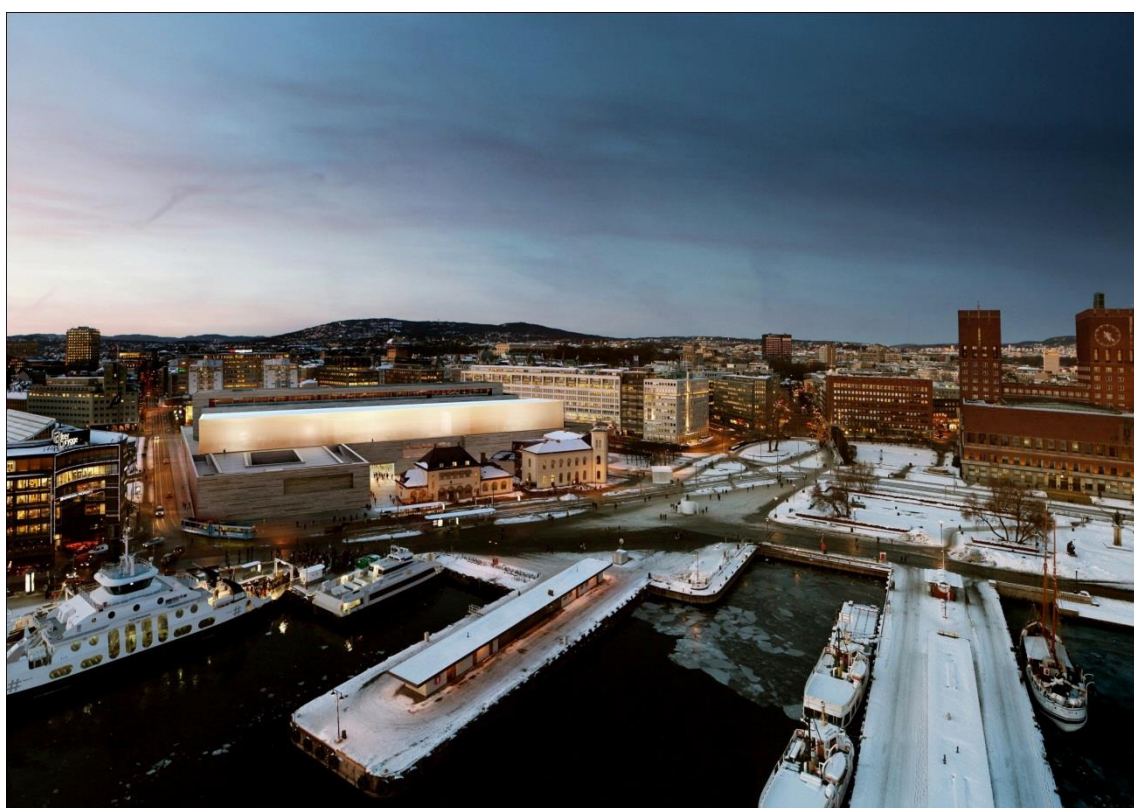


KLIMAGASSBEREGNING

PNN Prosjekt Nytt Nasjonalmuseum



| Fase | Utarbeidet | Rev 1 | Rev 2 | Rev 3 | Rev 4 | Rev 5 | Rev 6 |
|-------------------|------------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|
| Forprosjekt | 10.09.12 | 19.09.12 | 18.10.13 | 10.12.13 | | | |
| Ferdigstillelse | | | | | | | |
| Etter 2 års drift | | | | | | | |

Innholdsfortegnelse

| | |
|---|-----------|
| INNLEDNING | 3 |
| 1. FORUTSETNINGER FOR CO2-BEREGNINGENE | 4 |
| 1.1. PROSJEKTBEKRIVELSE | 4 |
| 1.2. BEREGNINGSPROGRAMMER | 4 |
| 1.3. ENERGIMIKS..... | 4 |
| 2. CO2-BEREGNINGER; TOTALT UTSLIPP | 5 |
| 3. CO2-BEREGNINGER; STASJONÆR ENERGI | 6 |
| 3.1. FORUTSETNINGER | 6 |
| 3.1.1. <i>Referansebygg</i> | 6 |
| 3.1.2. <i>Prosjektert bygg</i> | 6 |
| 3.1.3. <i>«Som bygget»</i> | 8 |
| 3.1.4. <i>«I drift» (etter 2 år)</i> | 8 |
| 3.2. RESULTATER CO2-BEREGNING ENERGI..... | 8 |
| 4. CO2-BEREGNINGER; MATERIALER | 10 |
| 4.1. FORUTSETNINGER | 10 |
| 4.1.1. <i>Referansebygg</i> | 10 |
| 4.1.2. <i>Prosjektert bygg</i> | 11 |
| 4.1.3. <i>«Som bygget»</i> | 11 |
| 4.1.4. <i>«I drift» (etter 2 år)</i> | 11 |
| 4.2. RESULTATER CO2-BEREGNING MATERIALBRUK..... | 11 |
| 4.2.1. <i>Vurderinger av resultatet</i> | 14 |
| 5. CO2-BEREGNINGER; TRANSPORT..... | 15 |
| 5.1. FORUTSETNINGER | 15 |
| 5.1.1. <i>Referansebygg</i> | 15 |
| <i>Turproduksjon</i> | 15 |
| <i>Reisemiddelfordeling og andre forutsetninger</i> | 15 |
| 5.1.2. <i>Prosjektert bygg</i> | 15 |
| <i>Turproduksjon</i> | 15 |
| <i>Reisemiddelfordeling og andre forutsetninger</i> | 16 |
| <i>Påvirkning av reisemiddelfordeling - Parkering</i> | 16 |
| 5.1.3. <i>Som bygget</i> | 16 |
| 5.1.4. <i>I drift (etter 2 år)</i> | 16 |
| 5.2. UTSLIPP KNYTTET TIL TRANSPORT | 16 |
| VEDLEGG | 19 |
| VEDLEGG 1: UNDERLAG BEREGNINGER FOR MATERIALER | 19 |
| VEDLEGG 2: UNDERLAG BEREGNINGER FOR ENERGI | 19 |
| VEDLEGG 3: UNDERLAG BEREGNINGER FOR TRANSPORT | 19 |

INNLEDNING

PNN «Prosjekt Nytt Nasjonalmuseum» er et FutureBuilt-prosjekt, og i den forbindelse skal det utarbeides klimagassberegning for:

- et **referansebygg** av samme byggkategori og størrelse, bygget etter minimumskrav i byggt teknisk forskrift og materialvalg uten spesiell tanke på miljø og med gjennomsnittlig lokalisering uten transporttiltak.
- den **prosjekterte bygningen**, med beregnet energibruk (netto iht. NS 3031), planlagt energiforsyning, planlagt materialbruk og faktisk beliggenhet med gjennomsnittlige reisevaner for denne beliggenheten.
- **bygningen «som bygget»**, fortsatt med beregnet energibruk (netto iht. NS 3031), men med klimadata for faktisk valgte bygningsprodukter (fra EPD'er) og med transportutslipp iht. mobilitetsplan for prosjektet.
- **bygningen etter 2 års drift «i drift»**, med målt energi fordelt på ulike energiposter og med transportutslipp iht. gjennomført reisevaneundersøkelse for brukerne i bygget.

Beregninger for referansebygg og prosjektert bygg, leveres inn ved forprosjekt, dvs. rapport versjon 1. «Som bygget» leveres ved avslutning av prosjektet, dvs. rapportversjon 2, mens «i drift» skal leveres etter 2 års drift, dvs. rapport versjon 3.

Beregningene for Nasjonalmuseet er utarbeidet av Rambøll v/ miljørådgiver Kirsti Gimnes Are (nå sluttet i Rambøll), på bakgrunn av datagrunnlag for materialer fremskaffet av Kleihues + Schuwerk Gesellschaft von Architekten v/Astrid Seeberg og for energi av Rambøll v/ Martin Friis. Rambøll v/ Nina Eide Johannesen (nå sluttet i Rambøll) har utarbeidet transportberegningen. Rapporten med dens grunnlag er revidert av Rambøll v/ Trude Flatheim og Turid Bye, ref. revisjon 02 og 03.

For Futurebuilts prosjekter skal det utarbeides en miljørapport som beskriver prosjektets miljøkrav og resultater. CO2-rapporten er et vedlegg til denne rapporten. Vedlegg til CO2-rapporten er underlag for CO2-beregninger, slik som materialister, energiberegning og underlag for transportberegninger.

Versjon 1, datert 10.09.2012, inneholder resultatene av revidert klimagassberegninger for referansebygg og prosjektert bygg, for Nasjonalmuseets forprosjekt. Rapporten inneholder en beskrivelse av materialer, energi- og transportløsninger som ligger til grunn for beregningene, og en vurdering av resultatene, bl.a. hvilke materialer som bidrar til høye CO2-utslipp.

I revisjon 02, datert 18.10.13, er arealtall og antall ansatte i bygget revidert i transportberegningene. I versjon 03 er turproduksjon for besøkende endret til 1,65 for både referansebygg og prosjektert bygg. Videre er det kun gjort mindre revideringer.

1. FORUTSETNINGER FOR CO2-BEREGNINGENE

1.1. Prosjektbeskrivelse

Statsbygg avholdt i 2009 en åpen, internasjonal plan- og designkonkurranse for nytt museumsanlegg på Vestbanen i Oslo. Den endelige vinneren ble Kleihues + Schuwerk Gesellschaft von Architekten mbH med konseptet «Forum Artis». Forprosjektet ble ferdigstilt våren 2012.

Det prosjekterte bygget har et samlet BTA på ca. 54000kvm. Nasjonalmuseet for kunst, arkitektur og design ble etablert i 2003, og er en sammenslåing av de tidligere institusjonene Nasjonalgalleriet, Kunstindustrimuseet i Oslo, Museet for samtidskunst, Arkitekturmuseet og Riksutstillinger. Realiseringen av museumsanlegget skal markere Nasjonalmuseet som en utstillings- og formidlingsarena på internasjonalt nivå.

Besøkende kan nå Museumsplassen både fra nordsiden når de kommer fra byen og fra sørøst fra havneområdet og Aker brygge.

Bebyggelsen består av en to etasjes fremre del, utstillingsdelen, Alabasterhallen rager en etasje høyere som en mellomdel, og bakre del på 5 etasjer med magasiner og administrasjon. Underetasjen inneholder de nødvendige tekniske arealene. En mellometasje under første etasje gjør det mulig å fordele tekniske føringer horisontalt uten å komme i konflikt med andre funksjoner.

Det nye nasjonalmuseet er prosjektert etter Statsbyggs miljømål og Futurebuilts kvalitetskriterier med passivhusnivå, (definert som energiklasse A-5%), samt klimaeffektive byggematerialer. Det er kun parkering for HC- og el-biler, og det er rikelig med parkeringsplasser for sykler. Nasjonalmuseet er et konkret eksempel på oppfølging av Statsbyggs miljøstrategi.

Stortinget behandlet saken og fastsatte kostnadsrammen i 2013. Planlagt byggestart er 2014 med innflytting 2019.

1.2. Beregningsprogrammer

Utslipp fra energi i drift og transport i drift er beregnet i www.klimagassregnskap.no versjon 3, heretter kalt KGR. Utslipp fra materialer er beregnet manuelt i Excel, og tar utgangspunkt i utslippsfaktorer fra rapporten "Klimagassregnskap for bygg utslipp fra materialproduksjon, Civitas – Cicero, rev 2009" (dette er de samme utslippsfaktorene som benyttes i KGR). I tillegg er det hentet CO2-faktorer fra LCA-database (Ecoinvent) og produktets EPD (miljøvaredeklarasjon).

Som referansebygg har vi benyttet et «tenkt» nasjonalmuseum plassert i Oslo sentrum. For materialdelen blir dette referansebygget som vårt prosjekterte bygg før vi gjorde noen reduksjoner. For energiforbruk, blir det et bygg prosjektert med et energiforbruk etter TEK010, levert med 40 % EL og 60 % Varmepumpe. For transport blir det et bygg beliggende i Oslo med parkering iht. kommunens retningslinjer. Det er benyttet samme oppvarmet areal (BRA) for referansebygget og vårt prosjekterte bygg.

Vårt prosjekterte bygg er det bygg vi har jobbet frem med tiltak for å redusere klimagassutslippene. For materialdelen er det gjort tiltak ved bruk av produkter med mindre klimagassutslipp. For å redusere klimagassutslipp mht. energiforbruk er det prosjektert et bygg med lavt energibehov, som passivhusnivå, definert som klasse A – 5 %. For transport-delen er det lagt inn en mer sentral lokalisering i Oslo sentrum, et skift i reisemiddelfordeling fra bil til kollektiv, høyere bil- og bussbelegg og høy kostnad for parkering.

For vårt prosjekterte bygg er det for materialer benyttet CO2-verdier hentet fra produktets miljøvaredeklarasjon (EPD) eller fra LCA-database (Ecoinvent). Dersom materialets CO2-faktor ikke har vært mulig å oppdrive er referanseverdien fra KGR benyttet. For energi er det benyttet siste versjon av energiberegningen, som ble levert med forprosjektet.

1.3. Energimiks

www.klimagassregnskap.no, versjon 3 og Futurebuilts retningslinjer benytter ZEB-miks (2-graders målet) = 0,345 kg CO₂/kWh, med gjennomsnitt over livsløp 60 år = 0,123 kg CO₂/kWh.

Beregningene for energi og transport er oppdatert med ZEB-miks. For materialer vil el-miksen variere pga. bruk av eksakte data fra EPD.

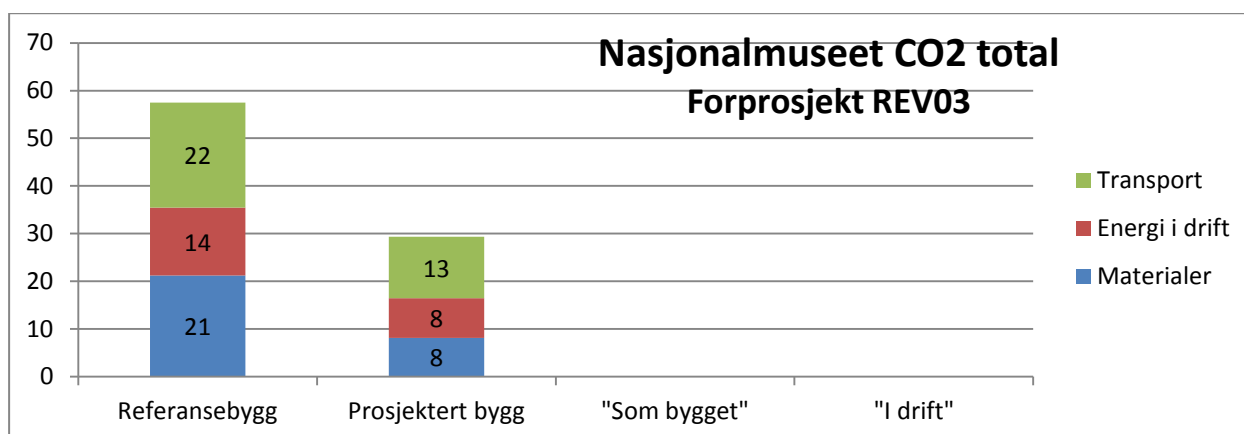
2. CO2-BEREGNINGER; TOTALT UTSLIPP

Tabellen og figuren under viser beregnede klimagassutslipp i kg CO₂-ekvivalenter/ m²/år, for hhv. materialbruk, stasjonær energi til drift av bygget og person- og varetransport i driftsfasen.

Bygget har et oppvarmet areal, BRA, på 50 337 m².

| Prosjekt: PNN Nasjonalmuseet | | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | Referansebygg | Prosjektert bygg | «Som bygget» | «I drift» |
| | kg CO ₂ /år/m ² | kg CO ₂ /år/m ² | kg CO ₂ /år/m ² | kg CO ₂ /år/m ² |
| Materialbruk | 21 | 8 | | |
| Stasjonær energi | 14 | 8 | | |
| Transport | 22 | 13 | | |
| Total | 57 | 29 | | |

Tabell 1: Fordeling av beregnede klimagassutslipp for Nasjonalmuseet



Figur 1: Fordeling av beregnede klimagassutslipp for Nasjonalmuseet

Det er oppnådd en total reduksjon av CO₂-utslipp på 49 % fra referansebygget til prosjektert bygg. Reduksjonen baserer seg på 62 % for materialer, 42 % for energiforbruk og 42 % for transport. Resultatet for CO₂-reduksjon for materialer fremstår som høyt. Materialvalgene er godt gjennomarbeidet på forprosjektnivå. Likevel er det knyttet en viss usikkerhet til resultatet. Det vurderes at CO₂-reduksjonen vil ligge i sjiktet 25 % til 61 %, avhengig av videre utvikling av prosjektet. Se avsnitt 4.2.1 "Vurdering av resultatene".

Fargene i grafen er benyttet videre i rapporten, dvs. grafer for energi er fremstilt i rødt, materialer i blått og transport i grønt.

3. CO2-BEREGNINGER; STASJONÆR ENERGI

3.1. Forutsetninger

Beregningen for energi er utført i www.klimagassregnskap.no versjon 3, modul for energi.

3.1.1. Referansebygg

Som referansebygg er det lagt til grunn et kulturbygg prosjektert etter TEK10.

| Energibehov | |
|---|--|
| Totalt netto energibehov (iht. NS 3031) | 165 kWh/m ² år (Energiramme kulturbygg, TEK 10) |
| Andel el-spesifikt energiforbruk | 30 % |
| Oppvarmet BRA, areal | 50 337 m ² |

Referansebyggets energiforsyning er iht. Futurebuilt sine retningslinjer, 40 % EL og 60 % Varmepumpe:

| | Energikilde | Tiltak |
|--------------|------------------|--------|
| Oppvarming | 40 % EL, 60 % VP | TEK10 |
| Varmtvann | 40 % EL, 60 % VP | |
| Kjøling | 40 % EL, 60 % VP | TEK10 |
| Elektrisitet | 100 % EL | |

3.1.2. Prosjektert bygg

Prosjektet har satt seg som mål at "total levert energiforbruk regnet etter NS 3031 skal være under 100kWh/m² år. Dette korresponderer med Statsbyggs egen definisjon av "passivhusnivå": energiklasse A - 5%. I tillegg er det satt mål for "virkelig energibruk" som skal være < 200kWh/m² år. Energiberegning for nasjonalmuseet er utført i Simien, og ligger vedlagt miljørapporten. Til klimagassregnskapet er det benyttet resultater fra energiberegningen etter NS 3031 (evaluering mot TEK 10), som er gjengitt i tabellene nedenfor.

Da energimålene for prosjektet ble fastsatt i skisseprosjektfasen i 2011 fantes ikke passivhusstandarden for yrkesbygg. Det er i ettertid gjort egne beregninger mot NS 3701, som viser at prosjektet tilfredsstiller oppvarmingskravet i den nye passivhusstandarden selv om ikke alle enkeltkrav overholdes. ENOVA har godkjent prosjektets energiberegninger, og prosjektet har fått tilsagn om ENOVA-midler.

Nasjonalmuseet er beregnet til å ha følgende beregnede energibehov:

| Energibehov | |
|---|---------------------------|
| Totalt netto energibehov (iht. NS 3031) | 112 kWh/m ² år |
| Lvert energi | 78 kWh/m ² år |
| Andel el-spesifikt energiforbruk | 41 % |
| Oppvarmet BRA | 50 337 m ² |
| Energiklasse | A |

| Energiramme (§14-4, samlet netto energibehov) | |
|--|--------------------------|
| Beskrivelse | Verdi |
| 1a Beregnet energibehov romoppvarming | 29,8 kWh/m ² |
| 1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier) | 13,1 kWh/m ² |
| 2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann) | 10,0 kWh/m ² |
| 3a Beregnet energibehov vifter | 16,8 kWh/m ² |
| 3b Beregnet energibehov pumper | 3,6 kWh/m ² |
| 4 Beregnet energibehov belysning | 23,0 kWh/m ² |
| 5 Beregnet energibehov teknisk utstyr | 2,9 kWh/m ² |
| 6a Beregnet energibehov romkjøling | 1,9 kWh/m ² |
| 6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier) | 11,0 kWh/m ² |
| Totalt beregnet energibehov, sum 1-6 | 112,0 kWh/m ² |
| Forskriftskrav netto energibehov | 165,0 kWh/m ² |

Det prosjekterte byggets energiforsyning er fra varmpumpe og fjernvarme:

| | Energikilde | Tiltak |
|--------------|-------------------------------------|---|
| Oppvarming | 80 % Varmepumpe, 20 % Fjernvarme | U-verdier vegg/tak/gulv etter TEK 10. U=0,2 er benyttet for yttervegger. Endelig oppbygging av yttervegg var ikke avklart da energiberegningen ble utført. Disse vil bli oppdatert i detaljprosjektet. Det er gjennomført følsomhetsstudier som viser at netto energibehov påvirkes kun marginalt av forbedret U-verdi under 0,2 kWh/m ² år. Det vil derfor være lite lønnsomt å senke U-verdien ytterligere. Gode U-verdier på vinduer/dører: Snitt på 0,8-1 W/m ² Kompakt bygg, lekkasjetall på 0,5 luftvekslinger per time. Gode løsninger og oppfølging ved bygging. Kuldebroverdi på 0,03, se vedlagt notat fra RIFys. Virkningsgrad varmegjenvinnere i snitt på over 80 % pga omluft i magasiner og utstillingsområder SFP faktor: 2,0 |
| Varmtvann | | |
| Kjøling | | Kjølebehovet er redusert bl.a. ved et lavt vindusareal, ned mot 10 % av BRA. |
| Elektrisitet | 100 % elektrisitet | |

For fjernvarme er det lagt inn Hafslund fjernvarmes forventede miks fra 2020:

- EL: 5,49 %
- Pellets: 36,8 %
- Avfall: 43,75 %
- Varmepumper: 13,96 %

I KGR, versjon 3, benyttes følgende utslippsfaktorer [kgCO₂/kWh]:

- EL: 0,123
- Pellets: 0
- Avfall: 0,11
- Varmepumper: 0,102

Prosjektert bygg – virkelig forbruk

Fordi det på nasjonalmuseet er stor forskjell mellom beregnet energibehov og virkelig forbruk er det utarbeidet en beregning for virkelig energiforbruk.

| Energipost | Energibudsjett | |
|---|----------------|--------------------------|
| | Energibehov | Spesifikt energibehov |
| 1a Romoppvarming | 506583 kWh | 10,1 kWh/m ² |
| 1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier) | 545717 kWh | 10,8 kWh/m ² |
| 2 Varmtvann (tappevann) | 200821 kWh | 4,0 kWh/m ² |
| 3a Vifter | 775063 kWh | 15,4 kWh/m ² |
| 3b Pumper | 158376 kWh | 3,1 kWh/m ² |
| 4 Belysning | 1686488 kWh | 33,5 kWh/m ² |
| 5 Teknisk utstyr | 804108 kWh | 16,0 kWh/m ² |
| 6a Romkjøling | 21385 kWh | 0,4 kWh/m ² |
| 6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier) | 511205 kWh | 10,2 kWh/m ² |
| Totalt netto energibehov, sum 1-6 | 5209747 kWh | 103,5 kWh/m ² |

I tillegg er det utført beregninger for befuktning/avfuktning, el-spesifikt utstyr og kjøling til datarom:

| | Netto energibehov | | El-spesifikt |
|--------------------------|-----------------------|--|--------------|
| Befuktning/avfuktning | 15 kWh/m ² | | Ja |
| Annet utstyr | 80 kWh/m ² | = 130 kWh/m ² | Ja |
| Dataromskjøling | 35 kWh/m ² | | Nei |
| Energibudsjet (se figur) | | 103,5 kWh/m ² | |
| Totalt netto energibehov | | 130+103,5 = 233,5 kWh/m² | |
| El-spesifikt forbruk | 69 % | | |

Se figur og forklaring i kap 3.2.

3.1.3. «Som bygget»

Det er foreløpig ikke utført beregninger for «som bygget», da prosjektet er i forprosjektfase.

3.1.4. «I drift» (etter 2 år)

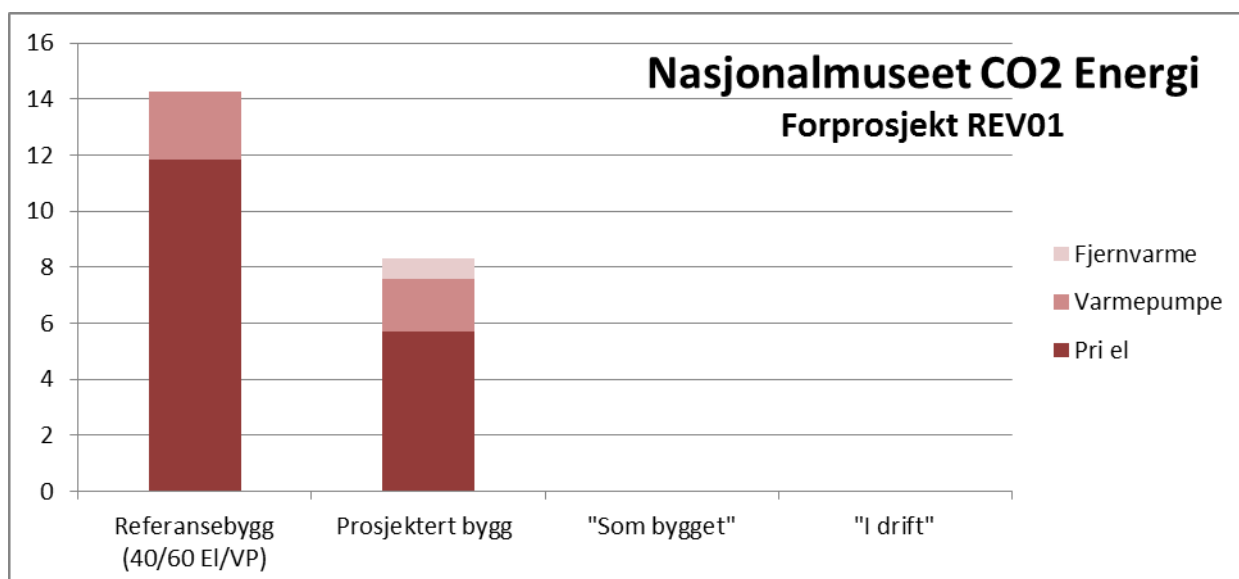
Det er foreløpig ikke utført beregninger for bygget etter 2 års drift, da prosjektet er i forprosjektfase.

3.2. Resultater CO₂-beregning energi

Beregnet CO₂-utslipp fordelt på energivare er spesifisert i tabell og figur under:

| Prosjekt: Nasjonalmuseet | | | | |
|--------------------------|---|---|---|---|
| | Referansebygg | Prosjekttert bygg | «Som bygget» | «I drift» |
| | kg CO ₂ -eq/m ² /år | kg CO ₂ -eq/m ² /år | kg CO ₂ -eq/m ² /år | kg CO ₂ -eq/m ² /år |
| Upri el | 0 | 0 | | |
| Pri el | 11,82 | 5,78 | | |
| Fyringsolje | 0 | 0 | | |
| Propan | 0 | 0 | | |
| Naturgass | 0 | 0 | | |
| Bioenergi | 0 | 0 | | |
| Varmepumpe | 2,45 | 1,88 | | |
| Sol | 0 | 0 | | |
| Vind | 0 | 0 | | |
| Fjernvarme | 0 | 0,74 | | |
| Totalt | 14,3 | 8,4 | | |

Tabell 2: Fordeling av energivare/beregnete klimagassutslipp for nasjonalmuseet



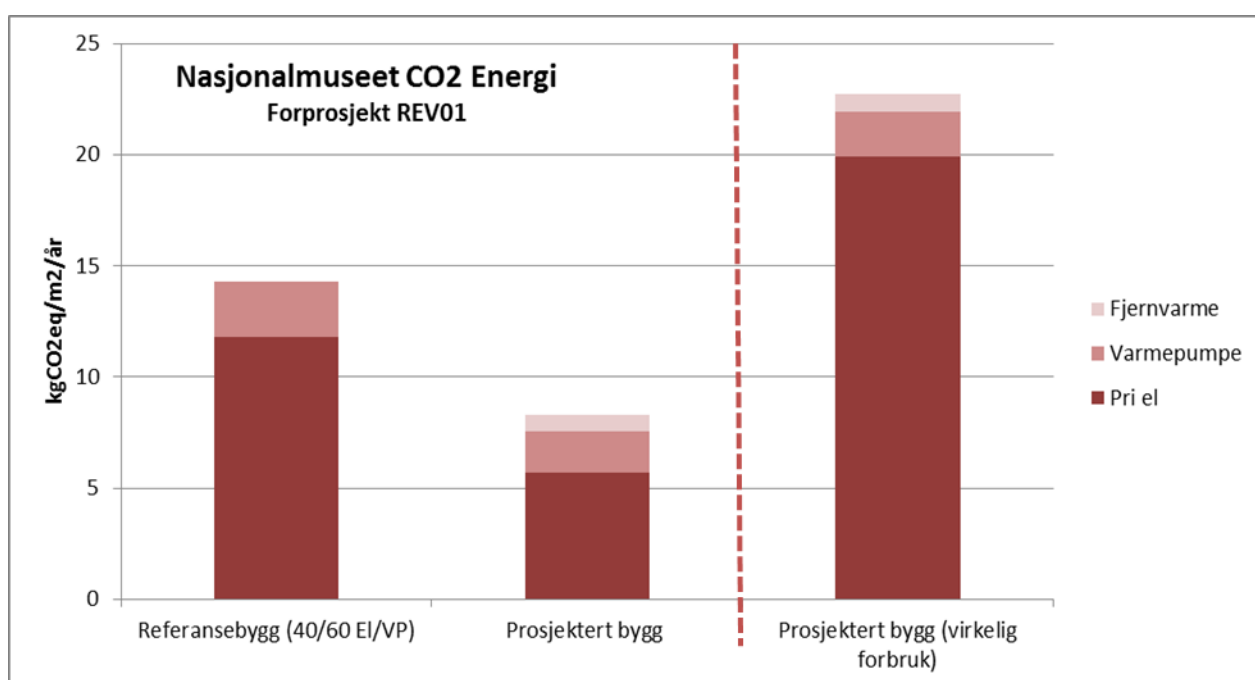
Figur 2: Fordeling av beregnede klimagassutslipp for energi.

Beregningen viser at man oppnår en reduksjon av CO2-utslipp på 42 % ved å gå fra et bygg med energiforbruk på 165 kWh/m²år til et energiforbruk på 112 kWh/m²år.

CO2-utslippet reduseres fra referansebygget til det prosjekterte bygget (beregnet) i hovedsak fordi det totale energiforbruket går ned og pga endring til mer miljøvennlige energikilder.

Da det vil være stor forskjell mellom energiberegningen for prosjektet og *antatt* virkelig forbruk, pga museumsdriften, er det utarbeidet en CO2-beregning for bygget med simulert virkelig energiforbruk (233,5 kWh/m²år, 69 % el-spesifikt forbruk). Figuren under viser dette sammen med referansebygget og det prosjekterte bygget, for sammenligning. Merk at det kun er referansebygg og prosjektert bygg forprosjekt som er sammenlignbare, som vist i figur over, da begge disse er basert på beregnede verdier.

Ved «sammenligning» av det prosjekterte bygget opp mot byggets simulerte virkelige forbruk vil utslippene gå opp. Dette skyldes at det totale energiforbruket går opp, men også at andel el-spesifikt energiforbruk går opp. Vi ser at CO2-utslippet fra fjernvarme og varmpumpe er på samme nivå for begge beregningene, og at økning av CO2-utslippet i hovedsak skyldes at en større andel av energiforbruket kommer fra elektrisitet.



Figur 3: Fordeling av beregnede klimagassutslipp for energi.

4. CO2-BEREGNINGER; MATERIALER

4.1. Forutsetninger

Det er laget en manuell beregning av CO2-utslipp for materialbruk. Det er benyttet excel-regneark, hvor mengde materiale angitt i tonn er multiplisert opp med materialets CO2-utslipp. Det er benyttet generiske CO2-faktorer for referansebygg, mens det er benyttet eksakte CO2-faktorer evt oppdaterte generiske verdier i prosjektert bygg. De generiske CO2-faktorene er hentet fra rapporten «Klimagassregnskap for bygg utslipp fra materialproduksjon, Civitas – Cicero, rev 2009», som er de samme som benyttes i www.klimagassregnskap.no versjon 3 (KGR). Eksakte CO2-faktorer er enten hentet fra materialenes EPD (miljøvaredeklarasjon) eller fra LCA-database (Ecoinvent).

Grunnen til at det ble laget en manuell beregning, er at beregningen ble laget før det var mulig å lage referansebygg for kulturbygg i KGR, da beregningen ble startet opp.

Det er benyttet samme levetid på materialene som er benyttet i KGR. Denne er fordelt på 60 år for tunge konstruksjoner, og 15-30 år for lettere innvendige konstruksjoner som oftere skiftes ut.

Bygget har et oppvarmet areal, BRA, på 50 337 m², som er benyttet i alle beregningene.

Beregningen som er presentert her er en revidert beregning av det som ble presentert i forprosjektet (levert mai 2012). Etter innlevering av forprosjektet fremkom flere punkter som det var aktuelt å justere/revidere, og det er derfor laget en ny beregning basert på dette. Det er i hovedsak CO2-faktorer som er justert både i referansebygget og det prosjekterte bygget.

4.1.1. Referansebygg

Som referansebygg har vi benyttet et «tenkt» kulturbygg plassert i Oslo sentrum. For materialdelen blir dette referansebygget som vårt prosjekterte bygg før vi gjorde noen CO2-reduksjoner. Vårt referansebygg har samme areal som vårt prosjekterte bygg.

| | |
|----------------------|---|
| Grunn og fundamenter | Bygget benytter stål som spunt, og er fundamentert med kalkpæler. Det er benyttet plasstøpte betongkonstruksjoner for gulv på grunn og for dekke i underetasjene. Isolasjon under gulv på grunn er av type xps. |
| Bæresystem | Bæresystem, søyler og bjelker, er i stål og betong. |
| Yttervegger | For vegger over terreng er det benyttet isolerte betongvegger kledt med skifer. Veggene er isolert med glassull. Det er benyttet gipsplater/puss som kledning innvendig. Vinduene, 3-lags, er med aluminiumskarm. |
| Innervegg | Innervegger er av betong, leca eller bindingsverk med glassullisolasjon og stålstender, kledt med gipsplater/puss. |
| Dekker | Dekkene i bygget er i betong. For gulvbelegg er det benyttet stein, parkett eller vinyl. Himling er systemhimling med gips eller ekspandert glassgranulatplate. |
| Yttertak | Yttertak består av xps-isolasjon, tekket med skifer/grus. |

4.1.2. Prosjektert bygg

Vårt prosjekterte bygg er det bygg vi har jobbet frem med tiltak for å redusere klimagassutslippene. Ift. referansebygget er det gjort endringer på materialtyper og konstruksjonstyper. CO2-faktorer er oppdaterte ift. referansebygget.

| | |
|----------------------|---|
| Grunn og fundamenter | Bygget benytter stål som spunt, og er fundamentert med pæler i «multicem». Det er benyttet plasstøpte lavkarbon-betongkonstruksjoner for gulv på grunn og for dekke i underetasjene. Isolasjon under gulv på grunn er av typen skumglass. |
| Bæresystem | Bæresystem, søyler og bjelker, er i stål og lavkarbon-betong. |
| Yttervegger | For vegger over terreng er det benyttet kompakte perforerte teglvegger kledt med skifer. Det er benyttet leirplater/puss som kledning innvendig. Vinduene, 3-lags, er med aluminiumskarm. Alabasthallen har fasade i alabast/Onyx. |
| Innervegg | Innervegger er i lavkarbon-betong, perforert tegl eller bindingsverk med hampisolasjon og stålstender, kledt med leirplater/puss. |
| Dekker | Dekkene i bygget er av lavkarbonbetong. For gulvbelegg er det benyttet stein, heltre eik eller linoleum. Himling er systemhimling med mineralull eller lyshimling i folie. |
| Yttertak | Yttertak består av skumglass-isolasjon, tekket med membran deretter med skifer eller sedum. |

4.1.3. «Som bygget»

Det er foreløpig ikke utarbeidet beregning for «som bygget», da prosjektet er i forprosjektfase.

4.1.4. «I drift» (etter 2 år)

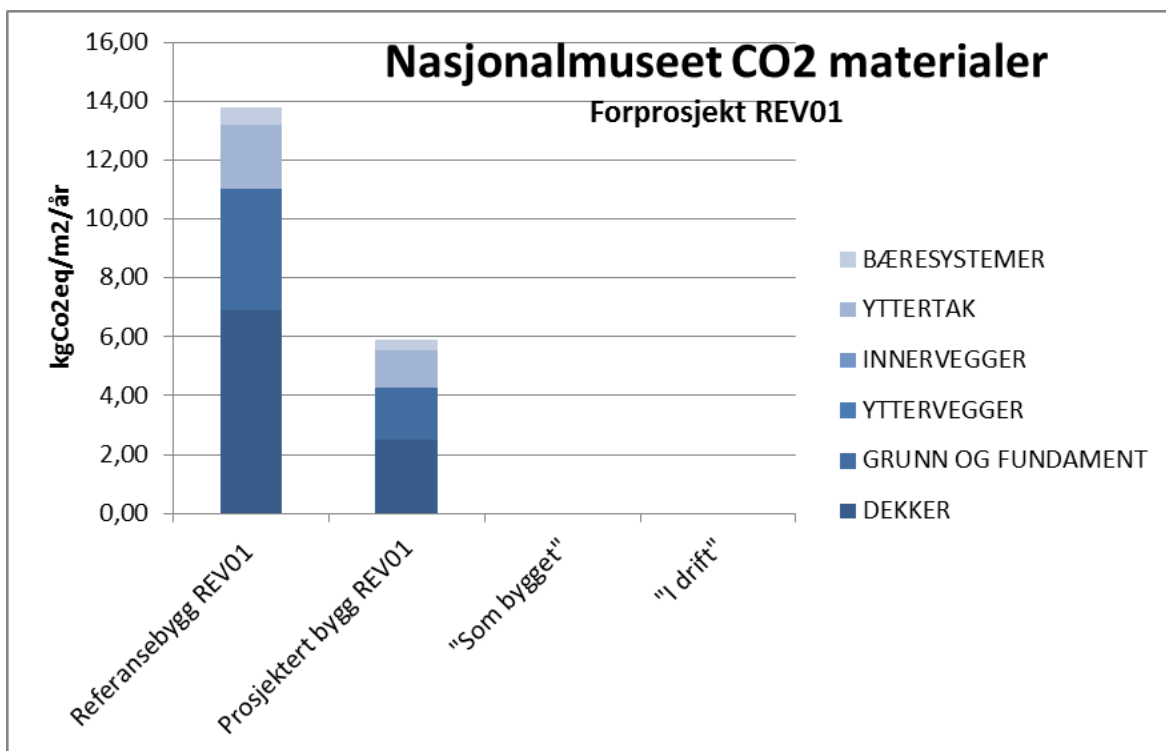
Det er foreløpig ikke utarbeidet klimagassberegninger for bygget etter 2 års drift, da prosjektet er i forprosjektfase.

4.2. Resultater CO2-beregning materialbruk

Tabell og figur under viser fordeling av CO2-utslipp pr. konstruksjon:

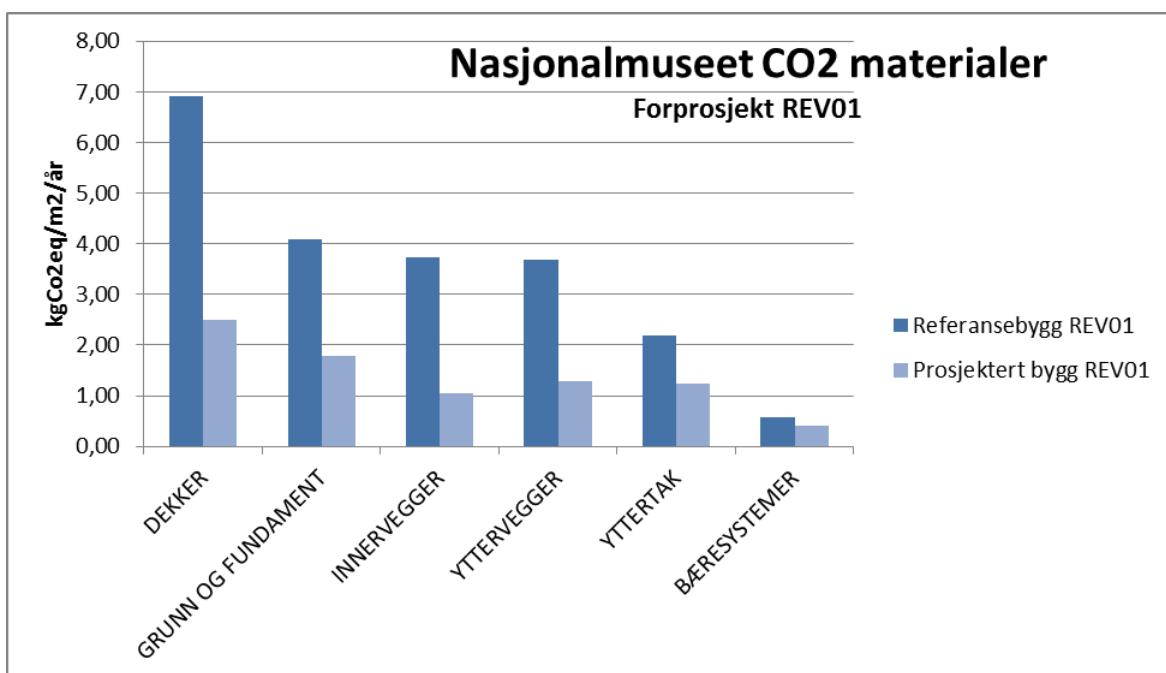
| Prosjekt: Nasjonalmuseet | | | | |
|--------------------------|---|---|---|---|
| | Referansebygg | Prosjektert bygg | "Som bygget" | I drift |
| | kg CO ₂ -eq/m ² /år | kg CO ₂ -eq/m ² /år | kg CO ₂ -eq/m ² /år | kg CO ₂ -eq/m ² /år |
| Bæresystem | 0,57 | 0,40 | | |
| Grunn og fundamenter | 4,09 | 1,78 | | |
| Yttervegger | 3,68 | 1,29 | | |
| Innervegger | 3,73 | 1,04 | | |
| Dekker | 6,91 | 2,49 | | |
| Tak | 2,20 | 1,25 | | |
| Total | 21,2 | 8,3 | | |

Tabell 3: Fordeling av beregnede klimagassutslipp for materialer for Nasjonalmuseet.



Figur 4: Fordeling av CO2-utslipp pr konstruksjon for referansebygg og prosjektert bygg.

Den neste figuren viser hvordan utslippene fordeler seg på de forskjellige konstruksjonene.



Figur 5: Fordeling av CO2-utslipp pr konstruksjon for referansebygg og prosjektert bygg.

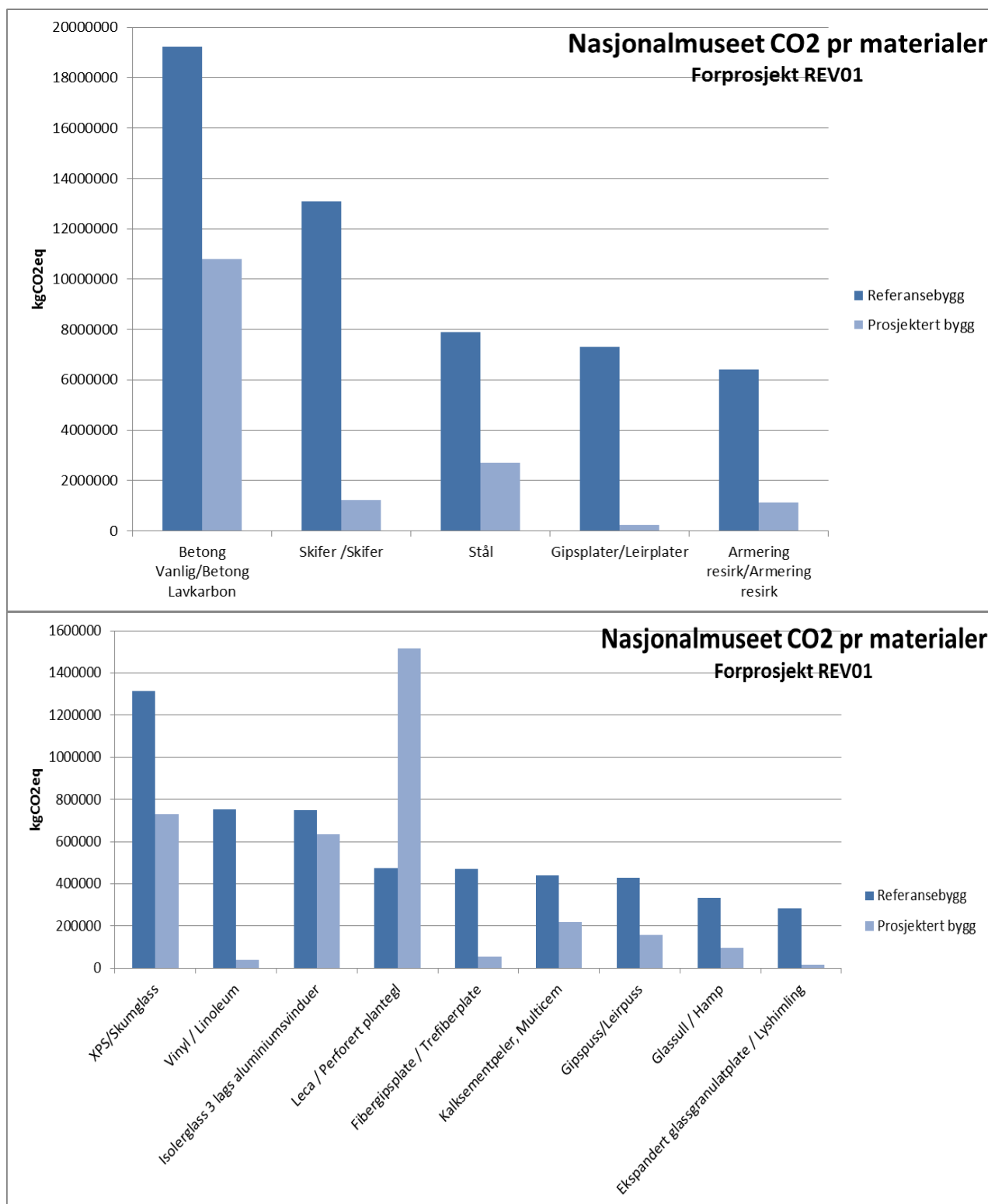
Vi ser av figuren at det er:

- ✓ dekker
- ✓ grunn og fundamenter
- ✓ innervegger
- ✓ yttervegger

som bidrar til høyest utslipp, både for referansebygget og det prosjekterte bygget. Dette fordi disse konstruksjonene i hovedsak består av betong, armering/stål og skifer, som også er de

enkeltmaterialene som bidrar til det høyeste utslippet. Utslipet fra disse materialene er kraftig redusert fra referansebygget til det prosjekterte bygget pga mer miljøriktige materialer.

Figuren under viser hvordan utslippene fordeler seg på de forskjellige materialtypene.



Figur 6 + 7: Figurene viser CO2-utslipp fordelt på materialtyper, for referansebygg og prosjektert bygg.

For vårt prosjekterte bygg har vi derfor gjort følgende endringer, som fører til klimagassreduksjon:

| Konstruksjon / Materiale | Referansebygg | Prosjektert bygg |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
| Stål | Nytt/jomfruelig stål | Resirkulert stål |
| Betong | Standard betong | Lavkarbonbetong |
| Peler | Standard kalk/sement | Multicem |
| Overflate innvendige vegger | Gipsplater, gipspuss | Leirplaster, leirpuss |
| Isolasjon (tak, grunn) | XPS | Skumglass |
| Gulvbelegg | Vinyl | Linoleum |

Ser man på totalen oppnår vi følgende reduksjon, fra referansebygg til prosjektert bygg:

| Totalutslipp | Referansebygg | Prosjektert bygg |
|---------------------------------------|---------------|------------------|
| kgCO ₂ /m ² /år | 21,2 | 8,3 |
| %reduksjon | | 61 |

Tabell 4: Fordeling av beregnede klimagassutslipp i kgCo₂eq/m²/år, samt % reduksjon for materialer for nasjonalmuseet

Beregningen viser at man oppnår en reduksjon av CO₂-utslipp på 61 % ved de tiltak som er gjennomført for materialbruk.

4.2.1. Vurderinger av resultatet

Vi vurderer reduksjonen vi har oppnådd på 61 % som høy. CO₂-beregningene for forprosjektet (revidert) er godt gjennomarbeidet og vurdert, men vi ser at årsaken til reduksjonen på flere av materialene er en lavere CO₂-faktor på materialer brukt i prosjektert bygg ift referansebygget. Dette skyldes enten et mer miljøriktig materiale, eller at vi har bedre og mer spesifikke opplysninger om materialet nå enn det som ble lagt til grunn for referansebygget. Mengde materiale kan og være en påvirkende faktor.

CO₂-faktorene i referansebygget er i hovedsak hentet fra www.klimagassregnskap.no versjon 3 («Klimagassregnskap for bygg utslipp fra materialproduksjon, Civitas – Cicero, rev 2009»), som vi vet har høye verdier (generiske verdier). CO₂-faktorene i prosjektert bygg er hentet fra materialets EPD eller fra en LCA-database, som gjør verdien mer spesifikk og i mange tilfeller lavere.

For å vurdere om reduksjonen vi oppnår skyldes klimavennlige valg eller «bare» verdier som er endret, må vi forholde oss til de 3 endringene vi gjør:

- ✓ Materialtypene er endret
- ✓ Materialmengdene er endret
- ✓ CO₂-faktorene er endret

For å sjekke om hvilken av disse endringene som er den dominerende, har vi gjort en test av dette. Ved å beholde CO₂-faktorene fast (dvs benytte de samme i referansebygg og prosjektert bygg, foruten de nye materialene) i begge beregningene, mens andre forhold (materialtyper og mengder) står slik de er, vil reduksjon mellom referansebygg og prosjektert bygg bli 25 %.

Da vi ikke vet hvilke materialer som blir valgt ved bygging eller kjenner CO₂-verdien på disse, kan vi anta at resultatet av klimagassberegningen i videre faser mest sannsynlig vil ligge mellom de to beregningene vi nå har utført nå, dvs i sjiktet 25-61 %.

Dette viser at det vil være viktig og fortsatt holde fokus på valg av klimaeffektive løsninger/materialer for å klare Futurebuilts krav på 50 % reduksjon til slutt.

5. CO2-BEREGNINGER; TRANSPORT

Beregningene for "referansebygg" og "prosjektert bygg" er utført i www.klimagassregnskap.no, versjon 4.1. Denne versjonen har en revidert transportmodul med reisevanedata fra RVU 2009, oppdaterte utslippsfaktorer og en ny metodikk for beregning for ulike brukergrupper. Resultatene avviker derfor fra tidligere beregninger.

Første transportår er satt til 2019 som er åpningsår for nytt museum. For referansebygg er i hovedsak standardverdier benyttet. For prosjektert bygg er tilgjengelig data fra Nasjonalmuseet, Civitas og Kleihues + Schuwerk Gesellschaft von Architekten mbH per beregningsdato benyttet. Antakelser på bakgrunn av tilgjengelige data er brukt der dette virker mer riktig enn å benytte standardverdier. Ellers er standardverdier benyttet.

Figurer fra klimagassregnskap.no for referanse- og prosjektert bygg vises i vedlegg 3.

5.1. Forutsetninger

For både "referansebygg" og "prosjektert bygg" gjelder følgende:

| | | |
|--------------------------|-------|----------------|
| Bruksareal | 50337 | m ² |
| Antall ansatte på bygget | 273 | Personer |

Beliggenhet: For referansebygg er det tatt utgangspunkt i en gjennomsnittlig lokalisering uten særskilte transporttiltak. For prosjektert bygg er faktisk lokalisering i Oslo sentrum, Vestbanetomta, lagt til grunn. Bygget ligger 400 m fra Nationaltheatret kollektivknutepunkt med tog og T-bane, samt flere busslinjer. Trikk og båtforbindelse er like ved.

Nasjonalmuseet inngår i byggtypen «Kulturbygg».

Utslippsfaktor for elektrisitet: 2-graders målet = ZEB-funksjon = EU-mål.

Antall besøkende: På en travel dag i august kan museene (NG + KIM + MfS) ha totalt sett 4.350 besøkende. I det nye museet kan dette tallet øke til 5 – 6.000 (Kilde: Nasjonalmuseet). Vi har tatt utgangspunkt i at antall besøkende til Nasjonalmuseet er rundt 6000 i år 2019.

5.1.1. Referansebygg

Turproduksjon

Standardverdier for kategori «kontor», som også omfatter kulturbygg, er benyttet for ansatte.

Turproduksjon for de besøkende er to turer hvert besøk. Det er benyttet standardtall for reiser per døgn for besøkende til kulturbygg¹. Dette tallet er satt til 1,65 og er basert på at hver av de besøkende gjennomfører to turer, og at museet er åpent 300 av årets 365 dager.

Reisemiddelfordeling og andre forutsetninger

Anbefalte verdier¹ er benyttet for arbeidsreiser og andre reiser (besøkende). For ansatte er reisemiddelfordelingen for reiser til arbeidsplasser i Oslo kommune 16 % gang/sykkel, 50 % kollektiv og 34 % bil. For de besøkende er det benyttet anbefalte verdier for bosatte i Oslo og Akershus, som er 36 % gang/sykkel, 19 % kollektiv og 44 % bil. For øvrig er standardverdier for Oslo kommune benyttet.

Påvirkning av reisemiddelfordeling - Parkering

Tilpasningsfaktor for parkering er satt til 1 som innebærer full tilgang til fri parkering.

5.1.2. Prosjektert bygg

Turproduksjon

Standardverdier for kategori «kontor», som også omfatter kulturbygg, er benyttet for ansatte.

For de besøkende er det benyttet samme verdi for turproduksjon som for referansebygg (1,65 turer/døgn).

¹ Regneregler for beregning av klimagassutslipp for prosjekter i Future Built (Civitas 2013-09-11)

Reisemiddelfordeling og andre forutsetninger

Lokaliseringen til Nasjonalmuseet er i Oslo sentrum. På grunnlag av dette brukes tall for ansatte ved arbeidsplasser i Oslo sentrum¹. Dette innebærer en reisemiddelfordeling for arbeidsreiser på 16 % gang/sykkel, 67 % kollektiv og 16 % bil.

Det er antatt at den sentrale lokaliseringen av Nasjonalmuseet vil føre til en vridning i reisemiddelvalg for de besøkende fra bil til kollektiv. Mange av de besøkende vil også være turister som bor i gangavstand til museet. Det er derfor naturlig å tenke at kollektivandelen er en god del høyere enn snittet for Oslo/Akershus, som ligger på 19 %. Samtidig er kollektivandelen trolig også vesentlig lavere enn for arbeidsreiser som generelt sett har høy kollektivandel. På bakgrunn av dette har vi grovt sett antatt en dobling av kollektivandelen sammenlignet med referansesituasjonen, og antatt at andelen gang/sykkel holder seg stabilt. Vi har derfor tatt utgangspunkt i en reisemiddelfordeling for de besøkende på 35 % gang/sykkel, 40 % kollektiv og 25 % bil.

For de ansatte er bussbelegget satt til 20 passasjerer per buss fordi det er antatt at de fleste reiser i rush, og at belegget da er høyere. Andel skinnegående trafikk er satt til 67 % for kollektivreiser til sentrum (Civitas, 2011). For besøkende er bilbelegget satt til 1,6 personer per bil som følge av begrenset tilgang til parkering og høyere belegg for fritidsreiser.

For øvrig er standardverdier for Oslo kommune benyttet.

Påvirkning av reisemiddelfordeling - Parkering

Det er fastsatt et krav om 3-5 parkeringsplasser for HC brukere til museet i forslag til reguleringsbestemmelser Det er ingen andre parkeringsmuligheter for museet (Kilde: Kleihues + Schuwerk Gesellschaft von Architekten mbH). Det er imidlertid avgiftsbelagte parkeringsmuligheter i nærheten (bl.a. under Aker brygge og konserthuset, samt i Munkedamsveien). Tilpasningsfaktoren for parkering settes lik 0,3, da parkering i sentrum er kostbart og trolig vil være en begrensende faktor for bilbruk. Ellers er standardverdier benyttet.

5.1.3. Som bygget

Det er foreløpig ikke utført beregninger for «som bygget», da prosjektet er i forprosjektfase.

5.1.4. I drift (etter 2 år)

Det er foreløpig ikke utført beregninger for bygget etter 2 års drift, da prosjektet er i forprosjektfase.

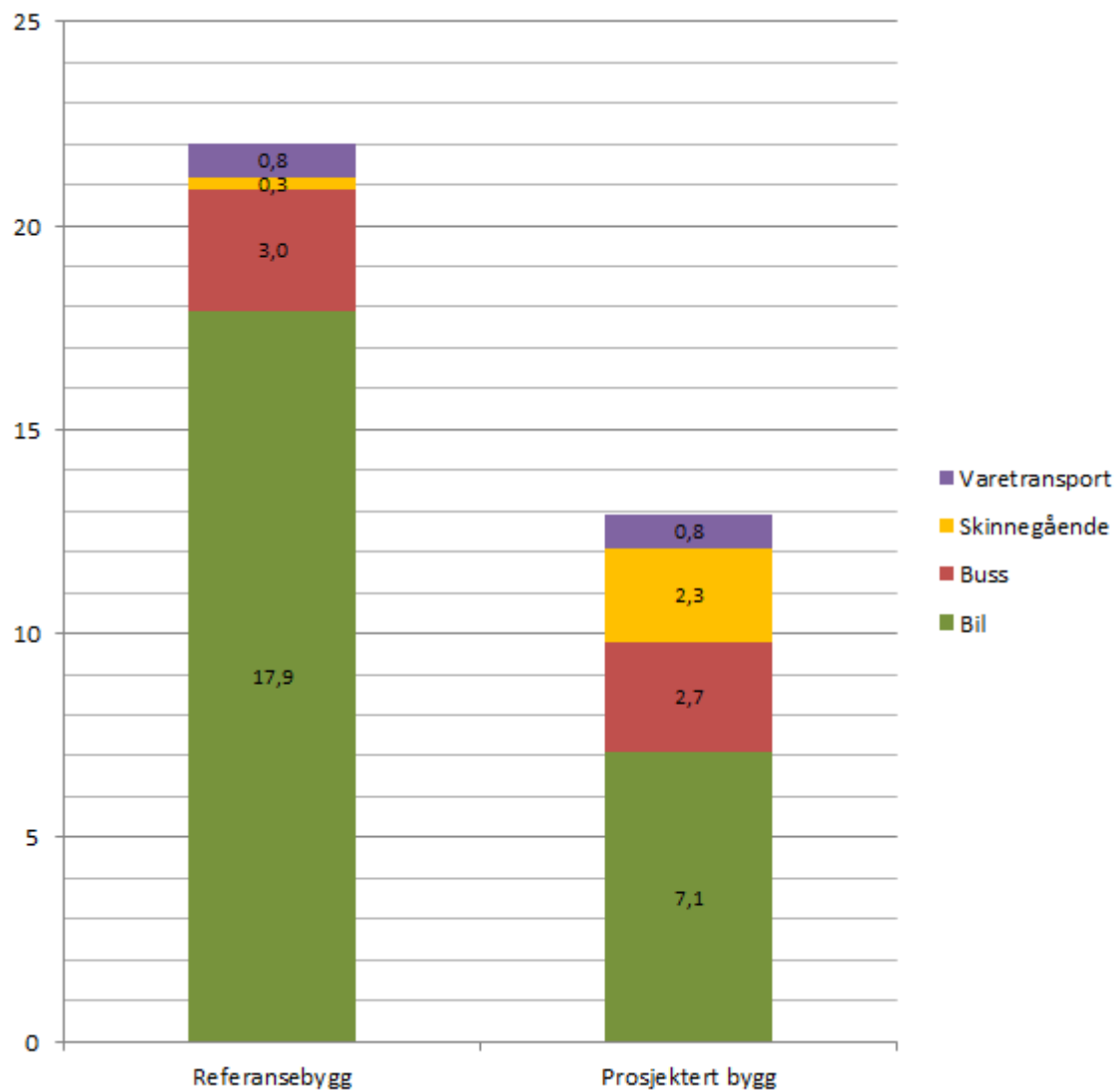
5.2. Utslipp knyttet til transport

Resultater fra beregninger for referansebygg og prosjektert bygg, vises i Tabell 1 og Figur 1.

| | Referansebygg kg CO₂-ekv / m²/år | Prosjektert bygg kg CO₂-ekv/m²/år |
|---------------|---|--|
| Bil | 17,9 | 7,1 |
| Buss | 3,0 | 2,7 |
| Skinnegående | 0,3 | 2,3 |
| Varetransport | 0,8 | 0,8 |
| Totalt | 22,1 | 12,8 |

Tabell 1: Fordeling av klimagassutslipp for type transport (kg CO₂-ekv/m²/år) for Nasjonalmuseet for referansebygg og prosjektert bygg

For referansebygget er det beregnet et utslipp på 22,1 kg CO₂-ekv/m²/år, mens det for prosjektert bygg er beregnet utslipp på 12,8 kg CO₂-ekv/m²/år. Dette tilsvarer en reduksjon i utslipp på 42 % som følge av en mer sentral lokalisering i Oslo sentrum. Sentral lokalisering innebærer færre reisekilometer for både bil og kollektivtransport for besøkende, et skift i reisemiddelfordeling fra bil til kollektiv, høyere bil- og bussbelegg og høy kostnad for parkering.



Figur 8: Fordeling av beregnede klimagassutslipp for transport (kg CO₂-ekv/m²/år) for Nasjonalmuseet.

Under vises en oversikt over de største forskjellene for referanse- og prosjektert bygg:

| | Referansebygg (RB) | Prosjektert bygg (PB) | Kommentar |
|--|---|--|--|
| Museets beliggenhet | Gjennomsnittsbeliggenhet i Oslo | I Oslo sentrum innenfor Ring 1 nær flere gode kollektivtilbud | Mindre utslipp for PB grunnet totalt sett lavere transportbehov og mer miljøvennlig transport |
| Bilandel | Standardverdi for Oslo som er 34 % for ansatte og 44 % for besøkende | Standardverdi for Oslo sentrum som er 16 % for ansatte. For besøkende er bilandel til sentrum antatt å være 25 % | Lavere bilandel for PB gir lavere utslipp |
| Bilbelegg/ bussbelegg | Standardverdier for Oslo for både ansatte og besøkende (1,3 for bil og 15 for buss) | For ansatte i Oslo sentrum er bussbelegg satt til 20 fordi de fleste reiser foregår i rush. Bilbelegg for besøkende er satt til 1,6 fordi belegget er høyere på fritidsreiser og særlig der parkeringsmulighetene er begrenset | Høyere belegg for PB gir færre kjøretøy og dermed lavere utslipp |
| Andel skinnegående kollektivtransport | Standardverdier for Oslo for både ansatte og besøkende (20 % av personkm) | Standardverdier for reiser til Oslo sentrum for både ansatte og besøkende (67 % av personkm) | Høyere andel skinnegående transport gir lavere utslipp for PB |
| Parkeringsdekning | Tilpasningsfaktor for parkering er satt til 1 (Fri parkering, full tilgang) | Kun HC tilknyttet museet (forslag om 3-5 plasser), avgiftsbelagte parkeringsmuligheter i nærheten. Tilpasningsfaktor for parkering er satt til 0,3 | Høyere kostnader og dårligere tilgang på parkering for PB bidrar til mindre bilkjøring og lavere utslipp |

VEDLEGG

Vedlegg 1: Underlag beregninger for materialer

Vedlegg 2: Underlag beregninger for energi

Vedlegg 3: Underlag beregninger for transport