



# KLIMAGASSREGNSKAP

MATERIALBRUK I TRONDHEIM KATEDRALSKOLE

Høst 2025

**BETONMAST**



Trøndelag fylkeskommune  
Trööndelagen fylhkentjielte



## SAMMENDRAG

Prosjektet Trondheim Katedralskole i regi av Trøndelag fylkeskommune har hatt som mål om å redusere klimagassfotavtrykket for materialer i nybyggene med 45%, sammenlignet med et referansebygg. Betonmast Trøndelag AS har gjennomført prosjektet med stort fokus på miljø og reduksjon i klimagassfotavtrykk. Dette har resultert i en reduksjon på 59% sammenlignet med referansebygget.

Prosjektet har også oppnådd ambisiøse mål innen ombruk og avfall. Total avfallsmengde er på 16,9 kg/m<sup>2</sup> for hele prosjektet inkl. riving av eksisterende bygg. Oppnådd sorteringsgrad er 95,4% samlet for prosjektet.

## METODE

For å utføre klimagassberegningene i dette prosjektet, har man benyttet en IFC-modell av bygget, med 60 års beregnet levetid. Selve beregningene er utført i samsvar med «Notat FutureBuilt ZERO – Kriterier, regneregler og dokumentasjonskrav», datert 14.06.2021.

Referansebygget skal bygges opp på samme måte gjennom en IFC-modell, men med generiske verdier og klassiske materialer med utgangspunkt i 2015.

Notat FutureBuilt ZERO – Kriterier, regneregler og dokumentasjonskrav, beskriver følgende regneregler:

Det skal regnes i hovedsak etter NS3720, Metode for klimagassberegninger for bygninger, men med følgende tilleggselementer:

- Summen av klimagassutslipp knyttet til bygningsdelene 22-29 samt 49, skal beregnes med utgangspunkt i livsløpsmodulene A1-3, A4, A5, B2-5, B6 og tilleggsmodulene  $D_{energi}$ ,  $D_{ombruk}$ ,  $BC_{forbr}$ ,  $B_{biog}$  og  $B_{karb}$ .
- Kommentar fra prosjektet her er at for å få en mest mulig riktig beskrivelse av klimagassregnskapet, inkluderes også bygningsdel 21 Grunn og fundamenter.
- Ettersom solceller i liten grad var utviklet med EPD i 2015, vil resultatet ved å inkludere dette på as-built gi et feil resultat. Derfor er denne ekskludert fra beregningen.

Referansebygget er gjennomført av Rambøll ved hjelp av programmet One Click LCA, og selve klimagassregnskapet er utført av Betonmast ved hjelp av programmet Reduzer. Dette kan gi noen mindre avvik i verdier siden programmene bruker innebygde referanseverdier i de tilfellene det ikke tar utgangspunkt i reelle verdier. I dette tilfellet er det benyttet innebygde verdier i liten grad i det ferdige klimagassregnskapet. Det kan derfor antas at dette vil ha liten påvirkning på resultatene, selv om det i noen grad er benyttet One Click LCA sine innebygde verdier.

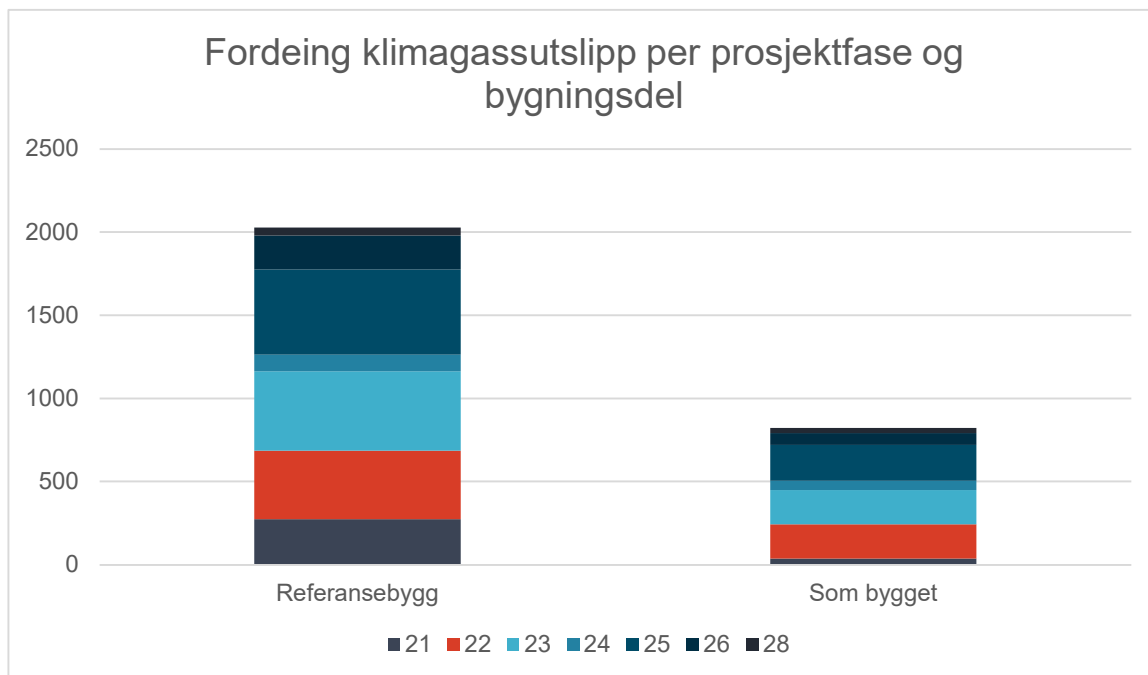
For referansebygget er det primært hentet verdier på tradisjonelle materialer og produkter fra 2015, eksempler på dette er: Gram Dampspærre, EPD fra en tysk produsent av massivtre, høvellast fra Moelven, dører fra Nordic Dørfabrikk osv. Det er i noen grad benyttet innebygde verdier. Ved bruk av innebygde verdier, benyttes det et bredt spekter av kilder, inkludert produsentdata, offentlige databaser, og bransjedata fra ulike land.

For selve klimagassregnskapet har det blitt benyttet i størst mulig grad prosjektspesifikke EPD'er. Det er et krav i prosjektet at alle produkter skal ha EPD, og fortrinnsvis en prosjektspesifikk EPD. Det er derfor benyttet disse til å gjennomføre selve klimagassberegningen. Produktene hvor dette ikke er gjort er: K-virke C24, kryssfiner, lekter, teglstein, flis, systemvegg og spiler. Årsaken til dette er at for trevirke kjøpes det inn trevirke fra ulike produsenter. Derfor finnes det ingen nøyaktig oversikt over hvor partiet er i fra. Derfor er det benyttet standardiserte verdier fra Enova i disse tilfellene. Resterende tilfeller omhandler ombruksprodukter som det ikke eksisterer EPD for. Ombruksproduktene for dette prosjektet er inntil 70 år gamle. Det er benyttet standardiserte verdier fra Enova for disse ombruksproduktene, som deretter er justert etter FutureBuilt Zero sitt regelsett om at ombruksprodukter kun teller 10% av klimagassutslippet sammenlignet med nytt produkt.

Det er benyttet faktiske innkjøpte mengder i regnskapet for som bygget så langt det er mulig. I de tilfeller hvor dette ikke har vært mulig, er mengder fra BIM-modell benyttet. Ved bruk av BIM-modell er avkapp beregnet ut fra materialer og produkt. For hulldekker er det medtatt null avkapp. For stål, vindkryss og stål i kantinen er det medtatt 1% avkapp. For andre produkter er det benyttet 5 %.

## HOVEDRESULTATER

Klimagassutslippet for prosjektet i sist reviderte fase som bygget er beregnet til **273 kg CO<sub>2</sub>-ekv./m<sup>2</sup> BRA**. Totalt for bygget utgjør dette **836 220 kg CO<sub>2</sub>-ekv** og er en 59% reduksjon av klimagassutslipp for materialer i referansebygg.



Figur 1: Fordeling av klimagassutslipp (tonn CO<sub>2</sub>-e), alle prosjektfaser. Se tabell 1 for navn på bygningsdeler

## REFERANSEBYGGET

Referansebygget for klimafotavtrykk for materialer er beregnet gjennom generiske normalverdier for ulike materialer med referanseår 2015, og beregnet med utgangspunkt i hvordan bygget planlegges oppført. Referansebygget tar utgangspunkt i NS3720:2018 Klimagassberegninger for bygninger og er justert for å tilfredstille byggherrens krav om at beregningene skal gjøres iht. «NOTAT Futurebuilt ZERO – Kriterier, regneregler og dokumentasjonskrav».

Referansebygget er utarbeidet av Rambøll Norge AS, og det er benyttet programmet One Click LCA for å gjennomføre beregningene.

Det er registrert noen mangler i referansebygget i forbindelse med 24 - innvendige vegger, 28 – Trapper, balkonger, m.m., 29 – Andre bygningsmessige deler.

I referansebygget var det ikke medtatt bindingsverk i de innvendige veggene. Som bygget har vi benyttet stålstendere og stålsvill fra Gyproc med karbonfritt stål som har 50% lavere utslipp enn standard stålstender og stålsvill. Betonmast har korrigerert for mangelen og lagt til verdien av standard stålstendere fra Gyproc, med en EPD fra 2017. Dette øker det vedlagte referansebygget med 40381 kg CO<sub>2</sub> eq (15228,2 kg stålstendere). Merk at hvert av de to nybyggene har en idrettshall i plan 1 med romhøyde 7 meter. Med bakgrunn i dette vil mengder innervegger bli noe lavere enn autogenererte mengder på innervegger.

Det er også lagt inn rekkverk, da dette mangler i selve referansebygget. Her er det benyttet de eldste EPD'ene fra biblioteket til Reduzer for tilsvarende produkt. Tilsvarende er gjort for beslag, som ikke var medtatt for referansebygget.

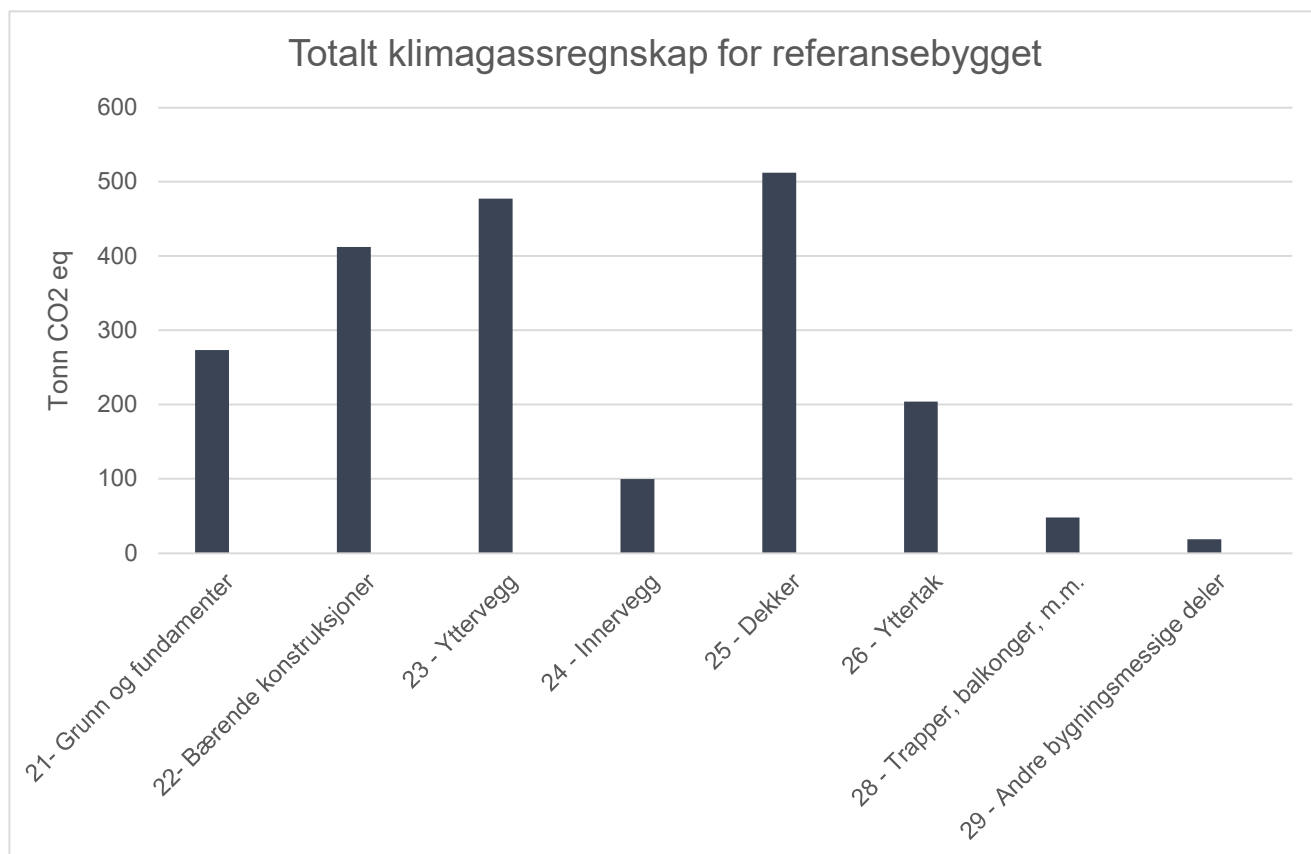
Korrigert for manglene blir det totale utslippet fra referansebygget på **2 045 175 kg CO2 eq.**

Totalt klimagassutslipp for referansebygget er presentert i vedlegg 1, inkl. korleksjon for manglene som beskrevet over.

Tabell 1 og Figur 1 presenterer referansebygget iht. NS3451 Bygningsdelstabellen aggregert til tosiffernivå.

Tabell 1: Totalt klimagassutslipp aggregert til tosiffernivå.

Bygningsdel	Tonn CO2 eq	Prosent
21- Grunn og fundamenter	273,43	13 %
22- Bærende konstruksjoner	412,21	20 %
23 - Yttervegg	477,11	23 %
24 - Innervegg	99,75	5 %
25 - Dekker	512,13	25 %
26 - Yttertak	204,05	10 %
28 - Trapper, balkonger, m.m.	47,89	2 %
29 - Andre bygningsmessige deler	18,61	1 %
<b>SUM</b>	<b>2045,175</b>	



Figur 2: Totalt klimagassutslipp aggregert til tosiffernivå i tonn CO2-e

## SOM BYGGET BYGG

Byggets klimagassfotavtrykk er beregnet etter «NOTAT Futurebuilt ZERO – Kriterier, regneregler og dokumentasjonskrav». Det er benyttet reelle verdier hentet fra IFC-modell, produksjonsunderlag og fakturagrunnlag.

Klimagassregnskapet er utarbeidet av Betonmast Trøndelag AS, og det er benyttet programmet Reduzer for å gjennomføre beregningene. Her er det benyttet en innebygd funksjon for å få resultater etter notatet til Futurebuilt.

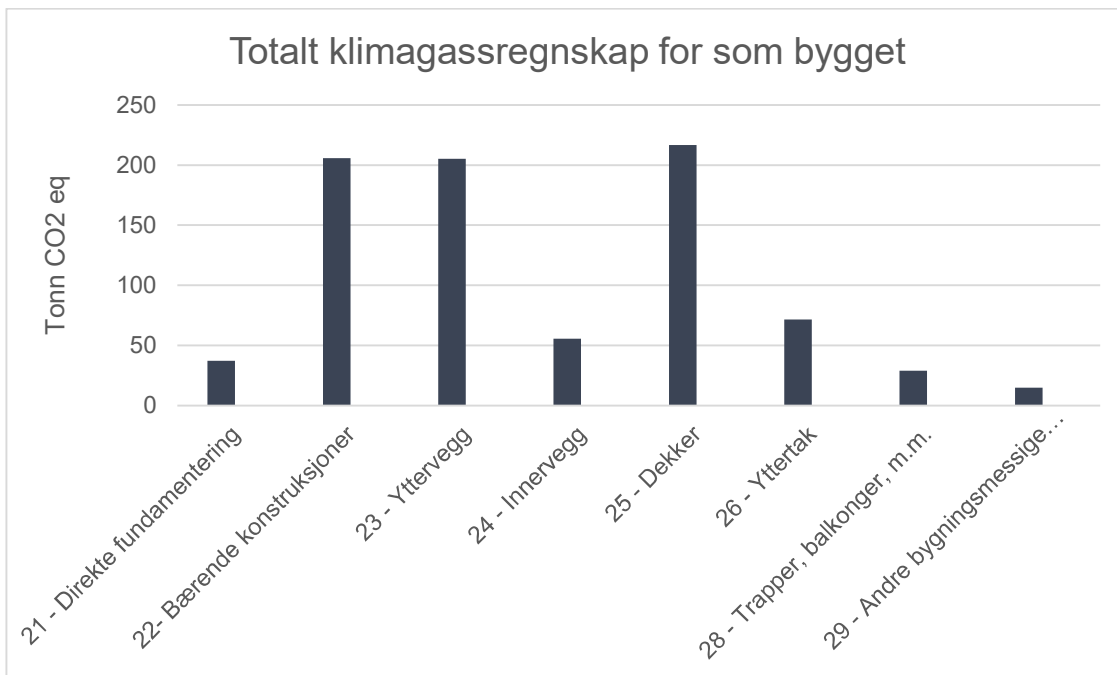
Totalt klimagassutslipp for som bygget bygg på nybyggene er **836 220 kg CO2 eq**. Dette representere en reduksjon av 59 % fra referanseverdi 2 045 175 kg CO2 eq.

Det totale klimagassregnskapet er presentert i rapportens vedlegg 2.

Tabell 2 og Figur 2 presenterer klimagassutslippet til som bygget (ferdig) bygg iht. NS3451 Bygningsdelstabellen aggregert til tosiffernivå.

Tabell 2: Totalt klimagassutslipp aggregert til tosiffernivå

Bygningsdel	Tonn CO2 eq	Prosent
21 - Direkte fundamentering	37,27	4 %
22- Bærende konstruksjoner	205,78	25 %
23 - Yttervegg	205,32	25 %
24 - Innervegg	55,52	7 %
25 - Dekker	216,77	26 %
26 - Yttertak	71,61	9 %
28 - Trapper, balkonger, m.m.	29,06	3 %
29 - Andre bygningsmessige deler	14,89	2 %
<b>SUM</b>	<b>836,22</b>	



Figur 3: Totalt klimagassutslipp aggregert til tosiffernivå i tonn CO2-e, per bygningsdel

For å oppnå reduksjonen på 59% er et system med mikroevaluering benyttet og valg er gjort for de enkelte bygningsdelene som er redegjort for under. Mikroevalueringer sikret at valgene ble vurdert og vektet riktig. I evalueringen ble følgende parameter vurdert: økonomi, fremdrift, skole i drift, klimagass, ZEB-O, bygningsvern, SHA, politisk vedtak/arealbruk, pedagogisk effektmål, nærmiljø, arkitektur, fleksibilitet i bruk.

### 21 – Direkte fundamentering:

All betong i fundamenter er utført med lavkarbon ekstrem av typen CEM III B. For å kunne støpe med denne betongen når lufttemperaturen er lavere enn 5 grader, ble det støpt inn i betongen varmerør som betjenes fra fjernvarme. Bruk av lavkarbon ekstrem har for prosjektet hatt en kostnadskonsekvens. Prosjektet har studert merkostnaden og kalkulert at for hver kg spart CO2 eq, har det kostet prosjektet 2,69 kr. Dette er lavkarbon ekstrem betong, støpt på vinteren og sammenlignet med tradisjonell betong.

Som isolasjon i grunn er det benyttet BEWI EPS Greenline som er lagd av 100% resirkulerte fiskekasser. Fiskekassene har medført en besparelse på 50 tonn CO2. Total besparelse på fundamentering utgjør 236,4 tonn CO2. Dette har også hatt en merkostnad. Sammenlignet med tradisjonell EPS, har bruken av Bewi Greenline kostet prosjektet 2,57 kr per kg CO2 eq spart. Dette inkluderer også ekstra transportkostnad fra Fredrikstad til Trondheim. For et prosjekt på Østlandet, ville merkostnaden blitt mindre.

### 22 – Bærende konstruksjoner:

Bærende søyler og bjelker i Midtbygget og B-bygget er utført av prefabrikkert betong. Søyler og bjelker er støpt med lavkarbon ekstrem.

I kantinebygget er stålkonstruksjoner som søyler og bjelker utført med 98% resirkulert stål. Total besparelse for bruk av betong lavkarbon ekstrem og resirkulert stål utgjør 206 tonn CO2.

### 23 – Yttervegger:

I hovedsak er all kledning på yttervegger i Midtbygget og B-bygget ombrukstegl som blant annet er hentet fra B-bygget som ble revet. Denne teglsteinen ble møysomelig demontert og rensset på

stedet. Den øvrige teglen er også ombrukstegl, er levert av Høine og kommer fra Sinsenveien 56 i Oslo, som ble revet i forbindelse med bygging av det nye Rikshospitalet. Ombruk av tegl fra gamle B-bygget har gitt en reduksjon i CO<sub>2</sub> på 97,5 prosent sammelignet med å kjøpe ny tegl. Demontering og rensing av teglstein lokalt har vært tidkrevende, og har medført en merkostnad. For prosjektet har dette gitt en merkostnad per kg CO<sub>2</sub> eq spart på 61 kr. Innkjøp av ombrukstein sammenlignet med å kjøpe ny, har kostet prosjektet 38 kr per kg CO<sub>2</sub> eq spart.

Det er verdt å merke seg at ombruk av gammel teglstein påvirker mengden mørtel betraktelig, og er med som en kostnadsdriver. Dette fordi i gamle dager kjøpte prosjekter inn teglstein fra ulike brennerier, og det derfor har forskjellig størrelse. Differensen i størrelse må tas igjen i fugen, og det går derfor med en god del ekstra mørtel for å fange opp dette.

Ytterveggene er oppført av bindingsverk av tre, og det er valgt en blåseisolasjon av typen Knauf Supafil34 CarbonPluss som består av 80 % resirkulert glass. På innsiden er alle yttervegger kledd med Gyproc klimagips. Denne gipsen har en reduksjon på ca 70% CO<sub>2</sub> eq i forhold til standard gips. Innkjøp av klimagipsen medfører merkostnad i størrelsesorden 10% høyere pris i forhold til innkjøp av tradisjonell gips.

Total besparelse for bruk av ombruk tegl, Gyproc klima og blåseisolasjon fra Knauf utgjør 272 tonn CO<sub>2</sub>.

#### **24 – Innervegger:**

Invendig vegger er oppført med stålstendere av karbonredusert stål, som har halve utslippet i forhold til standard stålstender, og kledd med Gyproc klimagips som har en reduksjon på CO<sub>2</sub> eq på ca 70% ifht. Standard gips.

#### **25 – Dekker:**

Alle hulldekker i Midbygget og B-bygget er støpt med betong i lavkarbon pluss. Dekkene er forberedt for ombruk, og det er utarbeidet en egen demonteringsanvisning for hulldekkene. For å kunne demontere disse er det lagt inn en stripe med XPS langs hele bjelkeoppbygget slik at dekkene kan frigjøres fra bjelkekonstruksjonen ved saging av endeforankring. Dokumentasjonen på dette er å finne i FDV-dokumentasjonen. For å oppnå lavkarbon pluss på dekker, besørget vi prosjektering av underlaget tidlig slik at dekkene kunne herde i uoppvarmet produksjonshall med temperatur over 5 grader.

Alle gulvoverflater ble vurdert særskilt for å redusere klimagassene. Blant annet ble det valgt parkett i idrettshallene i stedet for kombielastisk sportsgulv, dette tiltaket reduserte alene det totale klimagassutslippet med 3 %.

Total besparelse på 296 tonn CO<sub>2</sub> eq er oppnådd med ovennevnte tiltak.

#### **26 – Yttertak:**

Det er benyttet Sunde Climate som isolasjon i yttertak, og dette har redusert den totale mengden isolasjon uten å gå på bekostning av kravene til U-verdi. Dette har medført at gesimshøyden har blitt redusert. 132 tonn CO<sub>2</sub> eq er spart med denne løsningen.

#### **28 – Trapper:**

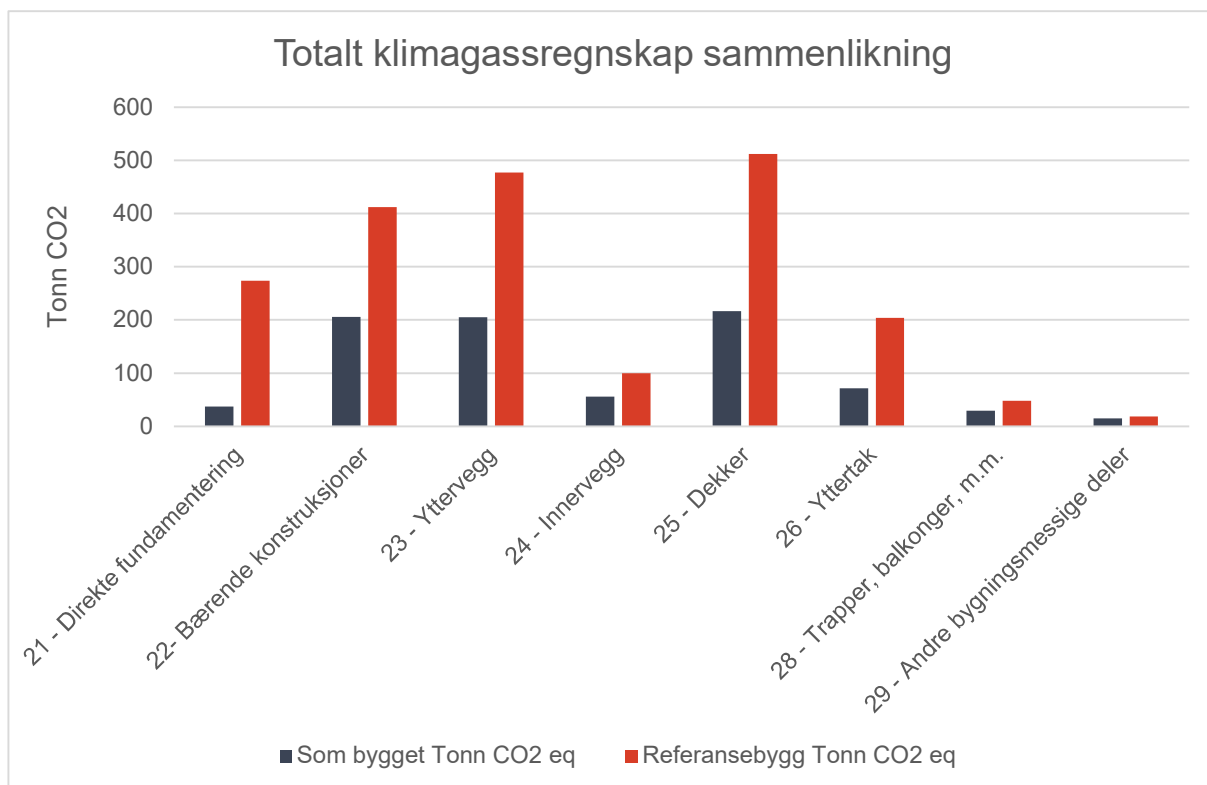
I både Midbygget og B-bygget er det benyttet prefabrikerte betongtrapper. Disse trappene er støpt med betong i lavkarbon pluss. Besparelsen ved bruk av lavkarbon pluss på trapper tilsvarer 5,9 tonn CO<sub>2</sub> eq.

## Andre tiltak

Det er aktivt jobbet med å redusere innkjøpte mengder og avfallsmengder fra byggeriet. Håndterkerne har vært meget engasjert i prosjektet og har vært sterkt delaktige i å optimalisere materialbruken. Ledelsen har organisert arbeidsmøter der håndverkerne har vært med på å finne gode løsninger for mengdereduksjon. Rapportering av status med forslag til tiltak har vært tema i månendsmøtene med håndverkerne. Prosjektet har også benyttet digitalt verktøy BIM-kalk for å beregne mengder materialer slik at bestilte materialer samsvarer med det faktiske behovet. Dette har resultert i en avfallsmengde på 16,9 kg/m<sup>2</sup> for hele prosjektet inkl. eksisterende bygg. Oppnådd sorteringsgrad er 95,4% samlet for prosjektet.

## RESULTATER

Prosjektet reduserte klimagassfotavtrykket med 1209 tonn CO<sub>2</sub> eq sammenlignet med referansebygget. Dette utgjør en reduksjon på 59,11%.



Figur 4: Sammenlikning

# DISKUSJON

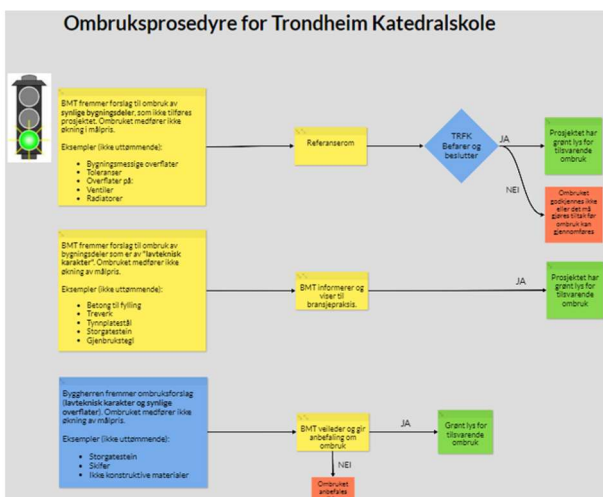
1. I utgangspunktet var det prosjektert med en kantine i massivtre. Etter prosess med antikvariske myndigheter viste det seg at dette ikke var mulig pga. manglende transparens foran vernet Moe 2-fasade. Dette har ført til at hele kantine er bygget i stål og med glassfasade som har medført en større økning i klimagassutslipp. Betonmast estimerer dette til å utgjøre et ekstra klimagassutslipp på 95 tonn CO<sub>2</sub> eq som er hensyntatt i klimagassregnskapet.
2. Prosjektet skal tilfredstille kravene til nullutslipp i bygningsdrift (ZEB-O), og det er montert solceller som ikke er med i referansebygget. For å sammenlikne like bygg, er dette ikke tatt med i klimagassregnskapet. For prosjektet vil dette utgjøre en økning i CO<sub>2</sub> eq på 92,46 tonn CO<sub>2</sub> eq.

Dersom kantinebygget hadde blitt bygget i massivtre hadde prosjektet oppnådd klimagassreduksjon på 64%.

Det bemerkes også at prosjektet var tenkt med en stor nedgravd idrettshall. Beslutningen om å endre dette til to idrettshaller på bakkeplan har medført at prosjektet har spart 1000 tonn CO<sub>2</sub>. Denne tiltaket inngår hverken i regnskapet for referansebygg eller i det faktiske klimagassregnskap.

Prosjektet har utført en del ombruk/gjenbruk i eksisterende bygg. Tiltakene utført i eksisterende bygg inngår ikke som en del av klimagassregnskapet. Blant tiltakene er ombruk av parkett etter å ha blitt demontert, slipt, rekonstruert og lakkert i plan 4 Aula. Parketten har også blitt gjenbrukt til spiler både i stor sal og møterom i Aulabygget. Demonterte foldevegger er gjenbrukt til opptrinn i amfi i stor sal og i amfi i plan 3 Aula, dører og systemvegger er også ombrukt. Systemvegger fra Røros VGS er ombrukt i Aula.

Prosjektet har i forbindelse med ombruk utviklet trafikklysmodellen som har bidratt til en enklere og raskere beslutningsprosess. Modellen har bidratt til at risikoen med ombruk blir håndtert på en forutsigbar måte for partene.



Figur 5: Eksempel ombruksprosedyre utviklet i prosjektet, som ble døpt trafikklysmetode

Løst inventar og utstyr har en ombruksgrad på anslagsvis 40-50%. Dette omfatter i hovedsak skolemøbler, men også inventar i fellesområder og utomhus. Prosjektet søkt og fikk tilsagn på

Klimasats og ENOVA-midler for å gjennomføre prosjektering og gjennomføring etter sirkulær prinsipper.

## **VEDLEGG:**

Dokumentere er tilgjengelig ved å ta kontakt på [heama@trondelagfylke.no](mailto:heama@trondelagfylke.no)

Vedlegg 1 – Referanseprosjekt

Vedlegg 2 – Klimagassregnskap ferdig bygg