for bygningsmassen er illustrert i Figur 1-1:



Figur 1-1 Utslipp fra bygningsmassen over livsløpet. Kilde: C40 Clean Construction Forum

Per i dag stilles det ikke krav til maksimale klimagassutslipp fra oppføring av bygg inkludert materialbruk på statlig eller kommunalt nivå i Norge. Dette har sammenheng med at man har manglet omforente referansenivåer på for utslipp fra bygg- og anleggsprosjekter i Norge. Det har igjen blant annet hatt sammenheng med mangel på felles metodisk rammeverk. Ny norsk standard for klimagassberegninger av bygninger, NS 3720 (publisert i 2018), bøter i stor grad på dette problemet.

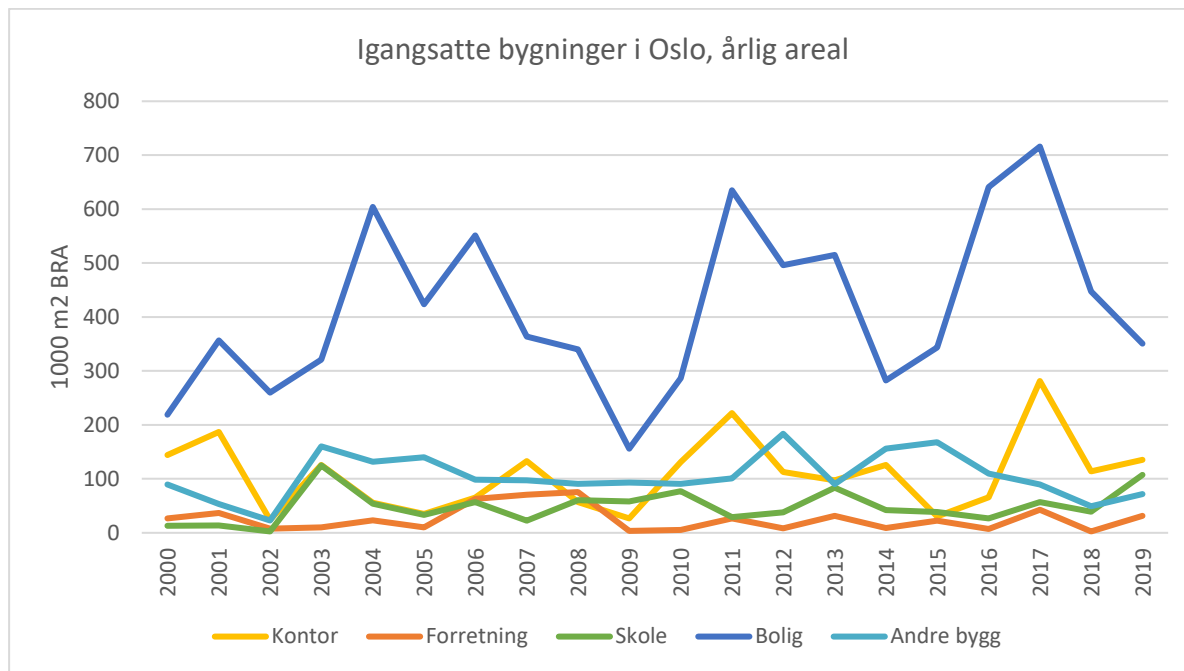
Oslo kommune ønsker å kunne stille krav som reduserer også de indirekte utslippene fra bygg- og anleggsprosjekter i Oslo. Undervisningsbygg stiller allerede krav om minst 40 % utslippsreduksjon sammenliknet med referansebygg, men det stilles er per i dag ikke felles krav for kommunale utbyggingprosjekter som omfatter indirekte klimagassutslipp.

Asplan Viak utredet i 2016 muligheter for å inkludere krav til klimagassutslipp fra byggematerialer i teknisk byggforskrift (TEK), på oppdrag fra DiBK. Utredningen konkluderte med at det er mulig og anbefalt å inkludere slike krav i TEK. I 2019 utredet Asplan Viak videre nivåer for slike utslippskrav til materialbruk for bygninger. I denne rapporten har vi bygget videre på dette arbeidet for å etablere referansenivåer for bygg i Oslo.

1.2 Byggeaktivitet i Oslo

For å få et bilde på betydningen av forbruksutslipp knyttet til bygge- og anleggsaktivitet i Oslo, har vi skissert opp forventede klimagassutslipp knyttet til materialbruk i bygge- og anleggsprosjekter for årene fremover. Dette er basert på statistikk for tidligere år, kombinert med prognoser der det finnes. Det er nødvendigvis knyttet stor usikkerhet til disse tallene, og de må sees på som en indikasjon på størrelsesorden for forbruksutslipp knyttet til bygg og anlegg i Oslo.

Figur 1-2 viser historikk for årlige igangsatte byggeprosjekter i Oslo, i bruksareal, for perioden 2000-2019, ifølge statistikk fra SBB. De statistiske dataene er her gruppert i bygningstypene kontorbygg, forretningsbygg, skolebygg, boliger og «andre bygg». «Andre bygg» omfatter alle andre bygningstyper i matrikkelen som ikke faller inn under de andre kategoriene, herunder for eksempel lager- og industribygg, hoteller, kultur- og idrettsbygg og en rekke spesialbygg. Prosjektene omfatter både kommunale og ikke-kommunale prosjekter.



Figur 1-2 Areal for årlige igangsatte byggeprosjekter i Oslo, etter bygningskategori. Basert på statistikk fra SSB, tabeller 05940 og 05939.

Statistikken viser at det bygges klart mest boliger i Oslo. Siden år 2000 har boliger i snitt stått for 59 % av det totale arealet årlige igangsatte byggeprosjekter. Gjennomsnittlig årlig areal for igangsatte byggeprosjekter i Oslo er vist i Tabell 1-1.

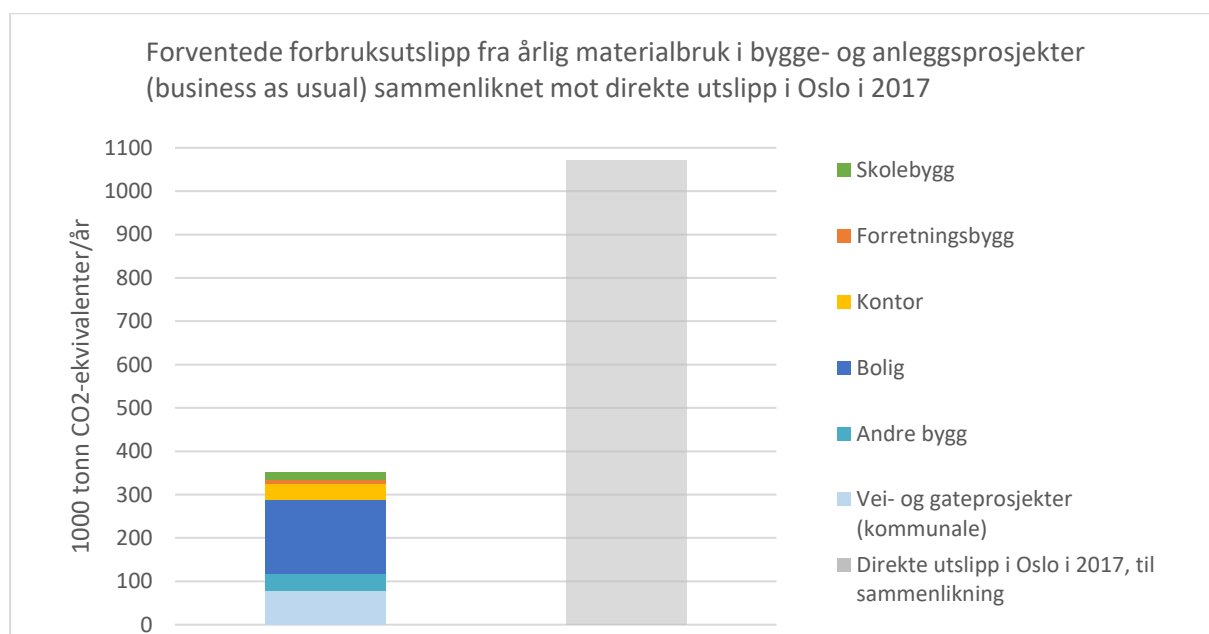
Tabell 1-1 Gjennomsnittlig årlig areal (BRA) for igangsatte byggeprosjekter i Oslo

Hovedfunksjon	snitt m ² BRA/år igangsatt areal	snitt andel av totalt igangsatt areal
Kontor	108 347	15 %
Forretning	25 662	4 %
Skole	48 961	7 %
Bolig	415 415	59 %
Andre bygg	104 368	15 %
SUM	702 753	100 %

I Oslos kommuneplan³ anslår man et forventet behov på mellom 4 000 og 5 000 nye boliger i året frem til 2040. Gjennomsnittlig areal per bolig har ifølge statistikken vært 104 m² fra år 2000 til 2019. Basert på dette vil det i snitt være et årlig behov på 468 115 m² BRA i årene frem mot 2040. Dette er lagt til grunn for beregning av fremtidig forventede forbruksutslipp fra materialbruk til boliger. For de øvrige bygningskategoriene er gjennomsnittlig årlig areal siden 2000 lagt til grunn.

³ <https://www.oslo.kommune.no/politikk/kommuneplan/kommuneplan-2018/>

SSB publiserer ikke tilsvarende statistikk for anleggsvirksomhet som for byggeprosjekter. En rapport fra DNV GL fra 2018⁴ har anslått at byggeaktivitet utgjør 82 % og anleggsaktivitet 18 % av energiforbruket knyttet til bygge- og anleggsprosjekter i Oslo. Dette er basert på markedsstatistikk fra Prognosesenteret, og gir et overslagsmessig bilde på størrelsesforholdet mellom byggeprosjekter og øvrige anleggsprosjekter. I mangel på bedre datagrunnlag har vi kombinert dette med klimagassutslipp fra anleggsmaskiner i vei- og gateprosjekter beregnet i denne utredningen (se kapittel 4.2). Dette gir et estimat for størrelsesorden på årlig omfang av vei- og gateprosjekter i Oslo. Basert på dette er forbruksutslipp fra bygge- og anleggsvirksomhet i Oslo, per år i årene fremover illustrert i Figur 1-3. Estimerte utslipp omfatter materialbruk i utbyggingsfasen (A1-A3) og transport til byggeplass (A4). I tillegg vil de fleste prosjektene medføre utskifting av byggematerialer i løpet av levetiden, men det er ikke medregnet i denne sammenstillingen. Utslippene reflekterer altså forventet nivå dersom dagens praksis for materialvalg fortsetter. Det presiseres at dette kun må sees på som et grovt estimat, tatt i betraktning alle usikkerhetene som ligger til grunn for beregningene. Usikkerheten er spesielt stor for anleggsprosjekter.

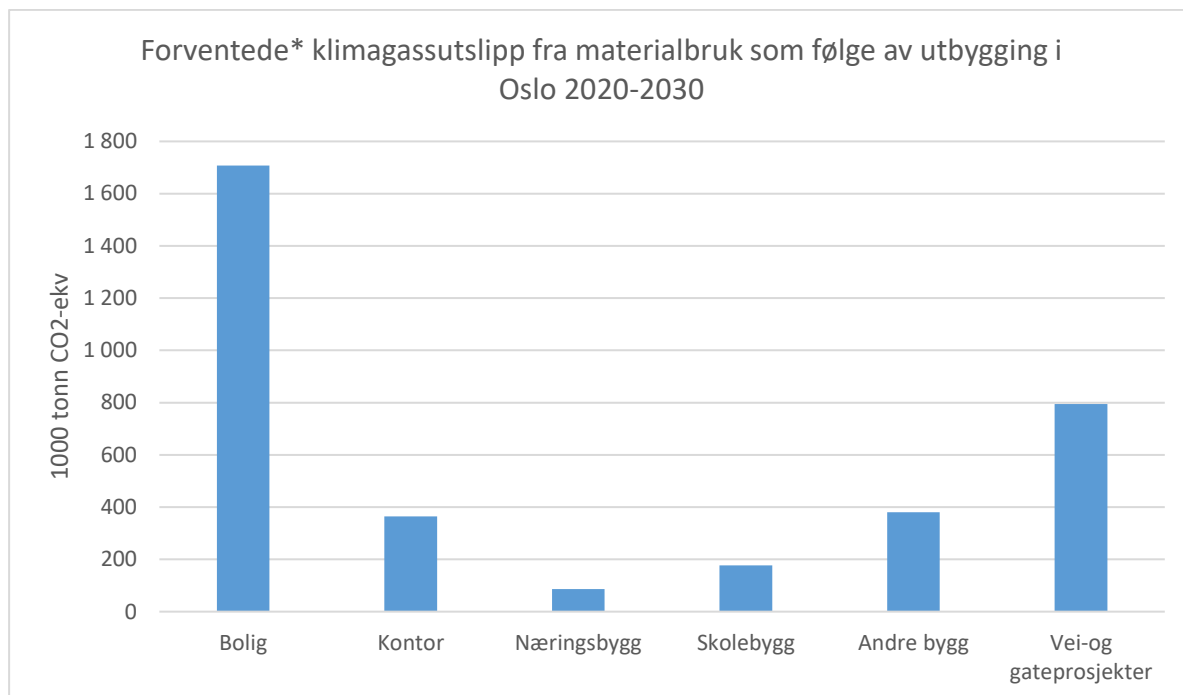


Figur 1-3 Sammenstilling av forventede fremtidige forbruksutslipp fra materialbruk i et gjennomsnittlig år med bygge- og anleggsprosjekter i Oslo, sammenliknet mot direkte (produksjons-) utslipp i Oslo i 2017.

Forbruksutslippene knyttet til bygge- og anleggsvirksomhet kan anslås å tilsvare omtrent en tredel av Oslos direkte klimagassutslipp i 2017, som vist i Figur 1-3. Dette indikerer at Oslos totale klimafotavtrykk er vesentlig større enn de direkte klimagassutslippene som inngår i klimabudsjett (som kun omfatter direkte utslipp). Selv om direkte utslipp og fotavtryksberegninger ikke er direkte sammenliknbare, indikerer dette at det å redusere klimagassutslipp knyttet til materialbruk i Oslos bygge- og anleggsprosjekter, vil være et viktig tiltak for å redusere Oslos reelle klimafotavtrykk. Spesielt er potensialet stort for boligprosjekter, som utgjør den største andelen av Oslos byggeaktivitet.

Figur 1-4 viser totale forventede klimagassutslipp fra materialbruk som følge av utbygging i Oslo fra i dag og frem mot 2030, dersom gjennomsnittlig årlig bygge- og anleggsvirksomhet er som beskrevet over.

⁴ <https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2018/05/Utslippsfrie-bygge-og-anleggsplasser.pdf>



Figur 1-4 Estimerte samlede forbruksutslipp fra materialbruk i bygge- og anleggsprosjekter i Oslo, 2020-2030.

Totalt vil forbruksutslipp fra materialbruk kunne utgjøre i størrelsesorden 3 500 000 tonn CO₂-ekvivalenter. Dersom man hadde stilt krav som førte til en gjennomsnittlig reduksjon i klimagassutslipp fra materialbruk på for eksempel 20 % fra dette nivået, vil man kunne redusere utslippene med over 700 000 tonn CO₂-ekvivalenter de neste ti årene.

1.3 Om rapporten

Asplan Viak, Resirqel og Aase Teknikk har på oppdrag fra Oslo Kommune, Klimaetaten, gjennomført en kartlegging av virkemidler for økt ombruk, samt av utførte klimagassberegninger for bygg og anlegg i Oslo. Oppdraget er delt i tre deler, og presenteres i to separate rapporter. Denne rapporten omfatter delleveranse 2 og 3.

Delleveranse 2 er inndelt i følgende deloppgaver:

- Sammenstilling av datagrunnlag for tidligere utførte klimagassberegninger for bygge- og anleggsprosjekter i Oslo
- Beregning av anbefalt referansenivå for klimagassutslipp fra bygge- og anleggsprosjekter i Oslo

Delleveranse 3 er inndelt i følgende deloppgaver:

- Gi en overordnet oversikt over alternative materialer og potensialet for utslippsreduksjoner sammenliknet med standard materialer
- Identifisere barrierer for mer klimavennlig materialbruk
- Vurdere aktuelle tilnærminger for reduksjonsmål (men ikke faktiske måltall) for klimafotavtrykket fra materialbruk i bygg, samt konsekvenser av omfang og mulige målformuleringer, og premisser som må oppfylles for en effektiv resultatoppfølging

Rapporten er avgrenset til å omhandle klimagassutslipp fra materialbruk i bygge- og anleggsprosjekter. Andre aspekter av bygningers eller anleggsprosjekters livsløp er derfor ikke vurdert. I arbeidet og rapporten skiller vi på bygge- og anleggsprosjekter, fordi praksis med klimagassberegninger har vært svært ulik. Vi har gjennomført kartlegginger av tidligere utførte

klimagassberegninger for prosjekter i Oslo. Beskrivelse av metode og datagrunnlag er gitt i kapittel 2. Det har vist seg gjennom arbeidet å ikke være tilstrekkelig grunnlag for å sammenstille utførte klimagassberegninger for kommunale anleggsprosjekter. Kapittel 3 presenterer derfor en historisk sammenstilling av tidligere utførte klimagassberegninger for bygg i Oslo, men ikke for anlegg.

I kapittel 4 presenterer vi først vår metodiske tilnærming for beregninger av referansenivåer for klimagassutslipp for bygg og anlegg, inkludert forutsetninger og avgrensninger. Deretter presenterer vi de resulterende referansenivåene. Med referansenivåer mener vi i denne rapporten nivåer for klimagassutslipp som er representative for standard utbyggingsprosjekter i Oslo.

I kapittel 5 drøftes tiltak for å redusere klimagassutslipp fra materialbruk, samt barrierer for å gjøre slike tiltak. Drøftingene er i hovedsak kvalitative, men vi har angitt overordnede tall der data har vært tilgjengelig. Det presiseres imidlertid at dette ikke kan betraktes som en fullverdig tiltaksanalyse, og dermed ikke er ment som grunnlag for å sammenlikne tiltak eller holdes opp mot resultatene presentert i kapittel 3 og 4.

I kapittel 6 gir vi anbefalinger for å stille krav til og vurdere klimaprestasjon i utbyggingsprosjekter. Dette omfatter vurderinger av aktuelle tilnærminger for et reduksjonsmål, ved bruk av referansenivåene, men *ikke* utredning av faktiske måltall, som for eksempel hvilken prosentvis reduksjon Oslo kommune bør stille krav til for ulike bygningstyper.

Kilder er oppgitt i fotnoter der det er relevant, av hensyn til lesbarhet.

2 METODE OG DATAGRUNNLAG

Hoveddelen av oppdraget omfatter sammenstilling av tidligere utførte klimagassberegninger for byggeprosjekter i Oslo, og analyse av sammenstilte data som grunnlag for å anbefale referansenivåer for nye bygninger. Dette kapitlet beskriver hvilken overordnet tilnærming som er brukt for de ulike deloppgavene.

2.1 LCA-metodikk og tidsaspekt for utslipp

Formålet med denne rapporten er å gi et faglig grunnlag for å stille krav til klimaprestasjon for materialbruk i bygg og anlegg. Livsløpsvurdering (Life Cycle Assessment, LCA) er anerkjent som det mest hensiktsmessige metodiske rammeverket for å vurdere klimagassutslipp, fordi LCA gir et mest mulig helhetlig bilde av hvordan utslipp oppstår over livsløpet og gjennom verdikjeden. Det er også viktig at vurderinger som skal danne grunnlag for myndighetskrav bygger på allment aksepterte metodiske retningslinjer innenfor LCA.

Hovedprinsippet i LCA er at man betrakter utslipp over hele livsløpet for et bygg eller anleggsprosjekt når man skal vurdere eller stille krav til klimaprestasjon. For å modellere fremtidige utslipp fra drift og vedlikehold vil man måtte bruke scenarier, som introduserer usikkerhet i analysen. Dette er nødvendig for å ivareta det helhetlige perspektivet. Dersom man for eksempel avgrensner beregninger til kun å vurdere utslipp i utbyggingsfasen, for å redusere usikkerheten, risikerer man å premiere bruk av mindre robuste materialer og produkter med lave produksjonsutslipp på bekostning av kort levetid.

For å kunne beregne fremtidige klimagassutslipp knyttet til drift og vedlikehold for et bygg- eller anleggsprosjekt, må man legge en beregningsperiode til grunn. Denne beregningsperioden representerer en teoretisk forventet levetid, og vil derfor alltid ha høy usikkerhet. Behovet for fremtidige utskiftinger av komponenter vil dermed regnes med en faktor relativt til komponentens forventede levetid og beregningsperioden. For å få sammenliknbare beregninger er derfor det mest hensiktsmessige at man forholder seg til samme usikkerhet, og dermed legger til grunn samme forventede levetid, med mindre man har spesifikke årsaker til å forutsette noe annet. Dette er bakgrunnen for at 60 års analyseperiode har vært standard praksis i klimagassberegninger for både bygg- og anleggsprosjekter i Norge. For bygg ble 60 års beregningsperiode formalisert med introduksjonen av Norsk Standard for klimagassberegninger av bygninger, NS 3720.

I NS 3720 angis enheten kg CO₂-ekvivalenter per m² og år som den foretrukne enheten for vurdering av klimagassutslipp for bygg. For at resultatene presentert i denne rapporten skal være sammenliknbare med andre klimagassberegninger for bygg, har vi valgt å benytte denne enheten. I tillegg vil vi presentere også referansenivåene for bygg totalt for et 60 års livsløp (dvs. ikke fordelt per år i beregningsperioden), for å illustrere det forventede tidsaspektet for utslipp.

For anleggsprosjekter har det vært mindre vanlig å fordele beregnede utslipp per år i beregningsperioden, og heller angi resultater fordelt per løpemeter vei eller banestrekning. Dette har antakelig sammenheng med at utskifting av materialer og komponenter vanligvis står for en lavere andel av totale klimagassutslipp i anleggsprosjekter, sammenliknet med bygg. Vi har derfor valgt å presentere resultater for anlegg per løpemeter totalt over 60 år i denne rapporten.

Metodiske avgrensninger for beregninger av referansenivåer for bygg og anlegg er presentert i hhv. Kapittel 4.1.3 og kapittel 4.2.2.

2.1.1 Vekting av tidspunkt for utslipp

I standard livsløpsvurdering (LCA) regnes effekten av alle klimagassutslipp likt, uavhengig av stedet eller tidspunktet de inntreffer. Denne tilnærmingen kalles også statisk utslippsberegning. Dette vil si at man vekter et utslipp fra installasjon av en komponent på byggeplass i dag likt som et fremtidig utslipp knyttet til utskifting av den samme komponenten. I motsetning til i økonomiske analyser,

diskonterer man altså ikke utslipp i LCA. Dette har sammenheng med at beregning av den mest brukte indikatoren for klimapåvirkning (Global Warming Potential, GWP) allerede benytter en tidshorison for å regne klimaeffekten av et gitt utslipp⁵. Innenfor den valgte tidshorisonen kan man imidlertid ikke skille på effekten av utslipp på bakgrunn av når de oppstår med en statisk beregningsmetodikk.

IPCCs femte hovedrapport⁶ understreker betydningen av tidlige utslippsreduksjoner. Tidlige tiltak er nødvendige for å begrense temperatureffekten av de globale utslippene over tid. I tillegg er det stor usikkerhet rundt konsekvensene av å nå såkalte vippepunkter, der selvforsterkende effekter i det globale klimasystemet kan føre til at oppvarmingen skjer i enda høyere tempo enn det man hittil har observert. Dette er argumenter for å vektlegge tiltak som reduserer klimagassutslippene raskt, som for eksempel å bevare eller rehabilitere bygningsmasse fremfor å rive og bygge nytt, selv om vi kan bygge mer energieffektivt, fordi det tar tid før utslippene fra utbyggingen er tilbakebetalt. Andre aspekter ved klimagassberegninger for materialbruk i bygninger som er spesielt tett knyttet til forutsetninger om tidsaspekt er opptak og utslipp for biobaserte materialer (dette er drøftet nærmere i kapittel 5.2.5) og fremtidig effekt av avfallshåndtering.

Det finnes alternative metodiske tilnærminger innen LCA som kan benyttes for å ta inn tidsjustert vektning av klimagassutslipp innenfor beregningsperioden for et utbyggingsprosjekt. Man kan benytte en såkalt dynamisk beregningsmetodikk⁷, der den beregnede klimaeffekten av utslipp og opptak avhengig av når i analyseperioden de oppstår. I dynamisk LCA vektlegges effekten av utslipp som skjer i dag vektlegges tyngre enn utslipp som skjer lenger frem i tid, ved bruk av justeringsfaktorer iht. hvilket år utslipp/opptak oppstår. Klimagassberegninger⁸ for bygg med dynamisk LCA viser at tidsjustering kan påvirke beregningsresultater for materialbruk. Effekten for beregnede utslipp fra materialbruk vil imidlertid være moderat for bygg uten store forekomster av trematerialer. NS 3720 åpner for at tidsjustering kan benyttes i følsomhetsvurderinger, men det forventes ikke at dynamisk LCA blir standard praksis for klimagassberegninger for utbyggingsprosjekter i Norge i overskuelig fremtid.

Det er også mulig å benytte en annen indikator for klimapåvirkning enn GWP som ikke gjør samme tidsgeneralisering. I sin femte hovedrapport bemerket IPCC at globalt temperaturendringspotensiale (Global Temperature change Potential, GTP) blir stadig mer utbredt, og kan være bedre egnet for å vurdere oppnåelse av politiske målsettinger. I motsetning til GWP, som angir ekvivalent klimaeffekt for en gitt tidshorison, angir GTP endring i global gjennomsnittstemperatur for et angitt år. IPCC benytter imidlertid fortsatt GWP som indikator på klimapåvirkning.

2.2 Bygg

2.2.1 Datagrunnlag for bygg

Det er innhentet datagrunnlag for utførte klimagassberegninger for kommunale bygg i Oslo fra Undervisningsbygg og Omsorgsbygg. I tillegg er det brukt datagrunnlag innsamlet i forbindelse med

⁵ GWP regnes som akkumulert strålingspådriv som følge av et klimagassutslipp, regnet over over en gitt tid, relativt til pådrivet for CO₂ over samme tidsperiode. Den valgte tidshorisonen fungerer som en avgrensning av vurderingen av oppvarmingspotensialet, slik at klimapåvirkning etter tidshorisonens slutt ikke tas hensyn til. Dette betyr at korte tidshorisoner legger større vekt på miljøpåvirkninger som skjer nært i tid. Den vanligste tidshorisonen for GWP er 100 år, men det publiseres også GWP-faktorer for 20 og 500 år av FNS Klimapanel (IPCC, International Panel on Climate Change).

⁶ <https://www.ipcc.ch/report/ar5/>

⁷ Dynamisk LCA-metodikk introdusert av Levasseur et. al. i 2010
<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/Es9030003>

⁸ Klimagassberegninger for Villa Dammen (Asplan Viak, 2016)
https://www.byggogbevar.no/media/6381/klimagassberegninger_villa_dammen.pdf

et samarbeid i regi av forskningssenteret ZEN⁹, der Asplan Viak har deltatt sammen med Sintef, FutureBuilt, Civitas, NTNU og Skanska. Datagrunnlag fra klimagassberegninger utført av Asplan Viak er også benyttet.

Dette danner grunnlag for sammenstillingen av tidligere utførte klimagassberegninger for bygg oppført i Oslo-området.

2.2.2 Beregning av referansenivå for bygg

Sammenstillingen av tidligere utførte klimagassberegninger for bygg i Oslo danner grunnlag for å vurdere spenn i klimagassutslipp for ulike bygningskategorier, og kan til en viss grad fungere som målestokk for tilsvarende prosjekter. Det er imidlertid stor sannsynlighet for at bygg med høye miljø- og klimaambisjoner er overrepresentert i et slikt utvalg, ettersom hensikten med å gjennomføre klimagassberegninger oftest er å identifisere tiltak for å redusere utslipp, og dokumentere effekten av disse. For å utarbeide et referansenivå som er representativt for alle bygg i Oslo, har vi derfor valgt å benytte oss av modellberegninger, såkalte standard referansebygg, i tillegg til resultatene fra sammenstillingen.

Å benytte referansebygg som grunnlag for å vurdere måloppnåelse har i de siste årene vært praksis i byggeprosjekter med ambisjoner om utslippsreduksjon. Hensikten med å sammenlikne beregnede klimagassutslipp mot et referansebygg er å vurdere klimaprestasjon for et prosjekt mot et nullscenario der man hadde oppført bygget med standard løsninger uten spesielle hensyn til klima. Referansebygget bør også gjenspeile dagens byggepraksis til enhver tid, noe om tilsier at alle referansebygg bør gjennomgå jevnlig revisjon for å kunne fungere hensiktsmessig.

Hensikten med modellberegningene er ikke å etablere standard referansebygg for Oslo som skal tilpasses i hvert prosjekt, men derimot å identifisere hva gjennomsnittlige utslippsnivåer for prosjekter oppført i dagens marked vil være. Referansenivåene vi presenterer gir en målestokk for standard utslippsnivå som kommunen kan benytte til å stille utslippskrav for samlet materialbruk. Slike krav vil kunne stilles som en reduksjon relativt til referansenivået, slik man er kjent med fra referansebygg-tilnærmingen, eller som en øvre ramme eller budsjett for utslipp – ulike innretninger av slike krav er drøftet i kapittel 6.2. Dette er analogt til energirammene i TEK, dvs. øvre grenser for maksimal tillat beregnet energibehov for ulike bygningskategorier. Praksis med slike såkalte rammekrav for energibruk er velkjent, og har til en viss grad allerede blitt benyttet for klimagassberegninger, blant annet av Undervisningsbygg.

Arbeidet med etablering av referansenivåer for bygg i Oslo bygger i stor grad videre på utredning av utslippsnivåer for klimagassutslipp fra materialbruk i mulig ny modellinnretning i TEK, som Asplan Viak utarbeidet sammen med Civitas og NTNU i 2019.

2.3 Anlegg

2.3.1 Datagrunnlag for anlegg

Det er utført langt færre klimagassberegninger for anleggsprosjekter i Norge enn for byggeprosjekter. I tillegg gjelder de beregningene som er gjort nesten utelukkende større, nasjonale infrastrukturprosjekter.

⁹ Resultater fra dette arbeidet omfatter blant annet en sammenstilling av klimagassberegninger på nasjonalt nivå i Norge, som skal publiseres som en vitenskapelig artikkel i 'IOP proceedings: Earth and Environmental Science' i juni 2020⁹ under tittelen «GHG emission requirements and benchmark values for Norwegian buildings». Resultatene som presenteres i artikkelen bygger på tilsvarende datagrunnlag for bygg i Oslo som benyttet i vår sammenstilling av utførte beregninger, og det er derfor ikke vurdert som relevant å sammenlikne våre resultater med resultatene for nasjonalt nivå, ettersom denne rapporten kun omhandler byggeprosjekter i Oslo.

I samråd med Bymiljøetaten har vi vurdert at overføringsverdien fra klimagassberegninger for nasjonale vei- og banestrekninger til lokale kommunale anleggsprosjekter i Oslo er svært liten. Dette har i hovedsak sammenheng med at nesten alle anleggsprosjektene som gjennomføres i Oslo omfatter oppgradering av eksisterende infrastruktur. For eksempel er det ikke hensiktsmessig å bruke nøkkeltall for masse- og materialforbruk fra etablering av ny E6 med helt ny veikropp for å anslå utslipp for oppgradering av en eksisterende byggate med fortau. Derfor har det ikke vært hensiktsmessig å lage noen sammenstilling av tidligere utførte klimagassregnskap for anlegg, som grunnlag for å beregne referansenivå for kommunale anleggsprosjekter i Oslo.

Vi har vurdert om det hadde vært mulig å benytte (med eller uten tilpasninger) mengdegrunnlag for jernbaneutbygging som grunnlag for å vurdere utslipp for t-baneprosjekter. Dette viste seg imidlertid ikke å være mulig innenfor rammene av dette prosjektet. Det har også vært vurdert å benytte mengdegrunnlag for Fornebu-banen. Det gjennomføres relativt få t-baneprosjekter i Oslo, sammenliknet med andre typer kommunale utbyggingsprosjekter. I utbygging av t-bane vil det være svært mange spesifikke faktorer som spiller inn for prosjekteringen (og dermed for resulterende utslipp), som for eksempel andel dagsone vs. tunnel, og gravedybde for tunnel. Derfor er vår vurdering at det ikke er hensiktsmessig å etablere referansenivåer for klimagassutslipp for t-baneutbygging på nåværende tidspunkt.

For vann- og avløpsprosjekter er det, så vidt vi er kjent med, ikke utført klimagassberegninger for gjennomførte prosjekter i Norge. For denne typen prosjekter vil materialbruken også være svært avhengig av lokale og prosjektspesifikke faktorer, slik at det er utfordrende å definere et «typisk» VA-prosjekt.

2.3.2 Beregning av referansenivå for anlegg

På bakgrunn av punktene drøftet over, har vi valgt å avgrense vurderingen av anleggsprosjekter til kun å omfatte vei- og gateprosjekter.

For å si noe om hva «typiske» vei- og gateprosjekter i Oslo omfatter, har vi i samråd med Bymiljøetaten definert ulike prosjektkategorier, og fått tilgang til mengdegrunnlag for representative prosjekter i hver kategori. Videre har vi gjennomført klimagassberegninger med standard utslippsfaktorer for hvert av de utvalgte prosjektene, som grunnlag for å drøfte hva sannsynlige referansenivåer vil være.

Det understrekes at datagrunnlaget og fremgangsmåten benyttet her gir et vesentlig mindre robust grunnlag for å anslå referansenivåer for vei- og gateprosjekter enn det som presenteres for byggeprosjekter. Dette må betraktes som et første skritt mot å kunne sette representative referansenivåer, frem til bedre datagrunnlag foreligger. Krav til at det skal gjennomføres klimagassberegninger for kommunale anleggsprosjekter være det mest effektive tiltaket for å få frem bedre datagrunnlag.

2.3.3 Historisk utvikling for anlegg

Det ville vært interessant å se på en historisk utvikling for klimagassutslipp fra anleggsprosjekter tilsvarende sammenstillingen av utførte klimagassberegninger for byggeprosjekter. Ettersom det ikke foreligger grunnlag for en slik sammenstilling for anleggsprosjekter, kunne man skissert en sannsynlig historisk utvikling i beregnede utslipp ved å benytte modellberegningene for anleggsprosjekter og justert utslippsfaktorene som benyttes i tråd med utviklingen vi har observert i beregninger for byggeprosjekter. Informasjon om utvikling i utslippsfaktorer kan baseres på tidligere versjoner av klimagassregnskap.no, eldre EPDer og bransjereferanse for utslipp fra betong fra tidligere versjon av Norsk Betongforenings Publikasjon 37. Dette kunne for eksempel gjøres for de 5-10 viktigste materialene.

Utgangspunktet for denne tankegangen er utviklingen vi har sett i utslipp fra mange byggevarer i senere år, der stadig flere lavutslippsprodukter har kommet på markedet. For de materialgruppene

som er mest relevante for kommunale anleggsprosjekter har vi ikke grunnlag for å dokumentere en tilsvarende utslippsutvikling som for bygg. Dette har igjen sammenheng med at det ikke er utført klimagassberegninger for anleggsprosjekter like lenge og i like stort omfang som for bygg.

Nærmere vurderinger viser også at det er få av de byggevareproduktene som har hatt en vesentlig utvikling i utslipp, som også har betydelig relevans for anleggsprosjekter, og spesielt ikke for kommunale vei- og gateprosjekter i Oslo. Utviklingen innen sement- og betongprodukter har stor betydning for større nasjonale veiprojekter, der man har langt større forbruk av disse materialene i konstruksjoner og tunneler, men gjennomgang av datagrunnlagene for representative vei- og gateprosjekter i Oslo viser at det typisk er små forekomster av betong og sement. Bymiljøetaten har opplyst om at de i større grad enn tidligere gjenbraker gatestein, men her har vi ikke noe kvantitativt grunnlag for å benytte denne opplysningen inn i beregninger.

Det ville vært mulig å basere seg på utslippsfaktorene som ble brukt i utarbeiding av klimabudsjett for Follobanen, ettersom dette var det første store anleggsprosjektet i Norge med klimagassberegninger. Imidlertid er det grunn til å tro at forskjellen mellom utslippsfaktorene benyttet der og faktorene som benyttes i dagens beregninger i mindre grad vil gjenspeile produktutvikling, og i stedet vil stamme fra forskjell mellom andelen generiske/spesifikke data som er brukt, og forbedringer i miljødatabaser (som ecoinvent-databasen).

Dette indikerer samlet at det ikke er godt nok grunnlag for å modellere en sannsynlig historisk utvikling i beregnede klimagassutslipp for anleggsprosjekter i Oslo. Dersom man satte opp en slik utvikling, vil resultatene si mer om metodeutvikling og overgang fra generiske til spesifikke data enn om faktisk utvikling i bransjen mht. løsningsvalg og materialproduksjon.

3 SAMMENSTILLING AV KLIMAGASSBEREGNINGER FOR BYGGEPROSJEKTER I OSLO

3.1 Beskrivelse av datagrunnlaget

Totalt er det samlet inn datagrunnlag for 68 bygg. En del av disse er imidlertid bygg utenfor Oslo-området, eller er teoretiske beregninger for bygg som ikke er oppført. Sammenstillingen omfatter derfor 52 bygg oppført i Oslo-området (regnes her å omfatte Drammen og Asker og Bærum, i tillegg til Oslo). Totalt dekker disse byggene et areal på ca. 490 000 m².

Sammenstillingen er gjennomført ved å kategorisere beregningene iht. følgende parametere:

- Bygningskategori
- År analysen ble gjennomført (der det er gjort analyser på flere tidspunkter er nyeste tall benyttet)
- Beregningsverktøy benyttet
- Areal (BRA, BTA, BYA)

Beregnete klimagassutslipp er angitt per bygningsdel (post 2 iht. Bygningsdelstabellen, NS3451):

- 21 Grunn og fundamenter
- 22 Bæresystem
- 23 Yttervegger
- 24 Innervegger
- 25 Dekker
- 26 Yttertak
- 28 Trapper og balkonger

Den mest utbredte måten å presentere resultater for klimagassutslipp for bygninger på, er relativt til byggets areal og forventede levetid. NS 3720 anbefaler at bruttoareal (BTA) skal legges til grunn ved presentasjon av resultater med areal som referanseenheter. Sammenstillingen er derfor basert på beregnede klimagassutslipp per BTA og år i analyseperioden (60 år som standard¹⁰), og resultater er presentert med enheten CO₂-ekvivalenter/m² BTA/år. For beregninger der utslipp er beregnet per bruksareal (BRA), er verdiene omregnet til å gjelde per BTA.

Sammenstillingen er satt opp per bygningstype i kronologisk rekkefølge. I utgangspunktet var oppgaven avgrenset til å omfatte innsamling av beregninger utført fra 2012, men ettersom prosjektgruppen også mottok beregninger utført i 2010 og 2011 for bygg oppført i Oslo, er disse inkludert i sammenstillingen.

Bruk av verktøy har betydning for beregnede utslipp, både med hensyn til hvilket verktøy som er benyttet, og hvordan verktøyet er brukt. Det har vært en betydelig utvikling i bedre detaljeringsgrad, kompletthet og representativitet i utslippsfaktorer for de fleste tilgjengelige bygg-spesifikke klimagassberegningsverktøy over de siste 10 årene. Dette medfører at nyere beregninger generelt kan sies å ha lavere usikkerhet og bedre representativitet enn tidligere beregninger.

Det er samlet inn beregningsresultater for alle livsløpsfaser iht. EN 15804. Imidlertid er det svært varierende i hvilken grad resultatene er angitt fordelt per livsløpsfase, spesielt om resultatene er fordelt på utslipp fra materialbruk i byggefasen (A1-A3), transport av materialer til byggeplass (A4), og utskifting av materialer over analyseperioden (B4/B5). Dette har sammenheng med at svært mange av beregningene er utført ved bruk av det nå nedlagte verktøyet klimagassregnskap.no, der resultatene ble angitt samlet for A1-A3 + B4/B5, og A4 ikke var medregnet. I sammenstillingen har det derfor ikke vært mulig å skille på A1-A3 og B4/B5. Det er kun 4 av beregningene i

sammenstillingen som oppgir at A4 er medregnet. I sammenstillingen er det derfor valgt å oppgi resultater samlet for A1-A3 + B4/B5.

Byggene fordeler seg på 13 kontorbygg, 21 skolebygg, 8 boligbygg, 4 barnehager, 3 sykehjem og 3 kulturbygg. Det er ingen rene forretningsbygg i sammenstillingen, men 2 av kontorbyggene og 3 av boligbyggene er en kombinasjon av hhv. kontor/forretning og bolig/forretning. Det er også ett bygg som er kombinert bolig med kontor. I sammenstillingen er byggene kategorisert etter hvilken bygningskategori den største arealandelen tilsvarer.

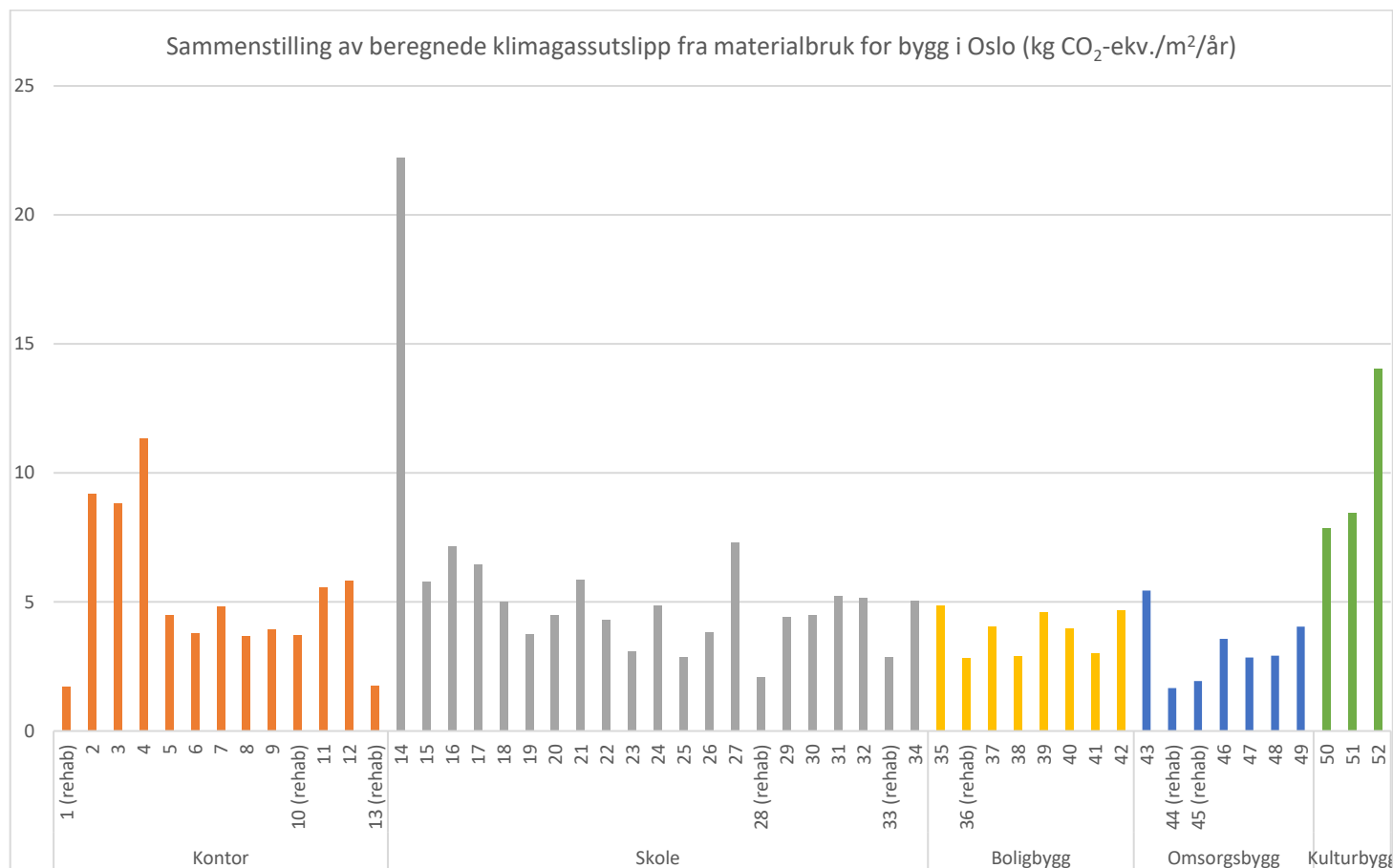
I utgangspunktet var det et mål at sammenstillingen skulle skille på kommunale og ikke-kommunale bygg. Det er imidlertid kun 2 kommunale bygg inkludert for kontor, og 2 kommunale bygg for boliger, mens samtlige inkluderte skolebygg er kommunale. Rent praktisk er det ikke grunnlag for å peke på generelle forskjeller mellom kommunale og ikke-kommunale bygg innenfor samme bygningskategori hva angår løsningsvalg. Det vurderes dermed ikke som hensiktsmessig å skille på kommunale og ikke-kommunale bygg i sammenstillingen, men heller å skille på ulike bygningskategorier.

Av de 52 byggene i sammenstillingen er 25 forbildeprosjekter i Futurebuilt (ett bygg er sertifisert iht. både ZEB og Futurebuilt), som betyr at de har hatt mål om 40 % utslippsreduksjon samlet for materialbruk, energi og transport i drift. De fleste Futurebuilt-prosjektene i sammenstillingen har også hatt som eget mål å redusere klimagassutslippene fra materialbruk. Kun 6 av de 52 prosjektene i sammenstillingen har ikke redusert sine klimagassutslipp fra materialbruk sammenliknet mot et referansebygg (for de prosjektene der man har sammenliknet med et referansebygg) – se kapittel 3.2 for detaljer. Dette støtter hypotesen om at miljøambisiøse prosjekter er overrepresentert i datagrunnlaget.

Størstedelen av klimagassberegningene (38 stk) er utført ved bruk av verktøyet klimagassregnskap.no (nedlagt 2018). De resterende er utført ved bruk av andre bygningsspesifikke verktøy (ISY Calcus, One Click LCA, ByggLCA), eller som spesifikke beregninger i Excel ved bruk av miljødata fra miljødeklarasjoner (Environmental Product Declaration, EPD) og databaser (for eksempel ecoinvent). Det er relevant å se beregninger utført med klimagassregnskap.no i lys av hvilken versjon av verktøyet som er brukt, ettersom det er kjent at de tidlige versjonene av verktøyet (til og med versjon 3) benyttet svært høye generiske utslippsverdier for bl.a. betong og gips.

En detaljert oversikt over byggene i sammenstillingen er gitt i Vedlegg 2.

3.2 Sammenstilling av klimagassberegninger for bygg



Figur 3-1 Sammenstilling av klimagassberegninger fra materialbruk for bygg oppført i Oslo-området, gruppert iht. bygningstype. Beregninger omfatter livsløpsfaser A1-A3 + B4/B5. Prosjektene er anonymisert og angitt med nummerering.

En sammenstilling av beregnede klimagassutslipp for prosjektene i Oslo-området er gitt i Figur 3-1. Prosjektene er gruppert iht. bygningskategori, og kronologisk innad i hver kategori. Sammenstillingen er anonymisert, slik at prosjektene er angitt med nummer i stedet for navn. Rehabiliteringsprosjekter er merket med rehab. Sammenstillingen omfatter utslipp for alle bygningsdeler i hovedpost 2 iht. bygningsdeltabellen, dvs. grunn og fundamenter, bæresystem, yttervegger, innervegger, dekker, yttertak og trapper og balkonger.

Beregnete klimagassutslipp for prosjektene i sammenstillingen spenner fra 1,7 til 22,2 kg CO₂-ekv./m²/år. Gjennomsnittsverdien for byggene er 5,2 kg CO₂-ekv./m²/år, mens medianverdien er 4,5 kg CO₂-ekv./m²/år.

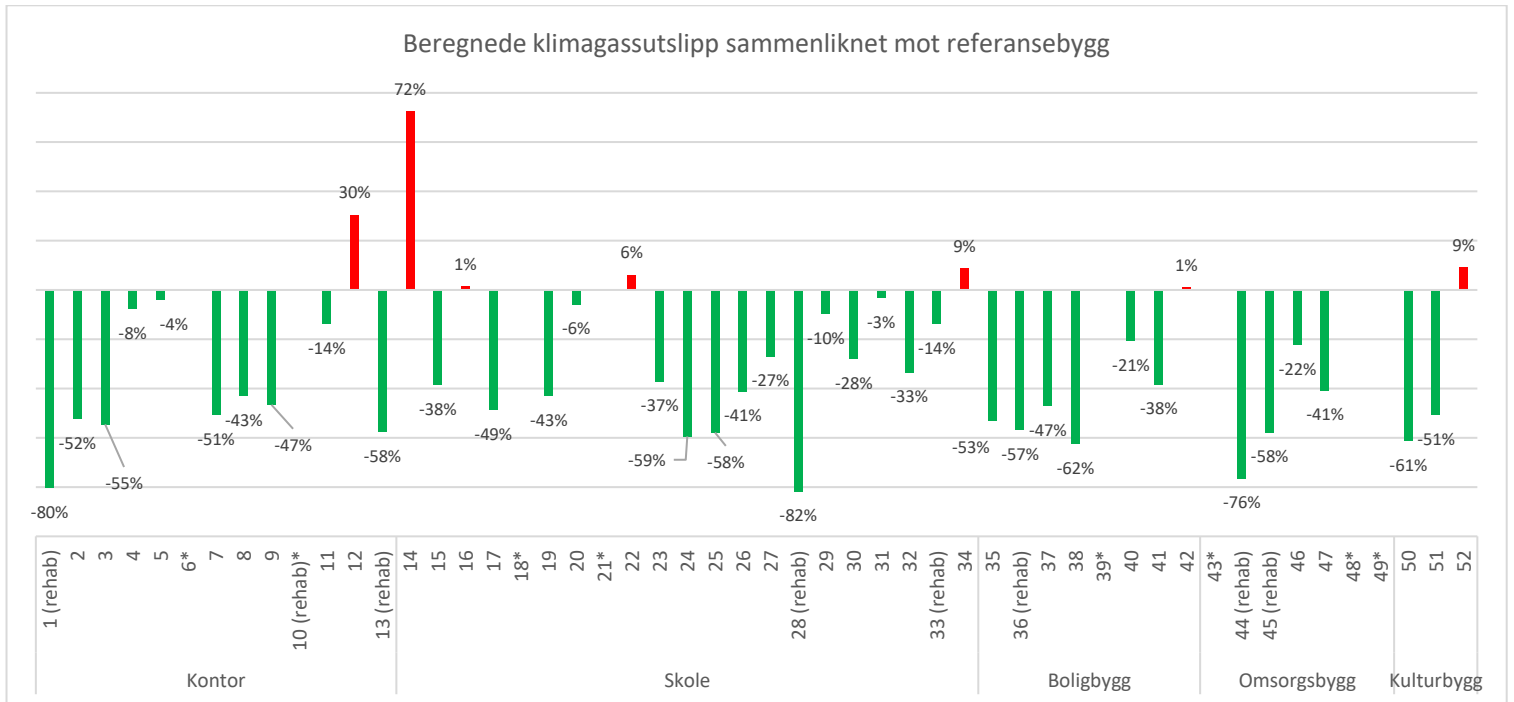
De 8 rehab-prosjektene ligger relativt mye lavere enn nybyggene. Dersom man betrakter nybyggene isolert, er gjennomsnittsverdien 5,7 kg CO₂-ekv./m²/år, mens medianverdien er 4,8 kg CO₂-ekv./m²/år.

For rehab-prosjektene spenner utslipp fra 1,7 til 3,72 kg CO₂-ekv./m²/år. Ettersom det er få rehab-prosjekter innenfor hver bygningskategori (for boligbygg er det kun ett rehab-prosjekt), er det ikke grunnlag for å si noe generelt om utslipp fra rehab for ulike bygningstyper.

Syv av byggene har ikke redusert klimagassutslipp fra materialbruk sammenliknet mot tilsvarende referansebygg. Dette gjelder bygg nr. 12 (+ 30 %), 14 (+ 72%), 16 (+ 1 %), 22 (+ 6%), 34 (+ 9%), 42 (+ 1%) og 52 (+9 %). Av disse er nr. 14 og 16 forbildeprosjekter i Futurebuilt. For prosjekt nr. 14 ble det ikke lagt vekt på å redusere klimagassutslipp fra materialbruk, kun fra energi og transport i drift.

Prosjekt nr. 16 hadde noen materialvalg for å redusere klimagassutslipp, men havnet likevel 1 % over referansebygget. Dette kan komme av bygningsgeometri og valg av løsning. Det har ikke vært mulig å få tilgang rapport for beregningene i dette prosjektet.

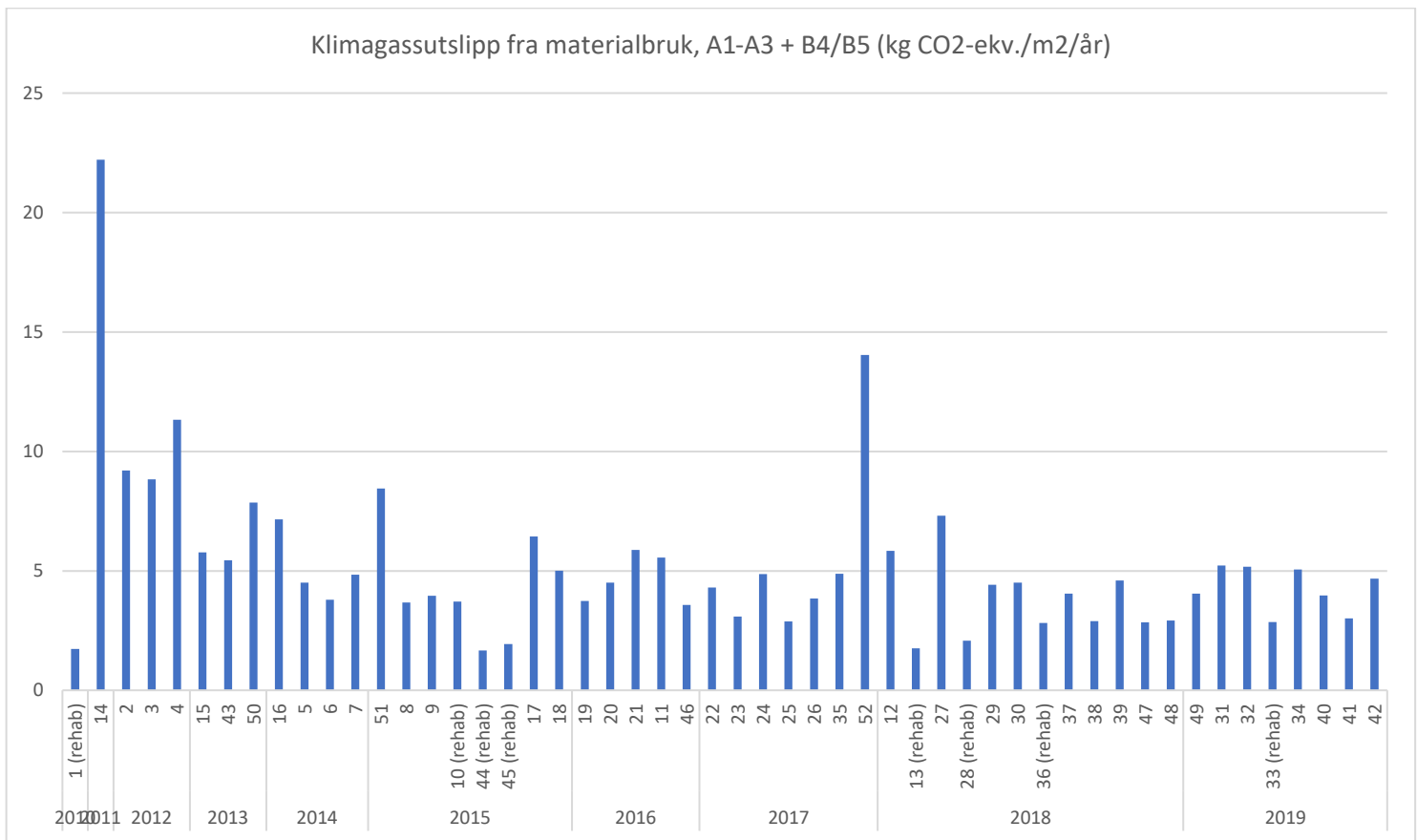
Åtte av prosjektene er ikke målt mot noe referansebygg. Resterende prosjekter har redusert beregnede klimagassutslipp sammenliknet mot referansebygget. Figur 3-2 gir en oversikt over beregnede klimagassutslipp fra materialbruk som endring i prosent, sammenliknet med de respektive referansebyggene. Av de 44 prosjektene som har målt sine klimagassutslipp mot en referanse, har i snitt redusert utslippene med 32 % sammenliknet mot referansebyggene. For de 37 byggene som har oppnådd en reduksjon, er gjennomsnittlig reduksjon på 41 %.



Figur 3-2 Oversikt over beregnet reduksjon (-) eller økning (+) sammenliknet mot referansebygg for de ulike prosjektene. Sammenlikningen er basert på siste utførte beregning for hvert prosjekt, dvs. As-Built der det foreligger. Prosjekter merket med * er ikke målt mot noen referanse.

En sammenstilling av beregnede klimagassutslipp for prosjektene i Oslo-området, i kronologisk rekkefølge, er gitt i Figur 3-3. Denne oversikten indikerer en tendens til at tidligere utslippsberegninger (utført 2010-2013) lå noe høyere enn nyere beregninger, men også at variasjonen i de tidlige beregningene er større enn for de nyere. Dette kan ha sammenheng med utvikling i beregningsverktøy og økende grad av konsensus rundt metodikk og utslippsfaktorer. Det

er også nærliggende å tro at forbedringer i materialproduksjon i retning av mer klimavennlige produkter, spesielt for betong, har bidratt til at beregnede utslipp har gått noe ned over tid.



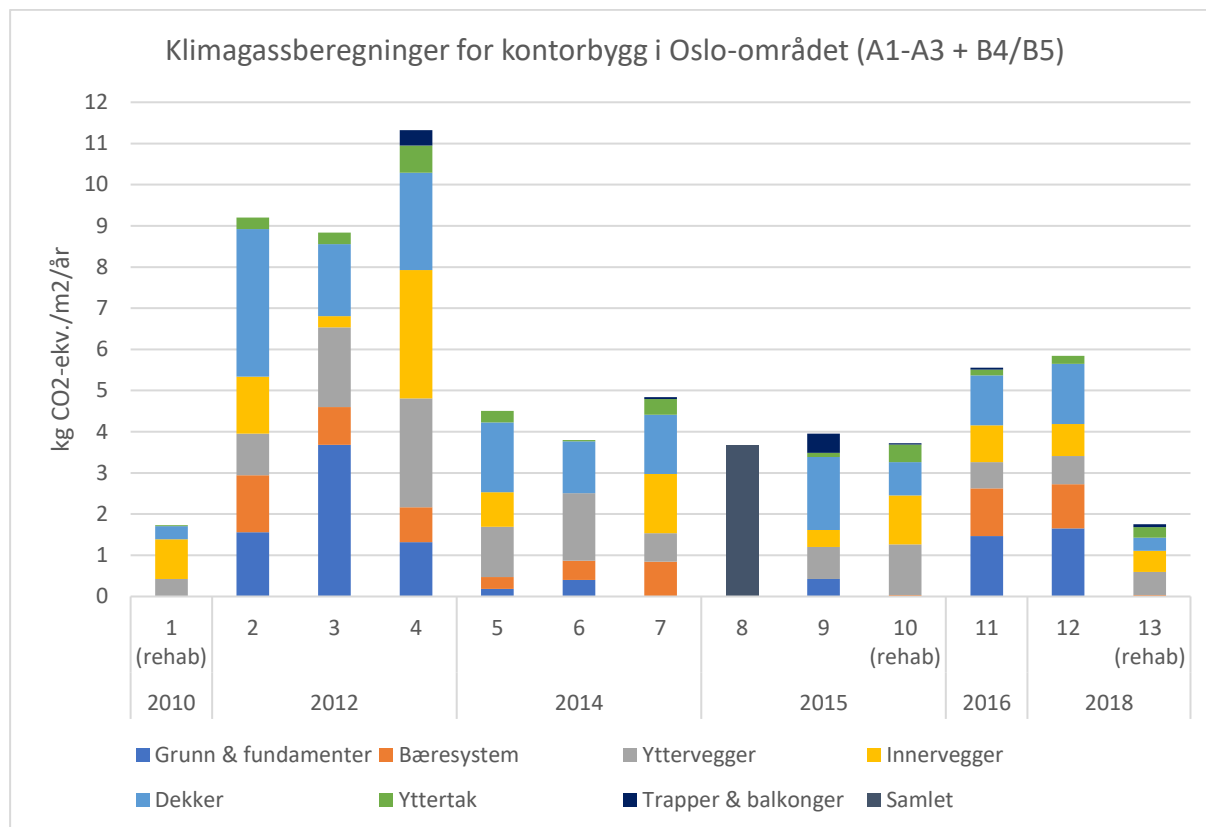
Figur 3-3 Sammenstilling av klimagassberegninger for bygninger oppført i Oslo-området, i kronologisk rekkefølge

3.2.1 Kontorbygg

Sammenstillingen av resultater fra utførte klimagassberegninger for bygninger oppført i Oslo-området der hoveddelen av arealet er kontorlokaler omfatter 12 bygninger på totalt ca. 189 000 m². Av disse er 3 rehabiliterte bygg. Beregningene er utført fra 2010 til 2018.

Resultatene er illustrert i

Figur 3-4:



Figur 3-4 Sammenstilling av klimagassberegninger for kontorbygg oppført i Oslo-området, fordelt per bygningsdel iht. NS3451. Søyler med heltrukket mørkeblå farge er prosjekter der resultater ikke er gitt per bygningsdel.

Beregnete klimagassutslipp for kontorbyggene i sammenstillingen spenner fra 1,7 til 11,3 kg CO₂-ekv./m²/år. Gjennomsnittsverdien for kontorbygg er 5,4 kg CO₂-ekv./m²/år, mens medianverdien er 4,9 kg CO₂-ekv./m²/år.

Det er relativt stor variasjon i hvordan utslippene fordeler seg på de ulike bygningsdelene, men generelt står dekker jevnt over for en stor andel av totalen (25 % i snitt).

To av rehab-prosjektene (nummer 1 og 13) ligger vesentlig lavere i verdi enn de øvrige, på hhv. 1,7 og 1,8 kg CO₂-ekv./m²/år. Dersom man ekskluderer rehab-byggene fra sammenstillingen, er gjennomsnitt- og medianverdi for de resterende 9 byggene hhv. 6,2 og 5,2 kg CO₂-ekv./m²/år.

Tre prosjekter (nummer 2-4) ligger relativt mye høyere i beregnede utslipp enn resten, på hhv. 9,2, 9,2 og 10,4 kg CO₂-ekv./m²/år. Alle disse beregningene ble utført med versjon 3 av klimagassregnskap.no versjon 3, som hadde svært høye generiske utslippsfaktorer for bl.a. betong og gips.

For bygg nr. 2 er det presisert i rapporten at det i hovedsak er benyttet generiske utslippsfaktorer i klimagassregnskapet, fordi det fantes få EPD-er på markedet da klimagassberegningene ble gjennomført. Bygget hadde i tillegg en del krav til sikkerhet som gjorde det nødvendig å bruke betong

i hele første etasje. Det ble benyttet en tidlig utgave av lavkarbonbetong, som er beregnet til 30 % lavere utslipp enn bransjereferansen. På grunn av den høye bransjereferansen på daværende tidspunkt er likevel utslippsfaktoren for denne betongen relativt høy.

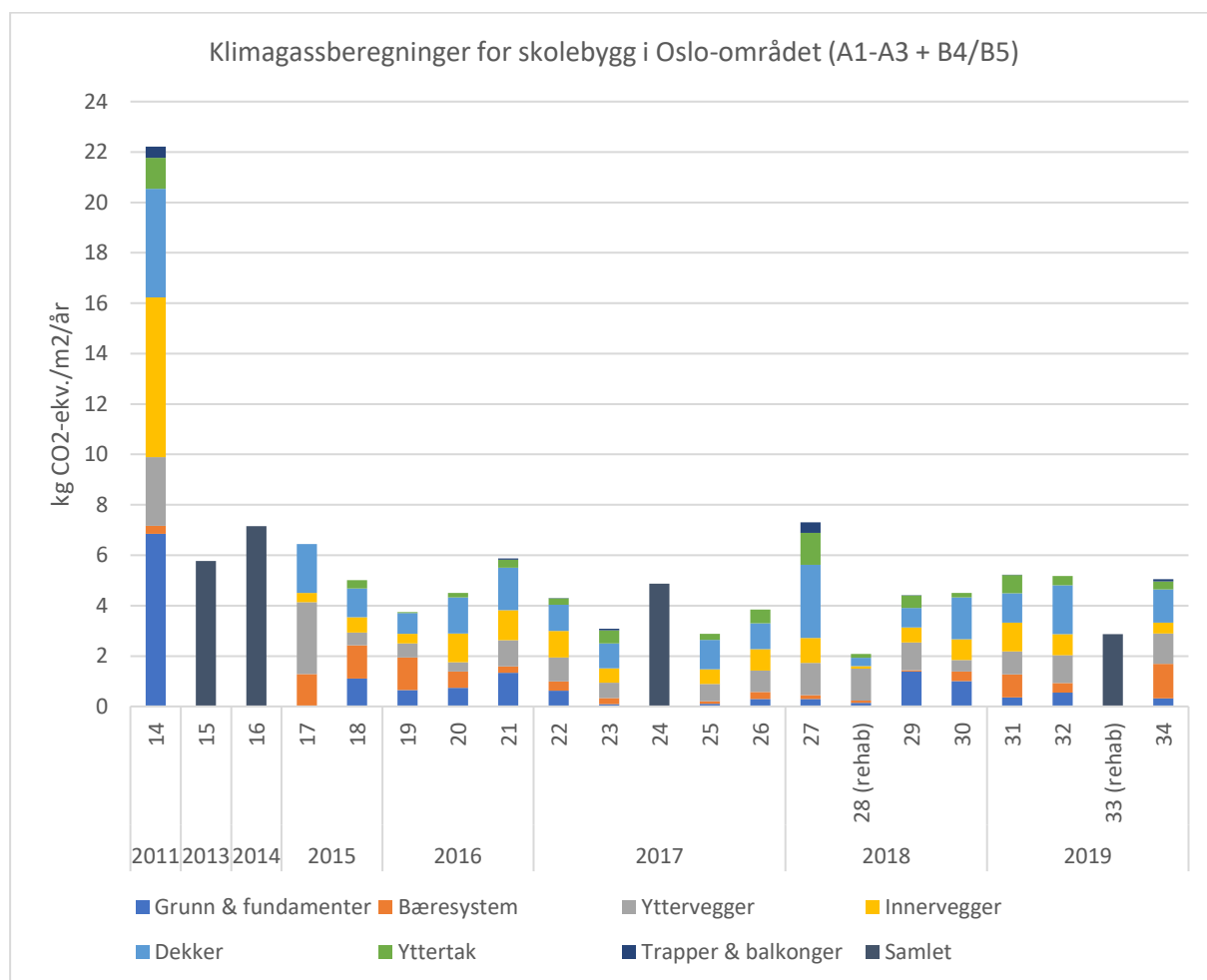
For bygg nr. 3 kommer det aller største bidraget fra grunn og fundamenter (over 40 %), fra kalksementpeler (bygget står på leire, med rundt 200 m til fjell). Her er bunnplate også medregnet i grunn og fundamenter.

For bygg nr. 4 ble det ikke gjort tiltak for å redusere klimagassutslipp fra materialbruk, og dessuten brukt generiske utslippsfaktorer i stedet for spesifikke.

3.2.2 Skolebygg

Sammenstillingen av resultater fra utførte klimagassberegninger for skolebygg oppført i Oslo-området omfatter 21 bygninger på totalt ca. 119 500 m². Av disse er 2 rehabiliterte bygg. Beregningene er utført fra 2011 til 2019.

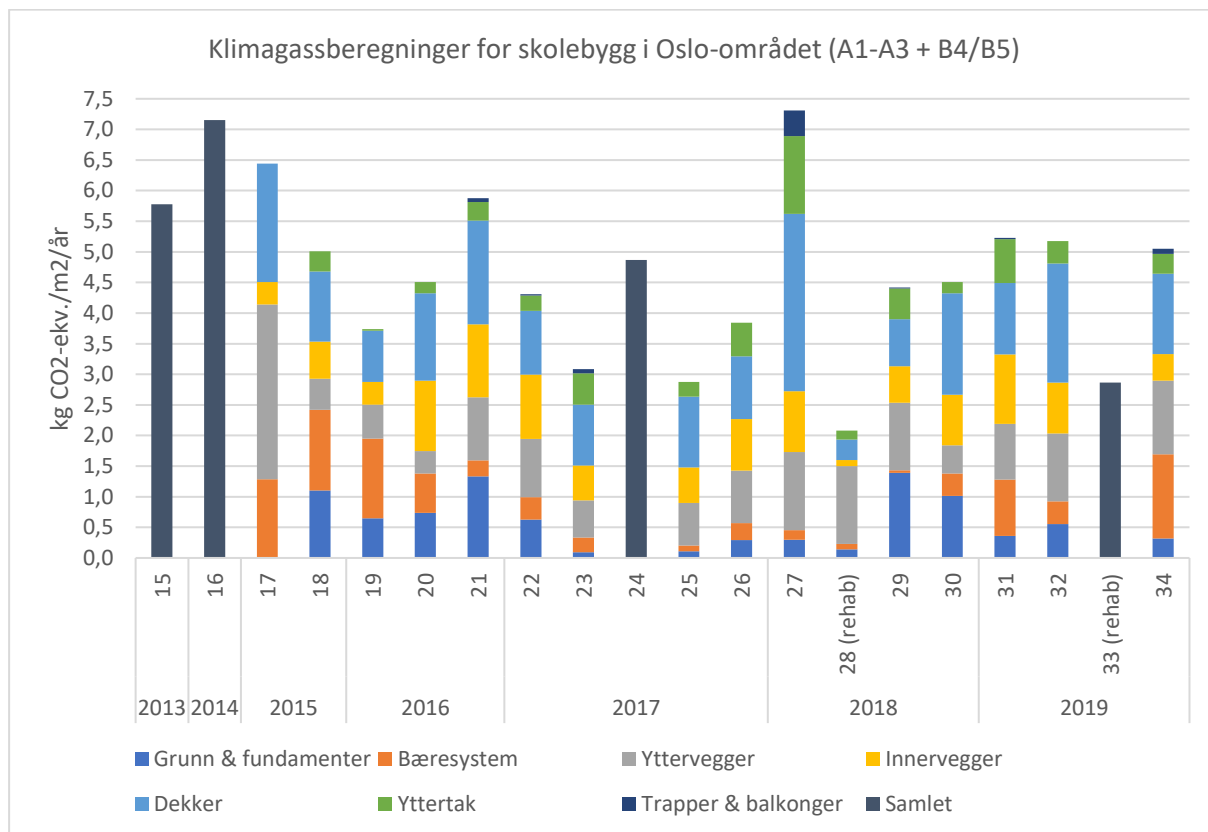
Resultatene er illustrert i Figur 3-5:



Figur 3-5 Sammenstilling av klimagassberegninger for skolebygg oppført i Oslo-området, fordelt per bygningsdel iht. NS3451. Søylor med heltrukket mørkeblå farge er prosjekter der resultater ikke er gitt per bygningsdel.

Beregnete klimagassutslipp for skolebyggene i sammenstillingen spenner fra 2,1 til 22,2 kg CO₂-ekv./m²/år. Gjennomsnittsverdien for kontorbygg er 5,6 kg CO₂-ekv./m²/år, mens medianverdien er 4,9 kg CO₂-ekv./m²/år.

Ett prosjekt (nr. 14) ligger svært mye høyere i beregnede utslipp enn resten, på 22,2 kg CO₂-ekv./m²/år. Klimagassregnskapet for materialbruk for dette prosjektet er sist beregnet med klimagassregnskap versjon 3, i likhet med kontorbyggene med høyest beregnede klimagassutslipp. I tillegg ble det ikke gjort spesielle tiltak for å redusere klimagassutslippene fra materialbruk i prosjektet. Bygget har ellers kjeller i betong, hulldekker og generelt mye isolasjon for å innfri krav til passivhusstandard. I Figur 3-6 er resultatene vist ekskludert dette prosjektet, som betraktes som en ekstremverdi, for å kunne se forskjellene mellom de øvrige beregningene i bedre detalj:



Figur 3-6 Sammenstilling av klimagassberegninger for skolebygg oppført i Oslo-området, fordelt per bygningsdel iht. NS3451, og ekskl. ekstremverdi. Søyler med heltrukket mørkeblå farge er prosjekter der resultater ikke er gitt per bygningsdel.

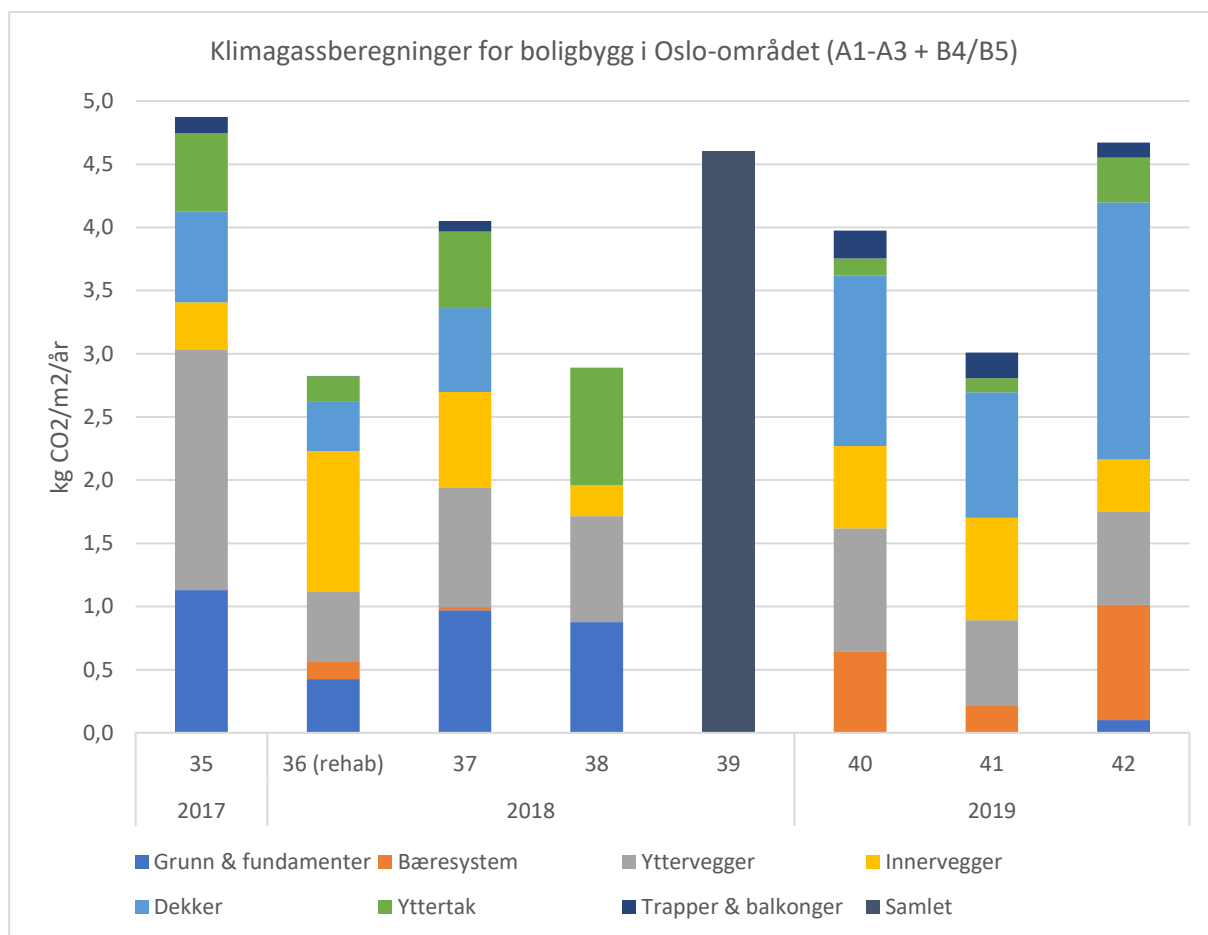
Den laveste verdien i sammenstillingen, på 2,1 kg CO₂-ekv./m²/år, er for et rent rehab-prosjekt (nr. 28). Når ekstremverdien og de to rehab-prosjektene ekskluderes, spenner beregnede klimagassutslipp for skolebyggene fra 2,9 til 7,3 kg CO₂-ekv./m²/år. Gjennomsnittsverdien er da 5,0, og medianen 4,9 kg CO₂-ekv./m²/år.

For skolebygg er det også dekker som i snitt står for den høyeste andelen av totale utslipp (28 %), men yttervegg gir også et betydelig bidrag (i snitt 22 % av totalen).

3.2.3 Boligbygg

Sammenstillingen av resultater fra utførte klimagassberegninger for bygninger oppført i Oslo-området der hoveddelen av arealet er tilegnet boliger omfatter 8 byggeprosjekter på totalt ca. 41 000 m². Beregningene er utført fra 2017 til 2019. Av disse er ett av prosjektene et rehabiliteringsprosjekt. 5 av prosjektene er kategorisert som boligblokk, mens de resterende er rekkehus. Av boligblokkene er 3 en kombinasjon av boliger med næringslokaler i 1. etg, ett er en kombinasjon av bolig og kontor, og ett prosjekt kun har arealer som brukes til bolig.

Resultatene er illustrert i Figur 3-7. Bygg nr. 36, 37 og 38 er rekkehus, mens resten er boligblokker:



Figur 3-7 Sammenstilling av klimagassberegninger for boligbygg (rekkehus og boligblokk) oppført i Oslo-området, fordelt per bygningsdel iht. NS3451. Søyler med heltrukket mørkeblå farge er prosjekter der resultater ikke er gitt per bygningsdel.

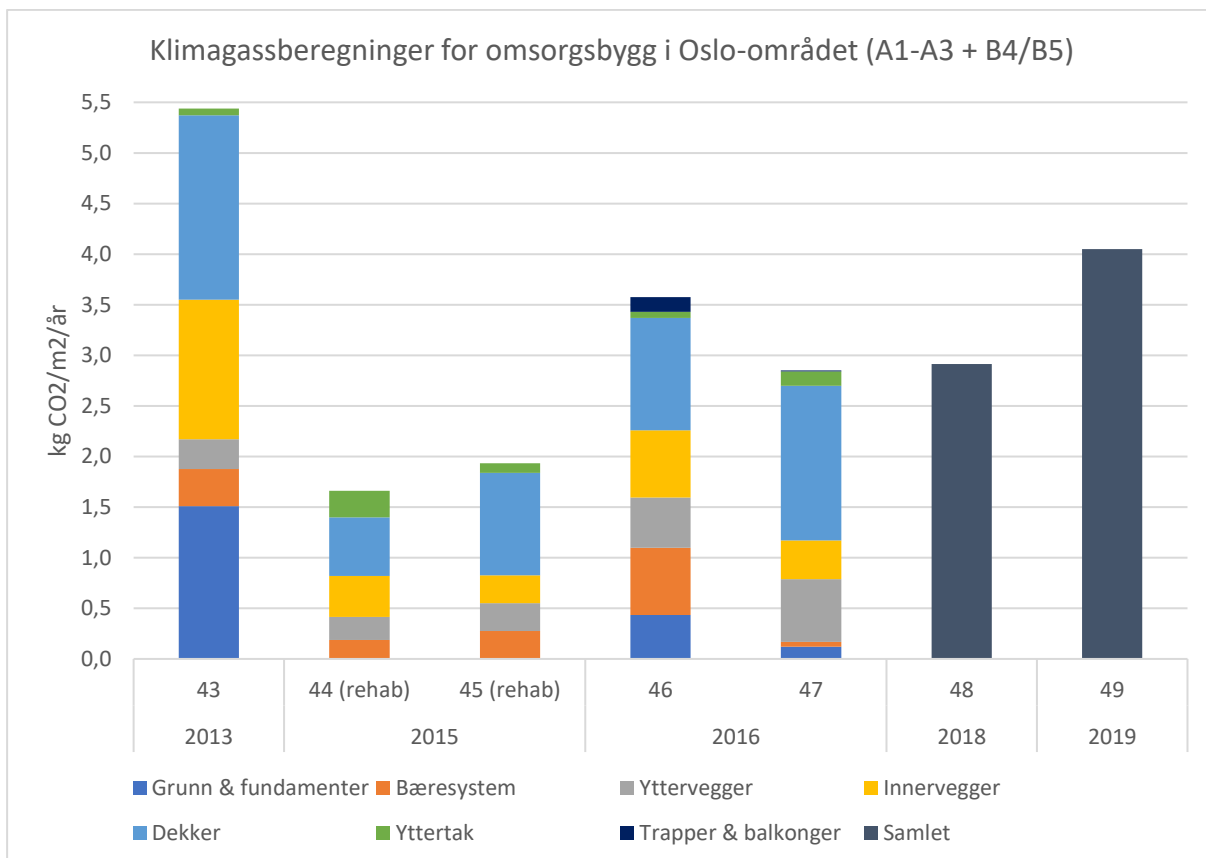
Beregnete klimagassutslipp for boligbyggene i sammenstillingen spenner fra 2,8 til 4,9 kg CO₂-ekv./m²/år. Gjennomsnittsverdien for boligbygg er 3,9 kg CO₂-ekv./m²/år, mens medianverdien er 4,0 kg CO₂-ekv./m²/år.

For boligbygg har ikke dekker like stor gjennomsnittlig betydning for totale utslipp (22 %), og overgår av yttervegger (25 % av totalen i snitt). Dette skyldes imidlertid at boligbyggene i sammenstillingen er en blanding av rekkehus og boligblokker. Dersom man kun ser på boligblokkene, har dekker tilsvarende gjennomsnittlige bidrag til totale utslipp som for skole og kontor (28 %). Dersom man kun ser på boligblokkene, er spennet fra 3,0 til 4,9 kg CO₂-ekv./m²/år, med snittverdi 4,2 kg CO₂-ekv./m²/år og median på 4,6 kg CO₂-ekv./m²/år.

3.2.4 Omsorgsbygg

Barnehager og sykehjem er sammenstilt under kategorien omsorgsbygg. Dette omfatter 7 prosjekter på til sammen ca. 47 000 m². Av disse er to rehabiliteringer.

Resultatene er illustrert i Figur 3-8. Bygg nr. 45, 46 og 47 er sykehjem, mens resten er barnehager:



Figur 3-8 Sammenstilling av klimagassberegninger for omsorgsbygg (barnehage og sykehjem) oppført i Oslo-området, fordelt per bygningsdel iht. NS3451. Søyler med heltrukket mørkeblå farge er prosjekter der resultater ikke er gitt per bygningsdel.

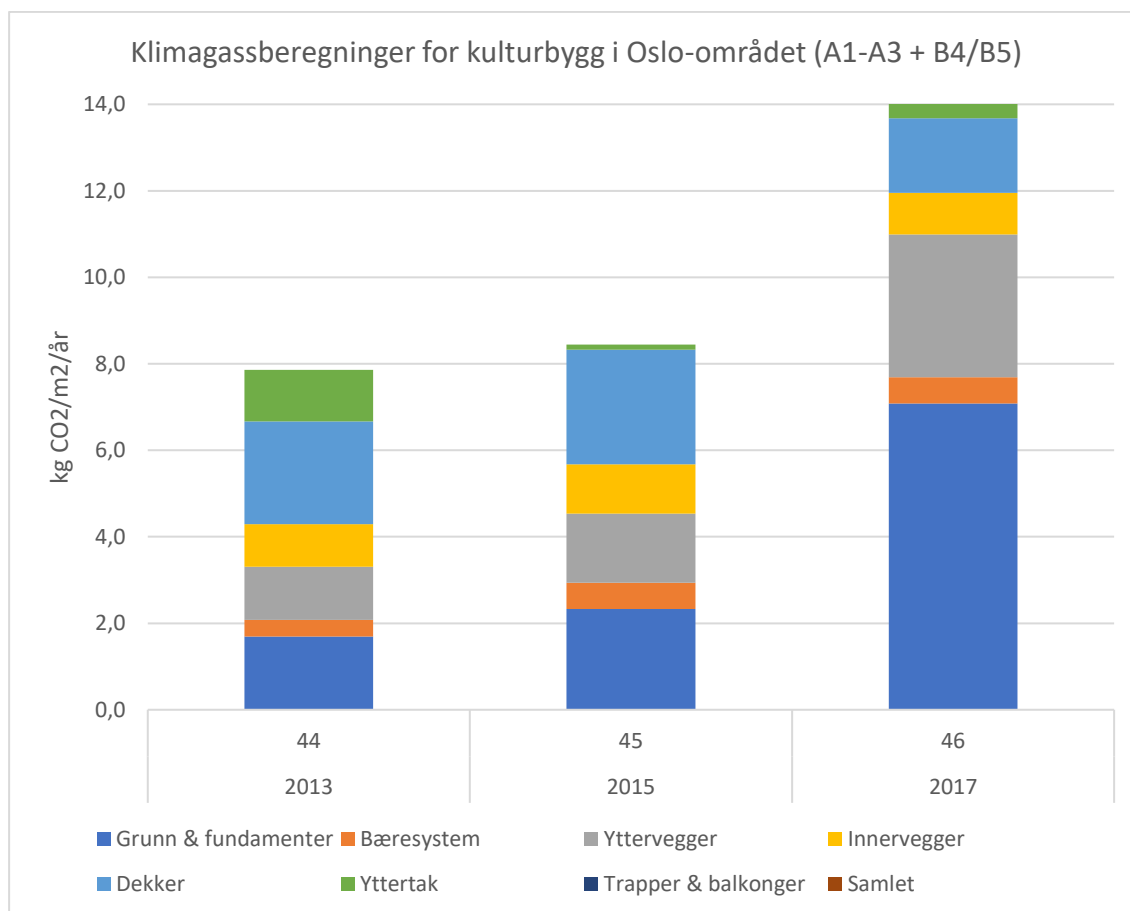
Beregnete klimagassutslipp for omsorgsbyggene i sammenstillingen spenner fra 1,7 til 5,4 kg CO₂-ekv./m²/år. Gjennomsnittsverdien for omsorgsbygg er 3,2 kg CO₂-ekv./m²/år, mens medianverdien er 2,9 kg CO₂-ekv./m²/år.

Rehab-prosjektene ligger under 2 kg CO₂-ekv./m²/år, mens de 5 nybyggene spenner fra ca. 3 til litt over 5 kg CO₂-ekv./m²/år. Gjennomsnittsverdien for nybyggsprosjektene er 3,8 kg CO₂-ekv./m²/år, og medianverdien 3,6 kg CO₂-ekv./m²/år. Dette er lavt sammenliknet mot nybyggene for de andre prosjektkategoriene. Det er litt ulike årsaker til dette. Bygg 47 og 48 er bygget med utstrakt bruk av tre. For bygg 46 er det forutsatt 60 års levetid for vinduer, ytterkledning og innvendig gips, noe som reduserer beregnede klimagassutslipp fra utskifting av materialer betraktelig. De to barnehageprosjektene 48 og 49 er dessuten relativt enkle konstruksjoner med få etasjer. De fleste prosjektene har også enkle grunnforhold som sparer behov for fundamentering.

Fordeling av utslipp mellom bygningsdeler varierer, og det var heller ikke tilgjengelig informasjon om utslippsfordeling per bygningsdel for 2 av prosjektene. Dermed er det ikke grunnlag for å vurdere hvordan utslippene fordeler seg på de ulike bygningsdelene for denne bygningskategorien.

3.2.5 Kulturbygg

Kategorien kulturbygg omfatter 3 bygg; to muséer og et bibliotek. Byggene tilsvarer et areal på totalt ca. 41 500 m².



Figur 3-9 Sammenstilling av klimagassberegninger for kulturbygg oppført i Oslo-området, fordelt per bygningsdel iht. NS3451.

Beregnete klimagassutslipp for kulturbyggene spenner fra 7,9 til 14,0 kg CO₂-ekv./m²/år. Gjennomsnittsverdien for kulturbygg er 10,1 kg CO₂-ekv./m²/år, mens medianverdien er 8,4 kg CO₂-ekv./m²/år.

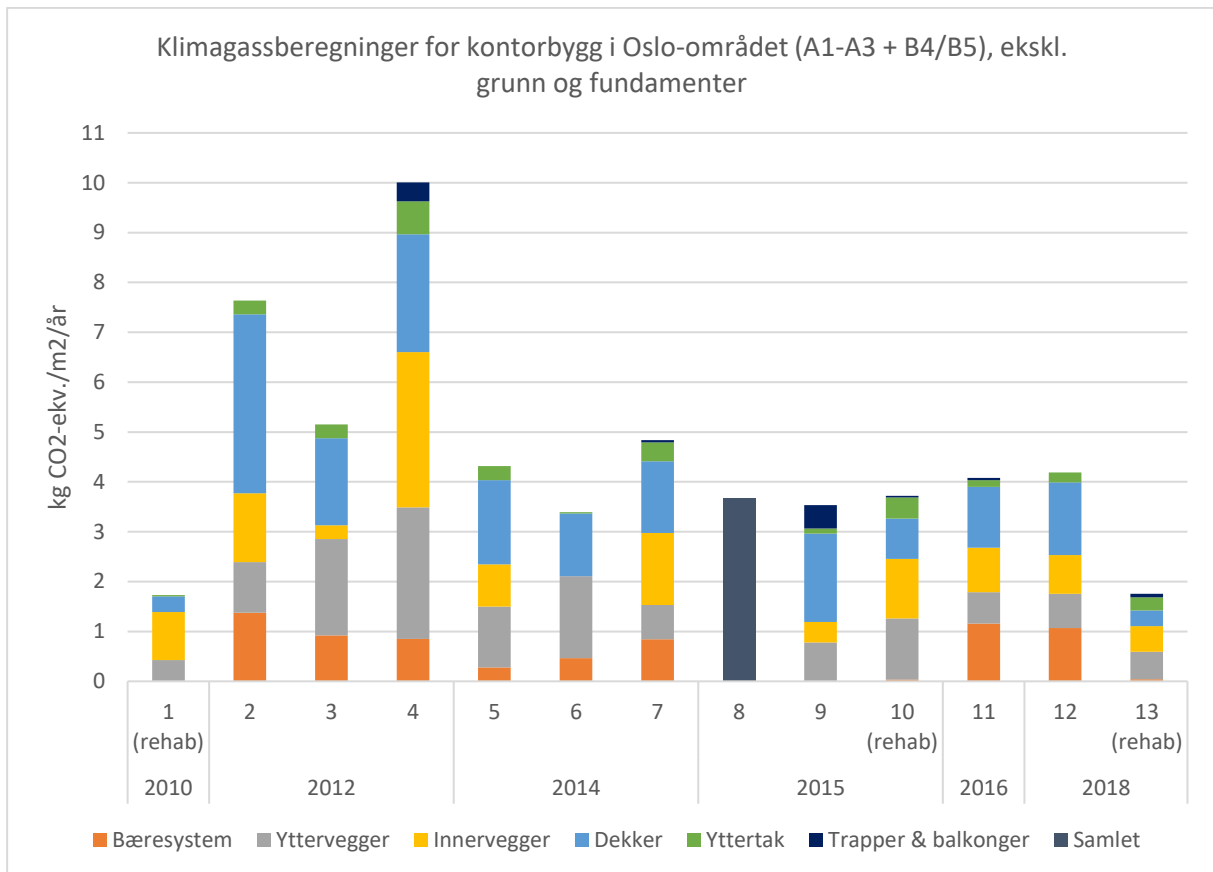
En hovedårsak til at beregnede utslipp for kulturbyggene ligger såpass mye høyere enn de øvrige bygningskategoriene er høye utslipp fra materialbruk til fundamentering. Dette skyldes at samtlige bygg er oppført på steder der grunnforholdene krever store mengder peler for å bære byggene.

3.2.6 Sammenstilling av utslipp ekskludert materialbruk til fundamentering

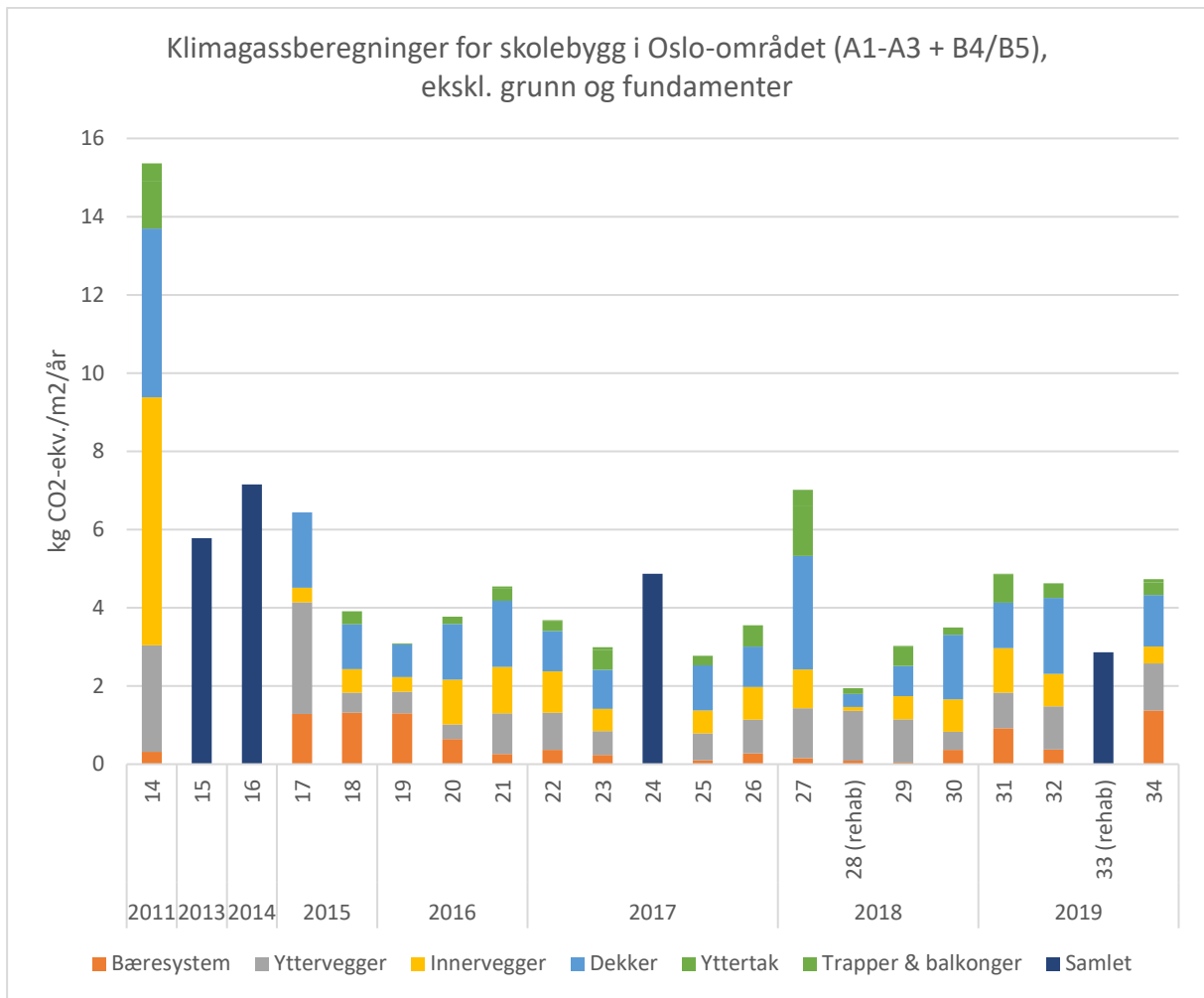
Som det fremgår av sammenstillingsresultatene, kan materialbruk i grunn og fundamenter ha stor betydning for beregnede klimagassutslipp. Fundamenteringsbehov avhenger av lokale grunnforhold, og er svært stedsspesifikt, og for å undersøke nærmere hvordan utslippene for de ulike bygningstypene varierer uavhengig av lokalisering og fundamenteringsbehov, er det relevant å sammenlikne utslipp også ekskludert materialbruk i fundamentering.

Her er det en utfordring at det, i alle fall i tidligere klimagassberegninger, er noe variasjon i hvorvidt bunnplate er inkludert under bygningsdel 21 eller bygningsdel 25. Å ekskludere bygningsdel 21 kan dermed medføre at klimagassutslipp underestimeres i for noen av prosjektene, men det har ikke vært detaljert informasjon tilgjengelig for alle prosjekt til å korrigere for dette.

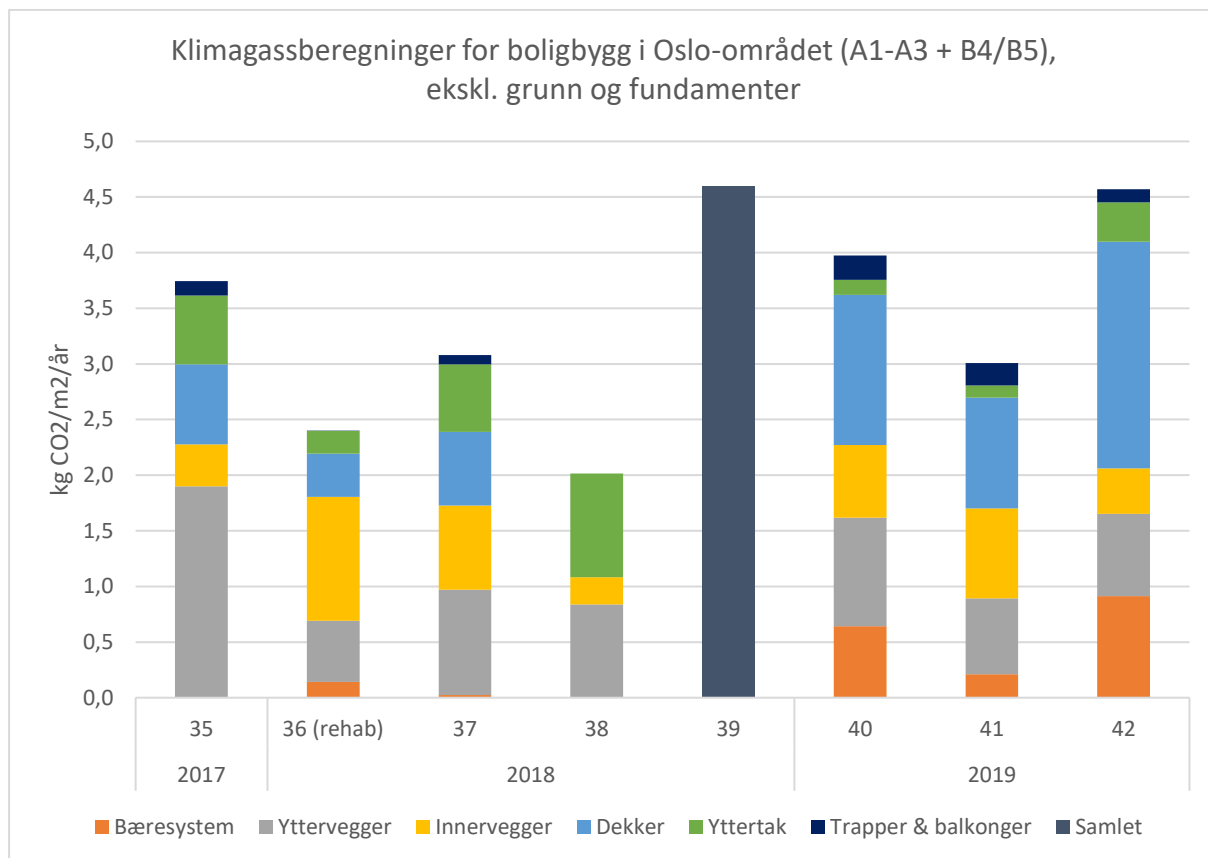
Figur 3-10 til Figur 3-14 viser beregnede klimagassutslipp for de ulike bygningskategoriene fordelt per bygningsdel, ekskludert bygningsdel 21 grunn og fundamenter. For de prosjektene der det ikke er angitt utslipp per bygningsdel (vist med heltrukken farge), er resultatene inkludert grunn og fundamenter.



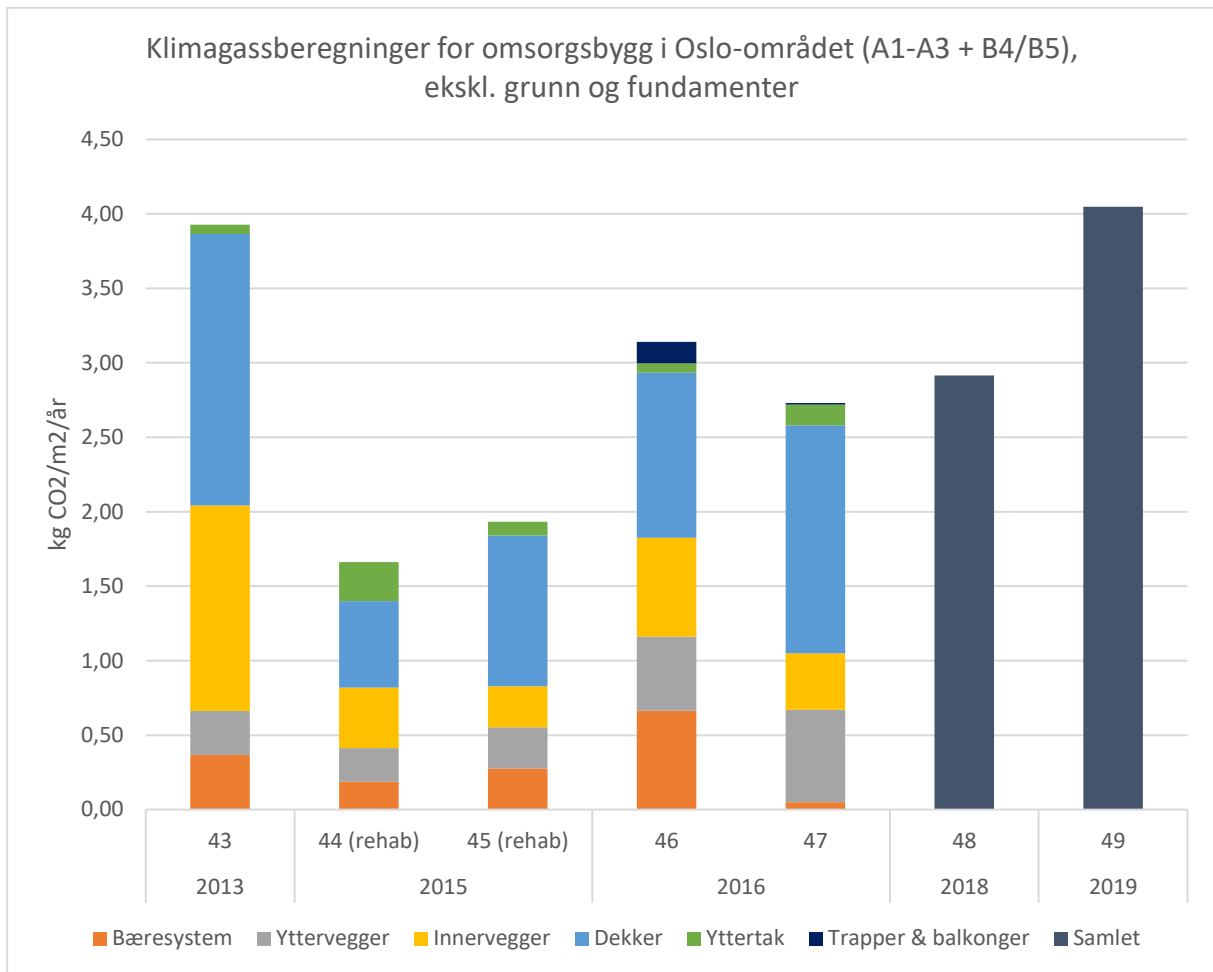
Figur 3-10 Sammenstilling av klimagassberegninger for kontorbygg oppført i Oslo-området, fordelt per bygningsdel iht. NS3451, ekskl. bygningsdel 21 grunn og fundamenter. Søyler med heltrukket mørkeblå farge er prosjekter der resultater ikke er gitt per bygningsdel, og er derfor inkl. grunn og fundamenter.



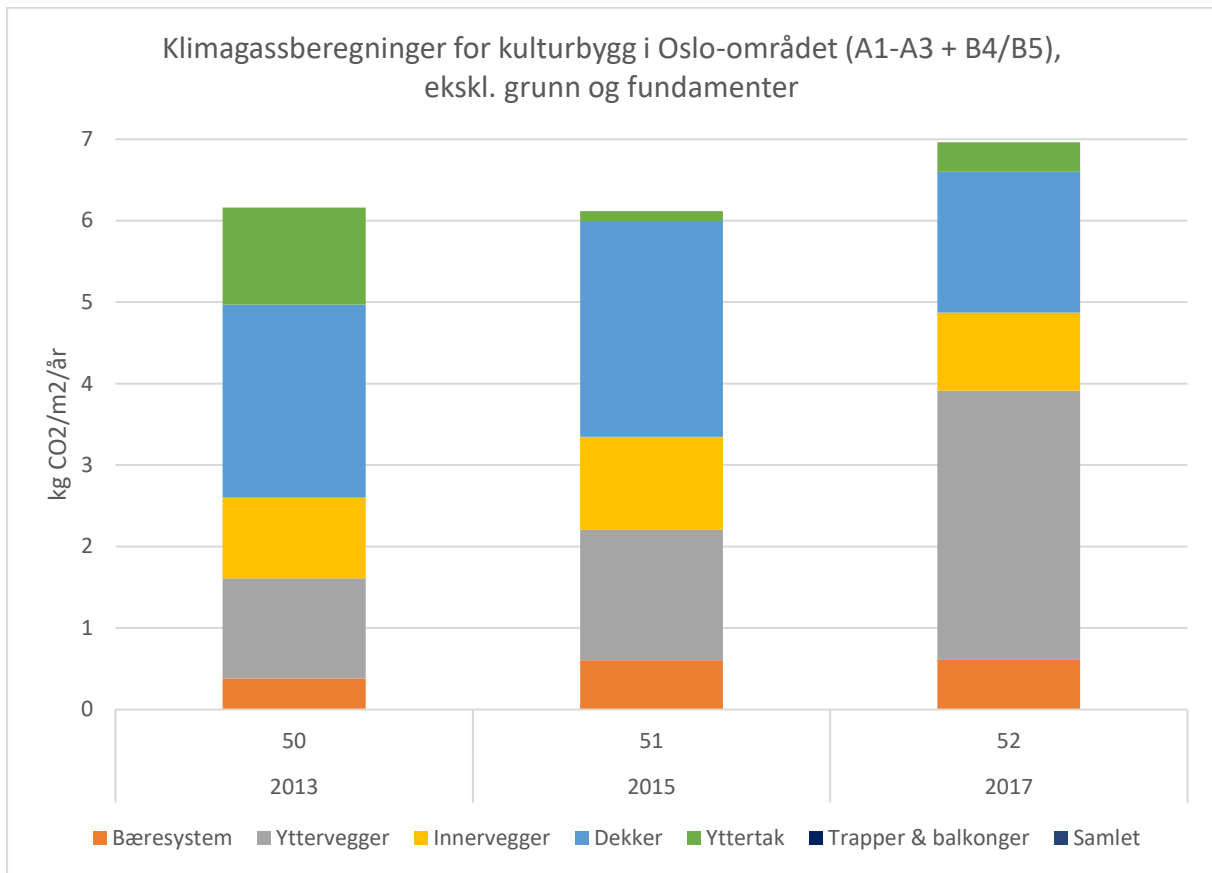
Figur 3-11 Sammenstilling av klimagassberegninger for skolebygg oppført i Oslo-området, fordelt per bygningsdel iht. NS3451, ekskl. bygningsdel 21 grunn og fundamenter. Søyler med heltrukket mørkeblå farge er prosjekter der resultater ikke er gitt per bygningsdel, og er derfor inkl. grunn og fundamenter.



Figur 3-12 Sammenstilling av klimagassberegninger for boligbygg (rekkehus og boligblokk) oppført i Oslo-området, fordelt per bygningsdel iht. NS3451, ekskl. bygningsdel 21 grunn og fundamenter. Søylar med heltrukket mørkeblå farge er prosjekter der resultater ikke er gitt per bygningsdel, og er derfor inkl. grunn og fundamenter.



Figur 3-13 Sammenstilling av klimagassberegninger for omsorgsbygg (barnehage og sykehjem) oppført i Oslo-området, fordelt per bygningsdel iht. NS3451, ekskl. bygningsdel 21 grunn og fundamenter. Søylar med heltrukket mørkeblå farge er prosjekter der resultater ikke er gitt per bygningsdel, og er derfor inkl. grunn og fundamenter.



Figur 3-14 Sammenstilling av klimagassberegninger for kulturbygg oppført i Oslo-området, fordelt per bygningsdel iht. NS3451, ekskl. bygningsdel 21 grunn og fundamenter.

Når utslipp fra grunn og fundamenter utelates fra beregningene, blir fordelingen innen hver bygningskategori noe jevnere. Dette er spesielt tydelig for kulturbyggene, der grunn og fundamenter stod for en svært høy andel av totale utslipp.

3.3 Drøfting av sammenstillingsresultater

For å vurdere resultatene for per bygningskategori mer enhetlig, og kunne si noe om generelle tendenser i sammenstillingen, har vi sammenliknet spenn i utslipp, samt gjennomsnitts- og medianverdier for utslipp innenfor hver bygningskategori. Her har vi valgt å skille ut rehab-prosjektene i en egen bygningskategori, på bakgrunn av at utslippene ligger såpass mye lavere enn for nybyggene (som nevnt over, er det ikke tilstrekkelig datagrunnlag for å vurdere utslipp fra rehab innenfor hver bygningskategori).

Tabell 3-1 angir maksimums- og minimumsverdier, samt median og gjennomsnitt for hver kategori:

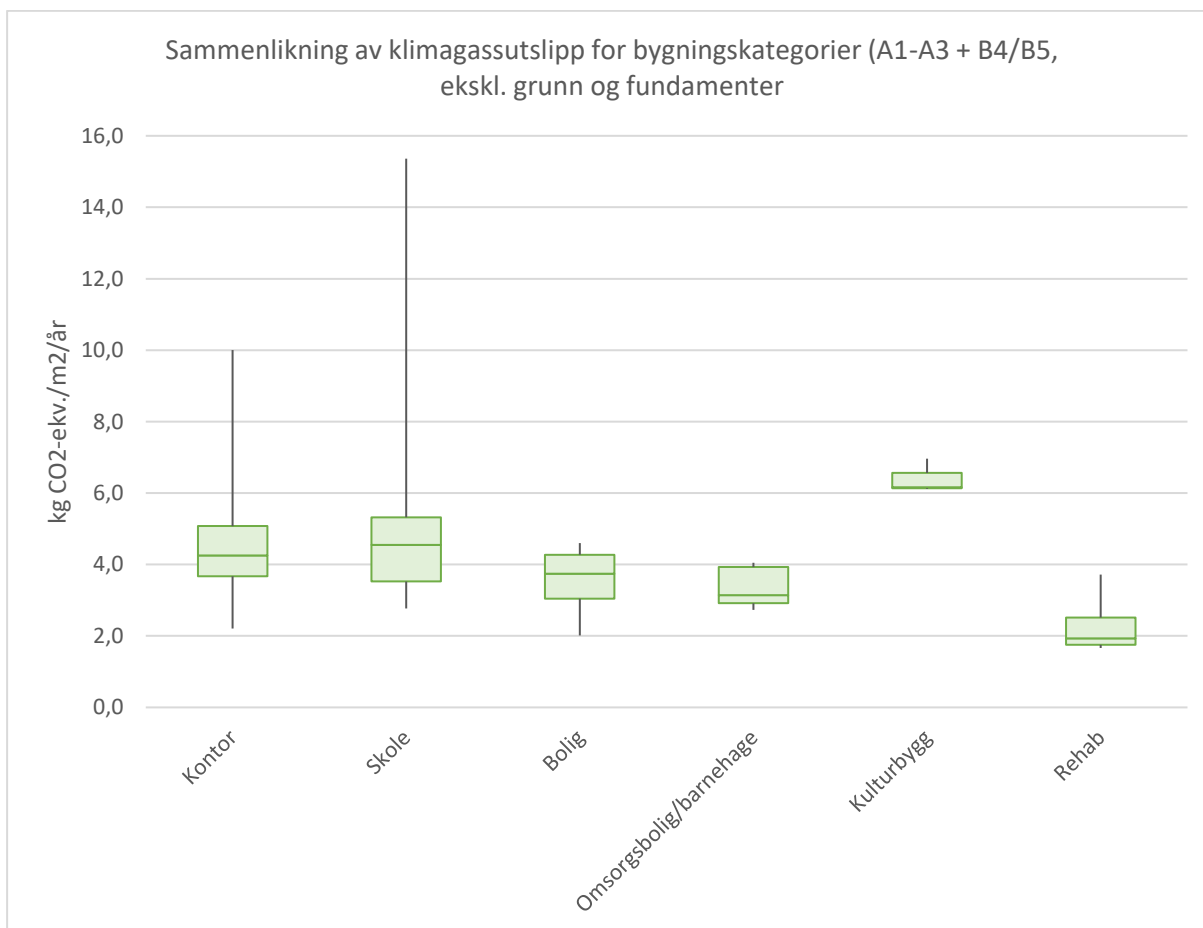
Tabell 3-1 Maksimums- og minimumsverdier, median og snitt for klimagassutslipp fra materialbruk, ekskl. grunn og fundamenter, innen hver bygningskategori (rehabiliteringsprosjekter er skilt ut som egen kategori).

Klimagassutslipp A1-A3 + B4/B5 (kg CO ₂ -ekv./m ² /år)							
	Kontor	Skole	Bolig	Omsorgsbygg	Kulturbygg	Rehab	
Min	2,2	2,8	2,0	2,7	6,1	1,7	
Median	4,3	4,5	3,7	3,1	6,2	1,9	
Snitt	4,9	5,0	3,6	3,4	6,4	2,3	
Maks	10,0	15,4*	4,6	4,0	7,0	3,7	

*ekstremverdi

Forskjellen på gjennomsnittsverdi og median indikerer hvor jevnt fordelt utslippene er innenfor hver kategori. I kategoriene med store spenn i utslipp og/eller ekstremverdier ser vi derfor at det er stor forskjell på median og snittverdi. Dette gjelder i hovedsak skole, men også kontor. I disse tilfellene er det grunnlag for å si at medianverdien gir en bedre indikasjon på målestokk-nivå enn gjennomsnittsverdien.

Figur 3-15 illustrerer spenn i utslipp for de ulike kategoriene i et boksdiagram, der boksene angir spenn i utslipp mellom 25. og 75. persentil i resultatene. Spenn mellom maksimums- og minimumsverdier er illustrert med streker.



Figur 3-15 Sammenstilling av spenn i beregnede klimagassutslipp, per bygningskategori. Bokser for hver kategori angir spenn mellom 25. og 75. persentil i resultatene, samt medianverdi. Strekene angir minimums- og maksimumsverdier.

Her kan man se at skolebygg har det største spennet i utslipp. Dette er ikke overraskende, ettersom det både er flest skolebygg i sammenstillingen, og den den mest avvikende ekstremverdien i utslipp finnes for skolebygg.

Spennet for kulturbyggene er kortere, og ligger høyere enn de øvrige bygningskategoriene, selv når materialbruk i grunn og fundamenter er utelatt. Dette kan indikere høyere materialbehov for kulturbygg, men utvalget er for snevert til at det er mulig å generalisere.

Spennet mellom de 6 rehab-byggene er relativt lite, noe som kan tyde på at det er mer meningsfullt å sammenlikne rehab-byggene med hverandre, i stedet for å sammenlikne dem med nybygg innenfor samme bygningskategori.

Basert på Figur 3-15, kan det samlet sett se ut til at kontor- og skolebygg ligger høyere i utslippsnivå enn bolig og omsorgsbygg, og at kontor/skole og boligbygg/omsorgsbygg kan ha sammenliknbare utslippsnivåer. Men ettersom utvalget er større for kontor- og skoleprosjekter enn for de øvrige kategoriene, er det utfordrende å trekke generelle konklusjoner. Omsorgsboligene har spesielt lav gjennomsnitts- og medianverdi sammenliknet med de andre prosjektkategoriene. Dette skyldes dels at noen av omsorgsboligprosjektene er enkle bygg med lav materialbruk, og dels valg av materialer med spesielt lave beregnede utslipp.

4 BEREGNING AV REFERANSENIVÅ FOR KLIMAGASSUTSLIPP FOR UTBYGGINGSPROSJEKTER I OSLO

4.1 Referansenivå for byggeprosjekter

4.1.1 Grunnlag for referansenivå for bygg

Som beskrevet i kapittel 2.2.2, har vi valgt å ta utgangspunkt i modellberegninger, å definere referansenivåer for bygg i Oslo.

Per i dag mangler man omforente referansenivåer for klimagassutslipp fra materialbruk i bygninger i Norge. Det har blant annet hatt sammenheng med mangel på felles metodisk rammeverk. En definisjon av referansebygg er utarbeidet av FutureBuilt¹¹. Definisjonen gir imidlertid lite metodiske retningslinjer, og utslippsnivå for referansebygg kan dermed variere mye innenfor disse rammene. Innføringen av norsk standard for klimagassberegninger for bygninger, NS 3720:2018 er et viktig verktøy som vil gi langt større sammenliknbarhet i slike beregninger fremover. Denne standarden kan anvendes som utgangspunkt for etablering av referansebygninger, men den omtaler ikke referansebygg utover å beskrive *funksjonell ekvivalent* for beregninger. Derfor er det fortsatt flere forutsetninger og kvalitetskrav som man må enes om, blant annet valg av 'standard' materialtyper, krav til styrke og brannklasse.

Tidligere var det åpent tilgjengelige verktøyet Klimagassregnskap.no (nedlagt 2018) i utbredt bruk som «referansebygg-generator» i bransjen. Klimagassregnskap.no tok utgangspunkt i en skoeskeformet bygningsgeometri, kombinert med forutsetninger om standard materialbruk, for å anslå klimagassutslipp fra materialbruk. Beregningene av bygningsgeometri i Klimagassregnskap.no var basert på den samme bygningsmodellen som ble lagt til grunn av DiBK og deres rådgivere i utarbeidelsen av energikrav fra 2007 til 2017. Materialvalg var basert på Bygganalyses database for kostnadsberegninger for ulike bygningstyper samt faglige vurderinger av 'dagens praksis'.

Modellbyggene er definert som enkle, skoeskeformede bygg. At krav til klimagassutslipp tar utgangspunkt i en slik nøktern bygningsutforming medfører at det vil være mer utfordrende å nå referansenivået for bygninger med komplisert geometrisk form som krever økte materialmengder og spesifikke materialtyper for å kunne bygges. Det kan argumenteres for at referansenivåene burde gi incentiver for å bygge mest mulig nøkternt, spesielt dersom Oslo kommune skal bidra til å redusere klimagassutslipp fra materialbruk i nye bygg. Et nøkternt utgangspunkt for referansenivåer gir dessuten et incentiv for å unngå overdimensjonering, noe som har vært og er relativt utbredt i byggebransjen. Det vurderes derfor som hensiktsmessig at referansenivåer for materialbruk er basert på en enkel og nøktern bygningskropp, slik at dette er premissgivende for prosjekter som skal bruke utslippsreduksjon for materialbruk for å nå referansenivået.

Praksis med å definere skoeskeformede referansebygg er videreført i det kommersielle verktøyet One Click LCA, i modulen Carbon Designer. Den norske tilpasningen av One Click LCA bygger videre på Klimagassregnskap.no, og er per i dag i relativt utstrakt bruk for å utarbeide klimagassberegninger for byggeprosjekter i Norge. Ettersom det ikke finnes klare retningslinjer eller åpent tilgjengelige verktøy for å definere referansebygg, og det rimelig å tro at klimagassberegninger for norske byggeprosjekter vil basere seg på ulike forutsetninger om standard referansebygg. Det er imidlertid også rimelig å forutsette at referansebyggene i One Click LCA vil være førende i noen grad for klimagassberegninger i norsk sammenheng.

På bakgrunn av dette, har vi sett til løsningsvalg i Carbon Designer som utgangspunkt for å generere modellbygg som grunnlag for å definere referansenivå, men gjort justeringer der vi har vurdert det

¹¹ <https://www.futurebuilt.no/content/download/12110/85713>

som hensiktsmessig for at modellberegningene skal være representative for standard løsningsvalg for bygg som oppføres i Oslo. Løsningsvalg er drøftet i kapittel 4.1.4.

4.1.2 Bygningskategorier

Vi har gjennomført modellberegninger og anbefalt referansenivåer for følgende bygningskategorier:

- Kontor
- Skole
- Boligblokk
- Næring/forretning
- Kjeller (oppvarmet og ikke oppvarmet)

Disse er valgt på bakgrunn av forutsetning om hvilke typer bygninger det bygges flest og størst av i Oslo, samt hvilke bygningskategorier det finnes best grunnlag for å vurdere gjennomsnittlige løsningsvalg og resulterende utslippsnivå for.

Oppvarmet og ikke oppvarmet kjeller er skilt ut som egne bygningskategorier. Dette vurderes som en enklere og mer praktisk tilnærming enn å definere nivåer for samtlige bygningskategorier med og uten kjeller. I tillegg vil man med denne tilnærmingen enklere kunne benytte referansenivåene for bygg med et annet antall kjelleretasjer enn det som er lagt til grunn i modellbyggene, eller eventuelt for bygg der BYA for kjeller avviker fra BYA for hovedbygget. Gjennom arbeidet med modellbyggene har vi også avdekket et behov for å skille kjellerarealer som ikke er oppvarmende (parkering) fra oppvarmede kjellerarealer, på bakgrunn av at mengden innervegger og gulvbelegg vil være vesentlig forskjellig. Vi skiller derfor på oppvarmet og uoppvarmet kjeller.

For næringsbygg og kjeller finnes det begrenset grunnlag fra sammenstillingen av tidligere utførte klimagassberegninger for å vurdere hensiktsmessig referansenivå. Det har ikke vært angitt tilstrekkelig informasjon i dokumentasjonsrapporter til å skille ut beregningsresultater for forretningsdel for de byggene som har en andel forretning. Ett av byggene i sammenstillingen har oppgitt beregningsresultater separat for kjeller, men dette vurderes ikke som tilstrekkelig grunnlag alene for å anslå referansenivå. Referansenivåer for forretningsbygg og kjeller baseres derfor i større grad på resultater fra modellberegningene enn det som er tilfellet for de øvrige bygningskategoriene.

Rehabilitering er ikke skilt ut som en egen bygningskategori. Det er ikke vurdert som hensiktsmessig å sette et eget referansenivå for rehabilitering, dels fordi utslipp vil kunne variere mye med grad av rehabilitering, og fordi det å rehabilitere, gitt at dette gjøres i stedet for å bygge nytt, i seg selv vurderes som et klimatiltak (se kapittel 6.2.1.1).

4.1.3 Metodiske valg og avgrensninger

Dette kapitlet gir anbefalinger for metodiske valg og avklaringer som er nødvendige for å kunne definere et nivå for klimagassutslipp fra materialbruk. Dette omfatter blant annet:

- Systemgrenser i rom - avgrensning av hvilke deler av bygningskroppen som skal medregnes og hvordan
- Systemgrenser i tid – avgrensning av hvilke deler av verdikjeden/livsløpet for et bygg som skal medregnes
- Valg av funksjonell enhet - hvordan beregnede klimagassutslipp fra materialbruk skal presenteres og sammenliknes

Norsk standard for klimagassberegninger av bygninger, NS 3720, angir retningslinjer for klimagassberegninger. Referansenivåer for byggeprosjekter som skal benyttes for å måle klimaprestasjon i kommunale prosjekter bør være i tråd med NS3720 så langt det er mulig. For metodiske spørsmål som ikke er dekket her kan det derfor forutsettes at NS3720 er fulgt.

Det er hensiktsmessig at ulike offentlige instanser i størst mulig grad benytter samme tilnærming til metodikk og referansenivåer for klimagassberegninger av bygg. Dette vil både kunne sikre forutsigbarhet knyttet til offentlige krav til klimaprestasjon i byggebransjen, men også bygge opp under et omforent bilde av hva som er god og mindre god klimaprestasjon, og dermed øke tilliten til slike beregninger på generell basis. Derfor er metodiske valg og avgrensninger er i stor grad videreført i denne rapporten fra anbefalinger som ble gitt til DiBK for rammekrav til klimagassutslipp fra materialbruk i bygninger i mulig ny modell i TEK. Der det eventuelt forekommer avvik fra anbefalingene gitt til DiBK, vil dette tydeliggjøres og begrunnes.

4.1.3.1 Systemgrenser i rom

NS 3720 angir 4 ulike forhåndsdefinerte omfang for helhetlige klimagassberegninger av bygninger, gjengitt i Tabell 4-1:

Tabell 4-1 Ulike forhåndsdefinerte omfang for helhetlige klimagassberegninger i NS 3720

	Uten lokalisering	Med lokalisering
Basis	Klimagassberegningen skal inkludere klimagassutslipp fra byggeplass (7.3), materialer (7.4), energi i drift (7.5). Materialer (7.4) skal inkludere innhold i bygningsdelsnummer 2 Bygning i henhold til NS 3451 samt materialer som inngår i lokalt energiproduksjonsutstyr som ikke er dekket av NS 3451.	Klimagassberegningen skal inkludere klimagassutslipp fra tomtebearbeiding (7.2), byggeplass (7.3), materialer (7.4), energi i drift (7.5), transport i drift (7.6). Materialer (7.4) skal inkludere innhold i bygningsdelsnummer 2 Bygning i henhold til NS 3451 samt materialer som inngår i lokalt energiproduksjonsutstyr som ikke er dekket av NS 3451.
Avansert	Klimagassberegningen skal inkludere klimagassutslipp fra byggeplass (7.3), materialer (7.4), energi i drift (7.5) og inkludere materialer som inngår i bygningsdelsnummer 2 Bygning, 3 VVS-installasjon, 4 Elkraft, 6 Andre installasjoner, 7 Utendørs i henhold til NS 3451 samt materialer som inngår i lokalt energiproduksjonsutstyr som ikke er dekket av NS 3451.	Klimagassberegningen skal inkludere klimagassutslipp fra tomtebearbeiding (7.2), byggeplass (7.3), materialer (7.4), energi i drift (7.5), transport i drift (7.6) og inkludere materialer som inngår i bygningsdelsnummer 2 Bygning, 3 VVS-installasjon, 4 Elkraft, 6 Andre installasjoner, 7 Utendørs i henhold til NS 3451 samt materialer som inngår til lokalt energiproduksjonsutstyr som ikke er dekket av NS 3451.

Forskjell mellom basis- og avansert beregning for materialbruk er hvorvidt materialbruk i VVS-installasjoner, tekniske systemer og utendørs skal medregnes. Forskjellen mellom beregning med og uten lokalisering er hvorvidt tomtebearbeiding og transport i bruk av bygningen skal inkluderes.

Fram til i dag har det vært mest vanlig at klimagassberegninger for bygninger omfatter selve bygningskroppen (hovedpost 2), ekskludert VVS-installasjoner, tekniske systemer og utendørs. Det kan forventes at det vil bli vesentlig mer utbredt å inkludere bygningsdeler utover hovedpost 2 som følge av at NS3720 tas i bruk og tilgangen til miljøinformasjon knyttet til materialbruk i disse bygningsdelene (tilgang på EPD for produkter o.l.) øker. Per i dag er det begrenset tilfang av EPD'er for tekniske systemer, mv., sammenliknet med andre byggevarerprodukter.

For referansenivåer for byggeprosjekter i Oslo vurderes det derfor per i dag som mest hensiktsmessig å avgrense omfanget til å kun omfatte selve bygningskroppen, dvs. ekskludert tekniske systemer, VVS og utendørs materialbruk. Med dette menes «Basis, uten lokalisering». For å bidra til at man får bedre grunnlag for beregninger og krav, bør man etterspørre beregninger som omfatter tekniske systemer, VVS og utendørs materialbruk (dvs. avansert, med lokalisering, men ekskludert transport i drift), selv om utslippskrav kun er relatert til «Basis, uten lokalisering» (se kapittel 6.2.1).

Ved fremtidige revisjoner av referansenivåer, når man har opparbeidet erfaring med klimagassberegninger for materialbruk og tilfanget av EPD'er for disse bygningselementene har økt, bør systemgrensene utvides f.eks. til «Avansert uten lokalisering», jf. Tabell 4-1. Dette vil dermed på

sikt også omfatte aktiviteter på byggeplass, inkludert tomtebearbeiding. Det sistnevnte er spesielt aktuelt dersom klimagassberegninger gjøres før det er funnet en aktuell tomt for bygget (før fastsatt reguleringsplan).

Byggene er modellert uten kjeller. Kjeller er lagt til som egen kategori, hvor det skilles mellom oppvarmet og ikke oppvarmet kjeller. På denne måte er det da mulig å sette sammen et modellbygg som kan bestå kun av arealer over bakken, og med en kombinasjon av arealer over bakken og med oppvarmet og ikke oppvarmet arealer under bakken.

Byggene er modellert uten behov for materialer til fundamentering. Det er generelt antatt at bygget står på god grunn og at det kun er behov for bunnplate. Nødvendig materialmengde for fundamentering legges til, basert på dybde til fjell, for det enkelte byggeprosjekt, både for referansenivå og det prosjekterte bygget. Dybde til fjell og behov for fundamentering vil derfor alltid være lik både for referansen og det prosjekterte bygget. I referanseberegningene har materialer til fundamentering et standard utslippstall på betong og stål, mens det er mulig å påvirke dette i konkrete prosjektet for å kunne redusere byggets klimagassutslipp. I tillegg til materialer til grunn og fundamenter må det bygges tykkere bunnplate når bygget fundamenteres med peler. Som standard har byggene en bunnplate (gulv mot grunn) på 100 mm tykkelse når det ikke er noe behov til fundamentering. Ved behov for fundamentering med stålkjernerpeleler må tykkelsen på bunnplaten økes til 300 mm.

Referansestål i stålkjernerpeleler er antatt med 50% hulprofiler og 50% valseprofiler.

Materialbruk til fundamentering beregnes basert på m^2 BTA, dybde til fjell og m^2 bebygd areal (BYA). Følgende verdier er basert på materialmengde til stålkjernerpeleler og fundamentering fra OneClick LCA:

- Stålkjernerpele, diameter \varnothing 130 mm: 1,44 kg stål/ $(m^2$ BTA * dybde til fjell)
- Betong B20 M90 til gysemasse: 3,93E-4 m^3 betong/ $(m^2$ BTA * dybde til fjell)
- Betong B35 M45/MF45 til tykkere bunnplate: 0,2 m * m^2 bebygd areal (BYA)

4.1.3.2 Systemgrenser i tid

NS 3720 spesifiserer ikke hvilken levetid som skal legges til grunn i klimagassberegninger, men angir at «klimagassberegningen skal gjennomføres på grunnlag av påkrevd levetid gitt i byggherrens spesifisering. (...) Dersom byggherren ikke oppgir påkrevd levetid, skal klimagassberegningen benytte 60 års levetid for bygningen.» For å kunne angi referansenivåer som tar hensyn til klimagassutslipp over livsløpet, er det nødvendig å legge til grunn en fast levetid som grunnlag for sammenlikning. Det anbefales at 60 års levetid benyttes, ettersom dette er anbefalt i NS3720 og er etablert praksis i bransjen.

Livsløpet for en bygning inndeles i moduler som følger:

Modul A

Produkt-stadiet

- A1 Råvarer
- A2 Transport
- A3 Produksjon

Gjennomføringsstadiet

- A4 Transport
- A5 Anlegg-, bygge- og monteringsarbeid

Modul B

Bruksstadiet

- B1 Bruk
- B2 Vedlikehold
- B3 Reparasjon
- B4 Utskiftning
- B5 Ombygging
- B6 Energibruk i drift
- B7 – Vannforbruk i drift (omfattes ikke av NS 3720)
- B8 – Transport i drift (ny modul sammenliknet med NS-EN 15978)

Modul C

Livsløpets slutt-stadiet

- C1 Riving
- C2 Transport
- C3 Avfallsbehandling
- C4 Avhending

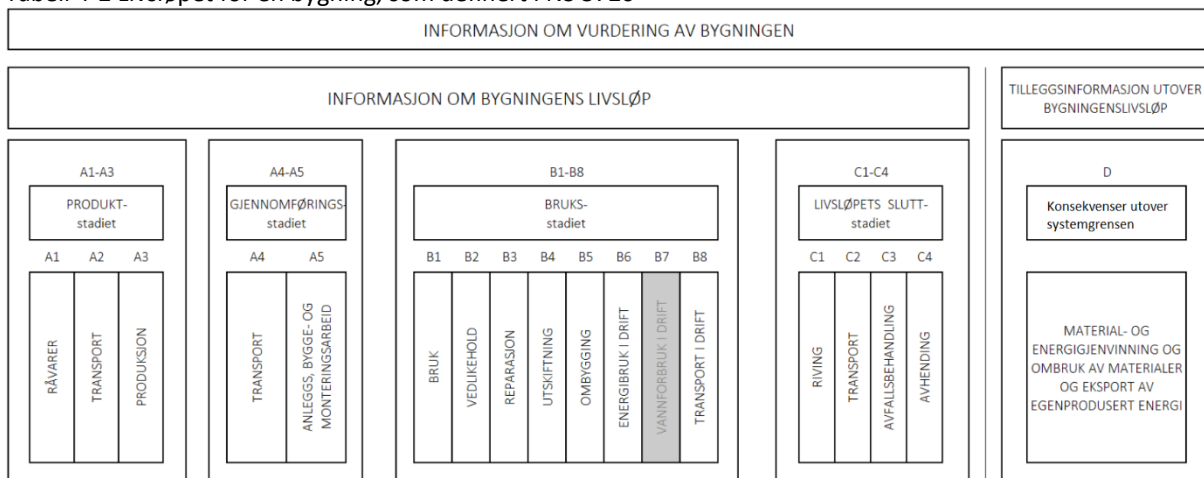
Tilleggsinformasjon utover bygningens livsløp - Modul D

Konsekvenser utover systemgrensen

Material- og energigjenvinning og ombruk av materialer og eksport av egenprodusert energi

Inndelingen, slik den er gitt i NS 3720, er vist i Tabell 4-2:

Tabell 4-2 Livsløpet for en bygning, som definert i NS 3720



Transport til byggeplass, A4

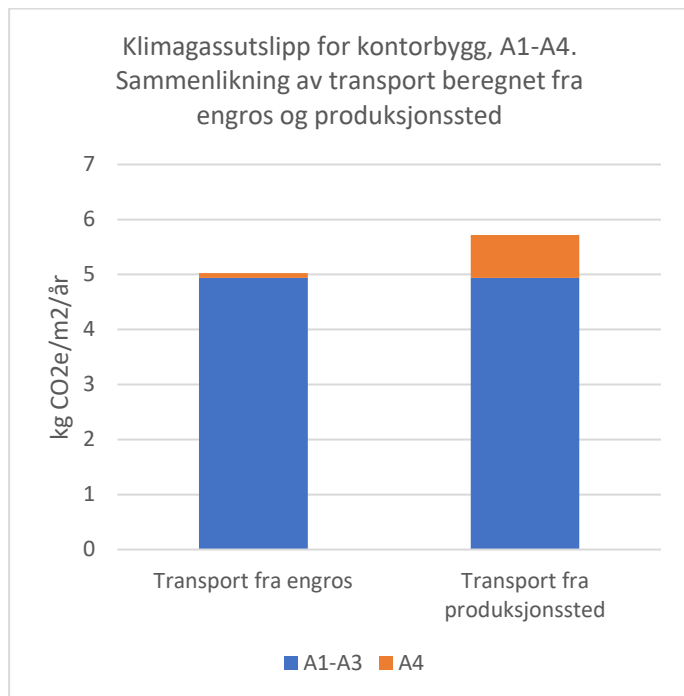
Transport til byggeplass utgjør en viktig del av det totale utslippsbildet for byggematerialer, og bør medregnes for å få et helhetlig bilde av materialenes klimapåvirkning. Iht. NS3720 skal utslipp i A4 medregnes. Transport av materialer som skiftes ut i B4/B5 må også inkluderes når A4 regnes med.

Transport av materialer til byggeplass (A4 og B4/B5) kan i hovedsak regnes på to måter:

- Fra sentrallager/engros til byggeplass
- Fra produksjonssted/fabrikkport til byggeplass

Verktøyet One Click LCA benytter transportdistanse fra engros til byggeplass som grunnlag for beregning av utslipp i A4. Dette medfører at transport av importerte byggevarer med lange transportavstander underestimeres, sammenliknet med lokale varer. En sammenlikning av utslipp fra A1-A4 basert på mengder for modellbygg i OneClick LCA, med utslipp fra transport som beregnet i

verktøyet (fra engros), og med transport regnet iht. gjennomsnittlig produksjonssted for byggevarer er vist i Figur 4-1:



Figur 4-1 Sammenlikning av beregnede klimagassutslipp fra materialbruk A1-A4 for kontor, med transport regnet fra engros og fra produksjonssted

Dersom transport regnes fra engros, utgjør transportutslipp 2 % av utslippene i A1-A4. Dersom hele transporten fra produksjonssted legges til grunn, øker andelen til 14 %. Dette viser at man vil få et ufullstendig bilde av den reelle utslippskonsekvensen knyttet til byggematerialer dersom man legger transport fra engros til grunn. Eventuelle utslippskrav som legger engrosdistanse til grunn for transportberegninger vil dermed i verste fall kunne føre til at utslipp flyttes fra produksjonsfasen til transportfasen uten at dette synliggjøres i beregningene, og gi et insentiv til å velge produsenter langt unna byggeplassen.

For modellbyggene er transport av materialer til byggeplass i A4 og B4/B5 regnet iht. standard distanser, basert på distanse til standard produksjonsland (definert spesifikt for hver produktkategori basert på erfaring). Det er forutsatt at byggevarer typisk vil ha opprinnelsessted innenfor Europa. Dette er basert på erfaring, og materialsammensetningen som er lagt til grunn i modellbyggene¹². Typisk transportdistanse for varer produsert utenfor Europa er derfor ikke inkludert i Tabell 4-3. Vi har valgt å skille ut betongelementer som en egen kategori med en spesifikk transportdistanse (200 km), på bakgrunn av prefabrikerte betongelementer kan produseres både lokalt og i lang transportdistanse fra byggeplassen.

Tabell 4-3 Transportdistanser lagt til grunn for beregning av utslipp fra transport av materialer i A4 og B4-B5

Transportkategori	Distanse (km med lastebil)	Typiske materialtyper
Lokalt	50	Plastøpt betong, pukk, asfalt, masser
Betongelementer	200	Prefabrikkerte betongelementer
Norge/Norden	500	Trevirke, gipsplater
Europa	2 000	Plast, stålprodukter

¹² Naturstein er et eksempel på en materialtype som ofte fraktes fra Asia, på grunn av kostnadshensyn. Det er imidlertid ikke forutsatt at det benyttes naturstein i modellbyggene. Utover naturstein er det ikke grunnlag for å peke på materialgrupper der man vanligvis vil velge leverandører utenfor Europa.

Utslippsfaktor som er benyttet for å regne utslipp fra transport i denne utredningen er gitt i Tabell 4-4. Fordi det ikke foreligger data som gjøre det mulig å gjøre generelle forutsetninger om fordeling av transport mellom ulike transportmidler samlet for ulike materialtyper, er det er forutsatt at all transport skjer med lastebil:

Tabell 4-4 Utslippsfaktor for transport av materialer

Transportmiddel	Utslippsfaktor (kg CO ₂ e/tkm)	Kilde
Lastebil	0.17	ecoinvent v3.2, lorry 16-32 t, RER, Euro 5

Byggefase, A5

Utslipp fra aktiviteter i byggefasen (A5) har hittil ikke vært vanlig å medregne i klimagassberegninger for materialbruk, på grunn av utilstrekkelig tallgrunnlag for energibruk og utslipp fra ulike aktiviteter. Etersom NS3720 stiller krav til at aktiviteter i A5 skal medregnes for alle 4 forhåndsdefinerte omfang for helhetlige klimagassberegninger (se Tabell 4-1), forventes det at dette vil bli mer utbredt fremover. Det anbefales imidlertid at klimagassutslipp fra A5 ikke inkluderes i referansenivåer for klimagassutslipp for byggeprosjekter i Oslo på nåværende tidspunkt. Utslipp fra byggefasen ivaretas imidlertid gjennom krav til utslippsfri/fossilfri byggeplass (se kapittel 6.1.3).

Bruksfase, B1-B5

Det anbefales at utskifting av byggematerialer i byggets levetid medregnes, ettersom utslipp i denne fasen knytter seg direkte til valgte materialer og løsninger og levetid i bygget.

Det kan være utfordrende å skille hvilke aktiviteter som inngår under B4 og B5, og det anbefales at disse modulene regnes samlet. Det er gjort i våre beregninger av referansenivåer.

Utskiftingsintervaller for bygningselementer som kan forventes å måtte skiftes ut i løpet av 60 år regnes vanligvis i henhold til levetider for bygningsmaterialene de består av. Her kan man velge å benytte teknisk levetid, dvs. hvor lenge produktet vil ivareta teknisk god funksjon i bygget, eller gjøre antakelser knyttet til hvordan en vanlig kommersiell drift av bygget vil påvirke utskifting av komponenter, knyttet til oppussing, oppgradering ved skifte av leietaker o.l. I tillegg bør man vurdere hvordan sammensatte bygningsdeler i praksis vil skiftes ut. For eksempel er det usannsynlig å anta at en membran på våtrom kan skiftes ut uten at flisene oppå også må skiftes, selv om disse eventuelt har en lengre teknisk levetid enn membranen. Å legge tekniske levetider til grunn vil generelt gi lavere beregnede utslipp enn dersom kommersielle utskiftingsintervaller benyttes. Følgelig gir utskifting iht. teknisk levetid det mest nøkterne referansenivået av de to tilnærmingene.

I klimagassregnskap.no ble teknisk levetid lagt til grunn for beregning av utskifting, og følgelig er teknisk levetid som hovedregel lagt til grunn i tidligere klimagassberegninger. Statsbygg angir i sin veileder for klimagassberegninger av teknisk levetid skal legges til grunn ved etablering av referansebygg.

I One Click LCA er det mulig å velge mellom tre ulike predefinerte sett av levetider for bygningselementer; teknisk og kommersiell (i tillegg kan man velge å benytte levetider angitt i EPD for valgte produkter). Det er gjort en gjennomgang av begge sett med forutsetninger om levetider i forbindelse med oppsett av modellbyggene som ligger til grunn for beregning av referansenivå. Resultatet av gjennomgangen er at det er satt opp et eget sett med levetider, ettersom begge predefinerte sett ble funnet å inneholde noen inkonsistente eller uhensiktsmessige valg.

Generelt er det valgt å benytte teknisk levetid, med unntak av for innvendige kledningsmaterialer (gulvbelegg o.l.), der det forutsettes at kommersiell levetid er mer realistisk. Materialer som støpes eller integreres på annet vis som en fast del av bygningskroppen (for eksempel avrettingsmasse) forutsettes å ha lik levetid som bygget.

Tabell 4-5 viser hvordan utslipp i utskiftingsfasen (B4-B5) varierer med ulike forutsetninger for levetider (her er utslipp regnet ekskludert transport til byggeplass, og ligger derfor lavere enn verdiene for B4-B5 presentert for referansenivåene i kapittel 4.1.8). Dersom kommersielle levetider i One Click LCA hadde vært lagt til grunn, ville utslipp fra B4-B5 økt med 95-188 %. Dersom man i stedet hadde lagt til grunn kun tekniske levetider, i stedet for levetidene presentert i Tabell 4-6, ville utslipp fra B4-B5 sunket med rundt 14-58 %.

Tabell 4-5 Klimagassutslipp i utskiftingsfasen (B4-B5) for ulike forutsetninger om levetider, for modellbyggene

Fase, ulike levetider	Kontor	Boligblokk	Skole	Næring	Kjeller, oppvarmet	Kjeller, uoppvarmet
B4 - B5 - 60 år – teknisk	0,86	0,85	0,98	0,97	0,40	0,05
B4 - B5 - 60 år – kommersiell	2,73	3,17	3,13	2,90	1,08	0,34
B4 - B5 - 60 år – valgt for Oslo	1,40	1,27	1,14	1,26	0,84	0,12

Tabell 4-6 Levetider benyttet i One Click LCA (teknisk og kommersiell), og levetider lagt til grunn i modellberegninger som grunnlag for anbefalte referansenivåer for klimagassutslipp for bygg i Oslo

Bygningskomponent	Levetid (år)		
	Teknisk	Kommersiell	Referansenivå Oslo
Asfaltpapp på tak	20	10	20
Fasadeplater	60	35	60
Keramisk flis	30	25	25
Innerdør (klimadør)	40	25	40
Dampspærre i plast	30	20	60
Murpuss	60	45	60
Gipsplater i vegg og himling, generisk	60	40	40
Høvellast, tre	60	40	60
Mørtel	60	45	60
Tregulv/parkett	60	40	40
Ytterdør (ståldør)	30	25	30
Vinduer inkl rammer, karm og beslag	35	12	35
Avrettingsmasse over dekker	60	45	60
Terrassebord og utvendig kledning av trevirke,	60	40	40
Flislim	60	45	25
Vindsperre av gips, (GU-X)	60	40	60
Vinyl gulvbelegg	25	20	20
Vinylbelegg, vegg, bad	25	20	20
Linoleum gulvbelegg	25	20	20
Innvendig maling	15	15	15
Utvendig maling	15	6	15
Membran, plast	20	15	25
Gulvteppe	15	8	8
Glassfasade	30	30	30

Transport av materialer som skiftes ut i levetiden er også medregnet, slik beskrevet over, for fase A4.

Avhendingsfase, C1-C4

Iht. NS 3720 skal utslipp fra avhending av materialer etter endt levetid medregnes i klimagassberegninger for bygninger. Imidlertid er det relativt utfordrende å kvantifisere utslipp for modul C, som følge av at det er knyttet stor usikkerhet til hvordan ulike materialer vil avhendes i fremtiden. I tillegg indikerer erfaringstall at utslipp i avhendingsfasen står for en relativt liten andel av totale utslipp over livsløpet, slik at beregninger ekskludert modul C likevel vil gi en god representasjon av totale utslipp.

Det anbefales av hensyn til gjennomførbarhet, å utelate modul C i referansenivåer for klimagassutslipp for byggeprosjekter i Oslo.

Gevinster etter livsløpets slutt, D

Dersom gevinster i form av reduserte utslipp etter livsløpets slutt (for eksempel som følge av gjenbruk av byggematerialer etter riving) medregnes, angir NS3720 at dette skal rapporteres separat.

Det anbefales at referansenivåer for klimagassutslipp for byggeprosjekter i Oslo ikke omfatter modul D.

4.1.4 Løsningsvalg

Hvilke løsninger som legges til grunn i modellbyggene er den viktigste faktoren som påvirker resulterende utslipp. Det finnes ingen vedtatt «standard norsk bygningsoppbygning», eller konsensus rundt hvilke løsninger som ansees som standard. For å definere modellbygg med standard oppbygning som grunnlag for å beregne referansenivå, er det derfor gjort en sammenlikning av løsningsvalg i Carbon Designer i One Click LCA (som i stor grad baserer seg på oppbygning fra klimagassregnskap.no), og ISY Calcus for de ulike bygningskategoriene. Deretter er det gjort en tverrfaglig gjennomgang av løsningene i samråd med fagekspertene i Asplan Viak (bygningfysiker, akustiker og arkitekt).

Løsninger er valgt på bakgrunn av følgende hensyn:

- Representere standard byggepraksis i Oslo per i dag
- Nøktern bygningsutforming, styrt av tekniske, heller enn estetiske hensyn
- Tilsvarende løsningsvalg i Carbon Designer i One Click LCA, med mindre øvrige hensyn tilsier noe annet, ettersom dette er et utbredt beregningsverktøy, for å unngå avvikende forutsetninger så langt som mulig

En detaljert oversikt over løsningsvalg for de ulike bygningskategoriene, med begrunnelse for valg der det er valgt andre løsninger enn i Carbon Designer, er gitt i Vedlegg 3.

4.1.5 Skaleringseffekt

Anbefalingene for referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk presentert i denne rapporten er basert på estimert materialbruk for modellbyggene, som har en definert bygningsgeometri (se Vedlegg 1). Vi har forutsatt at utslipp, og dermed materialbruk, skaleres lineært med bygningsareal. I virkeligheten påvirkes materialbruk av bygningens størrelse og utforming – for eksempel kan materialbehovet i bæresystemet endres med økende bygningshøyde, samt at forhold mellom gulvareal og fasadeareal endres. Dette kan være et argument for at et rammenivå for klimagassutslipp fra materialer burde justeres med en skaleringsfaktor som tar hensyn til bygningshøyde.

Ved utarbeidelse av referansebygg med Carbon Designer i verktøyet One Click LCA endres ikke bæresystemet etter bygningshøyden. **Error! Not a valid bookmark self-reference.** vises resultater for 3 ulike arealer og byggehøyder, 1 000 m² BTA 2 etg., 2 000 m² BTA 4 etg. og 5 000 m² BTA 10 etg. Endringene i tabellen er vist relativt i forhold til klimagassutslipp pr m² BTA. Som **Error! Not a valid bookmark self-reference.** viser er det primært utslipp fra gulv på grunn og yttertak som påvirkes av byggehøyden, da et bygg med få etasjer må fordele utslipp fra gulv på grunn og yttertak på mindre

kvadratmeter gulvoverflate. Utslipp fra gulv på grunn og yttertak vil bli relativt lavere for et bygg med mange etasjer.

Tabell 4-7: Endring i klimagassutslipp fra referansebygg med ulikt areal og byggehøyde. Endringene er vist relativt i forhold til klimagassutslipp pr m² BTA.

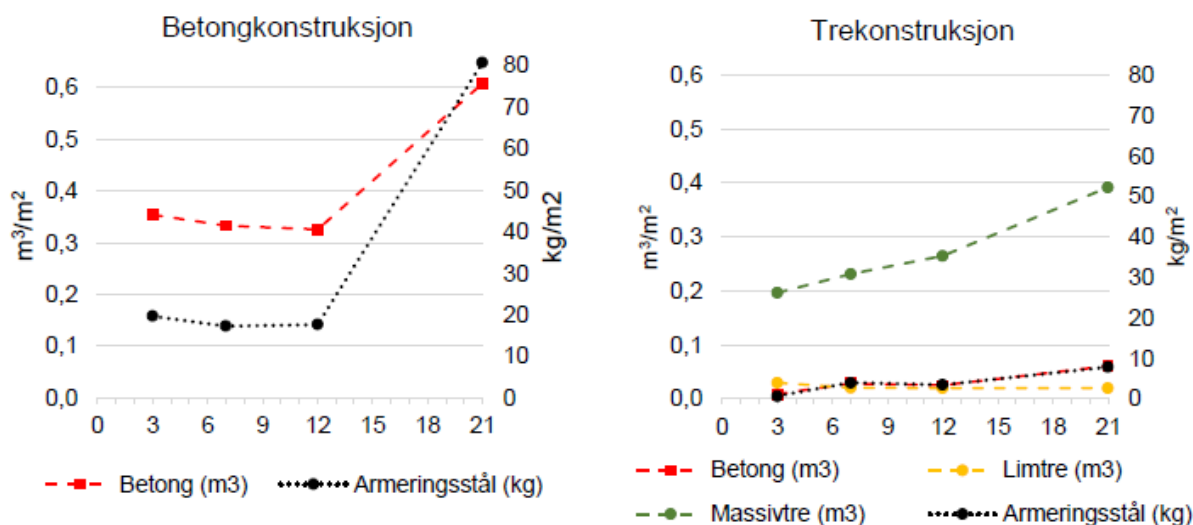
BTA, m ²	1000	2000	5000
Etasjer	2	4	10
222 - Søylar	100 %	100 %	100 %
223 - Bjelker	100 %	100 %	100 %
231 - Bærende yttervegger	99 %	100 %	101 %
234 - Vinduer, dører, porter	106 %	100 %	97 %
235 - Utvendig kledning og overflate	99 %	100 %	101 %
241 - Bærende innervegger	100 %	100 %	100 %
243 - Systemvegger, glassfelt	100 %	100 %	100 %
244 - Vinduer, dører, foldevegger	100 %	100 %	100 %
251 - Frittbærende dekker og 252 - Gulv på grunn	117 %	100 %	90 %
255 - Gulvoverflate	100 %	100 %	100 %
256 - Faste himlinger og overflatebehandling	100 %	100 %	100 %
261 - Primærkonstruksjon	200 %	100 %	40 %
262 - Taktekning	200 %	100 %	40 %
281 - Innvendige trapper	101 %	100 %	104 %
284 - Balkonger og verandaer	100 %	100 %	100 %
Sum, A1-A3	113 %	100 %	92 %

Et referansebygg med 10 etasjer har i One Click LCA rundt 8% lavere klimagassutslipp pr m² BTA sammenliknet med et referansebygg på 4 etasjer. Et referansebygg med 2 etasjer har rundt 13% høyere klimagassutslipp pr m² BTA sammenliknet med et referansebygg på 4 etasjer. For Oslo kommune sees det som realistisk at det i hovedsak vil bygges bygg som har tilsvarende eller høyere byggehøyde sammenliknet med modellbyggerne i denne studien, slik at referansenivåene kan være noe overestimert (opp mot 8%) for bygg opp mot 10 etasjer.

En studie fra 2016^{13,14} fant at økning i klimagassutslipp fra bæresystemet som følge av økt materialbruk for høye bygg først og fremst inntreffer for bygninger høyere enn 12 etasjer. For betongbygg over 12 etasjer slo behovet for sterkere bærekonstruksjon pga. byggehøyden kraftig ut, slik at klimagassutslippene per m² BRA økte tydelig med byggehøyden, se Figur 4-2. For trekonstruksjoner fant studien en betraktelig mindre økning i utslipp med økende bygningshøyde enn for betongbygg. Dette kom bl.a. av at trekonstruksjonene ikke hadde en like bratt økning av materialmengder per m² BRA for økende byggehøyder, i tillegg til at trekonstruksjonene var lettere og hadde behov for mindre betong til fundamentering.

¹³ Skullestad et. al 2016: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610216307512>

¹⁴ Skullestad, 2016: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2407885>



Figur 4-2: Økning i materialbruk fra bærende/avstivende elementer og fundamentering per m² BRA med økning i byggehøyde for betongkonstruksjoner og massivtrekonstruksjoner, hentet fra Skullestad, 2016.

Valg av type bærekonsept for høyhus kan altså avgjøre i hvor stor grad utslippsnivået påvirkes av bygningshøyde. Vi ser i dag en rask utvikling i erfaringer med høyhus i tre, men det finnes fortsatt en del barrierer for bruk av tre i bærekonstruksjoner for bygg over 4 etasjer, som omtalt i kapittel 5.3.2. Samlet sett kan man si at dette peker mot at det kan være mer krevende å innfri krav om lave klimagassutslipp fra materialbruk for høye bygninger enn for lave. På en annen side kan høye bygninger gi bedre utnyttelse av sentrale tomter med god tilgang til kollektivtransport, som kan føre til en betydelig reduksjon i genererte utslipp fra transport til og fra bygget i løpet av dets levetid. Ved vurdering av byggehøyde, tomteutnyttelse og konsept for materialvalg bør alle disse mekanismene tas i betraktning for å få et reelt bilde av den totale utslippskonsekvensen ved å bygge høyt.

Ved å basere referansenivået på gjennomsnittlige bygningsgeometrier og byggehøyder (som er under 12 etasjer) vil eventuelle ulemper ved økt materialbruk for høye bygg gjenspeiles når bygget sammenliknes mot referansen. Dette blir analogt med at modellbyggerne er basert på enkel geometri og nøktern materialbruk, slik at bygninger med komplisert geometri vil ha et dårligere utgangspunkt for klimagassreduksjon. Det er ikke dermed sagt at det er ønskelig å gi et insentiv mot å bygge høye bygg i Oslo, når vi vet at klimaeffekten av god utnyttelse av sentrale tomter kan være svært god. Det er derfor å anbefale å inkludere klimagassutslipp fra transport i drift når klimaeffekten for bygging av høyhus skal vurderes.

Bruk av skaleringsfaktorer for bygningsgeometri ville dessuten komplisere beregnings- og dokumentasjonsprosessen for å tilfredsstille eventuelle krav til klimaprestasjon, og bør derfor unngås med mindre det er sterke indikasjoner på at det er nødvendig for å få representative referansenivåer.

På bakgrunn av dette mener vi at det er både tilstrekkelig og fornuftig å legge modellbygg med fast geometri til grunn, slik vi har gjort i modellberegningene presentert i denne rapporten. Det er derfor ikke benyttet skaleringsfaktorer i beregning av referansenivåer for klimagassutslipp fra materialbruk i bygg, da usikkerheten i oppbygging, løsningsvalg og materialmengder i referansebygget generelt sees på som høyere enn forskjell i resultater skalert etter ulike arealer.

4.1.6 Utslippsfaktorer

Her begrunnes valg av utslippsfaktorer for ulike byggematerialer som er lagt til grunn i modellberegningene for utslippsnivå. Benchmark-funksjonen for EPD'er i One Click LCA er benyttet i vurderingen av utslippsnivå for enkelte materialer.

4.1.6.1 Betong

For utslippsfaktorer for produksjon av betong bør verdier fra Norsk Betongforenings Publikasjon 37 legges til grunn. Denne utkom nylig (november 2019) i revidert versjon. Utslippsnivå for betong iht. bransjereferanse i den forrige versjonen av Publikasjon 37 har ligget vesentlig høyere enn det som erfaringsmessig har vært reell standard utslippsverdi for tilgjengelig betong i det norske markedet. I den reviderte versjonen publikasjon 37, publisert november 2019, er nivået for bransjereferanse satt tilsvarende nivå for lavkarbonklasse C i versjon fra 2015, mens selve klassifiseringen lavkarbon C er fjernet (se Figur 5-2). Fordi bransjereferansenivå i publikasjon 37 nå må anees å være representativ for standard betong i dagens marked, er denne verdien lagt til grunn for betong i modellberegningene, både for plasstøpt betong og prefabrikerte betongelementer/hulldekker.

4.1.6.2 Armeringsstål

Ifølge EPD fra Celsa SteelService¹⁵ har norskprodusert armeringsstål et utslipp fra produksjonsfasen på 0.36 kg CO₂e/kg stål (99% resirkulert andel). Imidlertid er det ikke rimelig å forutsette at norsk produksjon er tilstrekkelig til å dekke samtlige nye byggeprosjekter. One Click LCA legger til grunn en verdi på ca. 0.6 kg CO₂e/kg stål for standard referansebygg. Dette er valgt på bakgrunn av benchmark-beregning for det norske markedet hentet fra One Click LCA, gjennomsnitt i utvalget av EPDer med 90 % resirkulert andel. Denne verdien legges derfor til grunn for beregning av referansenivå. For hulldekker legges det til grunn at det benyttes standard spennarmering i beregning av referansenivå, 2.68 kg CO₂e/kg spennarmering.

4.1.6.3 Konstruksjonsstål

Utslippsfaktor for stålprodukter er sterkt avhengig av innholdet av skrapstål. For konstruksjonsstålprodukter varierer andelen skrapstål med produkttype. Hulprofiler har typisk lavere andel skrapstål enn valseprofiler.

For hulprofiler legges det til grunn en utslippsverdi på 3.6 kg CO₂e/kg stål for referansenivå. Dette er valgt på bakgrunn av benchmarkberegning for det norske markedet hentet fra One Click LCA, gjennomsnitt av i utvalget av EPDer. Tilsvarende er gjort for valseprofiler. Utslippsverdi på 2.1 kg CO₂e/kg stål lagt til grunn for referansenivå.

4.1.6.4 Isolasjon

Utslippsfaktorer for isolasjonsprodukter varierer med trykkfasthet, tetthet og isoleringsevne. Dette er igjen avhengig av bruksområde. Det skiller kun på utslippsfaktor for varmeisolasjon i vegg (bindingsverk) mellom modellbyggene.

EPD for Glava ligger på 0,5-0,7 kg CO₂e/m² R=1 og Rockwool rett over 1 kg CO₂e/m² R=1. Disse to produsentene dominerer det norske markedet. Hunton med sin trefiberisolasjon Nativo har foreløpig ikke EPD, men estimerer angir at verdiene her ligger lavere enn Glava.

¹⁵ https://www.epd-norge.no/getfile.php/138647-1519641284/EPDer/Byggevarer/St%C3%A5lkonstruksjoner/NEPD-434-305-EN_Steel-reinforcement-products-for-concrete_1.pdf

For isolasjon i vegg (forutsatt ingen krav til trykkfasthet) legges det til grunn en utslippsverdi på 1.5 kg CO₂e/m² R=1, for referansenivå. Begrunnelsen for dette er at “best practice” i Norden ble i 2016 angitt¹⁶ til 1,5 kg CO₂e/m² R=1.

4.1.7 Korrigeringer av modellbygg i One Click LCA

Det er gjort noen korrigeringer i modellbyggene generert med Carbon Designer, i de tilfellene der vi har avdekket mangler eller forutsetninger som vi har vurdert som lite representative for norske bygg. En del av de samme korrigeringene ble gjort i utredning av utslippsnivåer for DiBK, men det er i tillegg gjort ytterligere korrigeringer her, som følge av at nye inkonsistente forutsetninger i One Click LCA som er avdekket i løpet av prosjektet. Korrigeringene er beskrevet og begrunnet i detalj i Vedlegg 4, og gjengis derfor kun overordnet her:

- Betong: Utslipp per m³ iht. bransjereferanse fra Norsk Betongforenings Publikasjon 37 2019 er lagt til grunn for all betong, ettersom ny versjon ble publisert i november 2019, og dermed bør være representativ for standard betong i Norge, både for plaststøpt betong og prefabrikerte betongelementer/hulldekker.
- Hulldekker: I One Click LCA er hulldekker modellert med slakkarmering, utslippsfaktor er justert iht. spennarmering og bransjereferanse på betong.
- Vinduer: Utslippsfaktor omfatter kun vindusglass. Utslippsfaktor justert til å omfatte et komplett vindu.
- Isolasjon: Utslippsfaktor for mineralull og EPD er justert til å være representative verdier
- Innerdører: Innerdør er modellert som klimadør og er lagt til grunn for alle innerdører i One Click LCA byggene. Denne utslippsfaktoren er representativ for ytterdør inn til leiligheter, og ikke for innerdører inne i bygg. Dette ga svært høye utslipp fra innervegger for boligblokk. Utslippsverdi er derfor korrigert til å være representativ for innerdør inne i bygg.
- Endring av levetider som beskrevet i kapittel 4.1.3.2.
- Endringer av oppbygging av byggene som beskrevet i vedlegg 4.

4.1.8 Beregnede referansenivåer for bygningskategorier

Anbefalte referansenivåer for klimagassutslipp fra materialbruk for de ulike bygningskategoriene, fordelt på bygningsdeler og livsløpsfaser (A1-A3/A4/B4-B5) er gitt i Tabell 4-8 (per m² BTA og fordelt per år i et 60 års livsløp) og i Tabell 4-9 (per m² BTA totalt over 60 års livsløp). Referansenivåene angis både fordelt per areal totalt over livsløpet (60 år), og fordelt per år i livsløpet, for å gi verdier som både illustrerer fordelingen av forventede utslipp i tid, og som er sammenliknbare med klimagassregnskap for byggeprosjekter i Norge.

Tabell 4-8 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for byggeprosjekter i Oslo, samlet for produksjonsfasen inkl. transport til byggeplass (A1-A4) og utskifting (B4-B5), fordelt per areal og år iht. 60 års beregningsperiode, per bygningsdel

Bygningsdel	REFERANSENIVÅ FOR KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK, A1-A4 + B4/B5 (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA/år)					
	Kontor	Boligblokk	Skole	Næring	Kjeller, oppvarmet	Kjeller, uoppvarmet
22 Bæresystemer	0,9	1,1	1,1	0,4	0,5	0,5
23 Yttervegger	1,5	1,5	1,5	1,5	0,9	0,9
24 Innervegger	0,7	2,2	0,7	0,5	0,8	0,1
25 Dekker	2,9	2,5	2,0	3,0	3,1	2,1

¹⁶ GBA og Byggevarindustrien, mfl. Nordic guide to sustainable materials WP 2: The criteria Author: Trine D. Pettersen, Construction Products Norway Reference group: NGBC, SGBC, GBCF and IGBC, January 2016.

26 Yttertak	0,7	0,9	1,9	0,9	0,0	0,0
28 Trapper og balkonger	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
SUM, bygning	6,7	8,4	7,3	6,3	5,2	3,6

Tabell 4-9 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for byggeprosjekter i Oslo, fordelt per areal og år iht. 60 års beregningsperiode, per livsløpsfase

Livsløpsfase	REFERANSENIVÅ FOR KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA/år)					
	Kontor	Boligblokk	Skole	Næring	Kjeller, oppvarmet	Kjeller, uoppvarmet
A1-A3	4,3	5,5	5,1	3,8	3,8	3,1
A4	0,7	1,0	0,7	0,7	0,5	0,4
B4-B5 (materialer)	1,4	1,3	1,1	1,3	0,8	0,1
B4-B5 (transport)	0,3	0,7	0,3	0,6	0,1	0,0
SUM	6,7	8,4	7,3	6,3	5,2	3,6

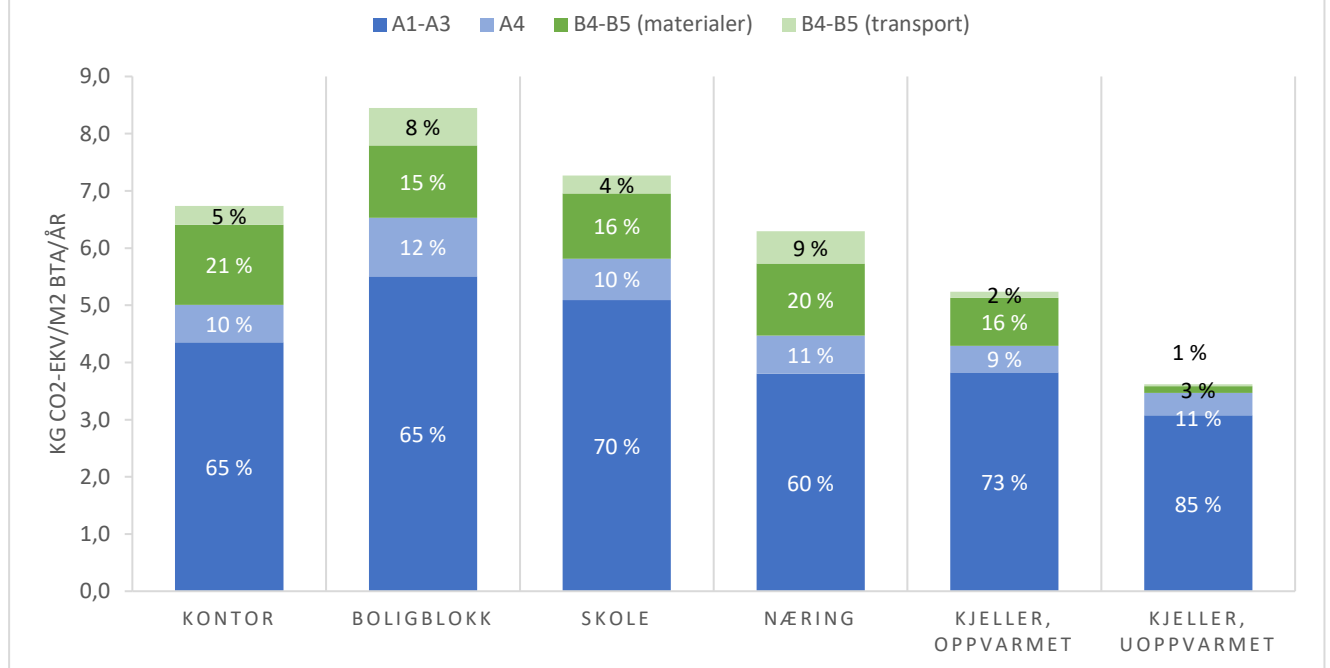
Tabell 4-10 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for byggeprosjekter i Oslo, fordelt per areal, per livsløpsfase for 60 års beregningsperiode

Livsløpsfase	REFERANSENIVÅ FOR KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA)					
	Kontor	Boligblokk	Skole	Næring	Kjeller, oppvarmet	Kjeller, uoppvarmet
A1-A3	261	330	306	228	230	184
A4	39	62	43	40	28	23
B4-B5 (materialer)	84	76	68	75	50	7,1
B4-B5 (transport)	20	39	19	34	6,2	1,8
SUM	404	507	436	378	314	217

For hovedbygningstypene (ekskl. kjeller) er utslipp per m² og år høyest for boligblokk (8,4 kg CO₂e/m²/år eller 506 kg CO₂e/m²), og lavest for næringsbygg (6,3 kg CO₂e/m²/år eller 378 kg CO₂e/m²). Utslipp per m² er høyere for oppvarmet kjeller enn uoppvarmet.

Utslipp per livsløpsfase er illustrert i Figur 4-3.

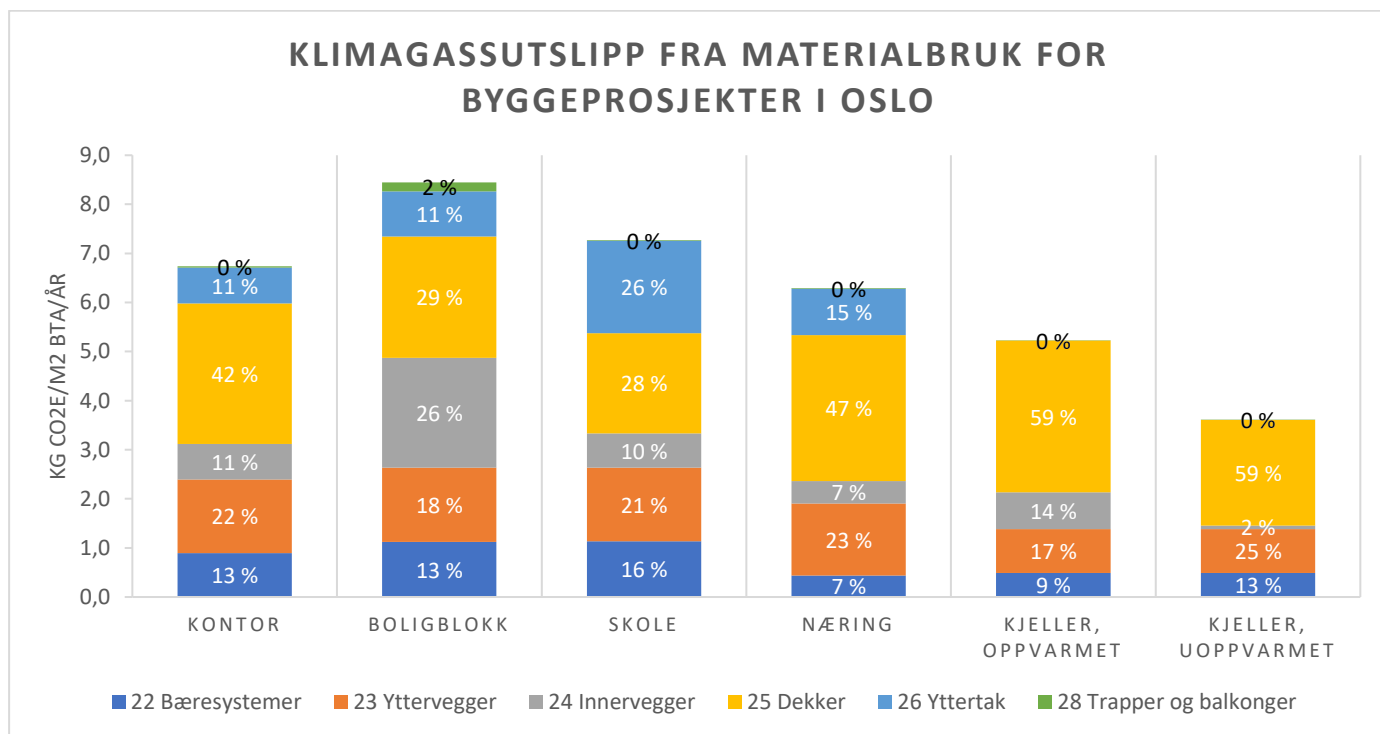
REFERANSENIVÅ FOR KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK FOR BYGGEPROSJEKTER I OSLO



Figur 4-3 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for byggeprosjekter i Oslo, fordelt per areal og år iht. 60 års beregningsperiode, per livsløpsfase

Utslipp fra A1-A3 spenner fra 3,8 til 5,5 kg CO₂e/m²/år (228 til 330 kg CO₂e/m²) og står for 65-70 % av totale utslipp A1-A4+B4/B5 for hovedbygningstypene. Utslipp fra transport til byggeplass, A4, varierer fra 0,7 til 1,0 kg CO₂e/m²/år (40 til 61 kg CO₂e/m²) og står for 10-12 % av totale utslipp A1-A4+B4/B5 for hovedbygningstypene.

Utslipp per bygningsdel er illustrert i Figur 4-3.



Figur 4-4 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for byggeprosjekter i Oslo, samlet for produksjonsfasen inkl. transport til byggeplass (A1-A4) og utskifting (B4/B5), fordelt per areal og år iht. 60 års beregningsperiode, per bygningsdel

Dekker står for den klart største andelen av utslippene for alle bygningstyper (28 - 59 % av totalen). For boligbygg står innervegger for en høyere andel av totalen enn for de øvrige bygningskategoriene (26 % av totalen, mot 7-11 % for de øvrige kategoriene, uten kjeller). Yttervegger har et relativt likt bidrag for alle bygningstypene uten kjeller (18 - 23 %), mens yttertak står for en høy andel for skolebygg (26 % mot 11 - 15 % for de øvrige).

For kjellerkategoriene dominerer utslipp fra dekker (59 %), etterfulgt av yttervegger. Innervegger har større betydning for uoppvarmet kjeller, ettersom det er lagt til grunn en større andel innervegger enn for uoppvarmet kjeller.

Referansenivåer fordelt per bygningsdel og livsløpsfase for hver bygningskategori er gitt i kapittel 4.1.8.1 til 4.1.8.6.

4.1.8.1 Kontorbygg

Tabell 4-11 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for kontorbygg i Oslo, fordelt per areal og år iht. 60 års beregningsperiode, per bygningsdel og livsløpsfase

Bygningsdel	Kontor (kg CO2-ekv./m ² BTA/år)				
	A1-A3	A4	B4-B5 (materialer)	B4-B5 (transport)	SUM
22 Bæresystemer	0,8	0,1	0,0	0,0	0,9
23 Yttervegger	0,8	0,2	0,4	0,1	1,5
24 Innervegger	0,5	0,0	0,1	0,0	0,7
25 Dekker	1,6	0,2	0,8	0,2	2,9
26 Yttertak	0,6	0,1	0,0	0,0	0,7

28 Trapper og balkonger	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SUM, bygning	4,3	0,7	1,4	0,3	6,7

Tabell 4-12 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for kontorbygg i Oslo for 60 års beregningsperiode, fordelt per areal, per bygningsdel og livsløpsfase

Bygningsdel	Kontor (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA)				SUM
	A1-A3	A4	B4-B5 (materialer)	B4-B5 (transport)	
22 Bæresystemer	47,4	6,02	0	0	53,5
23 Yttervegger	46,8	11,7	25,7	6,12	90,3
24 Innervegger	32,3	2,97	5,75	2,42	43,4
25 Dekker	97,1	14,0	49,7	10,84	172
26 Yttertak	36,0	4,51	2,82	0,71	44,0
28 Trapper og balkonger	1,49	0,11	0	0,00	1,60
SUM, bygning	261	39,2	84,0	20,1	404

4.1.8.2 Boligblokk

Tabell 4-13 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for boligblokk i Oslo, fordelt per areal og år iht. 60 års beregningsperiode, per bygningsdel og livsløpsfase

Bygningsdel	Boligblokk (kg CO2-ekv./m ² BTA/år)				
	A1-A3	A4	B4-B5 (materialer)	B4-B5 (transport)	SUM
22 Bæresystemer	1,0	0,1	0,0	0,0	1,1
23 Yttervegger	0,9	0,3	0,3	0,1	1,5
24 Innervegger	1,3	0,2	0,5	0,3	2,2
25 Dekker	1,6	0,3	0,3	0,2	2,5
26 Yttertak	0,6	0,1	0,2	0,1	0,9
28 Trapper og balkonger	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2
SUM, bygning	5,5	1,0	1,3	0,7	8,4

Tabell 4-14 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for boligblokk i Oslo for 60 års beregningsperiode, fordelt per areal, per bygningsdel og livsløpsfase

Bygningsdel	Boligblokk (kg CO2-ekv./m ² BTA)				
	A1-A3	A4	B4-B5 (materialer)	B4-B5 (transport)	SUM
22 Bæresystemer	58,8	8,38	0	0	67,2
23 Yttervegger	53,5	18,8	15,1	3,67	91,1
24 Innervegger	75,1	11,83	29,7	17,48	134
25 Dekker	97,3	16,6	20,4	14,0	148
26 Yttertak	35,1	5,22	10,8	3,99	55,0
28 Trapper og balkonger	10,3	0,75	0	0,00	11,0
SUM, bygning	330	61,6	76,0	39,1	507

4.1.8.3 Skole

Tabell 4-15 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for skolebygg i Oslo, fordelt per areal og år iht. 60 års beregningsperiode, per bygningsdel og livsløpsfase

Bygningsdel	Skole (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA/år)				
	A1-A3	A4	B4-B5 (materialer)	B4-B5 (transport)	SUM
22 Bæresystemer	1,0	0,1	0,0	0,0	1,1
23 Yttervegger	0,7	0,2	0,5	0,1	1,5
24 Innervegger	0,4	0,1	0,1	0,1	0,7
25 Dekker	1,5	0,2	0,2	0,1	2,0
26 Yttertak	1,4	0,1	0,3	0,1	1,9
28 Trapper og balkonger	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SUM, bygning	5,1	0,7	1,1	0,3	7,3

Tabell 4-16 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for skolebygg i Oslo for 60 års beregningsperiode, fordelt per areal, per bygningsdel og livsløpsfase

Bygningsdel	Skole (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA)				
	A1-A3	A4	B4-B5 (materialer)	B4-B5 (transport)	SUM
22 Bæresystemer	60,1	8,14	0	0	68,3
23 Yttervegger	44,0	10,7	30,9	4,09	89,7
24 Innervegger	26,5	3,80	8,54	3,32	42,2
25 Dekker	91,7	12,4	13,0	5,36	122
26 Yttertak	82,5	8,24	16,1	5,98	113
28 Trapper og balkonger	0,70	0,05	0	0,00	0,75
SUM, bygning	306	43,3	68,5	18,8	436

4.1.8.4 Næringsbygg

Tabell 4-17 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for næringsbygg i Oslo, fordelt per areal og år iht. 60 års beregningsperiode, per bygningsdel og livsløpsfase

Bygningsdel	Næring (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA/år)				
	A1-A3	A4	B4-B5 (materialer)	B4-B5 (transport)	SUM
22 Bæresystemer	0,4	0,1	0,0	0,0	0,4
23 Yttervegger	0,8	0,1	0,5	0,0	1,5
24 Innervegger	0,3	0,1	0,1	0,0	0,5
25 Dekker	1,7	0,3	0,5	0,4	3,0
26 Yttertak	0,6	0,1	0,2	0,1	0,9
28 Trapper og balkonger	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SUM, bygning	3,8	0,7	1,3	0,6	6,3

Tabell 4-18 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for næringsbygg i Oslo for 60 års beregningsperiode, fordelt per areal, per bygningsdel og livsløpsfase

Bygningsdel	Næring (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA)				
	A1-A3	A4	B4-B5 (materialer)	B4-B5 (transport)	SUM
22 Bæresystemer	23,1	3,05	0	0	26,2
23 Yttervegger	47,6	8,79	29,6	2,14	88,1
24 Innervegger	18,0	3,90	3,95	1,62	27,4
25 Dekker	102	18,9	31,0	26,3	178
26 Yttertak	36,7	5,24	10,8	3,98	56,7
28 Trapper og balkonger	0,75	0,05	0	0,00	0,80
SUM, bygning	228	40,0	75,3	34,0	378

4.1.8.5 Oppvarmet kjeller

Tabell 4-19 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for oppvarmet kjeller i Oslo, fordelt per areal og år iht. 60 års beregningsperiode, per bygningsdel og livsløpsfase

Bygningsdel	Kjeller, oppvarmet (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA/år)				
	A1-A3	A4	B4-B5 (materialer)	B4-B5 (transport)	SUM
22 Bæresystemer	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5
23 Yttervegger	0,8	0,1	0,0	0,0	0,9
24 Innervegger	0,7	0,0	0,0	0,0	0,8
25 Dekker	1,9	0,3	0,8	0,1	3,1
26 Yttertak	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28 Trapper og balkonger	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SUM, bygning	3,8	0,5	0,8	0,1	5,2

Tabell 4-20 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for oppvarmet kjeller i Oslo for 60 års beregningsperiode, fordelt per areal, per bygningsdel og livsløpsfase

Bygningsdel	Kjeller, oppvarmet (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA)				
	A1-A3	A4	B4-B5 (materialer)	B4-B5 (transport)	SUM
22 Bæresystemer	27,2	2,04	0	0	29,2
23 Yttervegger	49,5	4,24	0	0	53,7
24 Innervegger	41,2	2,97	0,91	0,05	45,1
25 Dekker	111	18,4	49,7	6,15	185
26 Yttertak	0	0	0	0	0
28 Trapper og balkonger	0,68	0,05	0	0	0,72
SUM, bygning	230	27,7	50,6	6,2	314

4.1.8.6 Uoppvarmet kjeller

Tabell 4-21 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for uoppvarmet kjeller i Oslo, fordelt per areal og år iht. 60 års beregningsperiode, per bygningsdel og livsløpsfase

Bygningsdel	Kjeller, uoppvarmet (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA/år)				
	A1-A3	A4	B4-B5 (materialer)	B4-B5 (transport)	SUM
22 Bæresystemer	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5
23 Yttervegger	0,8	0,1	0,0	0,0	0,9
24 Innervegger	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
25 Dekker	1,7	0,3	0,1	0,0	2,1
26 Yttertak	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28 Trapper og balkonger	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SUM, bygning	3,1	0,4	0,1	0,0	3,6

Tabell 4-22 Referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for uoppvarmet kjeller i Oslo for 60 års beregningsperiode, fordelt per areal, per bygningsdel og livsløpsfase

Bygningsdel	Kjeller, uoppvarmet (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA)				
	A1-A3	A4	B4-B5 (materialer)	B4-B5 (transport)	SUM
22 Bæresystemer	27,2	2,04	0	0	29,2
23 Yttervegger	49,5	4,24	0	0	53,7
24 Innervegger	4,1	0,30	0,09	0,005	4,51
25 Dekker	103	17,0	6,98	1,83	129
26 Yttertak	0	0	0	0	0
28 Trapper og balkonger	0,68	0,05	0	0,0	0,72
SUM, bygning	184	23,7	7,07	1,83	217

4.1.8.7 Fundamentering

Tabell 4-23 Beregningsfaktorer for å inkludere materialbruk ved fundamentering i referansenivåer for klimagassutslipp for materialbruk

Bygningsdel	Fundamentering (kg CO ₂ -ekv./enhet)					Enhet
	A1-A3	A4	B4-B5 (materialer)	B4-B5 (transport)	SUM	
Stålkjernepel	4,11	0,48	0	0	4,59	Pr m ² BTA * dybde til fjell
Betong, gysemasse	0,11	0,008	0	0	0,12	Pr m ² BTA * dybde til fjell
Betong, bunnplate	66,0	3,98	0	0	70,0	Pr m ² bebygd areal (m ² BYA)

4.1.8.8 Sammensatte bygg

For prosjekter som har ulike bygningsfunksjoner, for eksempel næring og kontor, anbefaler vi å regne ut referansenivå for komplett bygg iht. arealfordeling for de ulike bygningsfunksjonene. Dette gjøres enkelt ved å benytte referanseverdi per m² for hver bygningstype, og regne iht. fordeling av total BTA (se kapittel 4.1.9 for beregningseksempel). Denne tankegangen er også bakgrunnen for at vi har anbefalt å regne utslipp for kjeller, ved at vi har skilt dette ut som egne kategorier.

Fordelene med en slik tilnærming er at den er enkel og intuitiv. En ulempe er at man implisitt forutsetter at utslipp fordeler seg iht. BTA-brøk for alle bygningsdeler. Dersom man har et bygg med næring i 1. etg, tilsvarende 20% av BTA og kontor i etasjene over, vil yttertak mest sannsynlig ha løsningsvalg tilsvarende kontor, og ikke oppbygning tilsvarende 20% næring og 80% kontor. For å ta hensyn til slike forhold ville man måtte beregne nytt referansenivå basert på hvilke bygningsdeler som «tilhører» de ulike bygningskategoriene. For å gjøre dette må man benytte mer detaljert dataunderlag (tegninger e.l.). Dette vurderes å være en relativt komplisert beregningsøvelse, og det er heller ikke gitt at den som skal utforme krav har tilgang til slik informasjon når krav skal utformes.

4.1.9 Beregningsmetodikk for referansenivå for klimagassutslipp (klimabudsjett) fra materialbruk i bygninger

Her angis en fremgangsmåte for å beregne referansenivå for klimagassutslipp fra materialbruk for et gitt bygg. Verdier samlet for A1-A4 + B4/B5 er lagt til grunn, men fremgangsmåten kan benyttes på samme måte for andre avgrensninger. Dette gir i praksis et beregnet klimabudsjett totalt over livsløpet (60 års beregningsperiode) for det aktuelle bygget.

1. Regn ut referansenivå basert på arealfordeling av bygningsfunksjoner (kontor/bolig/skole/næring/oppvarmet kjeller/uoppvarmet kjeller) iht. m² BTA for hver funksjon. Kjeller medregnes iht. fordeling av oppvarmet og uoppvarmet kjellerareal. Det er fullt mulig å kombinere flere bygningsfunksjoner oppvarmet og uoppvarmet kjellerareal i samme bygg.

Tabell 4-24 Anbefalte referansenivåer for klimagassutslipp fra materialbruk, samlet for produksjon, transport til byggeplass og utskifting over 60 års beregningsperiode (A1-A4 + B4/B5)

REFERANSENIVÅ FOR KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK (A1-A4 + B4/B5) (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA/år)					
Kontor	Boligblokk	Skole	Næring	Kjeller, oppvarmet	Kjeller, uoppvarmet
6,7	8,4	7,3	6,3	5,2	3,6

2. Utslipp fra materialbruk til fundamentering legges til på følgende måte:

Tabell 4-25 Beregningsfaktorer for å inkludere utslipp fra materialbruk ii fundamentering i referansenivåer for klimagassutslipp for bygg

Element	Påslagsfaktor	Enhet
Fundamentering med stålkjernepeler inkl. gysemasse	4,71	kg CO ₂ -ekv./m ² BTA/dybde til fjell
Tillegg for tykkere bunnplate ved pelefundamentering*	70,0	kg CO ₂ -ekv./m ² bebyggt areal (m ² BYA)

100 mm bunnplate er medregnet i referansenivåene, og tillegg for tykkere bunnplate skal kun medregnes når bygget har behov for fundamentering med pele.

3. Summen av referansenivå for de ulike bygningsfunksjoner, kjeller og fundamentering gir prosjektets totale referansenivå for klimagassutslipp (klimabudsjett).

Beregningseksempel:

Kombinert kontor- og næringsbygg med uoppvarmet parkeringskjeller. Arealfordeling:

Bygningsfunksjon	Areal (BTA)
Kontor:	9 000 m ²
Næring:	1 000 m ²
Parkeringskjeller (uoppvarmet):	1 000 m ²

SUM BTA, inkl. kjeller: 11 000 m²

Bygget har behov for fundamentering med stålkjernepeler til fjell. Det er 20 meter til fjell. Bebygd areal er 1 000 m².

Beregnet utslippsbudsjett over 60 års beregningsperiode for klimagassutslipp fra materialbruk, ekskl. fundamentering:

Kontor:	9 000 m ² x 6,7 kg CO ₂ -ekv./m ² BTA/år	= 60,6 tCO ₂ -ekv./år
Næring:	1 000 m ² x 6,3 kg CO ₂ -ekv./m ² BTA/år	= 6,29 tCO ₂ -ekv./år
Parkeringskjeller (uoppvarmet):	1 000 m ² x 3,6 kg CO ₂ -ekv./m ² BTA/år	= 3,62 tCO ₂ -ekv./år
<u>SUM, bygning</u>		<u>= 70,6 tCO₂-ekv./år</u>

Beregnet referansenivå for klimagassutslipp for bygning, inkl. fundamentering:

<u>SUM, bygning</u>		<u>= 70,6 tCO₂-ekv./år</u>
Fundamentering (stålkjernepeler og gysmasse)	11 000 m ² BTA * 4,71 kg CO ₂ -ekv./m ² BTA/dybde til fjell* 20 meter til fjell	= 17,3 tCO ₂ -ekv./år
Tillegg for tykkere bunnplate når bygget fundamenteres med stålkjernepeler	1 000 m ² bebygd areal * 70,0 kg CO ₂ -ekv./m ² bebygd areal	= 1,17 tCO ₂ -ekv./år
<u>SUM, bygning inkl fundamentering 20 meter til fjell</u>	71,3 tCO ₂ -ekv./år + 17,3 tCO ₂ -ekv./år + 1,2 tCO ₂ -ekv./år	<u>= 89,0 tCO₂-ekv./år</u>

4.1.10 Drøfting av resultater fra modellberegninger

For å sammenlikne med utslippsnivåene fra sammenstillingen er det relevant å se på utslipp for A1-A3 + B4/B5 (uten transport), ettersom sammenstillingen angir verdier samlet for disse livsløpsfasene. Næringsbygg er ikke inkludert i tabellen, ettersom denne bygningskategorien ikke var vurdert i sammenstillingen.

Tabell 4-26 Sammenlikning av resultater fra sammenstilling av historiske klimagassberegninger og resultater fra modellberegninger

	Utslipp A1-A3 + B4-B5		
	Kontor	Boligblokk	Skole
Min, sammenstilling	2,2	3,0	2,8
Maks, sammenstilling	10,0	4,6	7,2
Median, sammenstilling	4,3	4,0	4,2
Modellberegning	5,7	6,8	6,2

For kontor ligger utslippene 33 % over medianverdien fra sammenstillingen, mens utslippsverdiene for boligblokk og skole ligger hhv. 70 % og 48 % høyere enn medianverdiene fra sammenstillingen.

Årsaken til at boligblokk har så mye høyere verdier i modellberegningen enn i sammenstillingen forutsettes å henge sammen med at av de 5 boligblokkene i sammenstillingen, var det kun ett som var utelukkende boliger, mens de 4 andre var en kombinasjon av næring/bolig eller kontor/bolig. For skolebyggene var variasjonen mellom de ulike byggene i sammenstillingen spesielt stor, noe som gir et mindre robust grunnlag for å si noe om sannsynlig nivå for standardbygg.

Som nevnt innledningsvis, lå det en forventning om at sammenstillingen ville gi relativt lave utslippsnivåer fordi den er satt sammen av prosjekter med relativt høye miljøambisjoner. Sammenstillingsresultatene bekrefter denne hypotesen, med en beregnet gjennomsnittlig reduksjon av utslipp fra materialbruk (sammenliknet med sine respektive referansebygg) på ca. 30 % for alle prosjektene i sammenstillingen, og ca. 40 % dersom man ser bort fra de prosjektene som ikke hadde dokumentert noen utslippsreduksjon for materialbruk. I tillegg er en stor andel av beregningene i sammenstillingen utført ved bruk av verktøyet klimagassregnskap.no, som hadde en lavere kompletthet enn de nyere verktøyene som benyttes i dag. Dette bekrefter at referanseverdier som skal representere klimagassutslipp for gjennomsnittlige bygg i Oslo i dag bør ligge høyere enn gjennomsnittlige utslipp per bygningskategori sammenstillingen indikerer.

Det er også relevant å sammenlikne beregnede referansenivåer med utslippsnivåer for referansebygg fra One Click LCA dersom man ikke foretar justeringer av løsningsvalg eller gjør korrigeringer vi har beskrevet i kapittel 4.1.7. I Tabell 4-27 er beregnede utslipp ved bruk av Carbon Designer hovedbygningkategoriene. Tekniske levetider er lagt til grunn.

Tabell 4-27 Beregnede klimagassutslipp i kg CO₂ ekv/m²år A1-A4 + B4-B5 med Carbon Designer i One Click LCA per 18.12.2019, uten korrigeringer for avdekkede mangler eller løsningsvalg som ikke vurderes som representative for bygg i Oslo

Livsløpsfase	Kontor	Boligblokk	Skole	Næring
A1-A3	3,6	4,8	3,9	3,1
A4	0,2	0,1	0,1	0,1
B4-B5	0,9	0,9	1,0	2,0
Sum, A1-C4	4,5	5,7	5,0	4,1

Som beskrevet i kapittel 4.1.3.2, regner One Click LCA kun med transport fra sentrallager/engros i A4. Utslippene fra A4 i tabellen over er derfor mye lavere enn de vi har beregnet i referansenivåene, og vurderes ikke å representere reelle utslipp fra transport av byggevarer til byggeprosjekter i Oslo.

Transport av hulldekker brukes som eksempel. 1 m² BTA boligblokk har behov for rundt 250 kg hulldekke. Ved å regne med en transport av hulldekke på 50 km og 200 km blir resultatet hhv. 0,003 og 0,14 kg CO₂ ekv/m²år for A4. Ved å sammenlikne 200 km transport av hulldekke med A4 transport for boligblokk A4 i Tabell 4-27 utgjør denne transporten mer enn det som er regnet for hele bygget i One Click LCA. Dette viser at valg av transportavstander vil ha stor betydning for klimagassutslippene, og dette er spesielt viktig å vite hvile forutsetninger som ligger til grunn ved sammenlikning av ulike klimagassregnskap. Dette påvirker også utslipp i B4-B5, da materialer som skiftes ut også må transporteres til byggeplassen basert på samme transportavstand som i A1-A3.

Dermed er det mer relevant å sammenlikne med utslipp for A1-A3+B4-B5 angitt i Tabell 4-27. Sammenliknet med One Click LCA, ligger referansenivåene da 19-27 % høyere for kontor, boligblokk og skole. For næringsbygg er referansenivåene fra One Click LCA angitt i Tabell 4-27 relativt likt med justerte verdier. Forskjellen i utslipp angitt i Tabell 4-27 og justerte modellbygg er en kombinasjon av ending av utslippsfaktorer og tilpassing av modellbygg til å bli representative for modellbygg i Oslo.

I utredningen av mulig nivå for nNEB-bygg for DiBK, utført av Asplan Viak våren 2019, beregnet vi referansenivåer for utslipp fra materialbruk ved bruk av modellbygg med omtrent tilsvarende fremgangsmåte som i denne rapporten. I denne rapporten har vi imidlertid gjort korrigeringer av løsningsvalg for at modellbyggene skal være representative for bygg i Oslo, og ikke for Norge som helhet, slik målet var i utredningen for DiBK, der hensikten var å anbefale nivåer for nasjonalt forskriftsnivå. Kommersiell levetid var dessuten lagt til grunn for utskiftninger av materialer i B4-B5. I tillegg er det gjort noen flere korrigeringer av modellbyggene i One Click LCA i forbindelse med denne rapporten. Utslippsverdiene fra DiBK-rapporten ligger derfor høyere enn de anbefalte nivåene presentert i denne rapporten.

Tabell 4-28 Anbefalte referansenivåer for kontorbygg og boligblokk i Norge fra modellberegninger i utredning for DiBK våren 2019

Livsløpsfase	Kontor	Boligblokk
A1-A3	4,9	6,0
A4	0,8	1,0
B4-B5	3,0	3,9
Sum, A1-C4	8,7	10,9

4.2 Referansenivå for vei- og gateprosjekter

4.2.1 Grunnlag for referansenivå for anlegg

For anleggsprosjekter finnes det ikke tidligere klimagassberegninger som kan si noe om gjennomsnittlige utslippsnivåer. Som beskrevet i kapittel 2.3.1, har vi derfor basert oss på mengdegrunnlag for utførte kommunale vei- og gateprosjekter, og beregnet klimagassutslipp for disse prosjektene. Dette gir et vesentlig mindre robust grunnlag for å si noe om referansenivåer enn det som er presentert over for bygg, fordi referansenivåene kun er utledet fra mengdegrunnlag for enkeltprosjekter. For å få mer robuste referansenivåer burde man hatt datagrunnlag for flere prosjekter innen hver kategori. Resultater og anbefalinger må sees i lys av dette, og beregnede referansenivåer må betraktes som en indikasjon på sannsynlige utslippsnivåer.

I samråd med Bymiljøetaten har vi definert 8 ulike kategorier for vei- og gateprosjekter, og typiske prosjekter innenfor hver kategori er valgt ut av Bymiljøetaten. Som nevnt i kapittel 2.3.1, omfatter vei- og gateutbygging i Oslo nesten utelukkende oppgradering av eksisterende veier og bygater, og de utvalgte prosjektene gjenspeiler dette.

En oversikt over kategoriene og prosjektene med nøkkelinformasjon er gitt i Tabell 4-29, og detaljert informasjon om prosjektene er gitt i Vedlegg 5.

Tabell 4-29 Prosjekter lagt til grunn for beregning av referansenivåer for kommunale vei- og gateprosjekter

Prosjekt	Kategori	Antall kjørefelt	Vei-lengde (m)	Tverrprofil/veibredde	ÅDT	Dekke-type	Fortau
Veitvetveien	Vei uten sykkelfelt	2	770	15/6,5	7400	Asfalt	2-sidig
Ekebergveien	Vei med sykkelfelt	2	730	11,5 (6+3+2,5)	10000	Asfalt	1-sidig
Sognsveien	Vei med separat gang- og sykkelvei	2	250	15,5 (7+3+5,5)	11700	Asfalt	2-sidig
Tollbugata	Gateoppgradering uten trikk	2	620	14,3/8,7	6000	Asfalt	2-sidig
Thorvald Meyersgate	Gateoppgradering med trikk	2	1100	14,6/6,0	4800	Asfalt/granitt	2-sidig
Torggata	Gågate	1	360	11,5/4,5	1500	Granitt	2-sidig
Åkebergveien	Vei med opphøyd sykkelfelt og gangvei	2	700	14,9 m	5700	Asfalt	2-sidig
Turvei D2	Turvei og g/s-vei	2	460	Sykkelvei 3m, fortau 2,5. Totalt 5,5m	-	Asfalt	

Vei- og gateoppgradering i Oslo vil svært ofte omfatte større eller mindre grad av VA-arbeider. Fordi det er svært utfordrende å anslå hva en «gjennomsnittlig mengde VA-arbeider» for et gitt vei-/gateprosjekt vil være, har vi valgt å holde VA-arbeider utenfor beregningene av referansenivåer. Mengdegrunnlaget for prosjektene er avgrenset til å omfatte arbeider over en gitt gravedybde.

Denne dybden definerer det vi anser som selve veikroppen (ca. 0,5-1 meter), og utelukker dermed VA-arbeid som foregår lenger ned i grunnen.

4.2.2 Beregningsmetodikk

Mengdegrunnlag for hvert prosjekt er lagt inn i Statens Vegvesens beregningsverktøy for klimagassberegninger for veiinfrastruktur, VegLCA (v4.01). Prosesskodeoppstilling er benyttet for å identifisere kategorisere de ulike mengdepostene.

VegLCA beregner klimagassutslipp fra aktiviteter og materialer som inngår i materialproduksjon, utbygging og drift og vedlikehold av veien over analyseperiode:

- **Materialproduksjon:** Produksjon av materialer og utstyr som inngår i veiprojektet, inkludert materialtransport til anleggsplass
- **Utbygging:** Anleggsmaskineri, massetransport og elektrisitetsforbruk i anleggsfasen
- **Drift og vedlikehold:** Reasfaltering som følge av slitasje, utskifting av belysningsutstyr, skilt og evt. annet veiutstyr, salting av veien, energibruk til drift av belysning o.l.

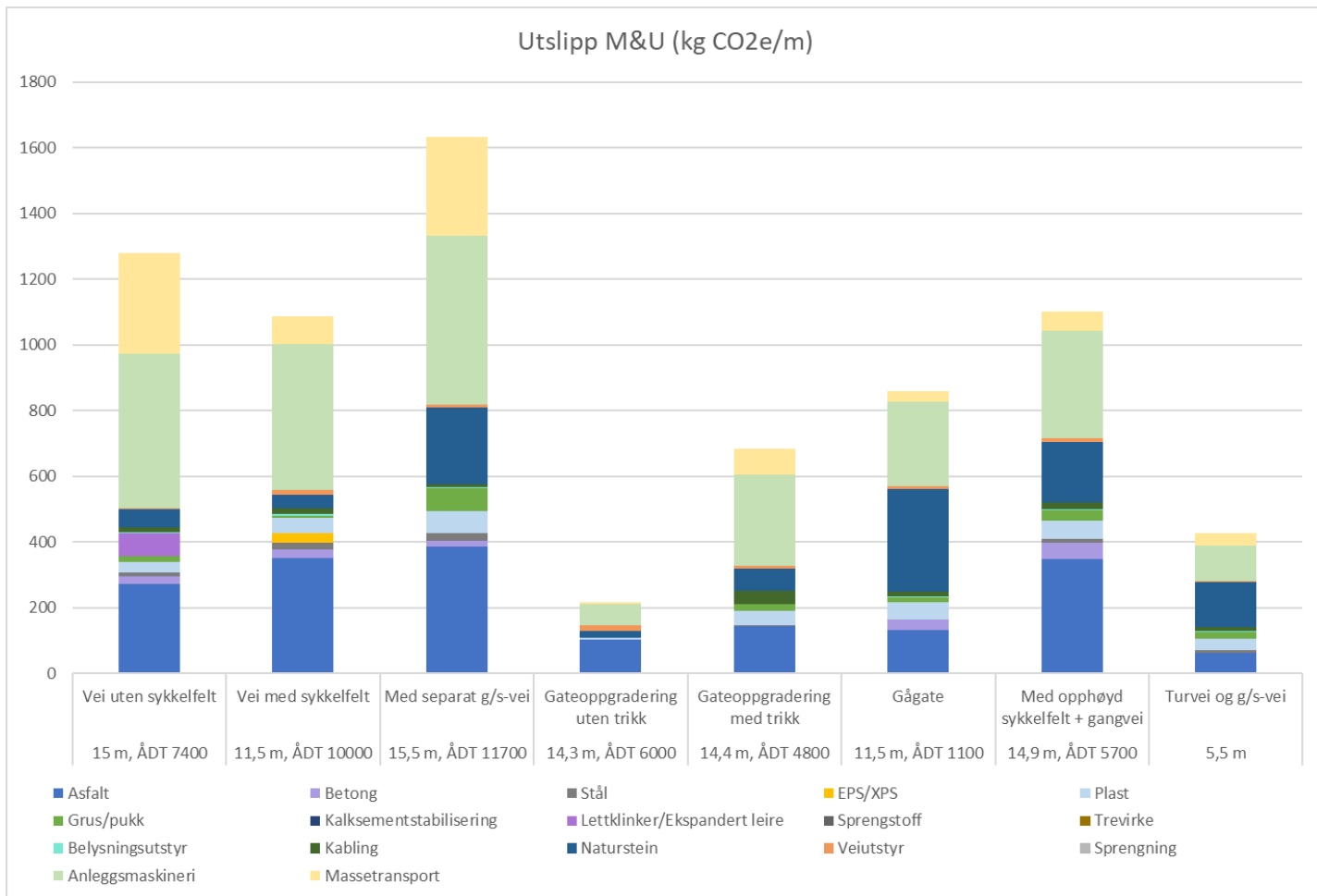
60 års analyseperiode er lagt til grunn for anleggsprosjektene, ettersom dette er standard praksis for prosjekter i Norge, og dermed også standard innstilling i VegLCA. Det er imidlertid ikke like vanlig å presentere beregningsresultater fordelt per år i analyseperioden for klimagassberegninger for anleggsprosjekter som for byggeprosjekter, og resultatene er derfor kun gitt per løpemeter vei/gate. Dette kan begrunnes med at utskiftingsfasen vanligvis står for en mindre andel av totale utslipp over beregningsperioden for anleggsprosjekter enn det som er tilfellet for byggeprosjekter.

Veibredden varierer mellom de ulike prosjektene, og det er derfor også interessant å presentere resultater per m². Fordi de ulike prosjektene består av flere veielementer (kjørefelt/fortau/sykkelfelt etc.), hadde det vært nyttig å skille utslipp fra de ulike delene av veikroppen fra hverandre, for å kunne gjøre generelle betraktninger. Da kunne vi sammenliknet utslipp for de ulike elementene på tvers av kategoriene, og på tvers av elementer, og for eksempel sett om det er mulig å generalisere rundt utslipp fra 1 m² fortau. På grunn av at mengdegrunnlaget vi har benyttet ikke er inndelt på en måte som gjør det mulig å dele opp materialbruken på denne måten, har det ikke vært mulig å gjøre slike betraktninger i dette prosjektet.

4.2.3 Beregnede referansenivåer for typiske vei- og gateprosjekter i Oslo

Resultatene for beregningene er delt inn i ulike deler av livsløpet for veiene, som beskrevet i kapittel 4.2.2:

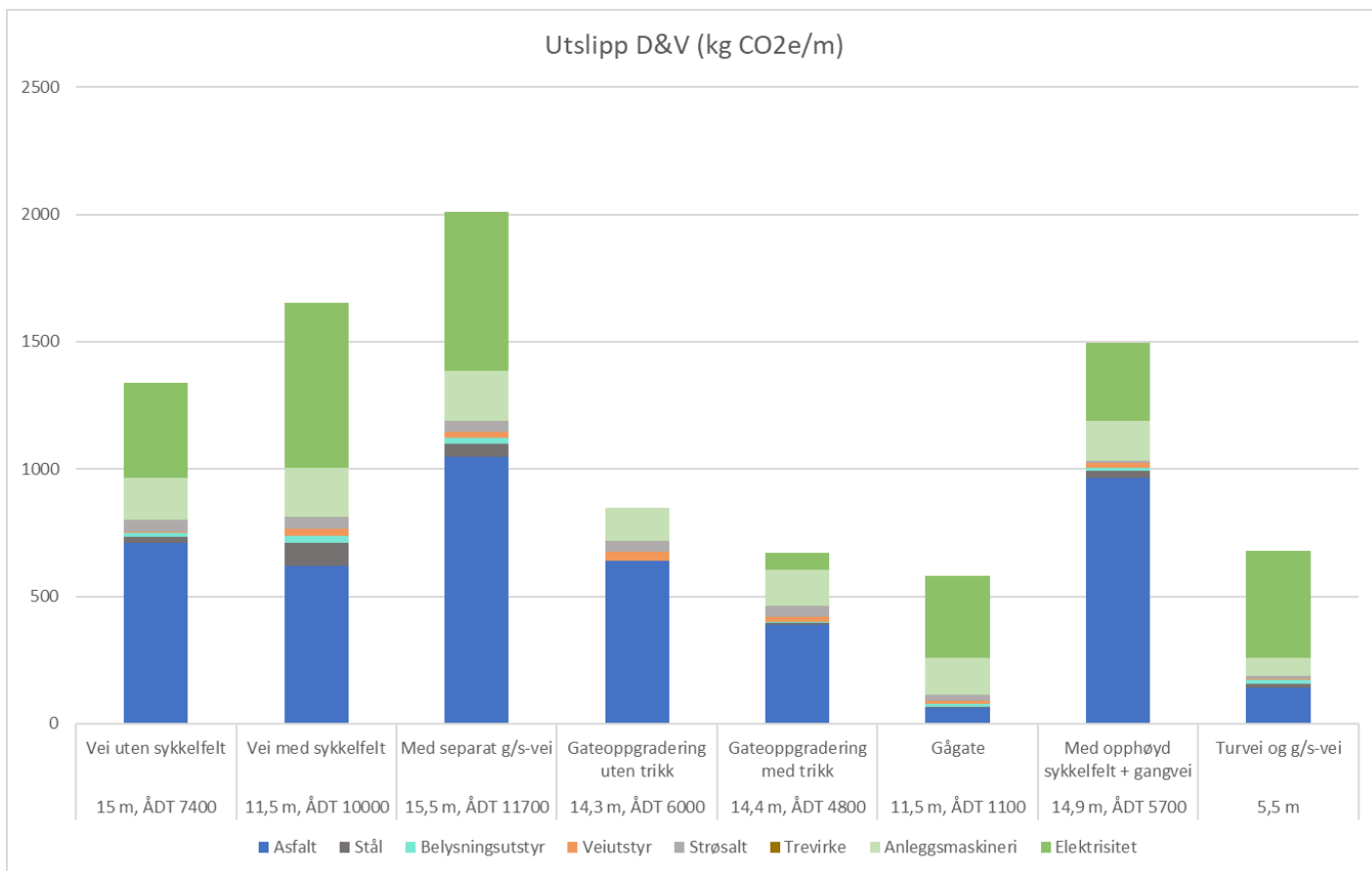
- M&U: Materialproduksjon og utbygging
- D&V: Drift og vedlikehold



Figur 4-5 Beregnede klimagassutslipp per løpemeter vei [kg CO₂e/m] fra materialproduksjon og utbygging. Tverrprofil [m] og ÅDT er oppgitt for hver veistrekning.

Figur 4-5 viser beregnede klimagassutslipp fra materialproduksjon og utbygging per løpemeter vei. Generelt kommer de største utslippene i denne fasen fra asfalt, naturstein, dieselforbruk i anleggsmaskiner, og massetransport. Som for massetransport, avhenger utslipp fra anleggsmaskiner av hvor omfattende gravearbeider som gjøres, i tillegg til asfalmengde. Det er brukt lite stål og betong i prosjektene, da de stort sett ikke inneholder konstruksjoner. Betongen kommer i hovedsak fra stikkrenner, kulverter, rør og kummer.

De beregnede utslippene per løpemeter avhenger av veibredde og omfang av prosjektet. Prosjektene med høyest utslipp er de prosjektene som har mest omfattende gravearbeider og/eller mest fjerning og legging av asfalt.



Figur 4-6 Beregnede klimagassutslipp per løpemeter vei [kg CO₂e/m] fra drift og vedlikehold over 60 år. Tverrprofil [m] og ÅDT er oppgitt for hver veistrekning.

Klimagassutslippene fra drift og vedlikehold skyldes i hovedsak reasfaltering og elektrisitet til drift. Reasfalteringsfrekvensen som regnes med i VegLCA avhenger av ÅDT og asfalttype:

- **Levetid asfaltgrusbetong som funksjon av ÅDT:**

- <1500: 15 år
- 1500-3000: 14 år
- 3000-5000: 11 år
- >5000: 8 år

- **Levetid asfaltbetong som funksjon av ÅDT:**

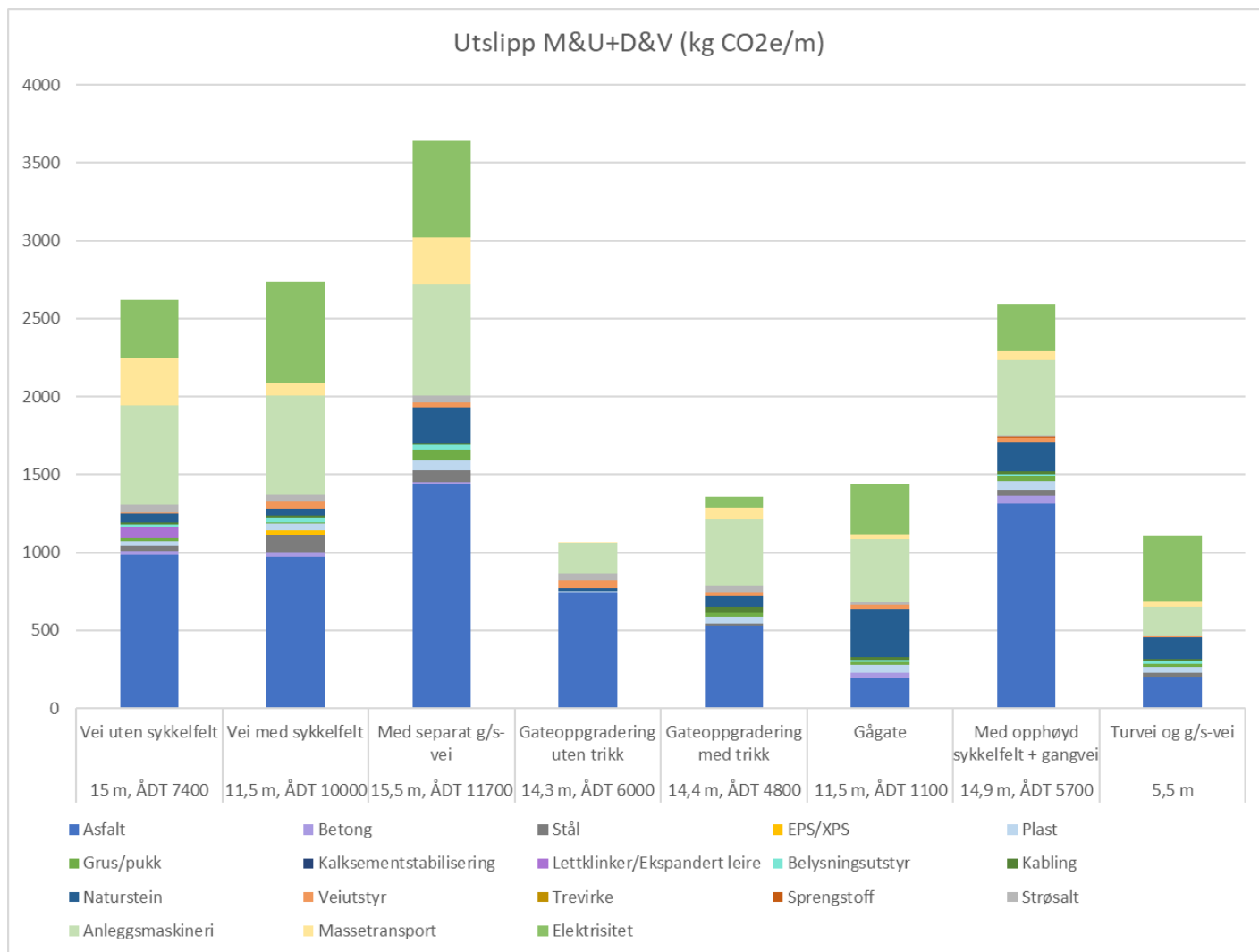
- <3000: 15 år
- 3000-5000: 12 år
- 5000-10000: 9 år
- 10000-20000: 6 år
- >20000: 5 år

Veistrekningene med høyest ÅDT har dermed generelt høyest utslipp fra reasfaltering i løpet av levetiden. I tillegg vil bruk av asfaltgrusbetong gi noe hyppigere reasfaltering enn asfaltbetong. Veibredden og dermed arealbehovet for asfalt er selvfølgelig også en årsak til at utslippene fra reasfaltering er ulike.

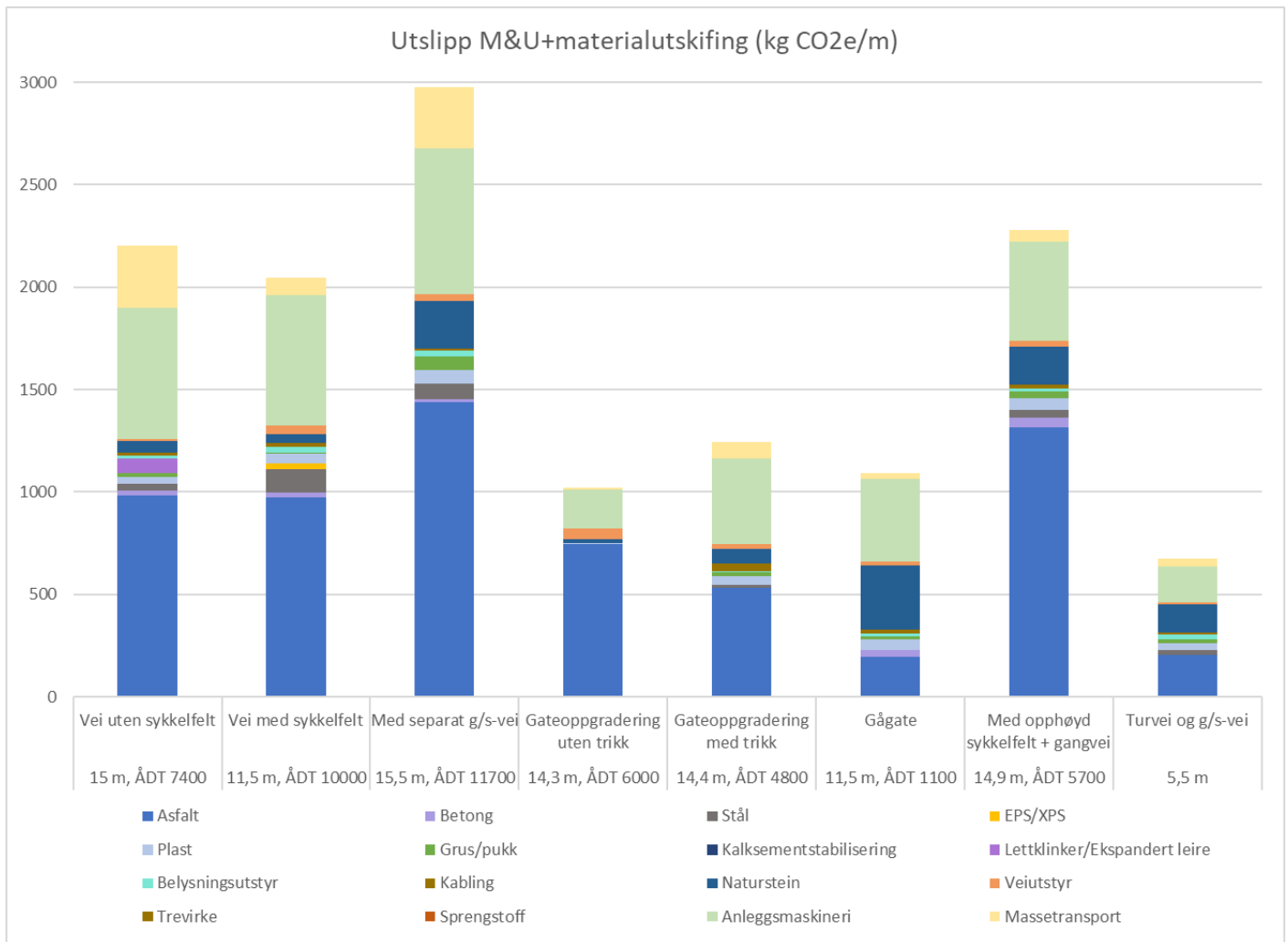
Elektrisitetsforbruket er knyttet til drift av belysning. Beregnede utslipp for elektrisitet i drift for et prosjekt reflekterer kun drift av den belysningen som inngår i mengdeunderlaget for prosjektet, dvs. den belysningen som ble skiftet ut/etablert i prosjektet. Variasjonene i utslipp fra elektrisitet i drift for de ulike prosjektene skyldes derfor at det i ulik grad er byttet ut belysningsarmaturer som en del

av oppgraderingen. Dette kan dermed være misvisende dersom den aktuelle veistrekningen har belysning fra før. For Tollbugata for eksempel, inneholder ikke mengdeunderlaget for oppgraderingen noe belysning. Dermed viser ikke beregningene utslipp fra elektrisitet i drift av Tollbugata, selv om det er en opplyst gate som vil kreve elektrisitet. Thorvald Meyersgate har også kun byttet ut enkelte armaturer i sin oppgradering, og elektrisitetsforbruket knyttet til gatebelysning vil være flere ganger høyere enn det som regnes ut basert på mengdeunderlaget for oppgraderingen.

Figur 4-7 viser sammenstilling av alle klimagassutslipp gjennom en analyseperiode på 60 år, dvs. materialutskifting, utbygging og drift og vedlikehold. I alle prosjektene utgjør beregnede utslipp fra drift og vedlikehold over 50 % av de totale klimagassutslippene i analyseperioden.



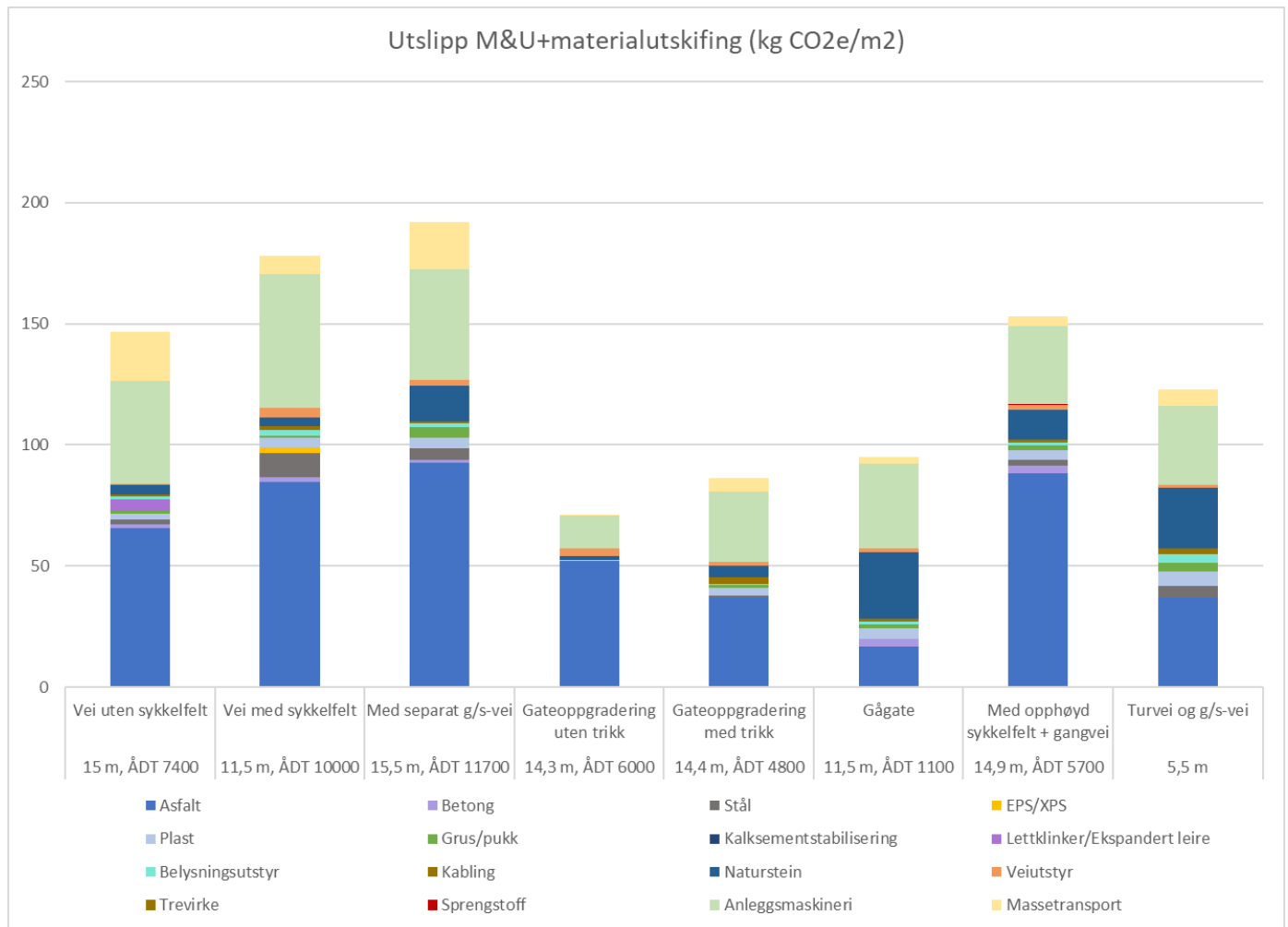
Figur 4-7 Beregnede klimagassutslipp per løpemeter vei [kg CO₂e/m] fra hele livsløpet over 60 år, inkludert materialproduksjon, utbygging og drift og vedlikehold. Tverrprofil [m] og ÅDT er oppgitt for hver veistrekning.



Figur 4-8 Beregnede klimagassutslipp per løpemeter vei, for materialproduksjon, utbygging og utskifting av materialer i løpet av 60 år.

I Figur 4-8 er klimagassutslippene fra elektrisitetsforbruk i drift og strøsalt utelatt, slik at resultatene kun reflekterer materialproduksjon, utbygging og utskifting av materialer i løpet av levetiden. Dette kan være et alternativt utgangspunkt for å sette referansenivåer, fordi usikkerheten knyttet til bruk av strøsalt og grad av utskifting av lysarmaturer utelates.

Figur 4-9 viser de samme klimagassutslippene, men normalisert over arealet av tverrprofilen istedenfor løpemeter. Da lukes bort forskjeller i utslipp som følge av forskjell i bredde, slik at resultatene bedre reflekterer hvor stort omfang av arbeider og materialer som prosjektene omfatter.



Figur 4-9 Beregnede klimagassutslipp per kvadratmeter (basert på tverrprofilbredde), for materialproduksjon, utbygging og utskifting av materialer i løpet av 60 år.

Tabell 4-30 sammenstiller de beregnede klimagassutslippene for alle veiprosjektene, sett i sammenheng med størrelse på veiene og ÅDT. Tabellen viser at generelt vil bredere vei og høyere ÅDT gi høyere klimagassutslipp per løpemeter. Utslipp per m2 viser i tillegg bedre hvordan omfanget av gravearbeider og materialbruk i prosjektene varierer: Gågata har høyere utslipp per m2 enn gateoppgraderingene med og uten trikk til tross for lavere ÅDT. Dette skyldes mer omfattende gravearbeider og materialbruk for gågata. Turveien har også relativt høye utslipp per m2. Dette skyldes at prosjektet omfatter også etablering av grøntarealer og aktivitetsplass i tillegg til selve turveien. Arealet for området som er gravd ut og opparbeidet er derfor vesentlig større enn arealet av selve turveien på 5,5 m.

Tabell 4-30 Sammenstilling av beregnede klimagassutslipp fra typiske vei- og gateprosjekter i Oslo over levetiden

	Lengde (m)	Tverrprofil (m)	ÅDT	Utslipp kg CO2e/m	Utslipp kg CO2e/m2
Vei uten sykkelfelt	770	15	7400	2618	175
Vei med sykkelfelt	730	11,5	10000	2740	238
Vei med separat gang- og sykkevei	250	15,5	11700	3643	235
Gate-oppgradering uten trikk	620	14,3	6000	1064	74
Gate-oppgradering med trikk	1100	14,4	4800	1354	94
Gågate	360	11,5	1500	1440	125
Vei med opphøyd sykkelfelt og separat ga	700	14,9	5700	2595	174
Turvei og gang- og sykkelvei	460	5,5	0	1107	201

Tabell 4-31 gir en oversikt over de beregnede klimagassutslippene per løpemeter for de ulike veiprojektene.

Tabell 4-31 Sammenstilling av beregnede klimagassutslipp for typiske vei- og gateprosjekter i Oslo

	M&U [kg CO2e/m]	D&V [kg CO2e/m]	TOT	TOT ekskl. el og strøsalt
Vei uten sykkelfelt	1280	1337	2618	2202
Vei med sykkelfelt	1087	1653	2740	2046
Vei med separat gang- og sykkevei	1633	2010	3643	2976
Gate-oppgradering uten trikk	216	847	1064	1019
Gate-oppgradering med trikk	684	670	1354	1244
Gågate	859	582	1440	1094
Vei med opphøyd sykkelfelt og separat gangfelt	1100	1494	2595	2280
Turvei og gang- og sykkelvei	427	680	1107	675

4.2.4 Drøfting av beregnede referansenivåer for anlegg

Fordi vi ikke har noe øvrig sammenlikningsgrunnlag i form av tidligere utførte klimagassberegninger for sammenliknbare prosjekter, er det ikke mulig å vurdere representativiteten i datagrunnlaget.

Generelt sett bør det understrekes at beregningene presentert her har begrenset overføringsverdi, fordi de bygger på mengdegrunnlag for enkeltprosjekter. Dette gjør at referansenivåene i utgangspunktet har høy usikkerhet. I tillegg er det usikkerhet knyttet til hvor godt beregningene i VegLCA ivaretar de spesifikke faktorene som påvirker utslipp for hvert prosjekt, spesielt knyttet til asfaltforbruk.

Dekkelevetid har stor betydning for klimagassutslipp fra asfalt. I VegLCA ligger dekkelevetid som en innebygget forutsetning som varierer med dekketype og ÅDT. For å få mer robuste referansenivåer bør man se på hvorvidt det er store variasjoner i benyttede dekketyper, og hvilke dekkelevetider som er representative for kommunale veier i Oslo. Det hadde vært hensiktsmessig å se på et bredere datagrunnlag som inkluderte flere prosjekter innenfor hver type, med ulike ÅDT, for å anslå hvordan asfaltutslippene påvirkes av prosjektspesifikke forutsetninger.

Ulike tykkelser på kjørebane/g/s-vei/fortau er ikke hensyntatt på grunn av hvordan standard innstillinger i VegLCA er konfigurert - iht. prosesskoden skal asfaltert areal, og ikke vekt, angis, og derfor har det ikke vært mulig å justere tykkelsen på ulike deler av asfaltdekkene i beregningene.

Dette medfører at vi har forutsatt tykkelse og reasfalteringsfrekvens tilsvarende kjørebane for alle asfalterte arealer. Bruk av PmB (polymermodifisert bitumen) øker produksjonsutslippene for asfalt, men kan gi forlenget dekkelevetid (se kapittel 5.2.3). Bruk av PmB er ikke hensyntatt i beregningene for de prosjektene der dette er spesifisert, fordi VegLCA ikke skiller på utslipp fra asfalt med eller uten PmB (dette skyldes at det hittil ikke har vært tilstrekkelig tilgang på asfalt-EPDer). Totalt sett gjør dette at beregnede utslipp for asfalt med stor sannsynlighet er overestimert.

I videre arbeid med referansenivåer for veiprojekter anbefales det at man gjennomfører beregninger der mengdegrunnlaget skiller på areal til kjørebane og g/s-arealer, slik at man kan få bedre kjennskap til variasjon i utslipp fra asfalt for ulike veikomponenter. I tillegg bør det innhentes informasjon om reasfalteringsfrekvenser i Oslo for ulike typer vei- og gater og ulike deler av veien.

Anbefalinger for hvordan beregnede referansenivåer bør benyttes, samt hvordan man kan stille krav til klimagassberegninger og klimaprestasjon for anleggsprosjekter er gitt i kapittel 6.3.

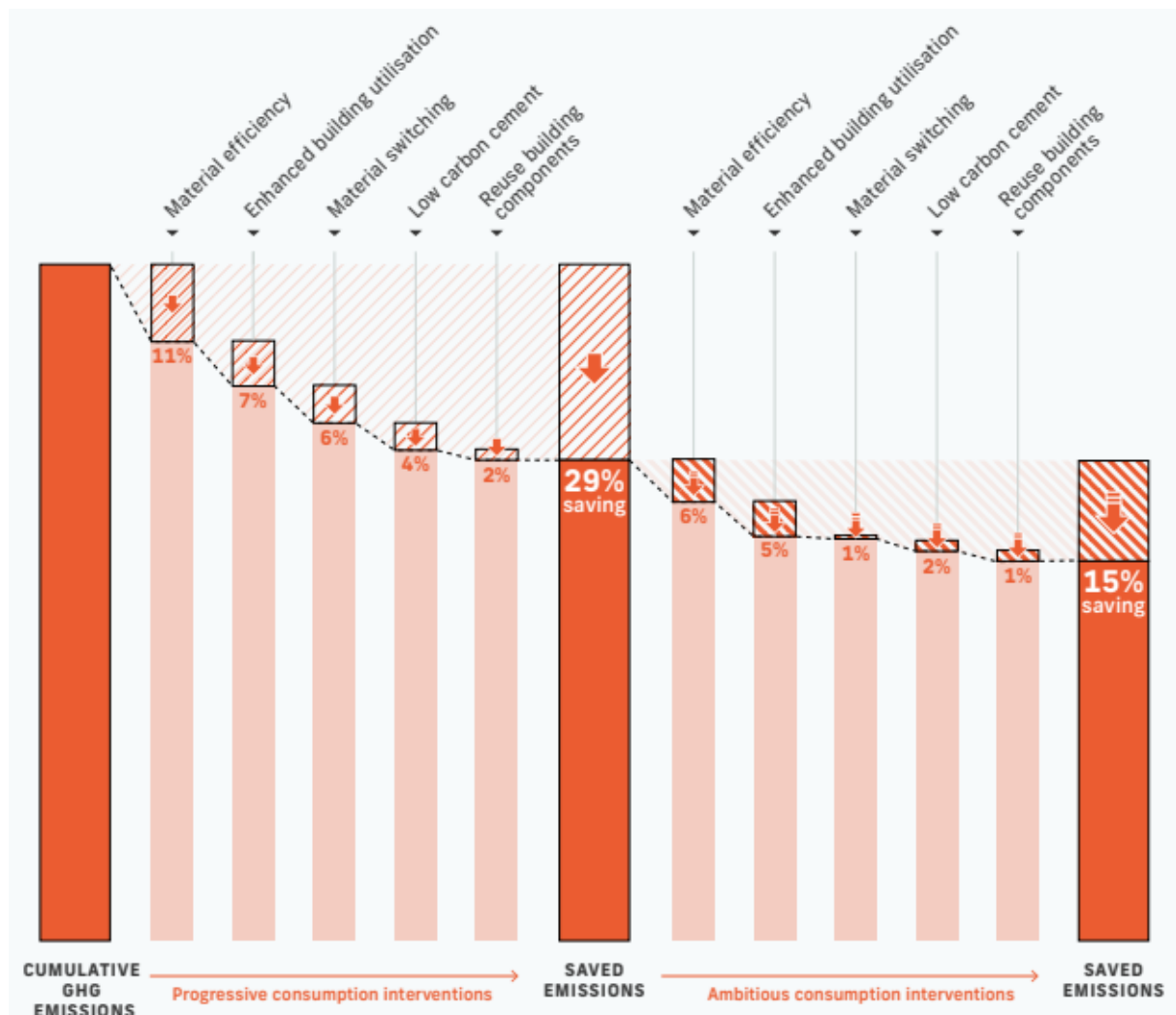
5 ALTERNATIVER OG BARRIERER FOR KLIMAVENNLIG MATERIALBRUK

I dette kapitlet drøftes tiltak for å redusere klimagassutslipp fra materialbruk, samt barrierer for å gjøre slike tiltak. Drøftingene er i hovedsak kvalitative, men vi har angitt overordnede tall der data har vært tilgjengelig. Det presiseres imidlertid at dette ikke kan betraktes som en fullverdig tiltaksanalyse, og dermed ikke er ment som grunnlag for å sammenlikne tiltak eller holdes opp mot resultatene presentert i kapittel 3 og 4.

Tiltak for å redusere utslipp fra energibruk og transport i drift er ikke omtalt, ettersom denne rapporten kun omfatter materialbruk. Det understrekes imidlertid at det viktig å se materialer og energibruk i drift i sammenheng for bygg, ettersom disse påvirker hverandre gjensidig med hensyn til klimagassutslipp over livsløpet.

5.1 Hovedgrep og løsningsvalg for reduksjon av klimagassutslipp for bygg

C40-rapporten «Building and Infrastructure Consumption Emissions»¹⁷ presenterer følgende sammenstilling av effekten av ulike typer klimatiltak:



Figur 5-1 Sammenstilling av ulike typer tiltak for å redusere materialutslipp for bygninger. Kilde: C40

¹⁷ https://c40-production-images.s3.amazonaws.com/other_uploads/images/2390_BIC_Report_FINAL.original.pdf?1570401598

Rapporten peker på at materialoptimalisering er det enkelttiltaket med størst potensiell utslippsreducerende effekt. Konsept- og designvalg kan avgjøre hvor lavt et bygg vil kunne komme i klimagassutslipp fra materialbruk. I tillegg til valg av type materialer for et bygg, vil mengder materialer som er nødvendig per kvadratmeter være av betydning. Dette kan påvirkes av en rekke faktorer.

Som regel er det bærende elementer, dekkekonstruksjoner, fasader og fundamenter som utgjør det største volumet av materialer, og dermed også de største klimagassutslippene. Det er derfor spesielt løsningsvalg som påvirker mengder for disse bygningsdelene som er av stor betydning.

Av materialgrupper bidrar generelt stål og betong til store andeler av klimafotavtrykket for byggematerialene. Spesielt dersom det velges stål med høyt innhold av jomfruelig stål og betong med høyt innhold av tradisjonell sement. Andre materialgrupper som kan ha høye produksjonsutslipp er glass, teglstein, keramiske fliser, ulike metaller (med lav resirkuleringsgrad), plastmaterialer og isolasjon med høy trykkfasthet.

Det er også viktig å presisere at utviklingen i markedet er rask, og det kommer stadig nye produkter med lavere klimafotavtrykk. For eksempel vil mulig karbonfangst for sementproduksjon føre til en radikal endring i klimagassutslipp fra betongprodukter. Derfor er det utfordrende å gi allmenngyldige anbefalinger om spesifikke materialvalg. Dette må undersøkes i hvert prosjekt basert på prosjektets mål, forutsetninger og tilgjengelighet i markedet.

5.1.1 Grunnforhold

Grunnforhold er avgjørende for nødvendig fundamentering, og kan påvirke et byggs klimagassregnskap betydelig. For et bygg på fjell eller harde masser kan fundamentene utgjøre en relativt liten andel av totale klimagassutslipp, men for bygg som bygges på leire kan fundamentering stå for opp mot 50 % av utslipp fra materialbruk på grunn av behov for omfattende peling. Jo lenger ned til fast grunn, desto mer fundamentering trengs.

5.1.2 Valg av konsept for bæresystem

Valg av type bæresystem legger føringer for både materialmengder og mulige materialer som kan velges i bæresystemet. For en gitt type bæresystem bør spennvidder og dekketykkelser optimaliseres for minst mulig materialmengder. Det er imidlertid ikke alltid slik at minst mulig materialmengder er viktigere enn å velge riktige typer materialer i utgangspunktet. For eksempel kan det være gunstig å velge bæring i betong fremfor i stål dersom det velges lavkarbonbetong med tilstrekkelig lave utslipp, selv om dette kan innebære et større forbruk av materialer. Det kan også være rom for økt materialbruk i bæresystemet dersom det velges trematerialer med lavere utslipp enn den aktuelle betongen som vurderes.

I tillegg kan vekten av bæresystemet påvirke nødvendig mengde fundamentering.

5.1.3 Geometri

En komplisert geometri vil som regel gi et høyere forbruk av materialer per m² enn en enkel geometri. Fasader kan utgjøre en stor andel av klimafotavtrykket fra materialer i et bygg, og derfor vil en utforming som gir høyt fasadeareal i forhold til innvendig areal være ugunstig sammenliknet med en utforming som gir mindre fasadeareal. Dette gjelder spesielt dersom fasadene inneholder mye glass.

Atrier kan også forhøye et byggs klimafotavtrykk. Et bygg med atrium vil måtte være større for å kunne romme samme gulvareal som et bygg uten, og dessuten vil bygget med atrium ha mer glass.

5.1.4 Energistandard

En høyere energistandard vil føre til økt behov for isolasjon. Dersom grunnforhold og lastkrav i tillegg krever en viss trykkfasthet for deler av isolasjonen, kan dette gi høye klimagassutslipp. Krav til lave U-verdier vil dessuten kunne innebære flere lag med glass i vinduer og fasader sammenliknet med TEK17-standard.

5.2 Materialalternativer med lavere klimafotavtrykk

Etter at løsningsvalg er tatt, og eventuelle hovedmaterialer er valgt, er det fortsatt rom for å redusere klimagassutslippene gjennom kloke materialvalg. I dette kapitlet presenteres problemstillinger knyttet til klimagassutslipp for ulike materialgrupper og alternative materialvalg som kan bidra til å redusere utslipp. Ettersom man har erfaringsgrunnlaget for å si noen om dette er størst for byggeprosjekter, er lagt noe større vekt på byggematerialer enn materialer som benyttes i anleggsprosjekter.

5.2.1 Betong

Betong består av vann, sement, tilslag (sand, stein, pukk) og tilsetninger. Det er i hovedsak produksjon av klinker i sementproduksjonsprosessen som bidrar til store klimagassutslipp knyttet til betongproduksjon. Derfor er det redusert klinker-innhold som må til for å produsere betong med lavere klimafotavtrykk. Deler av klinkerinnholdet kan erstattes med pozzolander, dvs. flyveaske og silikastøv, som er biprodukter fra hhv. kullkraftverk og silisiumfabrikker. I tillegg kan deler av sementen i seg selv også erstattes av pozzolaner.

Klimagassutslipp for betong varierer også med fasthetsklasse. Generelt vil høyere trykkfasthet gi høyere klimagassutslipp. Det er derfor viktig å velge riktig fasthetsklasse i hvert prosjekt, og ikke overdimensjonere.

Beregnete klimagassutslipp kan variere fra rundt 120 kg CO₂-ekv/m³ til over 330 kg CO₂-ekv/m³ for betong med fasthetsklasse B35, avhengig av hvor mye av sementen som er erstattet av tilsetningsstoffer. Potensialet for å redusere klimagassutslipp ved å velge lavkarbonbetong kan være betydelig i bygg med en vesentlig andel betong.

Betongforeningens Publikasjon 37 (oppdatert versjon fra 2019) definerer følgende verdier for maksimalt tillatt klimagassutslipp for de ulike betongklassene¹⁸:

Klasse	B20	B25	B30	B35	B45	B55	B65
Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv. pr m ³ betong]							
Bransjereferanse	240	260	280	330	360	370	380
Lavkarbon B	190	210	230	280	290	300	310
Lavkarbon A	170	180	200	210	220	230	240
Lavkarbon Pluss ¹⁾			150	160	170	180	190
Lavkarbon Ekstrem ¹⁾			110	120	130	140	150

1) Mulig nivå for enkelte prosjekt, men med flere begrensninger i standardverket, og begrenset tilgjengelighet. Gjennomførbarhet må avklares i hvert enkelt prosjekt.

Figur 5-2 Utslippsnivåer for bransjereferanse og lavkarbonbetongklasser, Norsk Betongforenings Publikasjon 37, 2019

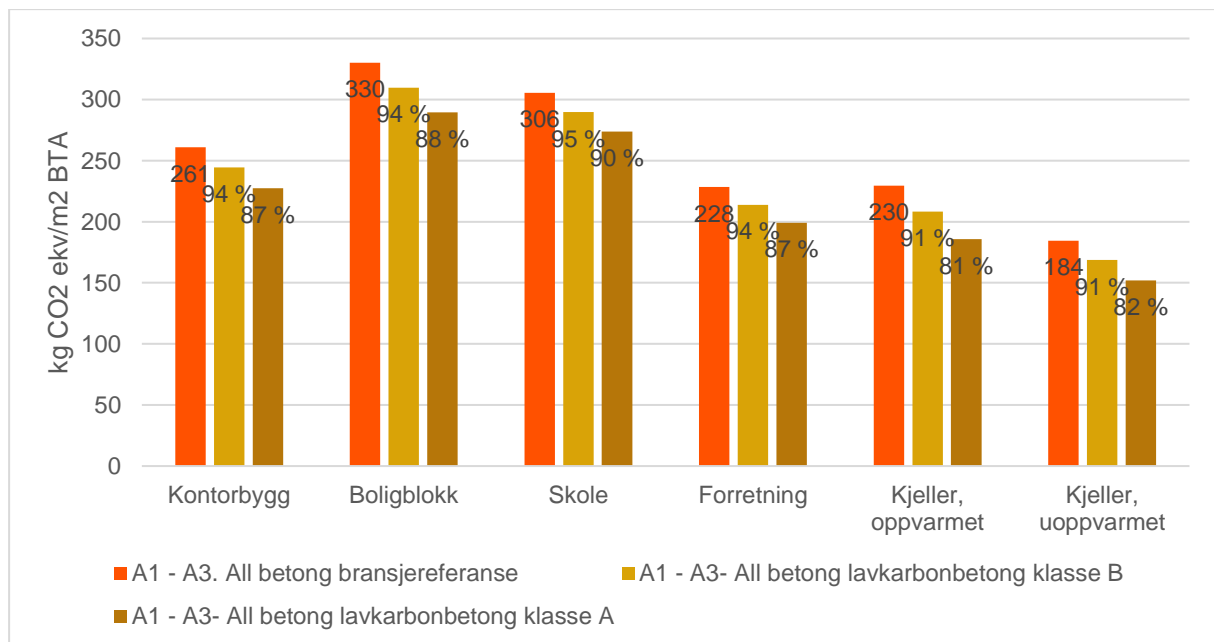
¹⁸ Hentet fra presentasjonen: <https://fabeko.no/assets/2.-Lavkarbonbetong-Tom-Fredvik.pdf>

De senere årene har det blitt stadig enklere å få tak i lavkarbonbetong. I dagens marked er det mulig å få tak i lavkarbonbetong klasse A med en merkostnad på rundt 50 kr/m³, tilsvarende 3-4%, sammenliknet mot bransjereferanse. De fleste betongprodusenter leverer nå betong med klimagassutslipp tilsvarende bransjereferanse eller noe bedre som standard. Lavkarbon Pluss og Ekstrem har begrenset tilgjengelighet, krever spesielle tiltak og må som regel spesialbestilles til et konkret prosjekt. Erfaringstall tilsier en merkostnad for slik spesialbetong på rundt 120-140 kr/m³, tilsvarende rundt 8-10 %.

Fremtidig potensiale for å redusere klimagassutslipp fra betong ved tilsetning av flyveaske er usikkert, da det stadig blir mindre kullkraft. Andre tilsetninger vil derfor bli mer etterspurt for å fortsette å redusere klinkerinnholdet i betong.

Bruk av resirkulert tilslag, som for eksempel knust betong, kan potensielt redusere klimagassutslippene fra betong noe, dersom det fører til reduserte transportavstander i produksjonen. Mulig reduksjon ved bruk av resirkulert tilslag er imidlertid ikke særlig stor, da klinker- og sementinnholdet står for opptil 90 % av klimagassutslippene¹⁹. Tester utført av Sintef²⁰ har dessuten vist at bruk av resirkulert tilslag i verste fall kan føre til økt behov for sement, og dermed økte klimagassutslipp.

Det største potensialet for å redusere klimagassutslipp fra betong i fremtiden vil være gjennom karbonfangst- og lagring. Dersom Norcem i 2020 får bevilget finansiering til et fullskala karbonfangstanlegg i Brevik, vil de kunne levere karbonnøytral sement innen 2024. Dette vil gi betongprodukter med svært lave klimagassutslipp. CO₂-fangstløsningen som er utviklet ved sementfabrikken til Norcem er godt egnet for å skaleres og overføres til annen sementindustri.



Figur 5-3: Klimagassutslipp for A1-A3 i kg CO₂-ekv/m² BTA for ulike bygningsfunksjoner. Beregninger med «all betong bransjereferanse» er standard materialbruk i modellbyggene. I beregninger med all betong lavkarbonbetong klasse B og A er utslippsdata for både plasstøpt betong og hulldekker endret til hhv. lavkarbonbetong klasse B og lavkarbonbetong klasse A.

Figur 5-3 viser klimagassutslipp for A1-A3 i kg CO₂-ekv/m² BTA for ulike bygningsfunksjoner. Beregninger med «all betong bransjereferanse» er standard materialbruk i modellbyggene. I

¹⁹

https://www.researchgate.net/publication/257304389_Comparative_LCA_of_recycled_and_conventional_concrete_for_structural_applications

²⁰ <https://fabeko.no/assets/betongrester-rapport-fra-SINTEF.pdf>

beregninger med all betong lavkarbonbetong klasse B og A er utslippsdata for både plasstøpt betong og hulldekker endret til hhv. lavkarbonbetong klasse B og lavkarbonbetong klasse A.

Beregningene viser at utslippstall for A1-A3 for byggene reduseres med rundt 5% til 9% ved å endre betongtype fra bransjereferanse til lavkarbonbetong klasse B, og rundt 10% til 19% ved å endre betongtype fra bransjereferanse til lavkarbonbetong klasse A.

5.2.2 Stål

Produksjon av jomfruelig stål er energikrevende. Økt andel resirkulert stål (skrapstål) i et produkt vil gi et lavere beregnet klimafotavtrykk for produktet. Beregnet klimagassutslipp kan variere fra 0,36 kg CO₂-ekv/kg for stålprodukter som utelukkende består av skrap, til nærmere 4 kg for jomfruelig stål.

Det finnes hovedsakelig to metoder for å produsere stål. Enten fra masovn, eller fra elektrisk lysbueovn. En masovn benytter malm, kalk, kull og maksimalt 20 % skrap, mens elektrisk lysbueovn baserer seg i hovedsak på skrap og elektrisitet. Stålprodukter produsert med elektrisk lysbueovn vil dermed ha høyere andel skrap og lavere klimafotavtrykk enn stålprodukter produsert med masovn.

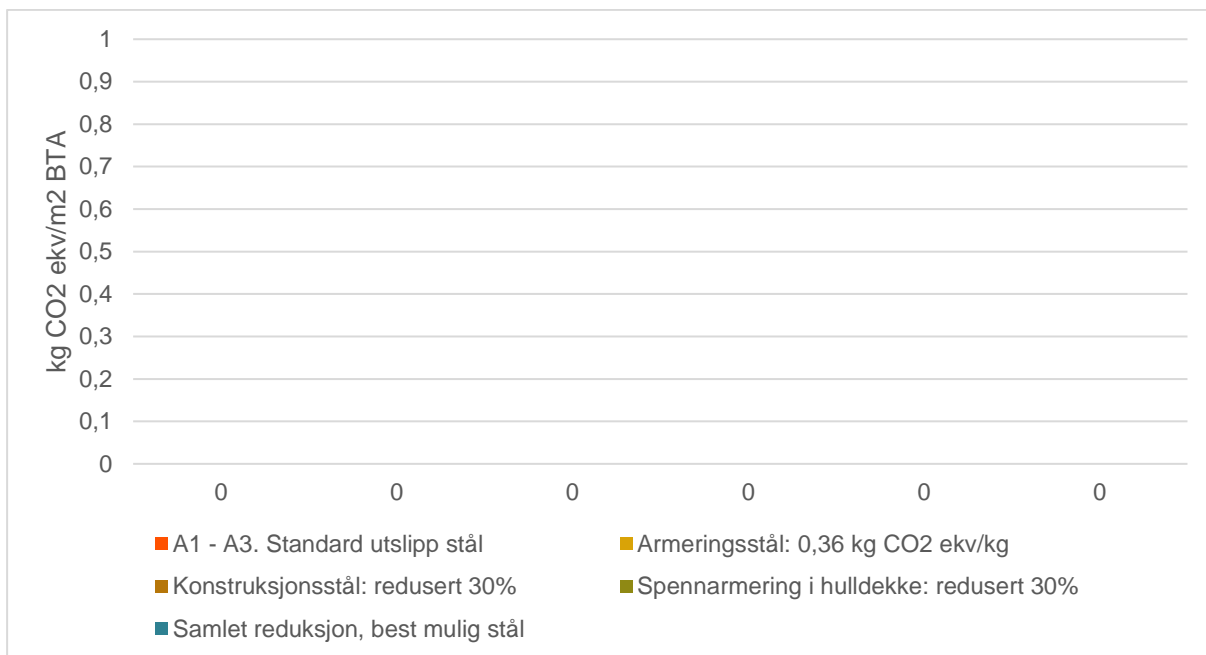
Det varierer hvor høy resirkuleringsgrad som er mulig å få tak i for ulike typer stålprodukter. Per nå finnes det følgende dokumenterte andeler resirkulert stål på markedet:

- Armeringsstål: 100 % skrap
- I,H,U,L,T-Profilen (HEB, IPE...): Flere leverandører kan levere med opptil 85 % skrap, og én leverandør kan levere med 100 % skrap
- Hulprofiler: < 13 % skrap
- HSQ: <11 % skrap

Det er viktig å være klar over at en del leverandører lager EPD-er for et snitt av sine produkter, slik at noen av produktene vil ha lavere resirkulert andel enn det EPD-en viser, og andre vil ha høyere. Det bør derfor i prosjekter med høye miljøambisjoner etterspørres produkter som er produsert med så mye skrap som er mulig for de aktuelle produktene som skal brukes. Et bæresystem i stål kan også optimaliseres ved å benytte mer av IHULT-profiler og mindre av hulprofiler og HSQ, men det må være et premiss fra tidlig i prosjektet.

Det må i tillegg nevnes at den reelle effekten på klimagassutslipp ved bruk av skrapstål er usikker, hvis man ser på det i et konsekvens-perspektiv. Per i dag er den globale etterspørselen etter skrapstål høyere enn tilgangen. I et globalt perspektiv vil derfor økt bruk av skrapstål ett sted måtte føre til tilsvarende økt bruk av jomfruelig stål et annet sted.

På grunn av den høye etterspørselen etter skrapstål er prisen på skrapstål generelt høy. Prisene på skrapstål svinger mye, men har generelt de siste årene vært dyrere enn jernmalm. Det er likevel ikke grunnlag for å si at det vil medføre vesentlige merkostnader knyttet å etterspørre armeringsstål med høy andel skrap på nåværende tidspunkt.



Figur 5-4: Klimagassutslipp for A1-A3 i kg CO₂-ekv/m² BTA for ulike bygningsfunksjoner. Beregninger med standard utslipp fra stål, og med ulike reduksjoner for armeringsstål, konstruksjonsstål og spennarmering.

Figur 5-4 viser klimagassutslipp for A1-A3 i kg CO₂-ekv/m² BTA for ulike bygningsfunksjoner. Beregninger med standard utslipp fra stål, og med ulike reduksjoner for armeringsstål, konstruksjonsstål og spennarmering. For konstruksjonsstål og spennarmeringer er det beregnet med et redusert utslipp på 30% pr kg stål.

Beregningene viser at utslippstall for A1-A3 for byggene reduseres med rundt 1% ved å benytte best mulig armeringsstål, 3% til 6% ved å benytte konstruksjonsstål med 30% lavere utslipp, 1-2% ved å benytte spennarmering i hulldekker med 50% lavere utslipp. Samlet teoretisk mulig reduksjon ved å benytte best mulig stål vil være 5% til 8%, reduksjon, for A1-A3.

Resultater vist i Figur 5-4 er basert på forenklete beregninger det utslippsfaktor for stål reduseres. Ved å bytte type stål fra for eksempel hulprofiler til valsede profiler kan en konsekvens være at totale mengde stål reduseres eller økes, slik at bygget samlet bruker mindre eller mer kg stål. Denne effekten må inkluderes når ulike ståltyper vurderes.

5.2.3 Asfalt

Asfalt er det enkeltmaterialet som har størst betydning for klimagassutslipp fra veiinfrastruktur, som følge av at det både er et materiale som benyttes i stort omfang, må skiftes ofte, og har høye utslipp i produksjonsfasen. Dekkelevetid er den viktigste enkeltparameteren for utslipp fra asfalt. Det viktigste er å velge asfalttype som er best tilpasset til belastningen (årsdøgntrafikk, ÅDT), og gir lavest reasfalteringsbehov i drift. Polymerbitumenmodifisert bitumen (PmB) i asfalt bidrar til økt deformasjonsmotstand²¹, og kan derfor bidra til økt dekkelevetid. Asfalt med PmB har høyere klimagassutslipp, men dette kan veies opp av lavere utslipp fra dekkevedlikehold.

Andel returasfalt har også stor betydning for produksjonsutslipp for asfalt. Økt andel returasfalt vil i utgangspunktet gi lavere utslipp, såfremt dette ikke går på bekostning av dekkelevetid. Samtidig er

²¹ «Polymermodifisert bitumen - Egenskaper og krav», Statens Vegvesen
https://www.vegvesen.no/attachment/1239868/binary/1095545?fast_title=Polymermodifisert+bitumen+Egenskaper+og+krav.pdf

det usikkert om krav til høy andel returASFALT fører til at den totale andelen benyttet returASFALT øker, fordi det er grunn til å tro at all returASFALT allerede blir brukt, av økonomiske årsaker.

Utslipp fra ASFALTutlegging har fanges som regel ikke opp i EPDer, ettersom det kun er krav til at A1-A4 deklarerer. Det ligger et potensiale for reduserte utslipp fra ASFALTutlegging, både knyttet til energibruk og energikilden som benyttes. ASFALT som legges med lavere temperatur, og dermed redusert energibehov, såkalt lavtemperaturoASFALT, har vært fremholdt som et mulig klimatiltak. Det finnes imidlertid svært lite datagrunnlag på klimagassutslipp for lavtemperaturoASFALT, og det er per i dag ikke grunnlag for å hevde at dette gir vesentlig reduserte utslipp.

Per i dag finnes det 4 norske EPDer for ASFALT. At antallet foreløpig er såpass lavt skyldes at PCR for ASFALT er relativt ny (publisert 2017), og det kan forventes at antallet ASFALT-EPDer vil øke fremover, også som følge av krav til klimaprestasjon i veiprosjekter. Utslipp A1-A3 for disse varierer mellom 49-51 kg CO₂e/tonn for ASFALT uten PmB og 66-69 kg CO₂e/tonn for ASFALT med PmB. Den første av disse som utkom etter at ny PCR ble utarbeidet var en bransje-EPD fra EBA²² som viser utslipp på 51 kg CO₂e/tonn. Verdier fra svenske ASFALTleverandører²³ virker å ligge relativt mye lavere enn de norske EPDene (26-49 kg CO₂e/tonn). Dette indikerer at det er potensiale for vesentlig reduserte ASFALTutslipp, sammenliknet med verdiene som er lagt til grunn i tidligere beregninger, og i beregningene for veiprosjekter gjennomført i forbindelse med denne rapporten.

For midlertidig omlagt vei kan det være aktuelt å benytte typer som gir lavere utslipp på bekostning av levetid dette er dermed en mulig arena for å teste ut nye ASFALTtyper uten for stor risiko for prosjektet totalt.

Fordi det kan virke som at man er i en innovasjonsfase mht. å redusere klimagassutslipp for ASFALT, kan krav som stimulerer til innovasjon (bonus/malus, evt. tildelingskriterier) kan være hensiktsmessige for ASFALT – se kapittel 6.3.2.

5.2.4 Kalksement

Bruk av kalksement til grunnforsterking forårsaker vesentlige klimagassutslipp, både i bygg- og anleggsprosjekter. Dette skyldes både at det benyttes store mengder, og høye utslipp fra produksjon av bestanddelene i kalksement, dvs. brent kalk og sement.

Bruken av kalksement der innholdet av brent kalk erstattes med såkalt cement kiln dust (CKD). CKD består av sement, brent kalk og andre kalsinerte materialer, og gjør at bindemiddelet totalt har lavere CO₂-utslipp fra produksjonsfasen enn tradisjonell kalksement. Det mest brukte navnet på denne typen kalksement er multicem. I tillegg til å erstatte kalksement med multicem, kan man redusere klimafotavtrykket fra kalksement ved å benytte sement med resirkulert tilslag (flyveaske, masovnslagg, o.l.) og lavere klinkerinnhold i stedet for standard sement. Beregninger for veiprosjektet E18 Lysaker-Ramstadsletta indikerer at bruk av multicem kan redusere klimagassutslippene fra kalksementpeler med rundt 60-75 %, avhengig av hvilken sementtype som benyttes (i underkant av 60 % for peler med multicem i kombinasjon med standard CEM I, ca. 65-70% med CEM II flyveaskesement og ca. 75% med CEM III slaggsement).

Testforsøk utført av Geovita i forbindelse med E18 Lysaker-Ramstadsletta indikerte at sementtype ikke påvirket styrkeforhold målt i laboratorium. Endelige resultater på oppnådd styrke i felt vil imidlertid først bli klare når grunnarbeider kommer i gang.

²² https://www.epd-norge.no/getfile.php/138362-1514982392/EPDer/Byggevarer/Asfalt/NEPD-1390-456_Agb-11-Asfalt--slitelag-_1.pdf

²³ [https://gryphon4.environdec.com/system/data/files/6/13490/S-P-01172%20EPD%20ECO-ASFALT%20\(English%20version\).pdf](https://gryphon4.environdec.com/system/data/files/6/13490/S-P-01172%20EPD%20ECO-ASFALT%20(English%20version).pdf)

<https://gryphon4.environdec.com/system/data/files/6/12569/epd844%20NCC%20Green%20Asphalt2%20Arlanda.pdf>

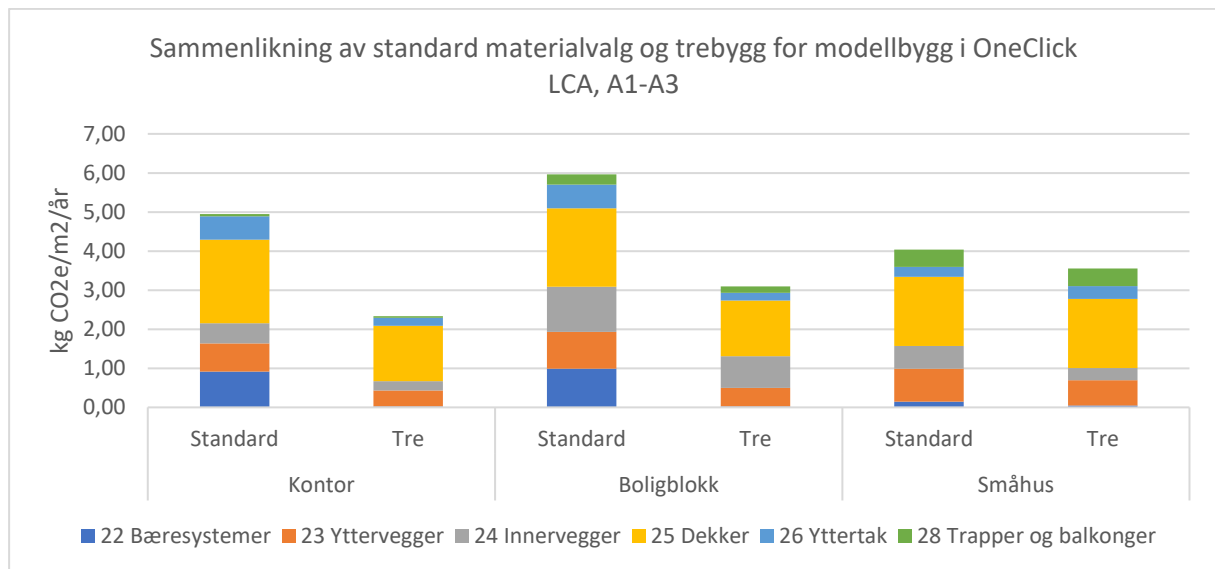
5.2.5 Trevirke

Konstruksjonsvirke har generelt lave klimagassutslipp, så lenge det kommer fra bærekraftig skogbruk. Limtre og massivtre har høyere klimafotavtrykk enn konstruksjonsvirke, som følge av liminnholdet og høyere energibehov for å sammenføre materialene.

Generelt vil stenderverk i tre gi lavere klimafotavtrykk per areal, fordi mengden trevirke i stenderverket er mindre enn en tilsvarende massivtrekonstruksjon. Massivtre bør derfor kun benyttes der det har bærende og/eller avstivende funksjoner.

Som for alle andre materialtyper er det også en fordel å velge kortreiste treprodukter fremfor å importere, fordi transporten kan utgjøre vesentlige klimagassutslipp ved lange transportdistanser. Dette er spesielt viktig for massivtre, som ofte fraktes fra sentral-Europa.

Å bygge med utstrakt bruk av tre kan være en effektiv strategi for å redusere klimapåvirkning fra bygninger. En utredning Asplan Viak utførte for DiBK i 2019 undersøkte potensialet for å redusere klimagassutslipp fra bygninger ved utstrakt bruk av tre, sammenliknet mot modellbyggene med standard materialbruk i One Click LCA. Resultatet er vist i Figur 5-5. Sammenlikningen indikerer at reduksjonspotensialet ved bruk av tre betydelig for kontorbygg og boligblokker, beregnet til hhv. 53 % og 48 %. For småhus er potensialet lavere, beregnet til 12 %. Dette skyldes at det i stor grad er standard praksis å bruke mye tre i småhus.



Figur 5-5 Vurdering av potensialet for å redusere klimagassutslipp ved utstrakt bruk av tre, sammenliknet mot standard modellbygg i One Click LCA. Hentet fra Asplan Viaks utredning av mulig beregningsmodell for nesten nullenerginivå i TEK, 2019.

Reduksjonspotensialet presentert i Figur 5-5 forutsetter hovedsakelig lettere trekonstruksjoner med dekker av og tak av trebjelkelag, bindingsverksvegger, limtresøyler og bjelker av konstruksjonsvirke. Dette vil være mulig for enklere konstruksjoner på inntil 3-4 etasjer. For høyere bygninger eller bygninger mer spesielle krav til bæring eller spennvidder vil det være nødvendig med mer bruk av kraftigere søyler og bjelker i limtre, og/eller krysslimte massivtreelementer som avstivende vegger og i dekker. Reduksjonspotensialet vil da være lavere, fordi massivtrekonstruksjoner er mer materialintensivt enn stenderverk og søyle-bjelkesystem. Det er likevel betydelig potensiale for å redusere klimapåvirkning ved bruk av massivtre.

Det har vært mye debatt om massivtre eller lavkarbonbetong er det beste valget for miljøambisiøse bygg de senere årene. Det korte svaret på dette er at det ikke er mulig å angi en generell og allmenngyldig konklusjon. Det vil finnes tilfeller der hvor bygg med massivtrekonstruksjon kan oppnå lavere beregnede klimagassutslipp enn bygg med lavkarbonbetong, og det vil finnes

tilfeller der hvor det motsatte gjelder. Som omtalt i 5.2.1 er det også reduksjonspotensiale ved å bytte ut standard betong med lavkarbonbetong. Ved bruk av lavkarbon ekstrem vil reduksjonspotensialet være enda større, og det utvikles stadig betongprodukter med lavere klimagassutslipp.

Det optimale materialkonseptet vil avhenge av en rekke faktorer for hvert enkelt prosjekt, bl.a. bygningsutforming, ønskede funksjoner, tekniske krav og lokal tilgang på materialer. I tillegg spiller overgripende faktorer inn: tilgang på ressurser til materialproduksjon, erfaring i markedet og grad av industrialisering for ulike produksjonsteknologier og materialløsninger.

Det kan ikke legges skjul på at trevirke er et fornybart materiale som vi har god tilgang på, mens lavkarbonbetong foreløpig er avhengig av ikke-fornybare ressurser som kalkstein og flyveaske eller andre pozzolaner. Det er dermed grunn til å anta at det er begrenset tilgang på betongmaterialer med utslippsnivå som er sammenliknbart med massivtre. Skullestad et al., 2016²⁴ sammenliknet klimapåvirkning for bærekonstruksjoner i tre og plaststøpt betong for bygg med varierende bygningshøyde. Til sammen ble 96 ulike kombinasjoner av LCA-forutsetninger og produksjonsteknologier sammenliknet. I ett tilfelle kom betongkonstruksjonen bedre ut enn trekonstruksjonen. Dette gjaldt for et sett med kriterier som var mer fordelaktige for betongalternativet og mindre fordelaktige for tre-alternativet. Generelt var reduksjonspotensialet ved bruk av massivtre lavest ved 12 etasjer, men økte drastisk herfra opp mot 21 etasjer. Årsakene til dette er nærmere forklart i kapittel 4.1.5.

Det presiseres at studien kun beregnet utslipp fra materialer i bærestruktur og fundamenter. På grunn av studiens natur ble ikke transport til byggeplass (A4) medregnet. For spesifikke prosjekter der det skal vurderes å bruke massivtre, er det erfaringsmessig svært viktig å medregne utslipp fra produsent til byggeplass. På grunn av manglende tilgang på norske produsenter av massivtre i flere år, har det vært vanlig å importere massivtre fra Øst-Europa. Dette kan føre til høye utslipp i A4 som må medregnes i sammenlikningen mot bruk av lavkarbonbetong. Det kan også være en rekke tekniske barrierer ved bruk av massivtre, spesielt i høyere bygninger. Dette er nærmere omtalt i kapittel 5.3.

Å bygge med massivtre har i flere prosjekter vist seg å være noe dyrere enn å bygge med stål og betong. I andre prosjekter har massivtre likevel kommet billigere ut enn andre løsninger. Det er flere faktorer som spiller inn på kostnadene. Krav til brann og akustikk, antall etasjer og ønskede spennvidder i bæresystemet har stor innvirkning på kostnader knyttet til prosjektering med massivtre. På den annen side er det mulig å redusere byggetiden ved bruk av massivtreelementer, noe som vil redusere de totale kostnadene.

Det finnes ikke preaksepterte ytelser for brannsikkerhet i bygninger på over fire etasjer med bærekonstruksjon i massivtre. Det betyr at det kreves analytisk brannprosjektering for å dokumentere at funksjonskrav til brannsikkerhet er oppnådd. Manglende kunnskap og erfaring på denne typen prosjektering kan føre til økt prosjekteringstid og økt risiko i prosjektet som kan gi utslag på pris. Mer erfaring og industrialisering av løsninger vil kunne få ned prisene på massivtre-løsninger i fremtiden.

Dersom det er behov for store gulvflater og dekkespenn kan det bli dyrere å bruke massivtre enn betong. I leilighetsbygg som ikke krever store spennvidder kan imidlertid massivtre være et minst like rimelig alternativ. Dette har vist seg gjennom flere offentlige prosjekter som for eksempel omsorgsboliger og sykehjem som har blitt bygget i massivtre.

5.2.5.1 Klimaeffekt av opptak og utslipp fra trematerialer

Klimaeffekten av å bruke tre som byggematerialer kan regnes på ulike måter. Her drøfter vi kort hvordan dette påvirker klimagassberegninger og gir anbefalinger rundt beregningsmetodikk for å

²⁴ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610216307512>

kunne vurdere klimaeffekt på en mest mulig hensiktsmessig måte. En mer detaljert utgreiing om dette emnet er gitt i Vedlegg 6.

Alle utslipp av CO₂ til atmosfæren har samme potensiale for å forårsake klimapåvirkning, uavhengig av kilde. Trær, og alt annet plantemateriale, binder CO₂ gjennom fotosyntesen, og når vi brenner biomasse betrakter vi utslippene som klimanøytrale fordi vi antar at et utslipp for forbrenning kompenseres av et tilsvarende opptak i ny tilvekst. Dersom utslipp og opptak ikke inntreffer samtidig, og at tidsforskyvningen mellom disse hendelsene er lang, vil man få en netto virkning på atmosfærens CO₂-innhold²⁵. For biobrensler vil tidsdifferansen føre til at utslipp fra forbrenning av biomasse blir værende i atmosfæren og forårsake økt klimapåvirkning, i tiden det tar fra forbrenningsutslippet til ny tilvekst har rukket å ta opp en tilsvarende mengde CO₂.

For biobaserte materialer med lang levetid vil utslipp i avhendingsfasen først skje lenge etter at biomassen ble tatt ut av skogen, og karbonopptak i ny tilvekst som følge av hogst starter dermed før avhendingsutslippet inntreffer. På bakgrunn av dette kan man argumentere for at byggematerialer av tre fungerer som et midlertidig karbonlager så lenge materialene forblir i bruk i bygget (eller i et nytt bygg). Denne midlertidige lagringseffekten kan imidlertid ikke synliggjøres i tradisjonelle (statiske) LCA-beregninger – se kapittel 2.1.1 og Vedlegg 6. Beregninger²⁶ med dynamisk beregningsmetodikk indikerer at effekten av å betrakte trematerialer i bygg som et midlertidig karbonlager i 60 år er svært moderat.

Karbonet som er lagret i trevirket vil til slutt slippes ut til atmosfæren, ved forbrenning eller annen nedbryting. Vanligvis forutsetter man at trematerialer brennes til energiformål ved endt levetid for bygget, basert på dagens avfallshåndteringspraksis. Dette legges til grunn i de fleste klimagassberegninger for bygg, og i EPDer. Klimagassutslippet av biogent CO₂ som forårsakes av forbrenning i avhendingsfasen regnes imidlertid som klimanøytralt, fordi det antas at opptak og utslipp av biogent CO₂ over beregningsperioden for bygget kansellerer hverandre.

I EPDer løses dette som regel ved at opptak av biogent karbon medregnes i A1-A3, og utslipp medregnes i C3/C4. Det kan ved første øyekast forstås som at denne praksisen ikke tar hensyn til karbonlagring i treprodukter, men det er nettopp det den gjør: Dersom karbonlagringen i trevirket ikke ble hensyntatt, ville man ikke trukket fra mengde for biogent karbon i A1-A3, men kun medregnet utslipp av biogent karbon ved endt levetid. Ved å regne biogent karbon som karbonnøytralt over beregningsperioden medregnes i praksis kun utslipp som kommer fra anleggsmaskiner ved hogst og tilvirking, transport, tørking av tømmer og evt. lim og andre tilsetningsstoffer for treproduktene. Det er dermed kun tidsforskyvnings-effekten som ikke medregnes med denne praksisen.

En del EPD-er viser kun utslipp fra produksjonsfasen (A1-A3), fordi det ikke er obligatorisk å angi forventede utslipp fra bruk og avhending av produktet som deklarerer. Dette fører til at deklarererte utslipp per enhet angis som negativt i A1-A3. Dersom denne verdien benyttes i klimagassberegninger for et bygg, tilsvarer det i praksis å forutsette at det biogene karbonet i materialene aldri kan slippe ut igjen til atmosfæren. Dersom disse materialene en gang i fremtiden sendes til forbrenning (uten CCS) vil det biogene karbonet slippes ut, og tallene som er oppgitt i EPDene ikke være gyldige. For norske EPD-er stilles det derfor krav om at utslipp inkludert forbrenning ved endt levetid også skal

²⁵ Her benyttes premisset om at forholdet mellom avvirkning og tilvekst er konstant som en forenkling for å illustrere prinsippet. I Norge har vi hatt netto tilvekst av skog siden 1950-tallet (http://www.skogoglandskap.no/filearchive/tilvekst_og_skogavvirkning.pdf), mens globale skogsområder har minket siden 1990 (<http://www.fao.org/3/a-i4868e.pdf>).

²⁶ Klimagassberegninger for Villa Dammen (Asplan Viak, 2017) <https://www.byggogbevar.no/enoe/artikler/rapporter-og-nettsider/klimagassberegninger-villa-dammen>

angis²⁷, for å at karbonlagringseffekten dobbelttelles i klimagassberegninger der EPD-verdien benyttes.

For et gjennomsnitt bygg med utstrakt bruk av tre²⁸ vil man kunne regne med et opptak av CO₂ i vekstfasen tilsvarende ca. 1,1 kg CO₂ per m² BTA, som tilsvarer i størrelsesorden 20 % av utslipp i produktfasen (A1-A3)²⁹.

Det er mulig å se for seg alternative avhendingsscenarier der trematerialene ikke brennes, for eksempel ved ombruk. Dersom det skal være mulig å ombruke trebaserte byggevarer i et nytt bygg etter 60 år, må man imidlertid legge til rette for dette i prosjekteringen av det opprinnelige bygget, slik at produktene kan demonteres og skilles fra omkringliggende materialer uten at de forringes i vesentlig grad. Dette kan for eksempel gjøres ved at materialer skrues sammen, i stedet for å bruke spiker eller lim i montering. Ombruk forutsetter også en god logistikk i rivingsfasen, samt systemer for å håndtere logistikk knyttet til lagring og omfordeling av byggevarer for ombruk, i et omfang vi ikke har per i dag. Hvorvidt komponenter faktisk ombrukes etter endt levetid vil avhenge av økonomiske og regulative insentiver - generelt kan man argumentere for at et slikt sirkulært scenario betinger en fremtidig situasjon der ombruk tvinges frem, enten som følge av vesentlig økt ressursknapphet, eller av mye strengere myndighetskrav (for eksempel svært strenge rammekrav til klimagassutslipp).

Et annet alternativt scenario som ikke forutsetter forbrenningsutslipp i avhending er forbrenning av trevirket med karbonfangst (CCS), eller at trevirket på annet vis lagres på en slik måte at det ikke brytes ned («grave det ned i bakken»). CCS vil sannsynligvis bli en del av fremtidens avfallshåndtering, men det er knyttet store usikkerheter til kostnader og implementeringstakt. Per i dag er derfor forbrenning i avhendingsfasen fortsatt det mest sannsynlige scenariet for trebaserte byggematerialer.

Argumentene over tilsier at det ikke vil gi et riktig bilde av klimagassutslippene fra materialbruk å legge til grunn netto negativ utslippsverdi per enhet tremateriale benyttet i et bygg, eller medregne opptak av CO₂ i vekstfasen tilsvarende mengden trevirke i bygget. I tillegg vil dette gi et insentiv til å bygge mer materialintensive bygg, på bakgrunn av at hver m³ trevirke tilført vil redusere netto materialutslipp, som i seg selv er et paradoksalt premiss.

5.2.6 Fasadematerialer

Fasadesystemer med mye glass og metall vil generelt gi høye klimagassutslipp, og bør derfor begrenses i prosjekter med mål om klimagassreduksjon. Glassarealer bør optimaliseres med hensyn til dagslys.

Trekledninger kan ha svært lave klimagassutslipp, spesielt ubehandlet eller lett behandlet tre (for eksempel jernvitrolbehandlet). Levetiden til ubehandlede trekledninger er avhengig av type behandling og vedlikehold, men en eventuelt kortere levetid for trekledning vil generelt likevel ikke veie opp for utslippsdifferansen sammenliknet med glass- eller metallfasade. Et ubehandlet trepanel (21 mm) har typisk et klimagassutslipp fra produksjon på under 2 kg CO₂-ekv/m² panel, mot over 70 kg CO₂-ekv/m² for 2 mm aluminiumskledning laget av jomfruelig materiale, eller over 80 kg CO₂-ekv/m² med 3-lags glass. Ved valg av trekledning må man ta i betraktning hvor trevirket kommer fra, da flere kledningsleverandører importerer trevirke fra USA, Canada og New Zealand, noe som øker klimafotavtrykket.

²⁷ Såkalt umiddelbar oksidering-prinsippet (Instant oxidation, IOBC)

²⁸ Et bygg modellert ved bruk av trebygg-funksjonen i Carbon Designer i One Click LCA vil inneholde ca. 0,09 m³ trevirke per m² BTA.

²⁹ Forutsatt et opptak på 700 kg/m³ gir dette et samlet opptak på 65,7 kg biogent CO₂/m² BTA. Delt på 60 år er dette 1,1 kg biogent karbon i opptak pr m² BTA.

Fibersementplater er mulig å få tak i med lave klimagassutslipp, men utslipp per m² med fasademateriale avhenger av tetthet og tykkelse for materialene.

Naturstein kan også ha lavt klimafotavtrykk dersom det er bearbeidet i Norge eller Norden.

5.2.7 Isolasjon

Utslippsfaktorer for isolasjonsprodukter varierer med trykkfasthet, tetthet og isoleringsevne. Høyere trykkfasthet (som også henger sammen med tetthet) og høyere isoleringsevne gir generelt høyere klimagassutslipp. Behov for trykkfasthet og isoleringsevne er avhengig av bruksområde.

For å redusere utslipp fra isolasjon er det derfor viktig å alltid velge lavest mulig trykkfasthet og isolasjonsevne, som samtidig tilfredsstiller bygningsfysiske krav. Isolasjon produsert av resirkulert glass eller trefiber har de laveste klimagassutslippene for R=1, etterfulgt av steinull.

5.2.8 Gulvbelegg

Banebelegg som vinyl og linoleum er mulig å få tak i med lavt klimafotavtrykk. Det samme gjelder ulike tregulv. Klimafotavtrykket for gulvbelegg varierer imidlertid svært mye fra produkt til produkt, så det er vanskelig å oppgi generelle tall. Tykkelse, tetthet, innhold av resirkulert materiale og produksjonsland er faktorer som påvirker klimafotavtrykket.

Teppebelegg kan fort ha relativt høyt klimafotavtrykk, men dette er mulig å redusere ved å bruke tepper av resirkulerte materialer.

5.2.9 Himlingsmaterialer

Glassullplater, trespiler og gipsplater har de laveste klimagassutslippene, etterfulgt av tynne plater i mineralull. Generelt for bygningsplater gir tykkere plater og høyere tetthet høyere klimagassutslipp. Metallhimlinger har potensielt svært høye klimagassutslipp sammenliknet med de andre alternativene. Ved valg av metallhimlinger kan redusert tykkelse på metall-sjiktet og høyere andel resirkulert materiale bidra til å redusere klimafotavtrykket.

5.3 Barrierer for klimavennlig materialbruk

5.3.1 Prosess og målstyring

Tydelig målsetting for klimagassutslipp og forankring av disse målene kan være avgjørende for å unngå at mulige klimavennlige løsninger går tapt i et prosjekt. Mål for klimagass bør settes så tidlig som mulig, for å redusere risiko for omprosjektering og merkostnader.

Klimagassmålet må være forankret hos alle i prosjektorganisasjonen. En god prosess krever tydelig kommunikasjon til de ulike prosjekterende om hvordan klimagassmålet påvirker akkurat deres fagfelt. Den optimale prosessen for klimagassreduksjon vil være samspill mellom de ulike fagene for å finne det best egnede designet og materialkonseptet som innfrir klimagassmålet i tillegg til andre krav i prosjektet. Dette krever god kommunikasjon og forståelse av hvilke materialer og bygningsdeler som spiller en spesielt viktig rolle for klimagassutslippene i det aktuelle bygget. Et tiltak for å sikre forståelse og engasjement fra de ulike fagene kan være å konkretisere hvordan det overordnede klimagassmålet får betydning for hvert fag. Dette kan for eksempel gjøres ved at det utføres et tidligfase klimagassregnskap som vurderer konsept, geometri og ulike materialløsninger for å få et bilde på hvilket spillerom som finnes for ulike bygningsdeler. En mulighet kan være å tilegne et slags klimagassbudsjett for ulike bygningsdeler, men for å unngå suboptimalisering og «flytting» av klimagassutslipp til andre steder i bygget bør det være slingringsmonn i budsjettet.

Dersom det er mål om store reduksjoner i klimagassutslipp er bæresystemet spesielt viktig å ta i betraktning tidlig, da det er bæresystemet (inkludert dekket og bærende vegger) som bidrar til de største andelene av klimagassutslippene for de fleste bygg. Konsept for fasader bør også vurderes

tidlig i prosjektet før løsningen låses. Dersom slike vurderinger gjøres for sent, kan det føre til at det blir krevende, hvis ikke umulig, å nå målet om reduksjon av klimagassutslipp. I beste fall vil det sette ekstra stort press på løsnings- og materialvalg for resterende bygningsdeler. Ved å tidlig kartlegge handlingsrommet for ulike materialvalg vil man ha større mulighet til å velge hvilke bygningsdeler som vil kreve ekstra tiltak for å redusere klimagassutslippene, og hvilke bygningsdeler som kan ha litt slingringsmann i klimagassregnskapet. Tidlig i prosjektet vil dessuten terskelen for å vurdere alternative løsninger være lavere enn når prosjekteringen er godt i gang.

I tillegg til forankring av mål, er oppfølging og målstyring viktig gjennom hele prosjektet. Dersom det ikke finnes definerte prioriteringer ved eventuelle målkonflikter, kan fort krav til klimagassutslipp måtte vike. Mål for klimagassutslipp og eventuelle krav til bygningsdeler eller materialer må kommuniseres tydelig i tilbudsgrunnlag, for å unngå misforståelser eller feilprising. Innkjøp av materialer må dessuten følges opp gjennom dokumentasjon på at materialene som kjøpes inn og leveres til byggeplass faktisk overholder de kravene det er prosjektert med.

Krav til raske byggeprosesser kan også hindre klimavennlig materialbruk ved at det velges prefabrikkerte løsninger med færre valgmuligheter, som innskrenker reduksjonspotensialet betraktelig.

For å få til god forankring og forståelse for mål om klimagassreduksjon i et prosjekt bør miljørådgiver/ansvarlig for klimagassregnskapet inkluderes og synliggjøres i prosjektgruppen fra et tidlig tidspunkt. I flere prosjekter har det vært svært nyttig å holde et møte der miljørådgiver orienterer om hvordan et klimagassregnskap settes opp, hvilke bygningsdeler som typisk forårsaker størst klimagassutslipp, og hvilke alternativvurderinger som kan være aktuelle å gjøre i prosjektet. Sammen bør prosjektgruppen og prosjektledelsen bli enige om en strategi for hvordan målet skal tilnærmes: Hvilke alternativer som skal vurderes, skal det lages et innledende tidligfaseregnskap, hvilket underlag trengs for beregninger. Et slikt møte vil ikke bare øke bevisstheten i hele prosjektgruppa, men danne grunnlag for tettere kommunikasjon videre i prosjektet.

For å finne optimale løsninger for materialvalg i et prosjekt er det fordelaktig med samarbeid mellom miljørådgiver, arkitekt og de andre prosjekterende:

- RIB: Finne optimale løsninger for materialvalg i bæresystemet
- Akustiker: Finne optimale løsninger for materialvalg i innervegger og himlinger som samtidig overholder lydkrav
- Bygningsfysiker: Finne optimale løsninger for isolasjonstykkelser og -typer
- Energirådgiver/dagslys: Finne optimale løsninger for glassarealer i fasader

5.3.2 Tekniske og funksjonelle krav

Tekniske og funksjonelle krav (i tillegg til økonomi) er erfaringsmessig det man opplever som konkrete barrierer, men dette kan omgås med bedre prosess der klimahensyn er forankret fra starten. Tekniske og funksjonelle krav kan ikke endres, men man kan planlegge med hensikt om minimale utslipp, og dermed planlegge for de løsningene som gir lavest utslipp i sum.

Helhetlig prosjektering med mål om lavest mulig utslipp vil føre til at man møter færre barrierer enn dersom man forsøker å innføre enkelttiltak i en i stor grad ferdigprosjektert løsning.

5.3.2.1 Brann- og akustikk-krav ved bruk av massivtre

Massivtre kan benyttes i eneboliger, rekkehus, bygninger på inntil 4 etasjer og som svalgangsdekke i bygg inntil 2 etasjer uten store utfordringer. Massivtrebygninger på over 4 etasjer krever imidlertid høy kompetanse på brannsikring. Manglende forskning og erfaring kombinert med funksjonskrav til brannsikkerhet blir en barriere i mange prosjekter. Økt risiko forbundet med brannteknisk prosjektering kan gi utslag i prising i anbudsprosessen, og dermed gjøre at massivtreløsninger ikke blir konkurransedyktige på pris.

Det finnes foreløpig ikke preaksepterte ytelser for brannsikkerhet for bygninger på over fire etasjer med bærende konstruksjoner i massivtre. Det må derfor dokumenteres gjennom analytisk prosjektering at den aktuelle løsningen overholder funksjonskravene. Dette kan være kompliserende for prosjektet, og bidrar til økt prosjekteringstid og kostnader for brann teknisk prosjektering. Regelverket knyttet til brannsikkerhet tolkes også ulikt av ulike fagmiljøer, slik at valg av brannrådgiver kan være avgjørende for om man får til et massivtreprosjekt eller ikke³⁰.

Konstruksjoner med stor masse reduserer lyden vesentlig mer enn lette konstruksjoner. En av hovedutfordringene med massivtrebygg når det kommer til akustikk er derfor tapt masse i skillevegger og etasjeskiller, som gir dårligere lydisolering både for trinnlyd og luftlyd sammenliknet med betongvegger og betongdekker. Dette medfører at skillekonstruksjoner av massivtre må utføres med en tilleggskonstruksjon på minst en av sidene av elementet. Et vanlig tiltak for etasjeskiller er å øke flatevekten ved å tilføre sand/grus eller påstøp av betong over massivtredekket. For skillevegger kan det tilføres en utføring med plateledning. Koblingen mellom etasjeskiller, skillevegger og øvrige bæresystemer er dessuten avgjørende for tilfredsstillende lydisolasjon og å redusere flanketransmisjon. God knutepunktdemping gir mindre lydoverføring i form av flanketransmisjon.

Dersom akustiker har manglende erfaring med prosjektering for massivtrekonstruksjoner kan dette tilføre prosjektet usikkerhet og være en barriere for å velge massivtre.

I prosjekter med ønske om bruk av massivtre kan det være en stor fordel å bruke rådgivere som har jobbet med massivtreprosjekter tidligere. Erfaring med brann- og akustikkprosjektering for massivtrebygg minimerer risiko for overdimensjonering og overdreven materialbruk for å overholde tekniske krav. Overdimensjonering kan i verste fall øke klimagassutslippene fra materialbruk så mye at fordelene med bruk av massivtre utliknes. Da kan det i noen tilfeller være bedre å bruke lavkarbonbetong klasse A.

Det er også viktig å huske på at det ikke nødvendigvis er optimalt med mest mulig massivtre. Ofte kan en kombinasjon av massivtre, limtre, konstruksjonsvirke, konstruksjonsstål og betong gi en optimal løsning for lavest mulige klimagassutslipp.

5.3.2.2 Spennvidder

Betongdekker kan oppnå større spenn enn massivtredekker. I prosjekter som krever store spenn og åpne arealer kan derfor betong være å foretrekke. Spennvidde for massivtredekker kan forlenges gjennom samspill med betong. Ulike løsninger bør vurderes og regnes på i hvert prosjekt for å finne beste mulige løsning.

5.3.2.3 Herdetid og fasthetsutvikling for betong

Betong med stor andel flyveaske og slagg kan gi en mer langsom fasthetsutvikling, men dette avhenger av utetemperatur. Betong med høy andel flyveaske kan bruke lenger tid på å herde enn normalt ved kalde temperaturer. Det er stort sett fra Lavkarbon A til Lavkarbon Ekstrem at effekten på fasthetsutvikling kan være så stor at den vil kunne påvirke herdetiden vesentlig. Det må derfor planlegges for i byggeprosessen. Dersom det stilles høye krav til tidligfasthet for enkelte elementer kan det ikke ukritisk prosjekteres med lavkarbon klasse A eller bedre her. Lavkarbon B kan også gi utfordringer ved særlig høye krav til tidligfasthet³¹.

Per i dag kan det være utfordrende å få levert prefabrikkerte elementer med strengere lavkarbonklasser. Bruk av lavkarbonvariantene med lavest utslipp fordrer per i dag spesialbestilling eller plasstøping. Her er imidlertid markedet i rask endring, og økt etterspørsel etter lavutslippsløsninger må forventes å føre til endret praksis.

³⁰ Masteroppgave: Tolkning av brannregelverket for høye bygninger i massivtre, Galtvik 2019

³¹ <https://fabeko.no/assets/2.-Lavkarbonbetong-Tom-Fredvik.pdf>

Ved bruk av lavkarbonbetong er det viktig å ha dialog med RIB, prosjektleder og entreprenør for å kartlegge om det er visse bygningsdeler som vil være kritiske for fremdriften, slik at det kan planlegges tilstrekkelig og ikke vil oppstå uforutsette forsinkelser. Ved god planlegging kan det være mulig å bruke lavkarbonbetong i kalde temperaturer uten at det påvirker fremgangen. På Deichman ble de bærende sjaktene glidestøpt med lavkarbon A i januar. 20 meter ble støpt på 10 døgn.

5.3.2.4 Tilgang på resirkulert metall

Fordi metodikken som benyttes i konvensjonelle klimagassregnskap iht. NS3700 gir uttelling for å benytte materialer med resirkulert innhold, er det ofte ønskelig å bruke stål, aluminium og andre metaller med høyest mulig resirkulert andel i miljøambisiøse bygg. Tilgangen på produkter med høyt innhold av skrapmetall er imidlertid varierende. For konstruksjonsstål er det for eksempel kun visse typer profiler som lages med høyt innhold av skrap, og det er ikke alltid disse profilene kan brukes i det aktuelle prosjektet.

I prosjekter der det er behov for stål i bæresystemet kan det være hensiktsmessig å sette et måltall på maksimalt tillatt klimagassutslipp for hele bæresystemet, slik at RIB kan optimalisere samspill mellom ulike typer stålprofiler, betong og evt. tre for å oppnå klimagassmålet.

5.3.2.5 Trykkfasthet for isolasjon

Bygningsfysiske hensyn kan stille krav til trykkfast isolasjon i deler av et bygg. For eksempel i grunn under bunnplate, eller i takdekker med trafikk (takterrasser). Der det kreves trykkfast isolasjon utelukkes de isolasjonstypene som har lavest klimafotavtrykk, fordi isolasjonens trykkfasthet og dermed tetthet henger tett sammen med klimafotavtrykket. Det er imidlertid forskjell på trykkfast isolasjon, og klimafotavtrykket kan reduseres ved å velge EPS eller steinull med lavest mulig trykkfasthet fremfor XPS der det er mulig, og velge kortreiste produkter fremfor importerte.

God kommunikasjon mellom miljørådgiver, bygningsfysiker og RIB er viktig for å sikre at det ikke brukes isolasjon med høyere trykkfasthet enn nødvendig.

5.3.3 Økonomiske forhold

Som nevnt i kapittel 5.2 kan materialer med lavt klimafotavtrykk være dyrere enn alternativene, noe som vil være en barriere i flere prosjekter. I flere tilfeller vil det også finnes materialer produsert i Norge eller Norden med lavt klimagassutslipp, men for å spare penger kjøpes det inn tilsvarende materialer fra utenlandske produsenter – typiske eksempler er massivtre fra sentral-Europa og naturstein fra Kina. Dette kan føre til økte utslipp både fra produksjon av materialene og fra transport.

Økonomiske rammer og prioritet ved målkonflikter med klimagassregnskap må være tydelig definert. Ved kontrahering av entreprenører må klimagasskrav komme tydelig frem i tilbudsunderlaget slik at prosjektet prises riktig. I valg av løsninger og materialer både under planlegging og bygging bør alltid klimagassutslipp også vurderes på samme måte som kostnader, slik at effekt av valg på byggets totale klimagassutslipp blir synliggjort.

Selv om et bygg som får økte kostnader fra innkjøp av materialer med lavt klimagassutslipp kan en effekt være at bygget har høyere inntjening ved utleie i driftsfasen, da bygg med høy miljøprofil ofte har høyere markedsverdi enn standard bygg. I 2014 gjennomførte konsulentfirmaet BCG en analyse på oppdrag for Entra for å undersøke eiendomsverdi for miljøbygg³². Analysen viste at miljøsertifiserte bygg hadde mellom 5 og 20 % høyere leieinntekter og fra 10 til 25 % høyere salgspris.

³² <https://www.estatenyheter.no/2014/03/19/hoyere-verdi-med-miljobygg/>

Generelt er det så mange faktorer som spiller inn når det gjelder vurderinger av økonomiske forhold og kostnadsnivå at det ikke er mulig å si noe mer generelt om dette i denne rapporten. Det anbefales at økonomiske forhold og utslipp av klimagasser vurderes samlet i en egen utredning.

6 ANBEFALINGER FOR Å STILLE KRAV TIL OG VURDERE KLIMAPRESTASJON I UTBYGGINGSPROSJEKTER

I dette kapitlet kommer vi med anbefalinger for hvordan Oslo kommune kan sette mål for, stille krav til, og evaluere klimaprestasjon i utbyggingsprosjekter. Dette gjelder fortrinnsvis kommunale prosjekter, der kommunen er byggherre, men anbefalingene er også gyldige for, og basert på erfaring fra prosjekter med private utbyggere.

Hovedformålet med arbeidet bak denne rapporten har vært å etablere referansenivåer for bygge- og anleggsprosjekter som kan benyttes av Oslo kommune til å stille krav til klimaprestasjon i sine utbyggingsprosjekter. Anbefalingene tar derfor utgangspunkt i at slike referansenivåer benyttes, men vi vil også drøfte mulighetene for å stille andre typer krav.

Vi vil drøfte bruken av ulike innretninger for krav til klimagassberegninger og -utslipp. Spesifikke kravnivåer, som for eksempel hva som vil være hensiktsmessige reduksjonsmål for byggeprosjekter i Oslo, har ikke vært en del av oppgaven (se kapittel 1.3), og er derfor ikke drøftet.

6.1 Generelle anbefalinger for bygg og anleggsprosjekter

6.1.1 Utslippsramme vs. referansenivå

Referansenivåene presentert i denne rapporten kan benyttes til å stille krav til klimaprestasjon på to ulike måter. Nivåene kan benyttes på samme måte som man er kjent med fra bruk av referansebygg, dvs. å stille krav til at prosjekter dokumentere en viss reduksjon relativt til referansenivået. Det er også mulig å benytte en tilnærming der man ikke eksplisitt angir referansenivået, men i stedet setter en øvre ramme for utslipp, basert på ønsket reduksjon.

Under følger et regneeksempel som illustrerer forskjellen på reduksjonsmål relativt til en referanseverdi, og en øvre ramme for utslipp, der vi har lagt til grunn at man ønsker at utslipp skal ligge 30 % lavere enn referansenivået (dette er ment kun som en illustrasjon på hvordan man kan utforme krav, og ikke som en anbefaling til ambisjonsnivå):

Referanse: *Klimagassutslipp fra materialbruk skal reduseres med minst 30%, sammenliknet med referansenivået på 360 kg CO₂e/m²*

Utslippsramme: *Klimagassutslipp fra materialbruk skal ikke overstige 250 kg CO₂e/m²*

I praksis vil måltallet som skal dokumenteres være det samme (i eksempelet over, 250 kg CO₂e/m²), men ved reduksjonsmål oppgir man referansenivået eksplisitt, mens referanserammen er implisitt i rammekravet. Fordi man kun angir det ønskede måltallet ved krav til utslippsramme vil rammekrav fremstå som enklere og mer entydig enn reduksjonsmål. Ved å sette en fast øvre ramme eller budsjet for utslipp flyttes oppmerksomheten vekk fra referansen, og over på det konkrete prosjektet, og hvilke tiltak som må gjøres for å nå utslippsbudsjettet. Rammekrav vil derfor bidra til at man fjerner seg fra diskusjoner rundt hvor representativt referansenivået er, som har vært en kjent problematikk knyttet til bruken av referansebygg.

6.1.2 Klimagassberegninger i ulike entreprisformer

Hensikten med å gjøre klimagassberegninger i et utbyggingsprosjekt er å redusere klimapåvirkning fra utbyggingen. For at dette skal skje, må klimaarbeidet påvirke valg i prosjekter og brukes som styringsverktøy. Krav til klimagassberegninger bør derfor stilles på en slik måte at de som beslutter løsningsvalg har et insentiv til å vektlegge klima i sine valg.

Ulike entreprisformer påvirker rammene for klimaarbeidet på samme måte som den øvrige prosjekteringen. Uansett entreprisform, bør det utpekes en klimaansvarlig hos hver part som er

involvert i arbeidet (byggherre, entreprenør og/eller ekstern prosjekteringsgruppe/rådgiver) for å sikre at kommunikasjon rundt beregninger, måloppnåelse og dokumentasjon gjøres på en god og effektiv måte.

Tabellen under viser en oversikt over sentrale oppgaver i klimaarbeidet, og hvordan ansvar fordeler seg mellom byggherre, prosjekterende og utførende (entreprenør).

Oppgaver i klimaarbeidet	Utførelsesentreprise	Totalentreprise	Samspillsentreprise
Bestemme måloppnåelse for klimaarbeid	Byggherre	Byggherre	Byggherre
Utarbeide klimabudsjett	Byggherre/prosjekterende	Byggherre/prosjekterende/utførende	Byggherre/prosjekterende/utførende
Vurdere alternative valg mht. klima	Prosjekterende	Prosjekterende/utførende	Prosjekterende/utførende
Dokumentere måloppnåelse	Utførende (evt. byggherre, basert på dokumentasjon fra utførende)	Utførende	Utførende

Arbeidsfordelingen skissert over har betydning for hvilken type klimakrav som er hensiktsmessige å stille i ulike entrepriseformer, på samme måte som dette har betydning for andre typer krav i prosjektet.

I totalentreprise er det normalt ikke like hensiktsmessig å stille krav til spesifikke løsningsvalg. Normalt stille det ikke bonus-/maluskav for enkelte materialgrupper, fordi prosjekterte mengder normalt ikke er kjent på tidspunktet krav stilles (se kapittel 6.3.2.2). I totalentreprise er det mest relevant å stille krav på bakgrunn av totale utslipp, enten som en del av tildelingskriterier, eller bonus-/maluskav knyttet til totale utslipp ved utført prosjekt, sammenliknet med klimabudsjett fra forrige fase eller utslippstall gitt i tilbud.

For å sikre at beregningene gjøres på samme måte hele veien, er det nødvendig å spesifisere omfang og metodikk for beregninger fra starten av klimaarbeidet. Det stilles krav til at beregninger skal utføres iht. samme metodiske rammeverk gjennom hele prosjektet.

Det vil også være nødvendig å stille kvalifikasjonskrav om at tilbyder kan dokumentere nødvendig kompetanse for å kunne oppfylle krav til klimaprestasjon og evt. for å utføre klimagassberegninger på en god måte. Dette gjelder også dersom det skal benyttes dedikerte beregningsverktøy.

6.1.3 Dokumentasjonskrav og kvalitetssikring

Å bruke klimagassberegninger for å vurdere og dokumentere klimaprestasjon for bygge- og anleggsprosjekter stiller også krav til fagkompetanse hos oppdragsgiver. Det kreves kompetanse både for å stille gode krav, og vurdere kvaliteten i tilbud og leveranser. Gode dokumentasjonskrav er avgjørende for å få tilstrekkelig grunnlag for å vurdere kvaliteten i leverte klimagassberegninger og vurdere hvorvidt krav til klimaprestasjon er overholdt.

NS 3720 gir følgende retningslinjer for rapportering av klimagassberegninger (krav som ikke omhandler klimagassberegninger for materialbruk er ikke gjengitt her):

Spesifikasjon av objektet og funksjonell ekvivalent (referansebygg):

- bygningens geografiske lokalisering, dvs. gateadresse, gårds- og bruksnummer;
- oppstartsår for bygging/ombygging og første år i drift
- totalt bruttoareal (m² BTA)
- totalt bruksareal (m² BRA)
- totalt oppvarmet bruksareal (m² BRA)
- bygningstype i henhold til NS 3457-3 Bygningstyper
- bygningens funksjon(er) (dersom en bygning fyller flere typer bruksfunksjoner, skal antall brukere for hver funksjon oppgis)
- bruksmønster for daglig bruk
- relevante tekniske og funksjonelle krav
- for eksempel forskrifter og byggherrens spesifikke krav, herunder egenskaper som f.eks. brannklasse, terrorsikring, eksponering for klima og andre forhold fra de umiddelbare omgivelser som kan ha avgjørende betydning for klimagassberegningen for objektet, byggefasen, «som bygget»-fasen, driftsfasen eller ved endt livsløp

Beregningsforutsetninger:

- systemgrenser for alle informasjonsmoduler som inngår (se EN 15978)
- objektets levetid
- levetid for bygningsdeler på to- eller tresiffernivå og antall utskiftninger for produkter, komponenter eller bygningsdeler
- oppgi hvilke deler av objektet som inngår i beregningene i henhold til inndelingen i NS 3451 Bygningsdelstabell
- produkt- og materialmengder skal rapporteres for relevante bygningsdeler som inngår i beregningen og angis på tresiffernivå i henhold til inndelingen i NS 3451 Bygningsdelstabell, og materialdata som tetthet, tykkelse eller tverrsnitt skal oppgis der det er relevant
- kildehenvisning til utslippsfaktorer benyttet i klimagassberegningen
- datakvalitet og datakvalitetsnivå som er anvendt i de ulike delene av beregningen
- beskrivelse av scenarioer

Klimagassberegninger er ikke omfattet av ansvarsrett, slik man for eksempel har for energiberegninger. En mulighet for å sikre kvalitet i klimagassberegninger kan være å innføre krav til uavhengig tredjepartskontroll eller verifisering for klimagassberegninger. Vi mener at krav til tredjepartskontroll vil være et godt tiltak for å sikre kvalitet i og tillit til klimagassberegninger. Bedre kontroll vil gi en større trygghet både for oppdragsgiver og utførende av klimaberegninger.

Det bør stilles krav om formalkompetanse på LCA for den eller de som skal gjennomføre tredjepartskontroll, samt krav til erfaring med utarbeiding av klimagassberegninger.

Det er mulig å gjennomføre ekstern kontroll/verifisering av klimagassberegninger utarbeidet med alle typer verktøy. Det vil være behov for at den som gjør gjennomgangen får tilgang til beregningsmodell (regneark/lesetilgang i beregningsverktøy e.l.). Dersom det skal stilles krav til slik tredjepartsverifisering av beregninger, bør dette spesifiseres fra starten av utlysingsprosessen, slik at den som skal utføre beregninger kan ta legge til rette for dette i gjennomføringen, slik at man unngår eventuelt merarbeid knyttet til å strukturere beregningsmodeller, anonymisere eventuelle sensitive opplysninger og fremskaffe nødvendig underlag for beregninger.

Vurderingskriterier i tredjepartskontroll av komplette klimagassberegninger kan være følgende:

- Klimagassregnskap er følger retningslinjer for standard for klimagassberegninger i bygg, NS 3720. (kun relevant for bygg)
- Benyttede systemgrenser i tid og rom følger oppdragsgivers krav til beregninger.
- Benyttede utslippstall er representative for prosjektet, mht. valgte løsninger.
- Benyttede utslippstall er oppdaterte og av tilstrekkelig god datakvalitet iht. NS 3720. (referanse til NS 3720 er kun relevant for bygg)

- Kilder for utslippstall er dokumentert.
- Usikkerhet i datagrunnlag og modellering er kommentert, og holder et akseptabelt nivå.
- Eventuelle avgrensninger som er gjort er hensiktsmessige, og bidrar ikke til å vesentlig svekke analysens representativitet eller kompletthet.

6.1.4 Krav til aktiviteter på bygge- og anleggsplass

I denne rapporten har vi ikke anbefalt å inkludere aktiviteter på byggeplass i krav til klimagassberegninger for komplette bygg. Dette er ikke begrunnet med at denne fasen ikke står for betydelige klimagassutslipp, men med at datagrunnlaget for å etablere referansenivåer for A5-fasen per i dag ikke er godt nok.

Det stilles per i dag allerede krav som reduserer klimagassutslipp fra aktiviteter på bygge- og anleggsplasser i Oslo, gjennom krav om fossilfri bygge- og anleggsgjennomføring og bruk av elektriske anleggsmaskiner. Slike krav er både effektive for å redusere direkte utslipp knyttet til bygge- og anleggsvirksomhet, og viktige drivere for å få frem ny utslippsfri teknologi. Det anbefales at man fortsetter med denne typen krav selv dersom klimagassutslipp fra bygge-/anleggsfase (A5) på sikt skulle innlemmes i eventuelle helhetlige krav til klimaprestasjon over livsløpet for bygg og anlegg.

6.2 Anbefalinger for å stille krav til og vurdere klimaprestasjon for bygg

6.2.1 Anbefalinger til anvendelse og oppdatering av referansenivåer

Referansenivåene for klimagassutslipp fra materialbruk i bygg presentert i denne rapporten gir grunnlag for å kunne stille helhetlige utslippskrav til materialbruk for bygg i Oslo.

Som beskrevet i kapittel 6.1.1, kan referansenivåene brukes som grunnlag for å angi en øvre ramme for utslipp i byggeprosjekter, såkalte rammekrav, eller som et utgangspunkt for reduksjonsmål. Selv om reduksjon relativt til referansebygg har vært den mest vanlige måten å stille krav til klimaprestasjon for bygg i Norge, har rammekrav for utslipp også blitt benyttet for bygg, blant annet av Undervisningsbygg. Bransjen er også godt kjent med rammekrav fra energirammene i TEK, der det stilles krav til maksimalt beregnet energibehov iht. bygningstype. Øvre ramme for utslipp har også en klar parallell til kostnadsrammer, og har derfor en fordel i at de er enkle å forstå og kommunisere. Vi mener derfor at den mest hensiktsmessige måten å benytte de beregnede nivåene presentert i denne rapporten er som utgangspunkt for rammekrav.

Det vil være opp til Oslo kommune å bestemme hvor ambisiøse kravene bør være. I Futurebuilt har man stilt krav om 40 % reduksjon, sammenliknet med referansebygg, men dette kravet har omfattet samlet reduksjon for materialbruk, energi og transport i drift. I BREEAM-NOR har man to ambisjonsnivåer for utslippsreduksjon for materialer, sammenliknet med referanse, 20 % reduksjon og 40 % reduksjon.

I sammenstillingen av utførte klimagassberegninger (se Figur 3-2) er gjennomsnittlig reduksjon av utslipp fra materialbruk, sammenliknet med referansebygg ca. 30 % for alle prosjektene i sammenstillingen, og ca. 40 % dersom man ser bort fra de prosjektene som ikke hadde dokumentert noen utslippsreduksjon for materialbruk. Dette gir et bilde på hva som har vært oppnåelig i byggeprosjekter.

I utredning av utslippsnivåer for nesten nullenergibygge (nNEB) i mulig ny modellinnretning i TEK anbefalte Asplan Viak, Civitas og NTNU følgende reduksjoner, sammenliknet med referansenivå for bygningsskategoriene som ble vurdert i utredningen, samlet for A1-A4 + B4/B5:

Kontor: - 30 %

Boligblokk: -30 %

Småhus: -10 %

Den foreslåtte modellinnretningen i TEK som lå til grunn for utredningen skulle være fleksibel på den måten at krav kunne nås enten gjennom energi- eller materialtiltak. Hensikten med nNEB-nivåene var derfor å anslå rammenivåer som ville være ambisiøse, men ikke uopnåelige. Fordi utredningen gjaldt krav i TEK, gjaldt også vurderingen for bygg generelt i Norge. Bakgrunnen for at man anbefalte et lavere reduksjonsmål for småhus, var at småhus i Norge ofte oppføres med en relativt enkel konstruksjon og med utstrakt bruk av tre, som gjør det mer utfordrende å finne grep som reduserer utslipp fra materialbruk. Ettersom småhus ikke er vurdert i denne rapporten, er dette ikke diskutert ytterligere her.

I kapittel 5 har vi presentert overordnede vurderinger av potensialet for utslippskutt for noen materialgrupper. Det er imidlertid ikke mulig å anslå et samlet potensiale for utslippsreduksjon for et komplett bygg som en sum av potensialet for hvert enkelt tiltak, fordi løsningsvalg påvirker hverandre.

Vi anbefaler at man i utformingen av krav til klimagassberegninger følge retningslinjene gitt av NS 3720 for omfang og systemgrenser. Omfang «Basis, uten lokalisering» anbefales på nåværende tidspunkt, ettersom tilgangen på data for tekniske systemer er begrenset. Det bør i fremtidige klimaregnskap likevel etterstrebtes beregninger som omfatter tekniske systemer, VVS og utendørs materialbruk, selv om utslippskrav kun er relatert til «Basis, uten lokalisering».

Som drøftet i kapittel 4.1.3, vurderes det som hensiktsmessig å utelate avhendingsfasen for krav til komplette klimagassberegninger for bygg, og denne fasen er ikke inkludert i beregnede referansenivåer. Ut over dette kan systemgrensene for bygningskroppen avgrenses til å utelate bygningsdel 28 trapper og balkonger, ettersom denne erfaringsmessig har liten betydning for totale utslipp. Imidlertid gir det ingen vesentlig avlastning i beregningsarbeidet å utelate denne bygningsdelen, og en slik avgrensning kan i verste fall virke forvirrende.

Det anbefales at referansenivåer revideres med jevne mellomrom, for å sikre at de gjenspeiler utvikling i byggebransjen mht. hva som betraktes som standard løsnings- og materialvalg. Hvilket intervall for revisjon som er hensiktsmessig vil måtte vurderes dersom krav innføres, men det bør minimum gjennomføres revisjon av nivåer hvert 5. år. Man bør også vurdere å revidere referansenivåene ved nye versjoner av TEK, NS 3720, eller tilsvarende premissgivende dokumenter, som for eksempel Norsk Betongforenings Publikasjon 37.

Ved fremtidige revisjoner av referansenivåer, når man har opparbeidet erfaring med klimagassberegninger for materialbruk og tilfanget av EPDer for disse bygningselementene har økt, bør systemgrensene utvides f.eks. til «Avansert uten lokalisering». Dette vil dermed på sikt også omfatte aktiviteter på byggeplass, inkludert tomtebearbeiding. Det sistnevnte er spesielt aktuelt dersom klimagassberegninger gjøres før det er funnet en aktuell tomt for bygget (før fastsatt reguleringsplan).

6.2.1.1 Anbefalt beregningsmetodikk for utslipp ved ombruk og rehabilitering

Å forvalte den eksisterende bygningsmassen best mulig er et viktig klimatiltak. Vi har svært kort tid på å nå våre nasjonale forpliktelser i tråd med Parisavtalen, og tilbakebetalingstiden for utslipp fra å bygge nytt er lang, selv om vi bygger klimavennlig. Derfor bør det alltid vurderes hvorvidt eksisterende bygningsmasse kan rehabiliteres i stedet for å rive og bygge nytt, og hvilke konsekvenser valget har for klimagassutslipp.

På tidspunktet der klimagassberegninger vanligvis blir et tema i de fleste byggeprosjekter, er det vanligvis for sent å vurdere om man skal rive eller bevare eksisterende bygningsmasse. Dette fordrer at kommunen stiller krav til at klima tas inn i vurderingsgrunnlaget allerede før områderegulering er fastsatt, når alternative måter å utnytte en gitt tomt vurderes.

Denne typen klimagassberegninger må i stor grad bygge på nøkkeltall for materialbruk og utslipp til rehabilitering/nybygg, ettersom lite eller ingen spesifikk materialinformasjon vil være tilgjengelig.

Vurderingen må likevel ta hensyn til forventet levetid, arealutnyttelse og forventet fremtidig vedlikehold for å gi et godt bilde av klimakonsekvensene i hvert tilfelle.

For å synliggjøre effekt av ombruk i klimagassberegninger regner man ombrukte komponenter med nullutslipp fra produksjonsfasen (utslipp fra transport til byggeplass og evt. prosessering må medregnes). Dette bygger på en forutsetning om at komponentene har oppfylt sin tekniske levetid før de ombrukes. Selv om man i praksis vil kunne ha komponenter som både er yngre og eldre enn det teknisk levetid tilsier, er hensikten med en slik praksis å drive frem økt ombruk.

Standard praksis for klimagassberegninger ved rehabilitering av bygg gjøres på samme måte. Det vil si elementer i det eksisterende bygget som bevares, typisk bæresystem og dekker, regnes med nullutslipp. Dette gir et incentiv til rehabilitering, fremfor å rive og bygge nytt, dersom det stilles krav til at man skal nå et bestemt utslippsnivå. På denne måten vil det å stille rammekrav til klimagassutslipp for komplette bygg også kunne bidra til økt ombruk og rehabilitering, gitt at de er tilstrekkelig ambisiøse. Det er derfor ikke nødvendig med separate rammekrav for rehabilitering av bygg og nybygg.

For å være helt konsistent med regnereglene for nybygg burde man regne med en «restlevetid» for bygningsdeler eller komponenter dersom de ikke har oppfylt sin forventede levetid. Dette vil si at et bygg som rehabiliteres etter 20 år ikke burde regnes med nullutslipp for ombrukte bygningsdeler, fordi bygget fortsatt har en restlevetid på 40 år. I klimagassberegninger kan dette håndteres ved at man «kjøper ut» utslipp for rehabiliterte bygg for bygg som har stått kortere enn 60 år (gjelder også når man ombruker bygningskomponenter i andre bygg). Dette er imidlertid ikke etablert som standard praksis per i dag.

6.2.2 Krav til bruk av verktøy

Det finnes dedikerte verktøy for å utarbeide klimagassberegninger for bygninger, som for eksempel One Click LCA og ByggLCA. Det er viktig å være klar over at det er nødvendig å besitte fagkompetanse på LCA og klimagassberegninger for å benytte slike verktøy på en god måte. Klimagassberegninger for bygg kan også utføres uten bruk av dedikerte verktøy (for eksempel ved bruk av regneark).

Ettersom det ikke finnes noe anerkjent åpent tilgjengelig beregningsverktøy for klimagassberegninger for bygg, bør krav til klimagassberegninger være verktøynøytrale. Det anbefales å stille krav til at beregninger skal være iht. NS 3720, iht. et av de forhåndsdefinerte omfangene i standarden, og at den som utfører regnskapet har formalkompetanse eller tilsvarende på LCA og klimagassregnskap. På denne måten sikrer man at beregninger følger etablert praksis, holder et godt metodisk og beregningsteknisk nivå, og gir resultater som er sammenliknbare på tvers av prosjekter.

6.2.2.1 Anbefalinger ved bruk av One Click LCA

Det kommersielle beregningsverktøyet One Click LCA har blitt svært utbredt for å utarbeide klimagassberegninger for bygg i Norge. Vi har derfor valgt å gi spesifikke anbefalinger som gjelder eventuell bruk av dette verktøyet, for å sikre sammenliknbare og representative beregninger. Som nevnt over, anbefaler vi at det stilles verktøynøytrale krav til klimagassberegninger for bygg.

Som beskrevet i kapittel 4.1.7, har vi avdekket forutsetninger om løsningsvalg, utslippsfaktorer og levetider som er standard i One Click LCA og i modellbygg-modulen Carbon Designer, som vi mener er lite representative for norske bygg. I tillegg har vi avdekket det vi mener er mangler. Fordi vi har benyttet One Click LCA som utgangspunkt for modellbyggene vi har lagt til grunn for referansenivåer, har vi derfor valgt å gjøre korrigeringer, som er beskrevet i detalj i vedlegg 4.

Utover dette anbefaler vi følgende praksis ved bruk av One Click LCA til klimagassberegninger for bygg:

- **Benytte versjon iht. NS3720**

Bruk av NS3720-versjonen muliggjør at beregningene kan utføres i henhold til standarden, bl.a. ved at beregningene får riktige systemgrenser og at det er mulig å velge riktige utslippsfaktorer for energikilder.

- **Unngå bruk av lokal kompensasjon-funksjonalitet:**

Når man oppretter et nytt prosjekt i One Click LCA, blir man bedt om å velge «LCA-parametere». Her finnes det en funksjonalitet for korrigering av utslippsfaktorer kalt «lokaliseringsmetode for materialproduksjon». Denne funksjonen er ment for å justere utslippsfaktorer fra å gjelde for produksjon i ett land til å kunne være representativ for produksjon av tilsvarende materiale i et annet land. Tanken er at ved mangel på lokal EPD for et gitt produkt, kan man velge en EPD for et produkt som er produsert i et annet land, og benytte denne funksjonen for å korrigere utslippsfaktoren. Utslippsfaktoren blir skalert med korrigeringsfaktorer som skal gjenspeile forskjell i el.-miks. Dette gir ikke representative beregninger, på grunn av følgende:

- Dersom man velger å bruke anbefalt lokaliseringsmetode (som per april 2020 er v.1.), blir alle materialer i prosjektet som ikke er produsert i Norge automatisk korrigert til å være representative for Norge. Det vil si at det antas at det kun benyttes norske materialer i bygget, og at det ikke kjøpes inn materialer som har vært produsert i andre land. Dette er svært sjelden tilfelle i reelle byggeprosjekter.
- Det er kun brukere med «Expert»-lisens som har mulighet til å velge en annen lokaliseringsmetode enn den anbefalte, der det er mulig å velge lokaliseringsmetode for hvert enkelt materiale.
- I valg av standard materialer for et bygg er det mest viktig å velge materialer som er representative og standard i de ulike byggene. Dette betyr nødvendigvis ikke at alle materialene må være produsert i Norge. For eksempel er produksjon av murstein justert til norsk produksjon når lokaliseringsmetode velges. Dette er ikke realistisk da det ikke eksisterer norsk produksjon av murstein.

På bakgrunn av dette fraråder vi å bruke lokal kompensasjon i prosjektene. Det bør velges utslippstall fra EPD som er representative for de standard produktene som benyttes uavhengig av hvor disse produseres, i stedet for å utføre manuelle justeringer på EPD-resultater. Finnes det ikke representative utslippstall fra EPD for enkelte materialer, bør det istedenfor benyttes utslippstall fra generelle databaser, somecoinvent eller tilsvarende.

- **Benytte en kombinasjon av «teknisk brukstid» og «kommersiell brukstid» for levetider**

Det er mulig å velge tre innstillinger for levetider i One Click:

- «Teknisk brukstid»: Det forutsettes standard levetider for ulike materialgrupper, slik at alle materialer av samme type vil ha samme levetid. Teknisk levetid gjenspeiler hvor lenge materialene vil vare under gode forhold.
- «Kommersiell brukstid»: Det forutsetter kortere levetider enn teknisk levetid, på grunn av hyppigere utskifting enn teknisk levetid tilsier. Er spesielt representativt for hoteller og butikker som ofte skifter inventar, eventuelt også for kontorbygg som ofte skifter leietaker.
- «Produktspesifikk levetid»: Benytter levetider oppgitt i EPDer, slik at levetider kan variere for like materialer.

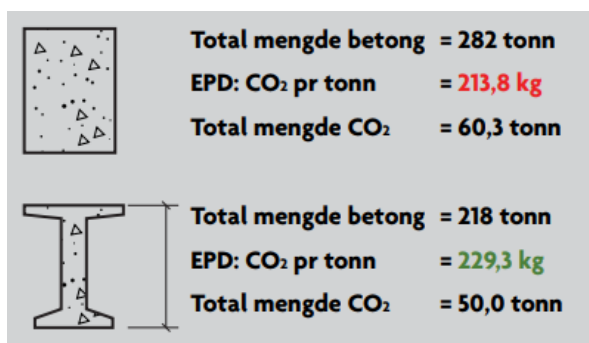
Valg av brukstid for materialer er alltid en utfordring i klimagassberegninger som omfatter en viss beregningsperiode i fremtiden. Med mindre det er helt spesielle grunner og et bygg som er prosjektert med høy frekvens av ombygging og utskifting av brukere bør den tekniske levetiden for materialene benyttes. Det må likevel sørges for at det benyttes samme levetid for sammensatte elementer, som for eksempel at flislim og flis får samme levetid. I tillegg kan for eksempel

avrettingsmasse og andre materialer som er støpt inn i bygget mest sannsynlig ha samme levetid som det prosjekterte bygget. For materialer som brukes til gulv (parkett, tepper osv.) anbefales det å benytte en kommersiell brukstid da dette ofte er materialer som byttes ut før den tekniske levetiden inntreffer. Utskifting av brukere, høy slitasje, brekkasje og tilsøling kan redusere den tekniske brukstiden kraftig. Se Tabell 4-6 for anbefalte levetider som er en kombinasjon av «teknisk brukstid» og «kommersiell brukstid».

6.2.3 Alternativer til å vurdere klimaprestasjon for komplett bygg

Det vil nødvendigvis medføre noe arbeid og kostnad å stille krav til, vurdere og dokumentere klimagassutslipp i prosjekter. Når vi ser at enkelte produktgrupper, som betong og stål står for de største utslippene, kan det virke hensiktsmessig å avgrense vurderingene ved å stille utslippskrav kun til disse materialene, eller til de bygningsdelene som har størst forekomst av disse.

De ulike bestanddelene i et bygg er gjensidig avhengige av hverandre, og dersom man endrer en løsning, kan de ha konsekvenser andre steder i bygget. Dette kan føre til at man «flytter» utslippene dersom man stiller klimakrav isolert for enkelte bygningsdeler eller materialer, og ikke reduserer utslippene totalt for bygget. Ved å stille krav til maksimale utslipp for et bestemt materiale, kan man også risikere at dette begrenser muligheten til å benytte produkter som gir lavere total materialbruk, på bekostning av høyere utslipp per enhet. Dette er illustrert i figuren under:



Figur 6-1 Eksempelberegning av klimagassutslipp for alternative betongsøyler. Kilde: Norsk Betongforening

Derfor anbefales det at krav til klimagassutslipp stilles helhetlig for hele bygningskroppen, og ikke på komponent- eller bygningsdelnivå. Det anbefales at krav til klimagassberegninger og -utslipp stilles i tråd med forhåndsdefinerte omfang i NS3720. Når stadig flere benytter disse standardiserte avgrensningene, vil beregninger bli mer sammenliknbare, og datagrunnlaget for å utføre beregningene vil bli bedre. Krav til klimaprestasjon for komplett bygg gir fleksibilitet slik at det enkelte prosjekt kan velge de tiltakene som er mest hensiktsmessige og kostnadseffektive for bygget totalt.

Som nevnt kan bygningsdel trapper og balkonger utelates fra beregningskrav, på bakgrunn av at disse komponentene ikke har vesentlig betydning for totale klimagassutslipp. Dette vurderes imidlertid ikke å redusere jobben med klimagassberegninger vesentlig, og kan i verste fall bidra til merarbeid, knyttet til å skille ut mengder for denne bygningsdelen fra det totale grunnlaget.

Avhendingsfasen kan utelates, på bakgrunn av høy usikkerhet om fremtidig avhending og forventet relativt lav betydning for totale utslipp. Dette kan være en hensiktsmessig avgrensning for å redusere kompleksitet og tidsbruk til beregninger.

I utbyggingsprosjekter med liten økonomisk ramme kan det være utfordrende å finne økonomisk og tidsmessig rom for å gjennomføre fullstendige klimagassberegninger. I slike små prosjekter kan det være mer hensiktsmessig å stille krav til at det skal gjennomføres enklere klimavurderinger, for eksempel at det skal gjennomføres alternativvurderinger av materialvalg, på bakgrunn av EPD (se 6.3.2).

6.3 Anbefalinger til å stille krav til og vurdere klimaprestasjon for anleggsprosjekter

Som beskrevet i kapittel 2.3.1, er erfaringen med klimagassberegninger i anleggsprosjekter i Norge begrenset til større nasjonale vei- og baneprosjekter med liten grad av overføringsverdi til kommunale vei- og gateprosjekter.

Referansenivåene som er satt basert på beregningene må sees på som veiledende nivåer, og må sees i sammenheng med veitypenes bredde og hvilke veielementer som inngår. Basert på drøfting i kapittel 4.1.10, kan man vurdere to mulige fremgangsmåter for å benytte referansenivåene:

1. Benytte beregnede referansenivåer per type vei i utslipp per løpemeter. Nivåene bør justeres iht. veibredde og inkluderte veielementer.
2. Videreutvikle de beregnede nivåene ved å dele inn verdiene i de ulike bestanddelene (kjørebane, fortau, g/s-vei) og angi referansenivå per m².

Valg av fremgangsmåte vil være avhengig av hvor stor variasjon det er i bredde for de ulike elementene (kjørebane/fortau/sykkelvei) for kommunale vei- og gateprosjekter. For nasjonale veier har man standarder for bredde iht. veiklasser. Hvis det finnes tilsvarende standarddimensjoner for kommunale prosjekter, kan disse legges til grunn for standard vei- og gatekategorier. Bruk av standardkategorier betinger et håndterbart antall for å unngå for stor kompleksitet i klimakravene.

I beregningene av referansenivåer har vi sett at de innebygde forutsetningene i VegLCA påvirker beregnede utslipp, se kapittel 4.2.4. Dette betyr i praksis at man må stille krav til at VegLCA benyttes for utføre klimagassberegninger for å få sammenliknbare resultater. Fordi VegLCA er et åpent tilgjengelig verktøy vurderes dette ikke å være problematisk i seg selv. Imidlertid har vi sett at de innebygde forutsetningene gjør det utfordrende å ta hensyn til alle prosjektspesifikke faktorer som påvirker beregnede utslipp for vei- og gateprosjekter. Dette gjenspeiler at VegLCA er utviklet for større nasjonale veiprosjekter, og ikke kommunale veier og bygater. Dersom man velger fremgangsmåte 2, nevnt over, vil dette problemet kunne omgås fordi man i krav og beregninger kan se hvert enkelt veielement for seg.

Det vil være stor usikkerhet knyttet til fremtidige drifts- og vedlikeholdsaktiviteter. Dette er spesielt aktuelt for utslipp knyttet til forbruk av veisalt og elektrisitetsforbruk til belysning (asfaltforbruk til reasfaltering knytter seg til mengder i utbyggingsfasen og har derfor noe lavere usikkerhet). Det er mulig å redusere usikkerhet i beregningene ved å utelate driftsaktiviteter. Fordi det enkelte prosjekt har liten mulighet til å påvirke klimagassutslipp knyttet til forbruk av veisalt og elektrisitet i drift, kan det fremstå ulogisk at disse utslippene skal tilskrives prosjektet. På den annen side vil det kreve siling av resultater fra VegLCA dersom driftsutslipp skal ekskluderes fra beregninger. På bakgrunn av dette vurderes det som mindre kompliserende og derfor mer hensiktsmessig å inkludere alle driftsaktiviteter i klimagassberegninger for vei- og gateprosjekter.

6.3.1 Krav til komplette klimagassberegninger i anleggsprosjekter

Basert på data- og erfaringsgrunnlaget, kan man også trekke slutningen at tiden ikke er moden for å stille krav til klimaprestasjon på projektnivå for kommunale vei- og gateprosjekter. Vi anbefaler likevel at man stiller krav til komplette klimagassberegninger for alle nye prosjekter. På denne måten vil man kunne etablere nødvendig datagrunnlag og dermed etablere referansenivåer på sikt. Et annet viktig aspekt er at krav til komplette klimagassberegninger bidrar til å få frem nødvendig kunnskap om hva som forårsaker klimagassutslipp i ulike typer prosjekter, samt synliggjøre den totale effekten av klimatiltak.

Samtidig bør krav til klimagassberegninger gi insentiver til forbedret prestasjon, og ikke kun være en dokumentasjonsoppgave. En mulighet for å gi et insentiv til å redusere utslipp uten komplette reduksjonsmål for prosjektet, er å benytte bonus/malus-mekanismer (se kapittel 6.3.2.2).

For mindre prosjekter, og/eller typer prosjekter der man i mindre grad er vant med krav til klimagassberegninger kan det oppleves som en u hensiktsmessig stor belastning å måtte bruke ressurser på å lage komplette klimagassberegninger på prosjektnivå. Dette er spesielt relevant for vann- og avløpsprosjekter, der det ikke har vært vanlig å utarbeide komplette klimagassberegninger.

Som et alternativ til komplette klimagassberegninger, kan det være en løsning å stille spesifikke utslippskrav til enkeltmaterialer eller til løsningsvalg man er kjent med at fører til reduserte utslipp. Denne typen krav gir mindre fleksibilitet i det enkelte prosjekt til å finne de mest hensiktsmessige og kostnadseffektive klimatiltakene, sammenliknet med krav til komplette klimagassberegninger. Som nevnt i kapittel 6.1.1, kan det være mer utfordrende å stille krav til løsningsvalg i totalentrepriser.

Som nevnt i kapittel 4.2.1, er det ikke hensiktsmessig å inkludere elementer med svært prosjektspesifikk utforming i krav til utslippsnivå. Dette omfatter for eksempel fordrøyningsbasseng. Krav til klimaprestasjon for slike elementer må heller stilles i form av material- eller løsningspesifikke krav.

I vann- og avløpsprosjekter vil anleggsfasen ha stor betydning for totale klimagassutslipp. Det vil også gjerne være i denne fasen man har handlingsrom til å gjøre klimatiltak, ettersom løsningsvalg og dimensjoner oftest er gitt av tekniske krav. En mulighet er derfor å starte med å stille krav til klimagassberegninger for anleggsfasen for vann- og avløpsprosjekter. I tillegg kan man stille utslippskrav til enkeltmaterialer (se kapittel 6.3.2).

6.3.2 Materialkrav

Som et alternativ til å stille krav til klimaprestasjon for komplett prosjekt, frem til man har tilstrekkelig datagrunnlag og en omforent metodikk, kan det være et alternativ å stille krav til klimaprestasjon for enkeltmaterialer eller materialgrupper. Slike krav kan enten stilles som faste maksimalkrav til utslipp per enhet, eller ved å fastsette at tilbyder kan få bonus eller malus (trekk) dersom de benytter produkter som har hhv. bedre eller dårligere klimaprestasjon enn et gjennomsnittsprødsutt i av samme type.

Dokumentasjon på at leverandører oppfyller utslippskrav for materialer kan oppfylles med miljødeklarasjoner (EPD). Det kan stilles krav til at EPD skal være produktspesifikk eller prosjektspesifikk (også kalt steds spesifikk). Det sistnevnte stiller krav til at beregnede utslipp fra transport til bygge-/anleggsplass (A4) skal være spesifikke for det aktuelle prosjektet. Det er derfor relevant å stille krav til prosjektspesifikk EPD for materialtyper der transport står for en vesentlig andel av totale utslipp og/eller der transportutslipp varierer mye. Eksempler på dette er armeringsstål og massivtre.

Kjøp av opprinnelsesgarantier kan hensyntas i deklarte utslipp i EPD. Iht. norske regler skal det også alltid angis utslipp uten opprinnelsesgarantier (nasjonal strømmiks). En slik verdi reflekterer ikke reell klimaprestasjon på produktbasis. Derfor bør krav til dokumentasjon av oppfyllelse av materialkrav med EPD spesifisere at verdi må angis ekskl. bruk av opprinnelsesgarantier.

6.3.2.1 Absolutt maksverdi for utslipp

Krav til maksimale utslipp for en gitt produkttype kan være hensiktsmessige for materialer der man kjenner sannsynlig utslippsspenn. Byggebransjen er godt kjent med denne typen krav for betong, gjennom at det har blitt vanlig å stille krav til lavkarbonklasser (som i praksis er et krav om maksimale utslipp per m³ betong).

For å stille denne typen krav må man definere hva som er akseptabel maksverdi for utslipp. Verdien kan settes tilsvarende utslipp for et standard produkt, dersom man ønsker å sikre at «klimaversting»-produkter ikke benyttes, eller lavere enn standardverdi, dersom man ønsker å sikre bedre klimaprestasjon enn standard. I alle tilfelle bør man ha oversikt over markedet, og hva forventet

utslippsnivå for den aktuelle produktgruppen vil være når man stiller slike krav, for å sikre at kravnivået ikke er konkurransevridende.

Makskrav for enkeltmaterialer og komponenter bør stilles som samlet verdi A1-A4, for å unngå valg av langreste produkter med lave produksjonsutslipp (spesielt relevant for massivtre og armeringsstål).

6.3.2.2 Bonus/malus

Krav til bonus/malus er hensiktsmessige der man ikke kjenner sannsynlig spenn for utslipp, og der man ønsker å stimulere til innovasjon hos leverandører. Bonus/malus kan utløses på prosjektnivå eller på komponentnivå.

På prosjektnivå kan dette gjøres ved at man stiller krav til at det utarbeides klimagassbudsjett i tidlig prosjekteringsfase, og endelig klimagassregnskap ved ferdig anlegg. Bonus/malus knyttes til differansen mellom regnskap og budsjett. En bonus utløses dersom prosjektets utslipp er lavere enn budsjettet, mens høyere utslipp medfører malus (trekk). For å benytte denne typen mekanisme, må byggherre fastsette den økonomiske verdien for bonus/malus, dvs. kr/tonn CO₂. Verdien bør være høy nok til at den gir insentiv til å gjennomføre klimatiltak, men samtidig innenfor en realistisk øvre betalingsvillighet hos byggherre.

For å knytte bonus/malus til enkeltkomponenter eller -materialer må man definere en referanseverdi for den aktuelle materialtypen. Denne bør settes tilsvarende utslipp for et standard produkt. For betong kan dette for eksempel være bransjereferanse iht. Publikasjon 37. Beløp for bonus/malus kan settes basert på akseptabel merkostnad for byggherre ved utbetaling av bonus i prosjektet, iht. estimert behov for den aktuelle komponenten eller materialet.

Et eksempel på kravtekst for materialspesifikke bonus/malus-krav kan være:

Det vil bli utbetalt bonus eller gitt trekk basert på referanseverdi for CO₂-faktor for material a. Referanseverdi for material a settes til X kg CO₂-ekvivalenter pr. relevant enhet for material a, samlet for fasene A1-A4 (evt. A1-A3).

Positiv verdi gir bonus, mens negativ verdi gir trekk. Beløpet for bonus/trekk settes til en gitt kr. Y,- pr. tonn CO₂.

Bonus/trekk beregnes iht. følgende formel:

*(tonn CO₂ ref.verdi/mengdeenhet - tonn CO₂ levert/mengdeenhet) * utført mengde * beløp for bonus/trekk*

For å unngå å ekskludere leverandører som ikke allerede har utarbeidet EPD for sine produkter skal ha mulighet til å levere, bør man spesifisere at dokumentasjon av CO₂-faktor for benyttet produkt skal være overlevert byggherren en viss tid før produktet tas i bruk (for eksempel 2 uker). Dette vil gi leverandører tid til å utarbeide EPD-dokumentasjon, og unngå at klimakrav er konkurransevridende.

7 HOVEDFUNN OG ANBEFALINGER FOR VIDERE ARBEID

7.1 Viktigste funn og anbefalinger

Formålet med arbeidet presentert i denne rapporten har vært å gi et faglig grunnlag for å stille krav til klimaprestasjon for materialbruk i bygg og anlegg.

Rapportens hovedfunn kan oppsummeres med følgende punkter:

- Det er mulig å beregne representative referansenivåer for klimagassutslipp fra materialbruk for bygg i Oslo.
- Referansenivåene for klimagassutslipp fra materialbruk i bygg presentert i denne rapporten gir grunnlag for å kunne stille helhetlige utslippskrav til materialbruk for bygg i Oslo. Gitt at de er tilstrekkelig ambisiøse, vil slike krav kunne bidra til å redusere det totale klimafotavtrykket for ny bygningsmasse i Oslo, samt å bidra til økt grad av rehabilitering og ombruk. Markedet er modent for slike krav i byggeprosjekter.
- Krav til klimagassutslipp for materialbruk i bygg bør stilles helhetlig for hele bygningskroppen, og ikke på komponent- eller bygningsdelnivå.
- Ettersom det ikke finnes noe anerkjent åpent tilgjengelig beregningsverktøy for klimagassberegninger for bygg, bør krav til klimagassberegninger være verktøynøytrale
- Vurderinger som skal danne grunnlag for myndighetskrav bør bygge på allment aksepterte metodiske retningslinjer innenfor LCA. Vi anbefaler derfor at man i utformingen av krav til klimagassberegninger følger retningslinjene gitt av NS 3720. Omfang «Basis, uten lokalisering» anbefales på nåværende tidspunkt.
- Tidligere utførte klimagassberegninger for anleggsprosjekter i Norge har liten overføringsverdi for kommunale anleggsprosjekter i Oslo
- Per i dag er det ikke tilstrekkelig grunnlag for å anslå robuste referansenivåer for kommunale anleggsprosjekter.
- Vi anbefaler at man stiller krav til komplette klimagassberegninger for alle nye anleggsprosjekter. På denne måten vil man kunne etablere nødvendig datagrunnlag og dermed etablere referansenivåer på sikt.
- Bonus/malus-mekanismer eller spesifikke utslippskrav til enkeltmaterialer eller til løsningsvalg kan benyttes for å gi et insentiv til å redusere utslipp uten komplette reduksjonsmål for anleggsprosjekter som et alternativ til komplette klimagassberegninger.

7.1.1 Bygg

Sammenstillingen av tidligere utførte klimagassberegninger for bygg omfatter beregninger for 52 bygg oppført i Oslo-området, som totalt dekker et areal på ca. 490 000 m². Beregnede klimagassutslipp for prosjektene i sammenstillingen spenner fra 1,7 til 22,2 kg CO₂-ekv./m²/år. Gjennomsnittsverdien for byggene er 5,2 kg CO₂-ekv./m² BTA/år, mens medianverdien er 4,5 kg CO₂-ekv./m² BTA/år. Dette gir en oversikt over utviklingen i beregnede utslipp over tid (fra 2010 frem til i dag), og indikerer spenn i klimagassutslipp for ulike bygningskategorier.

Sammenstillingsresultatene tilsier at kontor- og skolebygg ligger høyere i utslippsnivå enn bolig og omsorgsbygg, og at kontor/skole og boligbygg/omsorgsbygg kan ha sammenliknbare utslippsnivåer. Men ettersom utvalget er større for kontor- og skoleprosjekter enn for de øvrige kategoriene, er det utfordrende å trekke generelle konklusjoner. At omsorgsbyggene som er inkludert i sammenstillingen har spesielt lave beregnede utslipp skyldes dels at noen av prosjektene er enkle bygg med lav materialbruk, og dels valg av materialer med spesielt lave beregnede utslipp.

Gjennomsnittlig reduksjon av utslipp fra materialbruk for prosjektene i sammenstillingen der man har sammenliknet med et referansebygg i sammenstillingen er ca. 30 %, og ca. 40 % dersom man ser

bort fra de prosjektene som hadde like eller høyere utslipp fra materialbruk sammenliknet mot sin referanse. Dette gir et bilde på hva som har vært oppnåelig i byggeprosjekter, men viser også at bygg med høye miljø- og klimaambisjoner er overrepresentert i utvalget, og at beregningsresultater for byggene inkludert i sammenstillingen ikke representerer gjennomsnittlige bygg oppført i Oslo uten spesifikke krav til klimaprestasjon.

Referansenivåer som skal benyttes som utgangspunkt for å stille krav til klimaprestasjon for bygg i Oslo bør være representative for gjennomsnittlig byggepraksis for bygg oppført med standard løsningsvalg og uten spesielle krav til klimaprestasjon. Referansenivåene bør være tilpasset byggeskikk i Oslo i dagens marked for å fungere som en rettferdig målestokk.

Referansenivåene presentert i denne rapporten er derfor basert på modellberegninger med nøktern bygningsutforming og løsningsvalg som er typiske for bygg i Oslo for hver bygningskategori. Hensikten med modellberegningene har *ikke* vært å etablere standard referansebyggmodeller for Oslo som skal tilpasses i hvert prosjekt, men derimot å identifisere hva gjennomsnittlige utslippsnivåer for prosjekter oppført i dagens marked vil være. Løsninger i modellberegningene er valgt på bakgrunn av følgende hensyn:

- Representere standard byggepraksis i Oslo per i dag
- Nøktern bygningsutforming, styrt av tekniske, heller enn estetiske hensyn
- Tilsvarende løsningsvalg i Carbon Designer i One Click LCA, med mindre øvrige hensyn tilsier noe annet. Ettersom One Click LCA er et utbredt beregningsverktøy, ble dette vurdert som beste strategi for å unngå avvikende forutsetninger så langt som mulig.

Vi har gjennomført modellberegninger og anbefalt referansenivåer for følgende bygningskategorier:

- Kontor
- Skole
- Boligblokk
- Næring/forretning
- Kjeller (oppvarmet og ikke oppvarmet)

Disse er valgt på bakgrunn av forutsetning om hvilke typer bygninger det bygges flest og størst av i Oslo, samt hvilke bygningskategorier det finnes best grunnlag for å vurdere gjennomsnittlige løsningsvalg og resulterende utslippsnivå for. Utvalget omfatter både bygningstyper som typisk vil være kommunale, som skolebygg, og bygningstyper som vanligvis oppføres av private aktører, som kontorbygg. Hensikten med referansenivåene er således at de skal kunne benyttes både for kommunale og ikke-kommunale byggeprosjekter i Oslo (og andre byer med et tilsvarende utbyggingsmønster). Oppvarmet og ikke oppvarmet kjeller er skilt ut som egne bygningskategorier fordi det vurderes som den mest praktiske og fleksible tilnærmingen for å inkludere kjellerarealer for ulike typer bygg.

Det vurderes ikke som hensiktsmessig å sette et eget referansenivå for rehabilitering, fordi det å rehabilitere, gitt at dette gjøres i stedet for å bygge nytt, i seg selv vurderes som et klimatiltak. Å stille krav til klimagassutslipp for komplette bygg vil kunne bidra til økt ombruk og rehabilitering, gitt at de er tilstrekkelig ambisiøse.

Vurderinger som skal danne grunnlag for myndighetskrav bør bygge på allment aksepterte metodiske retningslinjer innenfor LCA. Vi anbefaler derfor at man i utformingen av krav til klimagassberegninger følger retningslinjene gitt av NS 3720. Omfang «Basis, uten lokalisering» anbefales på nåværende tidspunkt, ettersom tilgangen på data for tekniske systemer er begrenset. Materialbruk til fundamentering kan ha stor betydning for totale utslipp, og bør inkluderes i referansenivåer og krav til klimaprestasjon. Vi anbefaler en tilnærming der utslipp fra fundamentering inkluderes i referansenivået med en påslagsfaktor basert på dybde til fjell.

60 års beregningsperiode er lagt til grunn i modellberegningene i tråd med NS 3720. For å redusere usikkerhet og kompleksitet i krav og beregninger mener vi at det er hensiktsmessig å avgrense systemgrensene for krav til å omfatte livsløpsfasene A1-A3 (materialproduksjon), A4 (transport til byggeplass), samt B4/B5 (utskifting av materialer over byggets levetid). Transport i A4 og i B4/B5 bør medregnes iht. distanser fra produsent (ikke fra sentrallager/engros) for å fange opp betydningen av transport og unngå forskyvning av utslipp og suboptimalisering.

Det anbefales at krav til klimagassutslipp for materialbruk stilles helhetlig for hele bygningskroppen, og ikke på komponent- eller bygningsdelnivå. De ulike bestanddelene i et bygg er gjensidig avhengige av hverandre, og dersom man endrer en løsning, kan de ha konsekvenser andre steder i bygget. Dette kan føre til at man «flytter» utslippene dersom man stiller klimakrav isolert for enkelte bygningsdeler eller materialer, og ikke reduserer utslippene totalt for bygget. Krav til klimaprestasjon for komplett bygg gir fleksibilitet slik at det enkelte prosjekt kan velge de tiltakene som er mest hensiktsmessige og kostnadseffektive for bygget totalt.

Referansenivåene for klimagassutslipp fra materialbruk i bygg presentert i denne rapporten gir grunnlag for å kunne stille helhetlige utslippskrav til materialbruk for bygg i Oslo. Slike krav vil kunne stilles som en reduksjon relativt til referansenivået, slik man er kjent med fra referansebygg-tilnærmingen, eller som en øvre ramme eller budsjett for utslipp. Såkalte rammekrav har vært benyttet for å regulere energibruk i teknisk byggforskrift, og har til en viss grad allerede blitt benyttet for klimagassberegninger, blant annet av Undervisningsbygg. Dette gir i praksis et beregnet klimabudsjett totalt over livsløpet (60 års beregningsperiode) for det aktuelle bygget.

Fordi man kun angir det ønskede måltallet ved krav til utslippsramme vil rammekrav fremstå som enklere og mer entydig enn reduksjonsmål. Ved å sette en fast øvre ramme eller budsjett for utslipp flyttes oppmerksomheten bort fra referansen, og over på det konkrete prosjektet, og hvilke tiltak som må gjøres for å nå utslippsbudsjettet. Rammekrav vil derfor bidra til at man fjerner seg fra diskusjoner rundt hvor representativt referansenivået er, som har vært en kjent problematikk knyttet til bruken av referansebygg.

Ettersom det ikke finnes noe anerkjent åpent tilgjengelig beregningsverktøy for klimagassberegninger for bygg, bør krav til klimagassberegninger være verktøynøytrale. Det anbefales å stille krav til at beregninger skal være iht. NS 3720, iht. et av de forhåndsdefinerte omfangene i standarden, og at den som utfører regnskapet har formalkompetanse eller tilsvarende på LCA og klimagassregnskap. På denne måten sikrer man at beregninger følger etablert praksis, holder et godt metodisk og beregningsteknisk nivå, og gir resultater som er sammenliknbare på tvers av prosjekter. En mulighet for å sikre kvalitet i klimagassberegninger kan være å innføre krav til uavhengig tredjepartskontroll eller verifisering for klimagassberegninger.

Det anbefales at referansenivåer revideres med jevne mellomrom, for å sikre at de gjenspeiler utvikling i byggebransjen mht. hva som betraktes som standard løsnings- og materialvalg. Ved fremtidige revisjoner av referansenivåer, når man har opparbeidet erfaring med klimagassberegninger for materialbruk og tilfanget av EPDer for disse bygningselementene har økt, bør man vurdere om systemgrenser for beregninger kan utvides.

7.1.2 Anlegg

Det er utført langt færre klimagassberegninger for anleggsprosjekter i Norge enn for byggeprosjekter. De beregningene som er gjort nesten utelukkende større, nasjonale infrastrukturprosjekter, og overføringsverdien fra disse til lokale kommunale anleggsprosjekter i Oslo har vist seg å være svært liten.

I denne rapporten har vi anslått referansenivåer for klimagassutslipp fra materialbruk for vei- og gateprosjekter i Oslo, basert på datagrunnlag for enkeltprosjekter som er utvalgt for å være representative for gjennomsnittlige prosjekter innenfor 8 ulike typer. Dette gir et vesentlig mindre robust grunnlag for å anslå referansenivåer for vei- og gateprosjekter enn det det vi har presentert

for byggeprosjekter. Beregningene for anlegg må betraktes som et første skritt mot å kunne sette representative referansenivåer, frem til bedre datagrunnlag foreligger. Beregningene presentert i denne rapporten og vurderingene rundt metodikk og datagrunnlag kan benyttes som et utgangspunkt for videre arbeid som kan gi robuste referansenivåer på sikt.

Klimagassberegninger er utført ved bruk av Statens Vegvesens beregningsverktøy for klimagassberegninger for veiinfrastruktur, VegLCA. Arbeidet med referansenivåer har vist at det eksisterer metodiske utfordringer knyttet til bruk av VegLCA for kommunale vei- og gateprosjekter som må overkommes for å etablere tilstrekkelig generelle og representative nivåer. Dette skyldes i hovedsak at VegLCA er utarbeidet for bruk i større nasjonale veiprojekter. Utfordringen kan løses med en mer detaljert oppdeling av mengdegrunnlaget som benyttes for å beregne referansenivåer, og det anbefales å benytte VegLCA i videre arbeid med referansenivåer og klimakrav, fordi det er åpent tilgjengelig.

Basert på data- og erfaringsgrunnlaget, kan man trekke slutningen at tiden ikke er moden for å stille krav til klimaprestasjon på prosjektnivå for kommunale vei- og gateprosjekter på nåværende tidspunkt. Vi anbefaler likevel at man stiller krav til komplette klimagassberegninger for alle nye prosjekter. På denne måten vil man kunne etablere nødvendig datagrunnlag og dermed etablere referansenivåer på sikt. Et annet viktig aspekt er at krav til komplette klimagassberegninger bidrar til å få frem nødvendig kunnskap om hva som forårsaker klimagassutslipp i ulike typer prosjekter, samt synliggjøre den totale effekten av klimatiltak.

Samtidig bør krav til klimagassberegninger gi insentiver til forbedret prestasjon, og ikke kun være en dokumentasjonsoppgave. En mulighet for å gi et insentiv til å redusere utslipp uten komplette reduksjonsmål for prosjektet, er å benytte bonus/malus-mekanismer. Som et alternativ til komplette klimagassberegninger, kan det være en løsning å stille spesifikke utslippskrav til enkeltmaterialer eller til løsningsvalg man er kjent med at fører til reduserte utslipp. Denne typen krav gir mindre fleksibilitet i det enkelte prosjekt til å finne de mest hensiktsmessige og kostnadseffektive klimatiltakene, sammenliknet med krav til komplette klimagassberegninger.

7.2 Anbefalinger for videre arbeid

7.2.1 Bygg

- Kartlegge gjennomsnittlig energi- og materialbruk i bygge- og rivefase, som grunnlag for å kunne utvide systemgrensene for referansenivåer til å inkludere disse livsløpsfasene.
- Kartlegging av kostnader knyttet til klimatiltak, for eksempel med utgangspunkt i sammenstillingen av prosjekter der klimagassberegninger er utført, for å undersøke hvordan klimavennlige valg påvirker total prosjektøkonomi.

7.2.2 Anlegg

- Videreutvikle beregnede referansenivåer for vei- og gateprosjekter ved å gjøre beregninger der man skiller på de ulike delene av veikroppen (kjørefelt, fortau, sykkelvei etc.).
- Kartlegge standard praksis for bruk av dekketyper, samt gjennomsnittlige dekkelevetider i kommunale vei- og gateprosjekter.
- Gjennomføre klimagassberegninger for Fornebubanen (pågående) og sammenlikne resultater med beregninger for baneprojekter (for eksempel Follobanen og Ringeriksbanen), for å danne grunnlag for å beregne referansenivåer for kommunale baneprojekter.

VEDLEGG 1 BYGNINGSGEOMTERI FOR SINTEF MODELLBYGG

Sintefs modellbygg, som også er kjent som SINTEF-kassa, ble første gang utviklet i 2003, men de ble noe revidert i 2006³³, i forbindelse med arbeidet med å fastsette energirammekrav i revidert TEK 97 (disse kravene omtales ofte som TEK 07, noe som formelt sett ikke er korrekt). I ettertid har disse modellbyggene blitt brukt i noe omarbeidet form for reviderte energikrav i forskriftene (TEK 10, TEK 17), samt i passivhusstandardene (NS 370x) mm.

SINTEF³³ skriver at «Bygningsmodellene lagt til grunn for foreliggende forslag til energirammer er basert på en kompakt og energieffektiv bygningsform».

Følgende inndata gjelder for modellbyggberegningene som er omtalt i denne rapporten.

Bygningskategori	Grunnflate m ²	Antall etasjer	Oppvarmet areal m ²	Bruttoareal* m ²	Arealandel vinduer/dører av oppvarmet areal
Boligblokk	300 (10x30)	3	900	986	25 %
Kontorbygg	1200 (20 x 60)	3	3600	3800	25 %
Skolebygning	1200 (20 x 60)	2	2400	2534	25 %
Forretningsbygning	1200 (20 x 60)	3	3600	3800	25 %

*Nødvendig areal for å oppnå BRA som for Sintefs modellbygg i Carbon Designer i One Click LCA

³³ SINTEF Byggforsk AS: Nye energikrav - Bygningsmodeller og faste inndata i energirammeberegningene - Nye energirammeberegninger, 2006

VEDLEGG 2 LISTE OVER BYGGEPROSJEKTER I SAMMENSTILLING

Prosjekt	Kommunal/ikke-kommunal	Sted	Analyse	Beregningsverktøy	Bygningstype	Etg.		BTA	BRA	Inkluderte moduler	medregnet i	
						under bakken	over bakken					
FB Fredrik Selmers vei 4 (rehab)	Ikke-kommunal	Oslo	2010	Klimagassregnskap.no	Kontor	1	11	37418	36506	A1-A3, B4/B5, B6, B8	Nei	
FB Tallhall meteorologisk institutt	Ikke-kommunal (Statlig)	Oslo	2012	Klimagassregnskap.no	Kontor	0	2	0	1471	A1-A3, B4/B5, B6, B8	Ja	
FB Papirbredden 2	Kommunal	Drammen	2012	Klimagassregnskap.no	Kontor	1	8	0	8536	A1-A3, B4/B5, B6, B8	Ja	
FB NSB kompetansesenter	Ikke-kommunal (Statlig)	Drammen	2012	Klimagassregnskap.no	Kontor	0	5	7113	6713	A1-A3, B4/B5, B6, B8	Ja	
A14 Bjørnvika	Ikke-kommunal	Oslo	2014	Klimagassregnskap.no	Kontor	1	6	4572	4291	A1-A3, B4/B5	Ja	
FB Lilletorget 1 (Oslo Solar)	Ikke-kommunal	Oslo	2014	Egne beregninger	Kontor	0	27	0	44400	A1-A3, B4/B5, B6, B8	Nei	
FB Østensjøveien 27	Ikke-kommunal	Oslo	2014	Isy Calcus	Kontor	1	6	17600	16800	A1-A3, B4/B5, B6, B8	Ja	
FB Papirbredden 3	Kommunal	Drammen	2015	Klimagassregnskap.no	Kontor	0	-	0	11500	A1-A3, B4/B5, B6, B8	Nei	
FB Bellonahuset	Ikke-kommunal	Oslo	2015	Klimagassregnskap.no	Kontor	0	5	0	3160	A1-A3, B4	Ja	
ZEB FB Powerhouse Kjørbo (rehab)	Ikke-kommunal	Sandvika	2015	Klimagassregnskap.no	Kontor	1	4	5698	5180	A1-A3, B4/B5, B6, B8, C1-C4, D	Ja	
Pilestredet 33	Ikke-kommunal	Oslo	2016	Klimagassregnskap.no	Kontor	0	9	13400	12328	A1-A3, B4/B5	Ja	
B7 Eufemia	Ikke-kommunal	Oslo	2018	Egne beregninger	Kontor	1	0	22028	21453	A1-A3, A4, B4/B5, B6, B8	Nei	
FB Grensesvingen 7 (rehab)	Ikke-kommunal	Oslo	2018	Klimagassregnskap.no	Kontor	1	8	20172	16422	A1-A3, B4/B5, B6, B8	Ja	
FB Marienlyst skole	Kommunal	Drammen	2011	Klimagassregnskap.no	Skole	0	3	6500	6454	A1-A3, B4, B6, B8	Ja	
FB Frydenhaug skole	Kommunal	Drammen	2013	Klimagassregnskap.no	Skole	1	2	5460	5170	A1-A3, B4, B6, B8	Ja	
FB Granstangen skole	Kommunal	Oslo	2014	Klimagassregnskap.no	Skole	0	2	6461	6079	A1-A3, B4, B6, B8	Ja	
FB Bjørnsletta skole	Kommunal	Oslo	2015	Klimagassregnskap.no	Skole	1	3	10172	9358,24	A1-A3, B4, B6, B8	Ja	
Teglverkstomta skole inkl. Flerbrukshall	Kommunal	Oslo	2015	Klimagassregnskap.no	Skole	0	0	11885	11607	A1-A3 inkl. B4/B5	Nei	
FB Rykkinn skole avd. Berger	Kommunal	Bærum	2016	Klimagassregnskap.no	Skole	1	3	7991	7415	A1-A3, B4, B6, B8	Ja	
Tokerud skole	Kommunal	Oslo	2016	Klimagassregnskap.no	Skole	0	3	0	7448	A1-A3 inkl. B4/B5	Nei	
Ris Skole	Kommunal	Oslo	2016	Isy calcus	SKole	0	0	3287,71	3024,7	A1-A3 inkl. B4/B5	Nei	
Løren skole - nybygg	Kommunal	Oslo	2017	Klimagassregnskap.no	Skole	0	0	5622	5266	A1-A3 inkl. B4/B5	Nei	
FB Ruseløkka skole	Kommunal	Oslo	2017	Klimagassregnskap.no	Skole	1	4	0	9740	A1-A3, B4, B6, B8	Ja	
FB Veitvet skole	Kommunal	Oslo	2017	Klimagassregnskap.no	Skole	0	3	11424	9933	A1-A3, B4, B6, B8	Ja	
Prinsdal skole (tilbygg)	Kommunal	Oslo	2017	Klimagassregnskap.no	Skole	0	3	1344	1236,48	A1-A3, A4, B4	Ja	
Østensjø skole (to bygg)	Kommunal	Oslo	2017	Klimagassregnskap.no	Skole	1	3	3955	3629	A1-A3, A4, B4	Ja	
FB Hartvig Nissen	Kommunal	Oslo	2018	Klimagassregnskap.no	Skole	0	0	0	3109	A1-A3, B4, B6	Ja	
FB Stasjonsfjellet skole (rehab)	Kommunal	Oslo	2018	Klimagassregnskap.no	Skole	0	2	0	4278	A1-A3, B4, B6, B8	Ja	
Nøklevann skole	Kommunal	Oslo	2018	Egne beregninger	Skole	delvis	3	3590	3380	?? Står ikke. A1-A3, A4?? B4??	Nei	
Munkerud skole	Kommunal	Oslo	2018	Klimagassregnskap.no	Skole	delvis	0	0	0	A1-A3, B4	Nei	
Nordvoll skole	Kommunal	Oslo	2019	One Click LCA	Skole	delvis	2	0	0	A1-A3, A4, A5, B4/B5, B6, C1-C4	Nei	
FB Brynseng skole	Kommunal	Oslo	2019	Klimagassregnskap.no	Skole	delvis	0	5	11600	10725	A1-A3, B4, B6, B8	Ja
Voldsløkka skole (rehab + tilbygg)	Kommunal	Oslo	2019	Klimagassregnskap.no	Skole	1	5	11017	10329	A1-A3, A4, A5, B4/B5, B6, C1-C4	Nei	
Toppåsen skole (tilbygg)	Kommunal	Oslo	2019	Klimagassregnskap.no	Skole	0	3	1493	1330	A1-A3, A4, A5, B4/B5, B6, C1-C4	Nei	
Marienlundveien 6	Ikke-kommunal	Oslo	2017	Klimagassregnskap.no	Boligblokk	1	3	1065,8	980,536	A1-A3, A4, B4/B5, B6, B8	Ja	
FB Ulsholtsveien 31 - Furuhuset (rehab)	Ikke-kommunal	Oslo	2018	Klimagassregnskap.no	Rekkehus	0	3	859	760		Nei	
FB Ulsholtsveien 31 - nybygg	Ikke-kommunal	Oslo	2018	Klimagassregnskap.no	Rekkehus	0	3	1905	1581		Nei	
FB Korpåsen	Kommunal	Asker	2018	Egne beregninger	Rekkehus	0	1	1163	1095	A1-A3, B4/B5, B6, B8	Nei	
FB Kringsjå studentby	Kommunal	Oslo	2018	Ukjent	Boligblokk	0	11	13106	12278	A1-A3, B4/B5, B6, B8	Nei	
B7 Vestbygget, ekskl. Kjeller	Ikke-kommunal	Oslo	2019	ByggLCA	Boligblokk	0	8	8697	8330	A1-A3 B6, B8	Nei	
B7 Sørbygget, ekskl. kjeller	Ikke-kommunal	Oslo	2019	ByggLCA	Boligblokk	0	9	6171	5677,32	A1-A3 B6, B8	Nei	
Kvartal 1 Felt 9.6 Fornebu	Ikke-kommunal	Oslo	2019	ByggLCA	Boligblokk	0	5	10968	10008	A1-A3	Nei	
Tåsenløkka barnehage (Claus Borchs vei 19-23)	Kommunal	Oslo	2013	Klimagassregnskap.no	Barnehage	0	3	0	3833,33	A1-A3 inkl. B4/B5	Nei	
Berg gård barnehage og omsorgsbolig (REHAB)	Kommunal	Oslo	2015	Klimagassregnskap.no	Omsorgsboli	1	0	5356	4416,23	A1-A3 inkl B4/B5 (nb rehab)	Nei	
Økern sykehjem (rehab)	Kommunal	Oslo	2015	Klimagassregnskap.no	Sykehjem	0	0	0	9998	A1-A3 inkl. B4/B5	Nei	
Hovseterhjemmet	Kommunal	Oslo	2016	Klimagassregnskap.no	Sykehjem	1	0	15142	14147	A1-A3 inkl. B4/B5	Nei	
Tåsenhjemmet	Kommunal	Oslo	2018	One Click LCA	Sykehjem	1	4	14371	12200	A1-A3 + B4/B5	Nei	
Bogerud gård barnehage	Kommunal	Oslo	2018	One Click LCA	Barnehage	0	2	2129	1958,68	A1-A3, B4/B5, B6, C1-C4	Nei	
Fjellstuveien barnehage	Kommunal	Oslo	2019	One Click LCA	Barnehage	0	0	799	735,08	A1-A3, A4, A5, B4/B5, B6, C1-C5	Nei	
Nasjonalmuseet	Kommunal	Oslo	2013	Klimagassregnskap.no	Museum	0	0	54350	51759	A1-A3 inkl. B4/B5	Nei	
Nytt Munch-museum	Kommunal	Oslo	2015	Klimagassregnskap.no	Museum	0	0	0	22108	A1-A3 inkl. B4/B5	Ja	
Deichman, inkl. fundamentering	Kommunal	Oslo	2017	Klimagassregnskap.no	Bibliotek	0	0	19700	19319	A1-A3 inkl. B4/B5	Nei	

VEDLEGG 3 DOKUMENTASJON AV LØSNINGSVALG I MODELLBYGG, SAMMENLIKNET MED LØSNINGSVALG I ONE CLICK LCA

Kontorbygg

Kontor		Løsningsvalg, One Click LCA og valgte løsninger			Kommentar til løsningsvalg for referansenivå
		Element	One Click LCA	Valgte løsninger	
Bære-systemer	Søyler	Stålsøyler (hulprofil)	80 %	37 %	Betongsøyler og -bjelker i 1 etg, resten stålsøyler og -bjelker. Betongbjelker i 1 etg pga. betongsøyler. Blir 33%/67% betong og stål, siden bygget har tre etasjer
		Betongsøyler	20 %	33 %	
	Bjelker	Stålbjelker (valseprofil)	100 %	67 %	
		Betongbjelker	0 %	33 %	
Ytter-vegger	Bærende yttervegg	Betongvegg 200mm, mineralull, utvendig vindsperre (GU-X), utlekting, maling på innside	250 mm glassull 12% av YOM	250 mm steinull 12% av YOM	Beholdt størrelse på betongvegg konstant selv om glassfasade er lagt inn, så glassfasaden spiser kun av stenderverksvegg
		Lettklinker 200 mm, mineralull, utvendig vindsperre (GU-X), utlekting, dampsperre, mørtel mellom lettklinker, mørtel og maling på innside	250 mm glassull 6 % av YOM	250 mm steinull 6 % av YOM	Beholdt størrelse på lettklinkervegg konstant selv om glassfasade er lagt inn, så glassfasaden spiser kun av stenderverksvegg
	Ikke-bærende yttervegg	Klimavegg m/utvendig vindsperre (GU-X), bindingsverk med trestender og mineralull, dampsperre, 1 lag innvendig gips	250 mm glassull 43 % av YOM	250 mm steinull 33 % av YOM	Litt mindre areal i vår referanse, fordi vi har glassfasader. Byttet glassull til steinull.
		Glassfasader/vinduer			
	Utvendig kledning	Glassfasade	0 %	6% av YOM	Glassfasade benyttes ved inngangsparti/1. etg.
		Trevinduer med alukledning, 3 lag	39% av YOM	42% av YOM	25% av BRA = 42 % av YOM
	Dører	Tegl, inkl mørtel	43 % av YOM (70% av tettfelt)	35 % av YOM (70% av tettfelt)	Tegl, inkl. mørtel mellom murstein. 0,02 m3 tørr mørtel / m2 murvegg. Isolasjon er ikke med her, dette er med i klimavegg
		Fibersementplate	18 % av YOM (30% av tettfelt)	15 % av YOM (30% av tettfelt)	
Inner-vegger	Bærende innervegger	Ytterdører i stål	1% av YOM	1% av YOM	
		Betongvegg 150mm	15% av INV	13% av INV	
		Betongvegg 250mm	0% av INV	2% av INV	Betongvegg heissjakt
	Ikke-bærende innervegger	Lettklinker	0% av INV	0% av INV	
		100mm bindingsverksvegg, mineralull, 1 lag gips hver side, stålstender	100 mm glassull 60% av INV	100 mm steinull 60% av INV	Steinull mer vanlig enn glassull.
	Systemvegger, glassfelt	Glass front systemvegg	20% av INV	20% av INV	Som i Isy Calcus. Har lagt inn glass front systemvegg.
	Kledning og overflate	Maling på gips	100% av gipsvegg	100 % av gipsvegg	Sparkel på gipsvegg er ikke inkludert
Murpuss + maling på betong og lettklinker		100% av betongvegg	100% av betongvegg		
Dører	Kermaisk flis, flislim og membran	8,5% av INV	8,5% av INV	Keramisk flis på toaletter.	
	Tredører	5% av INV	5% av INV	Tredører	
Dekker	Frittstående dekker	265mm betong hulldekke	100% av (BTA-BYA)	100% av (BTA-BYA)	Ekstra lag 20 mm glassull lå inne i One Click, dette er fjernet
	Gulv på grunn	Betong, dampsperre/radonsperre	300mm betong + 250mm EPS 100% av BYA	100mm betong + 200mm EPS 100% av BYA	Benyttet 100 mm bunnplate og 200 mm EPS når det ikke er behov for ekstra fundamentering.
		Påstøp	50 mm armert påstøp + 20 mm avrettingsmasse	100% av BTA	100% av (BTA-BYA)
	Gulv-overflate	Teppe	70 % av BRA	70 % av BRA	Uendret

		Parkett	15 % av BRA	15 % av BRA	Uendret
		Vinyl	10 % av BRA	10% av BRA	
		Kermaisk fli, flislim og membran	5 % av BRA	5 % av BRA	
	Faste himlinger og overflatebehandling	Fast gipshimling, malt	50 % av BRA	50 % av BRA	Fast gipshimling, malt
	Systemhimlinger	Systemhimling + stålprofiler	20 mm mineralullplater 50% av BRA	20 mm mineralullplater 50% av BRA	
Yttertak	Primærkonstruksjon	265 mm betong hulldekke, dampsperre	300 mm EPS 100% av BYA	250 mm EPS, 50 mm trykkfast steinull 100% av BYA	Endret til 250 mm EPS, 50 mm trykkfast steinull
	Taktekking	Asfalttekking, to lag	100% av BYA	100% av BYA	Asfalttekking, to lag
Trapper og balkonger	Trapper	Betongtrapp			Uendret mengde
	Heissjakt	Betongsjakt	Betong, 250mm	0	Heissjakt er inkludert i innervegger.

Skolebygg

Skole		Løsningsvalg, One Click LCA og valgte løsninger			Kommentar til løsningsvalg for referansenivå	
		Element	One Click LCA	Valgte løsninger		
Bæresystemer	Søyler	Stålsøyler (hulprofil)	80 %	50 %	Betongsøyler og -bjelker i 1 etg, resten stålsøyler og -bjelker. Betongbjelker i 1 etg pga. betongsøyler. Blir altså 50/50 betong og stål, siden bygget har to etasjer	
		Betongsøyler	20 %	50 %		
	Bjelker	Stålbjelker (valseprofil)	100 %	50 %		
		Betongbjelker	0 %	50 %		
Yttervegger	Bærende yttervegg	Betongvegg 200mm, mineralull, utvendig vindsperre (GU-X), utlekting, maling på innside	250 mm glassull 5,7 % av YOM	250 mm steinull 5,7 % av YOM	Beholdt størrelse på betongvegg konstant selv om glassfasade er lagt inn, så glassfasaden spiser kun av stenderverksvegg	
		Lettklinker 200 mm, mineralull, utvendig vindsperre (GU-X), utlekting, dampsperre, mørtel mellom lettklinker, mørtel og maling på innside	250 mm glassull 5,7 % av YOM	250 mm steinull 5,7 % av YOM	Beholdt størrelse på lettklinker konstant selv om glassfasade er lagt inn, så glassfasaden spiser kun av stenderverksvegg	
	Ikke-bærende yttervegg	Klimavegg m/utvendig GU, bindingsverk med trestender og glassull, 1 lag innvendig gips	150 mm isolasjon 45,5 % av YOM	250 mm isolasjon 38,3 % av YOM	Litt mindre i vår referanse, fordi vi har glassfasader. Byttet glassull til steinull, og 250 mm iso istedenfor 150 mm. 38,3 % av YOM (resterende av bindingsverksvegg etter lettklinker og betongvegg er trukket fra)	
	Glassfasader/vinduer	Glassfasade		0 %	7,1% av YOM	Glassfasade benyttes ofte ved inngangsparti/1. etg, ref kommentar fra Preben. (andel kommer fra Isy Calcus, som hadde 5 % for barneskole og 14 % for ungdomsskole, valgte en middelvei)
		Trevinduer med alukledning, 3 lag		34% av YOM	41,4% av YOM	25% av BRA = 41,38 % av YOM
	Utvendig kledning	Tegl		38 % av YOM	30 % av YOM	Tegl, inkl. mørtel mellom murstein. 0,02 m3 tørr mørtel / m2 murvegg. Isolasjon er ikke med her, dette er med i klimavegg
		Trekledning		25,3 % av YOM,	20 % av YOM	
	Dører	Ytterdører i stål		1,72% av YOM	1,72% av YOM	
Innervegger	Bærende innervegger	Betongvegg 150mm		12% av INV		
		Betongvegg 250mm		0% av INV	3% av INV	Betongvegg heissjakt
		Lettklinker		10% av INV	10 % av INV	
	Ikke-bærende innervegger	100mm gipsplatevegg 1 lag gips hver side, stålstender		100 mm glassull 70% av INV	100 mm steinull 63% av INV	Steinull mer vanlig enn glassull. Andel er lavere i vår referanse fordi 7 % går til tykkere betongvegger (heissjakter) og glassvegger
	Systemvegger, glassfelt	Glass front systemvegg		0% av INV	4% av INV	Som i Isy Calcus. Har lagt inn glass front systemvegg.
	Maling på gips		100% av gipsvegg	100 % av gipsvegg		

	Kledning og overflate	Murpuss + maling på betong	100% av betongvegg	100% av betongvegg	
		Våtromsvinyl	0 % av INV	8,5% av INV	Vinyl på toaletter.
	Dører	Tredører	8% av INV	8% av INV	Tredører
Dekker	Frittstående dekker	265mm betong hulldekke	100% av (BTA-BYA)	100% av (BTA-BYA)	Ekstra lag 20 mm glassull lå inne i one click, dette er fjernet
	Gulv på grunn	Betong, dampspærre/radonspærre	300mm betong + 250mm EPS 100% av BYA	100mm betong + 200mm EPS 100% av BYA	Mer vanlig med 100 mm bunnplate når det ikke er behov for ekstra fundamentering.
	Påstøp	50 mm armert påstøp + 20 mm avrettingsmasse	100% av (BTA-BYA)	100% av (BTA-BYA)	Uendret
	Gulv-overflate	Linoleum	80 % av BRA	80 % av BRA	Uendret
		Parkett	7 % av BRA	7 % av BRA	Uendret
		Vinyl	7 % av BRA	15% av BRA	Vinyl på toaletter istedenfor keramisk flis, da det ikke er hensiktsmessig eller kostnadseffektivt med flis på skoler pga. vedlikehold, slitasje, osv.
	Keramisk flis	6 % av BRA	0 % av BRA		
Faste himlinger og overflatebehandling	Fast gipshimling, malt	30 % av BRA	30 % av BRA	Fast gipshimling, malt	
Systemhimlinger	Systemhimling + stålprofiler	20 mm mineralullplater 70% av BRA	40 mm mineralullplater 70% av BRA	20 mm byttet ut med 40 mm pga akustiske krav i skoler	
Yttertak	Primærkonstruksjon	265 mm betong hulldekke, dampspærre	300 mm EPS 100% av BYA	250 mm EPS, 50 mm trykkfast steinull 100% av BYA	Endret til 250 mm EPS, 50 mm trykkfast steinull
	Taktekking	Asfalttekking, to lag	100% av BYA	100% av BYA	Asfalttekking, to lag
Trapper og balkonger	Trapper	Betongtrapp			Uendret mengde
	Heissjakt	Betongsjakt	Betong, 250mm	0	Heissjakt er inkludert i innervegger.

Boligblokk

Boligblokk		Løsningsvalg, One Click LCA og valgte løsninger			Kommentar til løsningsvalg for referansenivå
		Element	One Click LCA	Valgte løsninger	
Bæresystemer	Søyler	Stålsøyler (hulprofil)	100 %	100 %	Stålsøyler og -bjelker i hele konstruksjonen, alle etasjer like
		Betongsøyler	0 %	0 %	
	Bjelker	Stålbjelker (valseprofil)	80 %	100 %	
		Betongbjelker	20 %	0 %	
Yttervegger	Bærende yttervegg	Betongvegg 200mm, mineralull, utvendig vindspærre (GU-X), utlekting, maling på innside	250 mm glassull 14% av YOM	250 mm steinull 14% av YOM	Beholdt størrelse på betongvegg konstant selv om glassfasade er lagt inn, så glassfasaden spiser kun av stenderverksvegg
		Lettklinker 200 mm, mineralull, utvendig vindspærre (GU-X), utlekting, dampspærre, mørtel mellom lettklinker, mørtel og maling på innside	250 mm glassull 7 % av YOM	250 mm steinull 8 % av YOM	Beholdt størrelse på lettklinker konstant selv om glassfasade er lagt inn, så glassfasaden spiser kun av stenderverksvegg
	Ikke-bærende yttervegg	Klimavegg m/utvendig vindspærre (GU-X), bindingsverk med trestender og mineralull, dampspærre, 1 lag innvendig gips	250 mm glassull 48 % av YOM	250 mm steinull 47 % av YOM	Byttet glassull til steinull. Murplate på innsiden av tegl er nødvendig og inkludert i mineralull her
	Glassfasader/vinduer	Glassfasade	0 %	0 %	
		Trevinduer med alukledning, 3 lag	30% av YOM	30% av YOM	25% av BRA = 30 % av YOM

	Utvendig kledning	Tegl, inkl mørtel	48 % av YOM (70% av tettfelt)	48 % av YOM (70% av tettfelt)	Tegl, inkl. mørtel mellom murstein. 0,02 m3 tørr mørtel / m2 murvegg. Isolasjon er ikke med her, dette er med i klimavegg
		Malt trekledning	21 % av YOM (30% av tettfelt)	21 % av YOM (30% av tettfelt)	
	Dører	Ytterdører i stål	1% av YOM	1% av YOM	
Inner-vegger	Bærende innervegger	Betongvegg 150mm	20% av INV	19% av INV	
		Betongvegg 250mm	0% av INV	3% av INV	Betongvegg heissjakt
		Lettklinker	8% av INV	7% av INV	
	Ikke-bærende innervegger	100mm bindingsverksvegg, mineralull, 1 lag gips hver side, stålstender	100 mm glassull 55% av INV	100 mm steinull 54% av INV	Steinull mer vanlig enn glassull.
	Systemvegger, glassfelt	Glass front systemvegg	0% av INV	0% av INV	
	Kledning og overflate	Maling på gips	100% av gipsvegg	100 % av gipsvegg	Sparkel på gipsvegg er ikke inkludert
		Murpuss + maling på betong og lettklinker	100% av betongvegg	100% av betongvegg	
Kermaisk fli, flislim og membran		15% av INV	15% av INV	Keramisk flis på toaletter.	
Dører	Tredører	17% av INV	5% av INV	Tredører	
Dekker	Frittstående dekker	265mm betong hulldekke	80% av (BTA-BYA)	100% av (BTA-BYA)	Endret til 100% hulldekke i betong. Ekstra lag 20 mm glassull lå inne i One Click, dette er fjernet
		Trebelkelag, 225mm glassull	20% av (BTA-BYA)	0% av (BTA-BYA)	
	Gulv på grunn	Betong, dampspærre/radonsperre	300mm betong + 250mm EPS 100% av BYA	100mm betong + 200mm EPS 100% av BYA	Benyttet 100 mm bunnplate og 200 mm EPS når det ikke er behov for ekstra fundamentering.
	Påstøp	50 mm armert påstøp + 20 mm avrettingsmasse	100% av BTA	100% av (BTA-BYA)	Endret til å ikke inkluderer avretting og påstøp på gulv på grunn.
	Gulv-overflate	Teppe	0 % av BRA	0 % av BRA	
		Parkett	60 % av BRA	60 % av BRA	
		Vinyl	20% av BRA	20% av BRA	
		Kermaisk fli, flislim og membran	20 % av BRA	20 % av BRA	
	Faste himlinger og overflatebehandling	Fast gipshimling, malt	100 % av BRA	100 % av BRA	Fast gipshimling, malt
	System-himlinger	Systemhimling + stålprofiler	20 mm mineralullplater 0% av BRA	20 mm mineralullplater 0% av BRA	
Yttertak	Primærkonstruksjon	265 mm betong hulldekke, dampspærre	300 mm EPS 100% av BYA	250 mm EPS, 50 mm trykkfast steinull 100% av BYA	Endret til 250 mm EPS, 50 mm trykkfast steinull
	Taktekking	Asfalttekking, to lag	100% av BYA	100% av BYA	Asfalttekking, to lag
Trapper og balkonger	Trapper	Betongtrapp			Uendret mengde
	Heissjakt	Betongsjakt	Betong, 250mm	0	Heissjakt er inkludert i innervegger.

Forretning/næring

Forretning		Løsningsvalg, One Click LCA og valgte løsninger			Kommentar til løsningsvalg for referansenivå
		Element	One Click LCA	Valgte løsninger	
Bære-systemer	Søyler	Stålsøyler (hulprofil)	50 %	67 %	Betongsøyler og -bjelker i 1 etg, resten stålsøyler og -bjelker. Betongbjelker i 1 etg pga. betongsøyler. Blir 33%/67% betong og stål, siden bygget har tre etasjer
		Betongsøyler	50 %	33 %	
	Bjelker	Stålbjelker (valseprofil)	80 %	67 %	
		Betongbjelker	20 %	33 %	
Ytter-vegger	Bærende yttervegg	Betongvegg 200mm, mineralull, utvendig vindspærre (GU-X), utlekting, maling på innside	250 mm glassull 13% av YOM	250 mm steinull 11% av YOM	Beholdt størrelse på betongvegg konstant selv om glassfasade er lagt inn, så glassfasaden spiser kun av stenderverksvegg
		Lettklinker 200 mm, mineralull, utvendig vindspærre (GU-X), utlekting, dampspærre, mørtel mellom lettklinker, mørtel og maling på innside	250 mm glassull 13 % av YOM	250 mm steinull 10 % av YOM	Beholdt størrelse på lettklinker konstant selv om glassfasade er lagt inn, så glassfasaden spiser kun av stenderverksvegg
	Ikke-bærende yttervegg	Klimavegg m/utvendig vindspærre (GU-X), bindingsverk med trestender og mineralull, dampspærre, 1 lag innvendig gips	250 mm glassull 38 % av YOM	250 mm steinull 27 % av YOM	Byttet glassull til steinull. Murplate på innsiden av tegl er nødvendig og inkludert i mineralull her
	Glassfaser/vinduer	Glassfasade	0 % av YOM	9 % av YOM	
		Trevinduer med alukledning, 3 lag	36% av YOM	41% av YOM	25% av BRA = 41 % av YOM
	Utvendig kledning	Tegl, inkl mørtel	32 % av YOM (50% av tettfelt)	32 % av YOM (50% av tettfelt)	Tegl, inkl. mørtel mellom murstein. 0,02 m3 tørr mørtel / m2 murvegg. Isolasjon er ikke med her, dette er med i klimavegg
		Fibersementplate	32 % av YOM (50% av tettfelt)	32 % av YOM (50% av tettfelt)	
	Dører	Ytterdører i stål	1% av YOM	1% av YOM	
Inner-vegger	Bærende innervegger	Betongvegg 150mm	0% av INV	0% av INV	
		Betongvegg 250mm	0% av INV	0% av INV	
		Lettklinker	30% av INV	30% av INV	
	Ikke-bærende innervegger	100mm bindingsverksvegg, mineralull, 1 lag gips hver side, stålstender	100 mm glassull 60% av INV	100 mm steinull 60% av INV	Steinull mer vanlig enn glassull.
	Systemvegger, glassfelt	Glass front systemvegg	5% av INV	5% av INV	
	Kledning og overflate	Maling på gips	100% av gipsvegg	100 % av gipsvegg	Sparkel på gipsvegg er ikke inkludert
		Murpuss + maling på lettklinker	100% av betong og lettklinkervegg	100% av betong og lettklinkervegg	
Dører	Tredører	5% av INV	5% av INV	Tredører	
Dekker	Frittbærende dekker	265mm betong hulldekke	100% av (BTA-BYA)	100% av (BTA-BYA)	Ekstra lag 20 mm glassull lå inne i One Click, dette er fjernet
	Gulv på grunn	Betong, dampspærre/radonspærre	300mm betong + 250mm EPS 100% av BYA	100mm betong + 200mm EPS 100% av BYA	Benyttet 100 mm bunnplate og 200 mm EPS når det ikke er behov for ekstra fundamentering.
	Påstøp	50 mm armert påstøp + 20 mm avrettingsmasse	100% av BTA	100% av (BTA-BYA)	Endret til å ikke inkluderer avretting og påstøp på gulv på grunn.
	Gulv-overflate	Teppe	0 % av BRA	0 % av BRA	
		Parkett	30 % av BRA	30 % av BRA	
		Vinyl	10 % av BRA	10 % av BRA	
	Kermaisk fli, flislim og membran	60 % av BRA	60 % av BRA		

	Faste himlinger og overflatebehandling	Fast gipshimling, malt	30 % av BRA	50 % av BRA	Fast gipshimling, malt
	Systemhimlinger	Systemhimling + stålprofiler	20 mm mineralullplater 70% av BRA	20 mm mineralullplater 5% av BRA	
Yttertak	Primærkonstruksjon	265 mm betong hulldekke, dampsperre	300 mm EPS 100% av BYA	250 mm EPS, 50 mm trykkfast steinull 100% av BYA	Endret til 250 mm EPS, 50 mm trykkfast steinull
	Taktekking	Asfalttekking, to lag	100% av BYA	100% av BYA	Asfalttekking, to lag
Trapper og balkonger	Trapper	Betongtrapp			Uendret mengde
	Heissjakt	Betongsjakt	Betong, 250mm	0	Heissjakt er inkludert i innervegger.

Kjeller, oppvarmet og uoppvarmet

Kjeller		Løsningsvalg, One Click LCA og valgte løsninger				Kommentar til løsningsvalg for referansenivå
		Element	One Click LCA	Valgte løsninger oppvarmet	Valgte løsninger ikke oppvarmet	
Bæresystemer	Søyler	Stålsøyler (hulprofil)	80 %	100 %	100 %	Betongsøyler og -bjelker i hele konstruksjonen, alle etasjer like
		Betongsøyler	20 %	0 %	0 %	
	Bjelker	Stålbjelker (valseprofil)	100 %	100 %	100 %	
		Betongbjelker	0 %	0 %	0 %	
Yttervegger	Bærende yttervegg	Betongvegg, sandwich, 90mm+80mm, vannrett bitumenplate, 190 mm EPS	100% av YUM	100% av YUM	100% av YUM	
Innervegger	Innervegger	Betongvegg 150mm	0 %	1750 m2 INV	175,0 m2 INV	For oppvarmet bygg er det lagt til samme mengde innervegger som for kontorbygg over bakken. Alle innervegger er endret til 150 mm betongvegger. For ikke oppvarmet kjeller er det antatt 10% av innervegger for kontorbygg over bakken.
		Kledning og overflate	Maling på gips	100% av gipsvegg	100 % av gipsvegg	100 % av gipsvegg
	Murpuss + maling på betongvegg		100% av betongvegg	100% av betongvegg	100% av betongvegg	
Dekker	Frittstående dekker	265mm betong hulldekke	100% av (BTA-BYA)	100% av (BTA-BYA)	100% av (BTA-BYA)	Ekstra lag 20 mm glassull lå inne i One Click, dette er fjernet
	Gulv på grunn	Betong, dampsperre/radonsperre	ikke inkludert	ikke inkludert	ikke inkludert	Gulv på grunn er ikke inkludert for kjeller. Gulv på grunn er inkludert for kontor, boligblokk, skole og forretningsbygg.
	Påstøp	50 mm armert påstøp + 20 mm avrettingsmasse	100% av dekker	100% av dekker	100% av dekker	Endret til å ikke inkluderer avretting og påstøp på gulv på grunn.
	Gulv-overflate	Teppe	70 % av BRA	70 % av BRA	7 % av BRA	
		Parkett	15 % av BRA	15 % av BRA	1 % av BRA	
		Vinyl	10 % av BRA	10% av BRA	1% av BRA	
		Kermaisk fli, flislim og membran	5 % av BRA	5 % av BRA	1 % av BRA	
	Ubehandlet betong	0 %	0 %	90 % av BRA	Ikke oppvarmet kjeller har 90% ubehandlet betong	
Faste himlinger og overflatebehandling	Fast gipshimling, malt	50 % av BRA	50 % av BRA	50 % av BRA	Fast gipshimling, malt	
Systemhimlinger	Systemhimling + stålprofiler	20 mm mineralullplater 50% av BRA	20 mm mineralullplater 50% av BRA	20 mm mineralullplater 50% av BRA		

VEDLEGG 4 DOKUMENTASJON AV ENDRINGER FOR HULLDEKKER OG GLASS I MODELLBYGG I ONE CLICK LCA

Hulldekker

OneClick LCA

Type: Hulldekker, generisk, B30, C30/37 (4400/5400 PSI), 0% (typical) recycled binders in cement (300 kg/m³), incl. reinforcement

Beskrivelse:

- Tykkelse: 265mm
- 300 kg/m³ Portland sement og tilslag.
- Armeringsstål: 5 kg/m².
- Vekt: 371 kg/m² 265 mm tykkelse

Original fra OneClick LCA har hulldekker et utslippstall (A1-A3) på: **40,52 kg CO₂ ekv/m²**.

Justering

Ved å regne med samme materialmengde som OneClick LCA og justerte utslippsfaktorer gir dette følgende resultat:

Betong: Lavkarbonbetong bransjereferanse, B35: 330 kg CO₂ ekv/m³

Armeringsstål: Spennarmering: 2,68 kg CO₂ ekv/kg³⁴

Beregning:

- 371 kg/m² – 5,0 kg armeringsstål = 366 kg betong/m²
- 366 kg betong / 2400 kg/m³ = 0,1525 m³ betong
- 0,1525 m³ betong * 330 kg CO₂ ekv/m³ = 50,3 kg CO₂ ekv/m² hulldekke
- 5,0 kg spennarmering * 2,68 kg CO₂ ekv/kg = 13,4 kg CO₂ ekv/m² hulldekke
- **Sum: 50,3 kg CO₂ e + 13,4 kg CO₂ ekv = 63,7 kg CO₂ ekv/m² hulldekke**

Argumentasjon

Betong:

For betongelementer er det foreløpig mindre utbredt å bruke lavkarbonklasse A og B, som følge av hensyn til produksjonstid (lavkarbonbetong kan ha noe lengre herdetid enn standard betong).

I *Materialveileder, Hvordan jobbe godt med materialvalg i BREEAM-NOR prosjekter*³⁵ står det følgende om valg av betong i referansebygg.

Definering av referansebygg

Betong i betongelementer: Lavkarbonbetong C definert i Tabell 1 i Publikasjon nr. 37 - Lavkarbonbetong (Norsk Betongforening, 2015)

³⁴ https://www.epd-norge.no/getfile.php/135913-1469026878/EPDer/Byggevarer/St%C3%A5lkonstruksjoner/NEPD-326-206-EN_Prestressed-steel-for-reinforcemenet-of-concrete--PC-Strand.pdf

³⁵ <https://byggalliansen.no/aktuelt/publikasjoner/materialveileder/>

Bransjereferanseverdi for betong (tidligere Lavkarbonbetong klasse C) i ny Publikasjon 37 bør benyttes som standard betongvalg for prefabrikkerte betongelementer, ref kapittel 4.1.6.1.

Armeringsstål:

OneClick LCA har benyttet utslippsfaktorer som kamstål som armering for hulldekke.

Hulldekker er spennarmerte og armeres med spennarmering. Spennarmering har et høyere klimagassutslipp pr kg armering sammenliknet med standard kamstål. Spennarmering har et klimagassutslipp på rundt 2,68 kg CO₂ e/kg spennarmering³⁶. Det blir derfor ikke riktig å benytte utslippsfaktor som for kamstål i hulldekker.

Planglass

OneClick LCA

Type: Planglass, enkeltglasert, generisk, 3 - 12 mm, 10 kg/m² (for 4 mm), 2500 kg/m³

Beskrivelse:

OneClick LCA beregner utslipp fra glass og aluminiumsprofil separat. Tall vist her er kun for glass.

Original fra OneClick LCA har planglass et utslippstall (A1-A3) på 0,80 kg CO₂ e/kg glass

Justering

Det er gjennomgått ulike EPDer for vinduer med fastkarm. Det er benyttet EPD for vinduer uten aluminiumsprofil.

	NorDan NTech Fixed window 105	Norges vinduetFastkarm vindu	Nordvestvinduet Fastkarm vindu	NorDan NTech Fixed window 105/80	Uldal: Vindu Fastkarm	
A1-A3	119,12	110,52	104,21	124,12	122,6	kg CO ₂ e
Vekt, kg	62,14	59,55	63,93	62,25	65,89	kg
CO ₂ e/m ²	65,4	60,7	57,2	68,2	67,3	kg Co ₂ e/m ²
Vekt/m ²	34,1	32,7	35,1	34,2	36,2	kg /m ²
Info	Triple glazed	(4S-18Ar4-18Ar-S4)	(4es18ar-4-20ar-4es)	Triple glazed	Triple glazed	
Tykkelse glass		4	4			mm
Antall lag	3	3	3	3	3	lag
CO ₂ e/m ² 4mm	21,8	20,2	19,1	22,7	22,4	kg Co ₂ e/m ² 4 mm glass
Vekt pr lag glass	11,4	10,9	11,7	11,4	12,1	kg /m ² 4 mm glass
CO ₂ e/kg vindu	1,92	1,86	1,63	1,99	1,86	kg CO ₂ e/kg vindu
Gjennomsnitt			1,85			kg CO ₂ e/kg vindu
Maksverdi			1,99			kg CO ₂ e/kg vindu

Figur 0-1: utslippsdata fra ulike EPD for vinduer. Tall er for vinduer uten aluminiumsprofil.

³⁶ https://www.epd-norge.no/getfile.php/135913-1469026878/EPDer/Byggevarer/St%C3%A5lkonstruksjoner/NEPD-326-206-EN_Prestressed-steel-for-reinforcemenet-of-concrete--PC-Strand.pdf

Resultatene viser at verdier fra norske EPDer gir følgende maks utslippstall for vindu: 1,99 kg CO₂ e/kg vindu

Argumentasjon

Det kan se ut til at ved å kun regne utslipp fra planglass og ikke inkludere beslag, avstandsprofil, argongass og andre komponenter i vinduet blir utslippstall for glass underestimert i OneClick LCA.

VEDLEGG 5 INFORMASJON OM PROSJEKTER BENYTTET FOR Å BEREGNE REFERANSENIVÅ FOR UTSLIPP FRA VEI- OG GATEPROSJEKTER

Kategori	ÅDT	Antall kjørefelt	Tverrprofil/veibredde (m)	Veilengde (m)	Gravedybde/dybde ny overbygning ekskl. VA-arbeider	Dekketype	Fortau	Kantstein	
Veitvetveien	Vei uten sykkelfelt	7400	2	15/6,5	770	varierende, snitt 0,5m	Asfalt	2-sidig	Ja
Ekebergveien	Vei med sykkelfelt	10000	2	9 (6+3)	730	varierende, snitt 0,5m	Asfalt	1-sidig	Ja
Sognsveien	Vei med separat gang- og sykkelvei	11700	2	15,5 (7+3+5,5)	250	variende, OV + snitt 1,1m	Asfalt	2-sidig	ja
Tollbugata	Gateoppgradering uten trikk	6000	2	14,3/8,7	620		Asfalt	2-sidig	ja
Thorvald Meyersgate	Gateoppgradering med trikk	4800, anslått - 90 % av dagens 7000	2	14,4/6,0	1100	Fortau 0,4 m. FM ca. 3,0 og trikkeplate, OV-ledning ca. 2,0 m.	Asfalt/granitt	2-sidig	ja
Torggata	Gågate	1500	1	11,5/4,5	360	Varierende, snitt 0,6m	Granitt	2-sidig	Ja
Åkebergveien	Opphøyd sykkelfelt med separat g/s-vei		2	14,9 m ink kjørebane	700	Varierende ca 0,5 m	Asfalt	2-sidig	Ja
Turvei D2	Turvei og g/s-vei		2	Sykkelvei 3m, fortau 2,5. Totalt 5,5m	460	0,5m	Asfalt		Ja

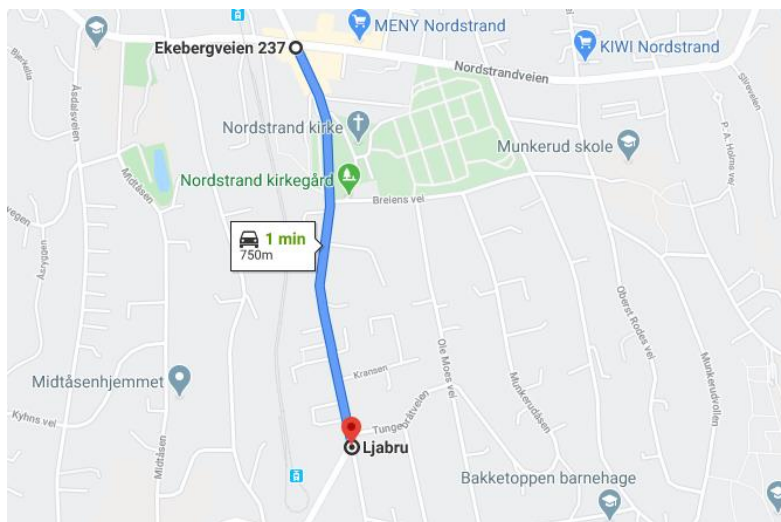
Veitvetveien



Veitvetveien er bygget om til miljøgate, med fartsgrense 30 km/t, fartsdumper og to-sidig gangfelt. Oppgraderingen omfattet også ny gatebelysning og møteplasser langs veien.

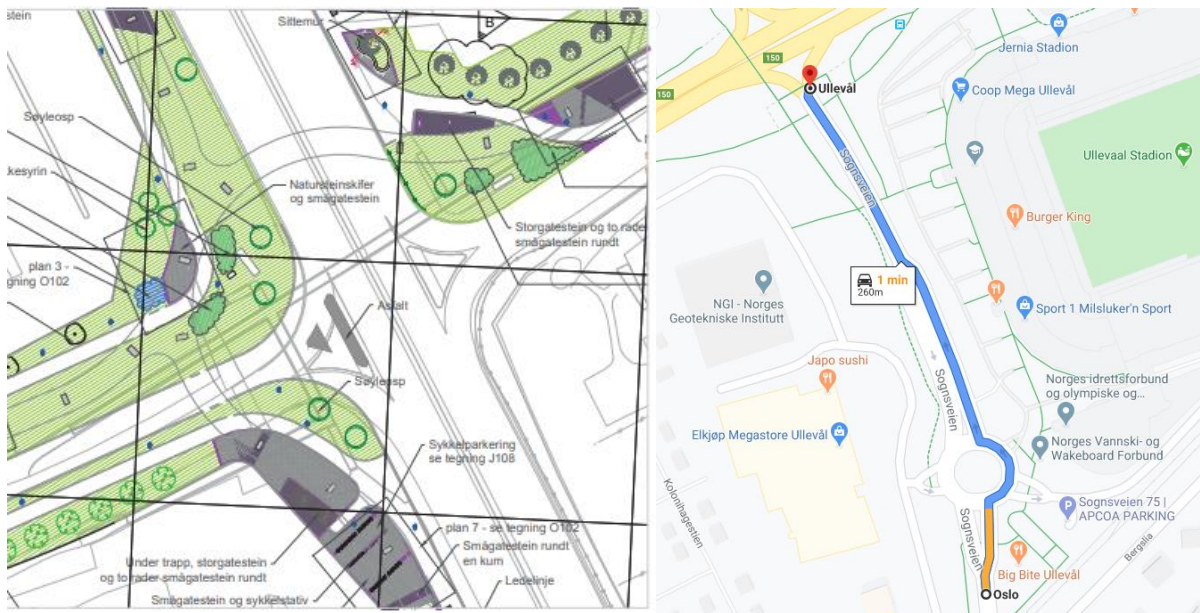
Ekebergveien

Det er bygget tosidig sykkelfelt og bredere fortau i Ekebergveien sør for Nordstrandveien, fra Sæter til Ljabru. I tillegg har veien fått oppgraderte holdeplasser, gangfelt og gatebelysning. Ny tverrprofilbredde er 11,5 m: 2,5 m fortau på én side, 2 * 1,5 m sykkelfelt på to sider og 6 m kjørebane.



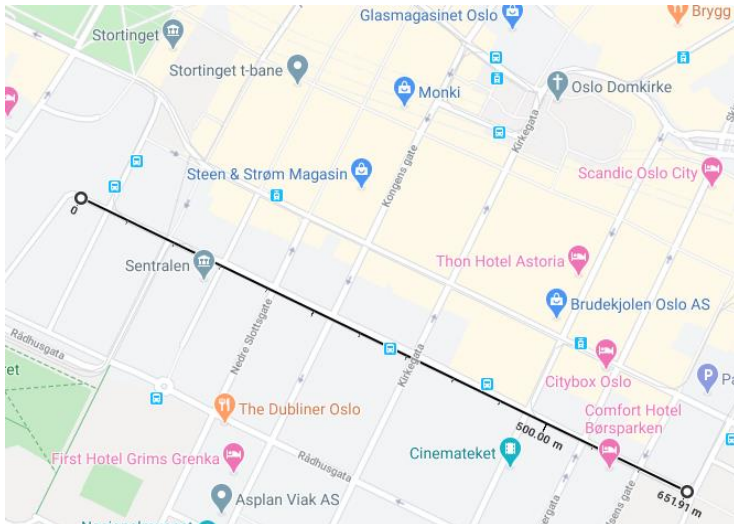
Sognsveien

Sognsveien er oppgradert sør for Ring 3. Massene under veien er byttet ut, det er lagt nye rør og ledninger, og nytt asfaltdekke. Det er anlagt egne sykkelveier i begge retninger, nye gangfelt og ny gatebelysning. Det er også laget en ny rundkjøring.



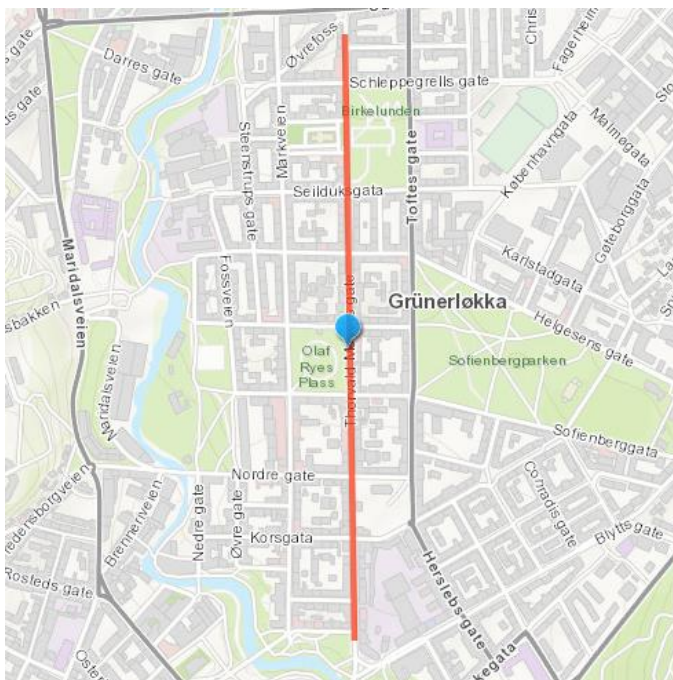
Tollbugata

Tollbugata er oppgradert til en ren bussgate. De gamle trikkeskinnene er revet, og gata er gjort om til toveis bussgate. Det er ikke skiftet belysning, da gaten er opplyst av hengende armaturer på wirestrekk.



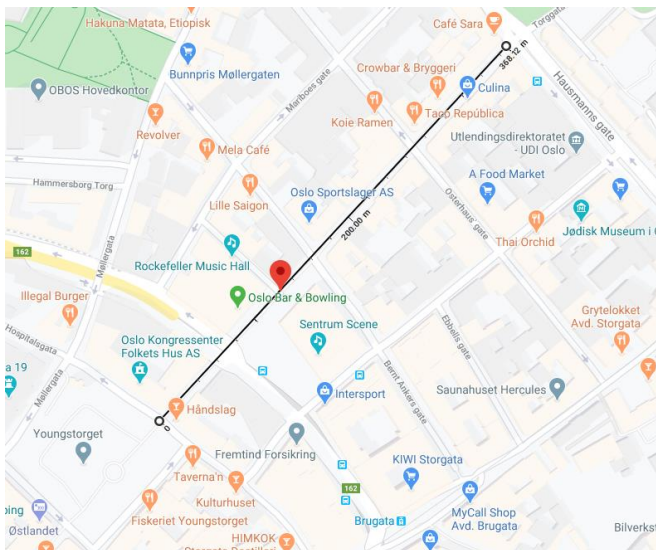
Thorvald Meyersgate

Thorvald Meyersgate oppgraderes for å gi bedre plass til fotgjengere og trikk. Oppgraderingen omfatter fornying av gata, trikkeskinner og fortau. I midtre del blir det også et bredere fortau og mer areal for opphold. Gata er belyst av hengende lysarmaturer på wirestrekk, og kun enkelte armaturer er byttet ut i oppgraderingen.



Torggata

Torggata ble oppgradert til gå- og sykkelgate med belegningstein av granitt. Gata fikk nye, bredere fortau, møblingssoner med benker, sykkelparkeringer og trær. Arbeidene omfattet også utskifting av lysarmaturer.



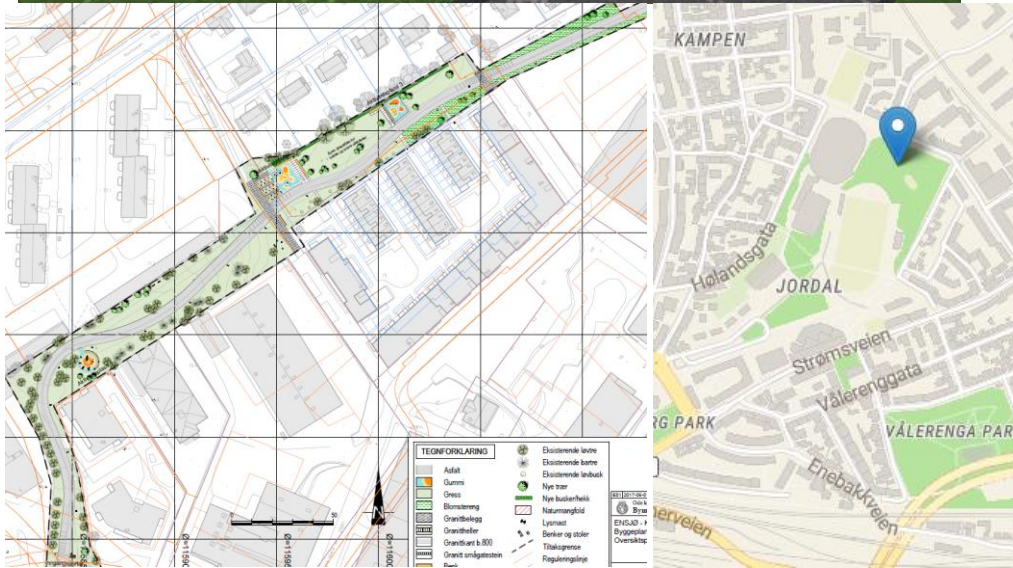
Åkebergveien

Åkebergveien oppgraderes for bedre tilrettelegging ofr gående, syklende og kollektivtrafikk. Veien får opphøyde sykkelfelt på begge sider av veien. Sykkelfeltene er så brede at to sykklister kan passere hverandre i sykkelfeltet.



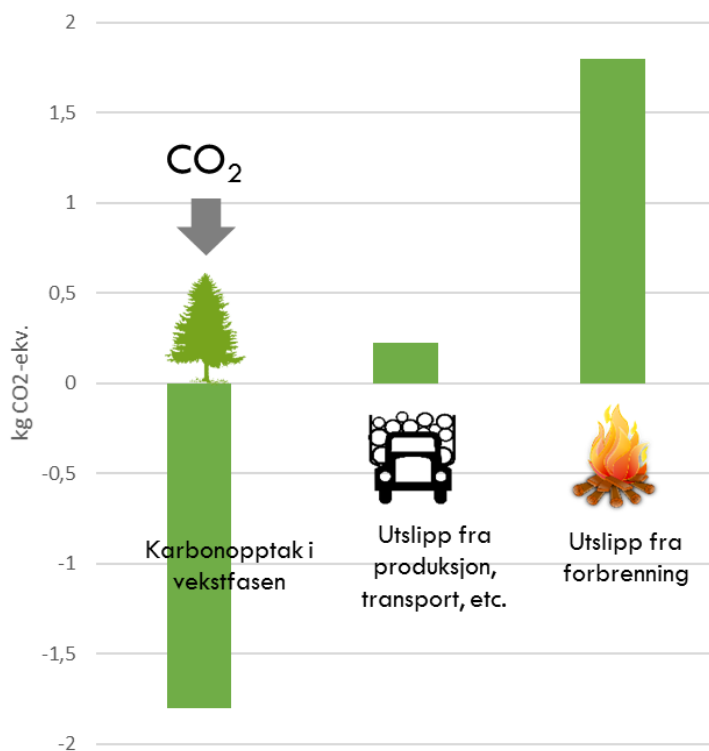
Turvei D2 og gang- og sykkelvei

Bymiljøetaten skal etablere turvei (gang- og sykkelvei) gjennom Jordal Park. Prosjektet omfatter også bedre belysning, etablering av grøntarealer og møteplasser med benker.



VEDLEGG 6 TIDSASPEKTET I BEREGNING AV KLIMAEFFEKT AV BRUK AV BIOBASERTE MATERIALER OG -BRENSLER

Trær, og alt annet plantemateriale, binder CO₂ gjennom fotosyntesen. Karbon lagret i biomassen (biogent karbon) frigjøres til slutt til atmosfæren som CO₂ igjen ved forbrenning eller annen nedbryting. Når vi brenner fossilt brennstoff vil CO₂ som frigjøres være et netto tilskudd til karbonet som inngår i det naturlige kretsløpet, og derfor forårsake ørhøyet CO₂-nivå i atmosfæren og økt drivhuseffekt. Forutsatt at tilveksten av ny biomasse er minst lik avvirkningen, vil imidlertid karbon frigjort til atmosfæren fra forbrenning av biomasse ikke øke CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren. Biobrensler er altså *karbonnøytrale* i det lange løp. Forutsatt at bærekraftig skogsdrift i produksjonen av treproduktene (at hogst ikke overstiger ny tilvekst), blir netto CO₂-tilskudd til atmosfæren lik utslippene som forårsakes i produksjonsfasen (utslipp fra fossile brensler til transport, tilvirkning, etc.). Dette er illustrert i Figur 0-1:

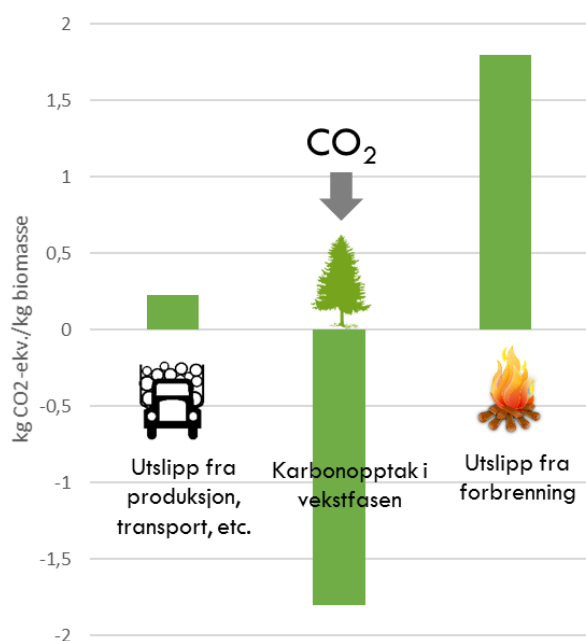


Figur 0-1 Tradisjonell fordeling mellom opptak av karbon i vekstfasen, utslipp fra tilvirkning, og utslipp fra forbrenning for biobrensler

I tilnærmingen illustrert i Figur 0-1 settes klimaeffekten av utslipp ved forbrenning til null på bakgrunn av opptak som allerede har skjedd. Dersom vi skal kunne regne en klimaeffekt av tiltak for å redusere CO₂-innholdet i atmosfæren fra dagens nivå må karbon frigjort til atmosfæren fra forbrenning bindes i ny tilvekst. Dette medfører at man må betrakte karbonopptak i ny tilvekst som en *konsekvens av hogst*, uavhengig av om trevirket skal benyttes som material eller brensel, for å vurdere klimaeffekten av å benytte treprodukter. Bærekraftig skogsdrift er dermed et underliggende premiss, fordi man godskriver karbonutslippene som skjer ved forbrenning (eller annen nedbryting) av trevirket ved å anta at tilsvarende mengde karbon tas opp i nye trær som plantes for å erstatte de

som ble hugget. I Norge har vi hatt netto tilvekst av skog siden 1950-tallet³⁷. Imidlertid gjelder dette ikke hele kloden, og globale skogsområder har minket siden 1990³⁸.

For biobaserte materialer med lang levetid vil forbrenningsutslippet først skjer ved endt levetid, og karbonopptak i ny tilvekst som følge av hogst starter dermed før forbrenningsutslippet oppstår. Produkter tilvirket av biomasse (for eksempel byggematerialer av tre) fungerer dermed som et midlertidig karbonlager så lenge produktene forblir i bruk. Karbonet som er lagret i biomassen vil til slutt slippes ut, oftest ved forbrenning av produktene til energiformål, enten direkte eller i avhendingsfasen. I klimagassberegninger (LCA) har det hittil vært standard praksis å regne klimaeffekt av utslipp på samme måte, uavhengig av når de oppstår, slik at tidsaspektet ikke har hatt noen praktisk betydning. Dette er illustrert i Figur 0-2:



Figur 0-2 Fordeling mellom utslipp fra tilvirkning, opptak av karbon i ny tilvekst, og utslipp fra forbrenning for biobaserte byggematerialer når opptak betraktes som en konsekvens av hogst

Tidspunktet fra et tre plantes til det er hugges kalles treets rotasjonsperiode. Tidsperioden fra et tre hugges og til tilsvarende mengde karbon som ble tatt ut av skogen er bundet i ny biomasse gjennom fotosyntese er altså relativt lang. Dersom man forutsetter at kun fullvoksne trær hugges, er rotasjonsperioden for norsk gran og furu på rundt 100 år³⁹.

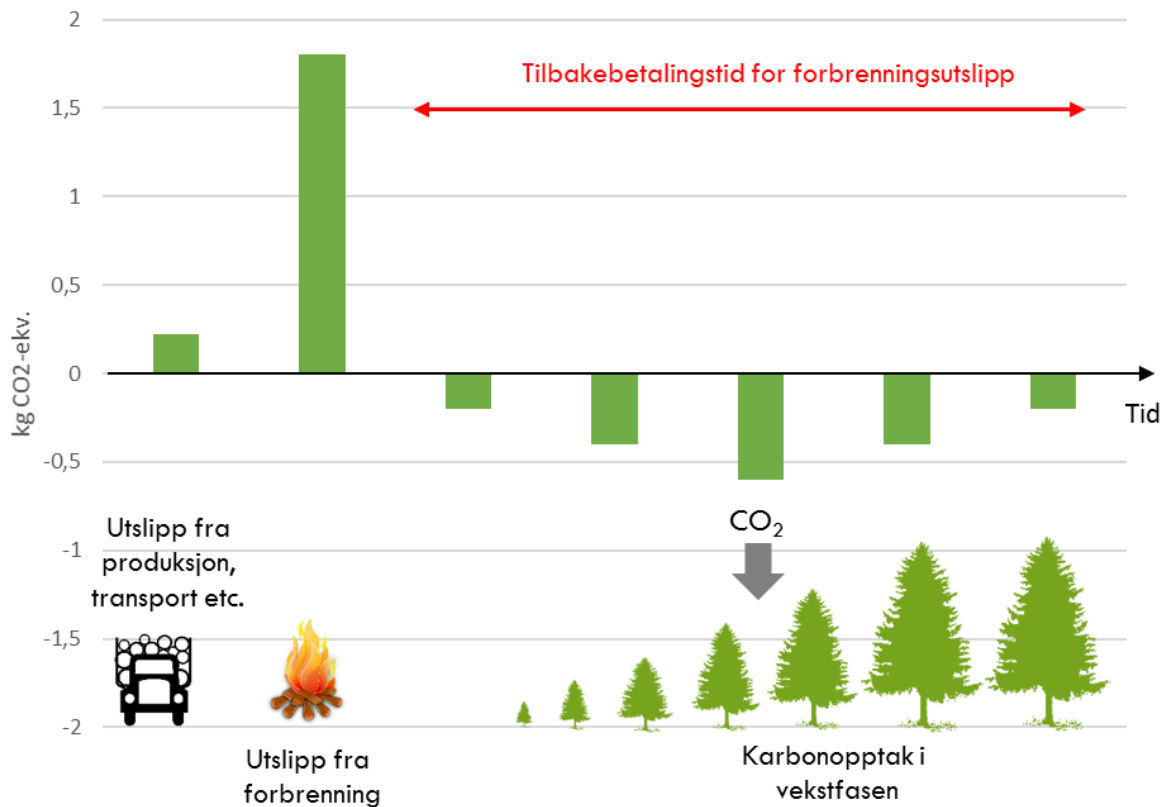
Alle utslipp av CO₂ til atmosfæren har samme potensiale for å forårsake klimapåvirkning, uavhengig av kilde. Som nevnt over, er ikke grunnen til at biobrensler betraktes som klimanøytrale at CO₂ fra forbrenning av ved ikke har den samme fysiske virkningen i atmosfæren, men at vi antar at et utslipp for forbrenning av ved nulles ut av et tilsvarende opptak i ny tilvekst. Men ettersom utslipp og opptak ikke inntreffer samtidig, og at tidsforskyvningen mellom disse hendelsene er lang, vil utslipp fra forbrenning av biomasse bli værende i atmosfæren og forårsake økt klimapåvirkning over lang tid. Karbonnøytralitet medfører dermed ikke klimanøytralitet.

³⁷ http://www.skogoglandskap.no/filearchive/tilvekst_og_skogavvirkning.pdf

³⁸ <http://www.fao.org/3/a-i4868e.pdf>

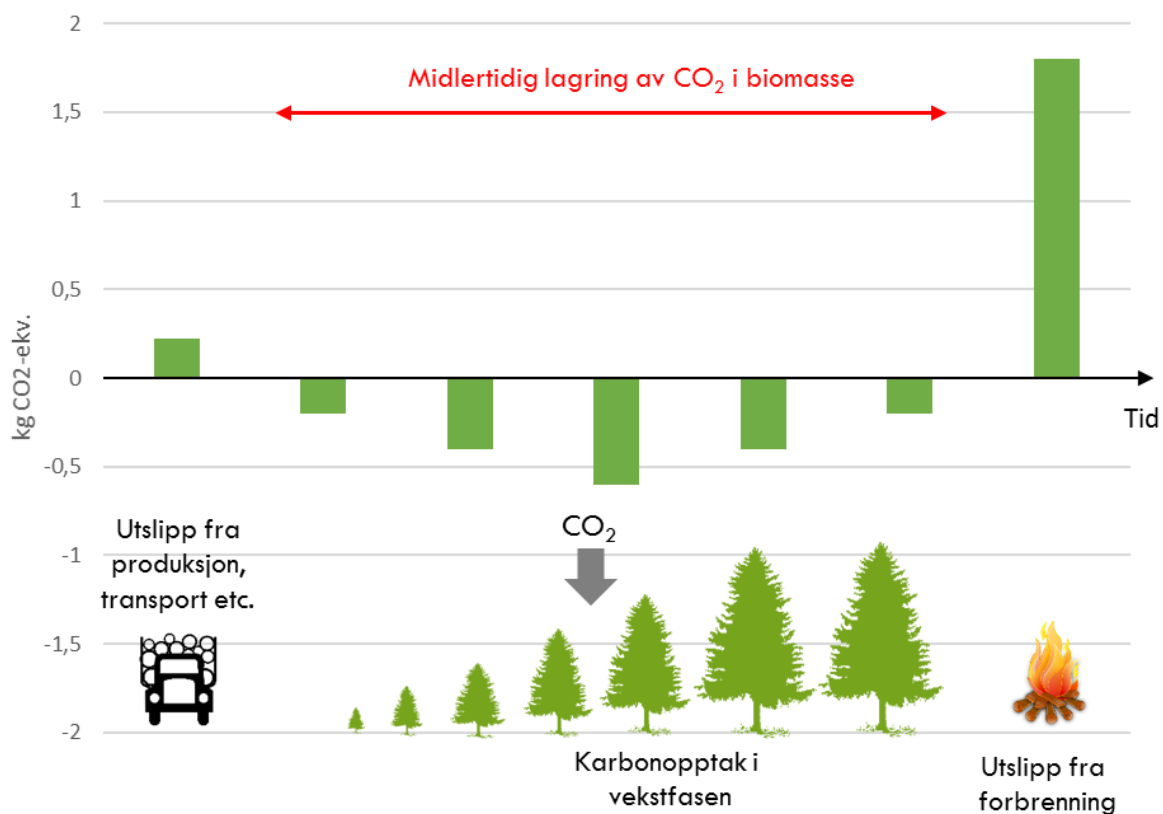
³⁹ Cherubini f.fl. (2012)

Tilbakebetalingstiden for forbrenningsutslipp vil si tiden det tar før utslipp fra karbon frigjort til atmosfæren gjennom forbrenning av biomasse er bundet i ny tilvekst. Dette er illustrert i Figur 0-3 Karbonsyklus for biobrensler medregnet rotasjonstid for ny tilvekst. De negative søylene representerer opptak av CO₂ i vekstfasen – disse er ulike i størrelse ettersom opptaket ikke skjer lineært over vekstfasen. Summen av opptakene tilsvarer utslippet fra forbrenning.



Figur 0-3 Karbonsyklus for biobrensler medregnet rotasjonstid for ny tilvekst

Figur 0-4 illustrerer karbonsyklusen for biobaserte materialer når rotasjonstiden tas med i bildet. I tidsrommet der materialene er i bruk utgjør de et midlertidig karbonlager. Denne tidsperioden er uavhengig av rotasjonstiden, men her er det for enkelhets skyld forutsatt levetid for materialene lik rotasjonsperioden.



Figur 0-4 Karbonsyklus for biobaserte materialer medregnet rotasjonstid for ny tilvekst (her vist for materialer med lik levetid som treets rotasjonsperiode).

Ettersom det forsinkes utslipp av CO₂ til atmosfæren (frem til endt levetid), kan karbonlagring i treprodukter betraktes som et klimatiltak. Tilsvarende kan man argumentere for at tiltak som gir klimagevinst i dag er å foretrekke fremfor tiltak med lang tilbakebetalingstid. Fordi standard LCA-metodikk ikke tar hensyn til tidsaspektet ved opptak og utslipp, kan den ikke benyttes til å vise klimagevinst av midlertidig lagring eller forsinkelse av utslipp.

Dersom man benytter dynamisk beregningsmetodikk vil den midlertidige lagringseffekten fra trevirke i bygningsmassen telle som en netto reduksjon i totale materialutslipp. Dersom man benytter biobrensler vil imidlertid forbrenningsutslippene øke, fordi man må regne med tidsforskyvningen mellom opptak av karbon i vekstfasen og utslipp i forbrenning, basert på rotasjonstiden⁴⁰. Dynamisk beregningsmetodikk er derfor ikke forenelig med forutsetningen om netto nullutslipp fra biobrensler.

⁴⁰ Tiden det tar før ny tilvekst har erstattet biomassen som er tatt ut og brent, typisk 100 år norsk gran og furu, forutsatt at kun fullvoksne trær hugges.