Høgskulen på Vestlandet

BACHELOROPPGAVE

Grønn betongkompetanse – et eksempelstudie av fylkesbygget i Bergen

Green concrete expertise - a case study of the county building in Bergen

Marius Boge

Martin Severin Gullaksen

Martin Kristoffersen Jensen

Byggingeniør
Fakultet for ingeniør- og naturvitenskap/Byggfag/BYG150
Veileder: Anne Sofie Handal Bjelland

24. Mai 2020

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, *jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.*

Innhold

Sammendrag 5
Forord 6
1. Innledning 7
1.1 Bakgrunn 7
1.2 Introduksjon 7
1.3 Problemstilling 8
1.4 Avgrensning 8
2. Fylkesbygget i Bergen 9
2.1 Dagens Fylkesbygg 9
2.2 Det nye fylkesbygget 10
3. Metode 11
3.1 Valg av metode 11
3.2 Vurdering av valgt metode 11
3.3 Innhenting av dokumenter fra Fylkeskommunen 12
3.4 Bruk av BIM i oppgaven 12
3.4.1 Solibri 13
3.4.2 One Click LCA 13
3.5 Kontakt med bedrifter innenfor ventilasjon 13
4. Betongteori 14
4.1 Hva er betong? 14
4.2 Dagens bruk av betong 14
4.2.1 Prefabrikasjon og plasstøpt betong 15
4.2.2 Prefabrikasjon 15
4.2.3 Plasstøpt 15
4.4 Teori gjenbruk av betongkonstruksjoner 16
5. Teori om de fire faktorene 17
5.1 Himlingshøyde 17
5.2 Bæring 17
5.2.1 Skader på bærende betongkonstruksjoner 18
5.3 Rømningsvei 18
5.3.1 Antall rømningsveier 19

5.3.2 Krav til utforming 19
5.4 Miljøperspektivet 20
6. Resultat 21
6.1 Himlingshøyde og netto etasjehøyde 22
6.2 Bæring 22
6.2.1 Mellombygg 22
6.2.2 Kjellervegger og kjellergulv 23
6.2.3 Høyblokken 24
6.3 Rømningsvei 24
6.4 Miljøperspektivet (Analyse i One Click LCA) 25
7. Diskusjon 27
7.1 Himlingshøyde 27
7.1.1 Teknisk himling 27
7.2 Bæring 28
7.2.1 Mellombygg 28
7.3 Rømningsvei - høyblokken 29
7.3.1 Bevare fylkesbygget 29
7.3.2 Nytt fylkesbygg 30
7.4 Miljøperspektivet 30
7.4.1 Analyse av utslippsdata One Click LCA 30
7.4.2 Gjenvinning av fylkesbygget 31
7.4.3 Miljøperspektivet som en avgjørende faktor 32
7.4.4 Energieffektivitet 32
7.5 Andre avgjørende faktorer 32
7.5.1 Økonomi 32
8. Konklusjon 34
8.1 Himlingshøyde 34
8.2 Bæring 34
8.3 Rømningsvei 34
8.4 Miljøkonsekvensene 35
9. Forslag til videre arbeid 36
10. Figurliste 37

11. Tabelliste 38
12. Litteraturliste 38

Sammendrag

Det blir stadig et større fokus på grønn betongkompetanse i bygge- og anleggsindustrien. Det fokuseres på å bruke mindre og mer miljøvennlig betong. Samtidig er det flere eksisterende betongkonstruksjoner som blir revet før sin forventede levetid.

Formålet med denne oppgaven er å se på hvilke faktorer som er avgjørende for at en bærende betongkonstruksjon blir besluttet revet eller renovert. For å finne ut dette har vi gjennomført en kvalitativ analyse av fylkesbygget i Bergen.

Underveis i oppgaven viser det seg at miljøperspektivet kommer i skyggen av betongkonstruksjonens tekniske tilstand. Faktorer som miljø og klimapåvirkning bør være avgjørende når en betongkonstruksjon blir bestemt revet eller totalrenovert. Det viser seg også at nye bærende betongkonstruksjoner bør overdimensjoneres slik at fremtidige krav imøtekommes.

Summary

There is a growing focus on green concrete expertise in the construction industry. The industry has shifted it`s focus to the use of less and more environmentally friendly concrete. At the same time, several existing concrete constructions are being demolished before the end of their expected life cycle.

The purpose of this thesis is to see which factors are decisive to determine if a load-bearing concrete structure should be demolished or renovated. To determine this, we have completed a qualitative analysis of the county building in Bergen.

During the thesis it turns out that the environmental perspective is being neglected in favor of the concrete structure`s technical condition. The climate impact is a factor that should be crucial when a decision is made regarding the demolishing or renovating of a concrete structure. It also turns out that new load-bearing concrete structures should be overdimensioned so that future building regulations can be met.

Forord

Grønn Betongkompetanse er en avsluttende oppgave i bachelorstudiet Byggingeniør ved Høgskulen på Vestlandet avd. Bergen. Oppgaven baserer seg på kunnskap fra de ulike fagene i studiet, fra materiallære til betongkonstruksjoner. I en tid der klima og miljø er en av de største utfordringene verden står overfor i dag, har vi et felles ansvar for å komme med ulike ideer og løsninger for morgendagens byggebransje.

På grunn av den spesielle situasjonen med COVID-19 har det vært utfordrende å innhente nødvendig informasjon. Dermed har befaringer som kunne gitt et annet perspektiv på oppgaven måttet utgå. Gjennom godt samarbeid og en felles målsetning har arbeidet med oppgaven likevel vært en god opplevelse som har styrket det faglige og interessen for studiet.

Vi ønsker å rette en stor takk til vår veileder Anne Sofie Handal Bjelland for veiledning og gode råd, Fylkeskommunen i Bergen for deling av alt av nødvendig informasjon, Sweco for deling av tekniske tegninger og Bravida Norge AS for rådføring om ventilasjon og teknisk rørføring.

Grønn betongkompetanse er skrevet av Marius Boge, Martin Kristoffersen Jensen og Martin Severin Gullaksen, våren 2020.

Bergen, 24.05.2020

Marius Boge	Martin Kristoffersen Jensen	Martin Severin Gullaksen

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Betong er verdens mest brukte bygningsmateriale på grunn av sine gode egenskaper som styrke, lange levetid og lave driftskostnader (Laanke, 2020). Produksjonen av sement, som er bindingsmiddelet i betongen, fører til store miljøutfordringer (Norcem, 2020). Fra et klimaperspektiv vil det da være ønskelig at betongkonstruksjoner kan stå lenger, eller at betongen blir resirkulert til andre formål i nærområdet. Vi ønsker å se nærmere på om det kan gjøres endringer i betongens livssyklus og at en dermed kan tilegne seg en grønnere betongkompetanse.

1.2 Introduksjon

Verdens klimagassutslipp må reduseres kraftig i tiden framover. Produksjonen av sement utgjør hvert år ca. 5% av menneskehetens klimagassutslipp (Andrew, 2019) og vil øke i tiden fremover. I dagens samfunn er det sterkt fokus på å redusere klimagassutslippet. I desember 2015 inngikk 195 stater en avtale om å gjennomføre utslippskutt, også kalt Paris-avtalen (Jakobsen & Kallbekken, 2020). Denne avtalen er et kollektivt samarbeid der også byggebransjen må gjøre klimavennlige og bærekraftige valg. Det blir blant annet utviklet "miljøvennlig betong" som skal gi lavere CO2 utslipp og lavere energiforbruk (Rodahl, 2018). Likevel er miljøutslippet ved produksjon av ny sement en av verdens miljøverstinger. (Biørnstad, 2016)

Klimaavtrykket som skapes av å rive et helt bygg der bæresystemet består av betong, for så å produsere sement til en ny konstruksjon, kan bli svært stort. I tillegg skal den knuste betongen fraktes til et godkjent deponi for gjenvinning og resirkulering, før ny betongblanding fraktes tilbake til byggeplassen.

Under en totalrenovering er det derimot ønskelig å benytte den eksisterende bygningsmassen. Dette betyr at bygget ofte strippes helt ned, slik at kun bæresystemet i betong står igjen. Det vil da bli produsert mindre sement, og bærende betongkonstruksjoner kan få en lengre levetid som vil resultere i et bedre klimaregnskap.

1.3 Problemstilling

I denne oppgaven ønsker vi å se på hvorfor et funksjonelt bygg som fylkeshuset i Bergen ble besluttet revet, for deretter å bygges opp igjen på samme sted. Hadde det vært mulig å gjenbruke deler av den bærende betongkonstruksjonen som allerede var på plass? På bakgrunn av dette, er følgende problemstilling formulert:

Hvilke faktorer er avgjørende for at bærende betongkonstruksjoner skal rives eller totalrenoveres? Og hvilken påvirkning har et bygg som enten rives eller totalrenoveres i et klimaregnskap?

1.4 Avgrensning

På bakgrunn av oppgavens begrensende omfang har vi valgt å se på hvilke argumenter som er brukt i vurderingene/begrunnelsene for at en bærende betongkonstruksjoner blir besluttet revet eller totalrenovert. Dette knyttet til en gjennomgang av fire ulike faktorer, herunder bemerkninger knyttet til:

- Himlingshøyde
- Bæring
- Miljøhensyn
- Rømningsvei

Det må imidlertid presiseres at vi i denne besvarelsen ikke har kapasitet til å etterprøve alle faglige vurderinger som er gjort innenfor de fire utvalgte faktorene. Dette fordi en slik overprøving krever en langt bredere og mer tverrfaglig kompetanse på de ulike områdene enn det vi sitter på.

2. Fylkesbygget i Bergen

2.1 Dagens Fylkesbygg

Dagens fylkesbygg ligger i Agnes Mowinckels gate like ved bygarasjen i hjertet av Bergen, og har vært administrasjonsbygget til Hordaland Fylkeskommune siden 90-tallet. Bygget som ble tegnet i 1972 (Nyberg & Røyrane, 2018) er en plasstøpt betongkonstruksjon som består av en høyblokk på 14 etasjer, samt et mellombygg.

Figur 1: Fylkesbygget i Bergen, Foto Marius Boge

"Brunosten" som bygget også blir kalt, ble i 2018 vedtatt revet til fordel for et nytt signalbygg som skal representere det nye Vestland fylke (Fylkeskommune, 2019). Vedtaket vekket massiv kritikk i mediene på bakgrunn av avgjørelsen. Blant annet skrev Jan Erik Rossow (Rossow, 2019) et debattinnlegg hvor han utrykker at det ikke er forsvarlig å rive høyblokken i et klimaperspektiv, mens Hordaland Fylkeskommune (Fylkeskommune, 2019) peker på for lav etasjehøyde, fuktinntrenging, dårlig arealutnyttelse, og at et nybygg vil gi bedre økonomi ved økt mulighet for utleie av areal. Rivningen av bygget startet i februar 2020.

2.2 Det nye fylkesbygget

Det nye fylkesbygget (figur 2) skal bygges på den samme tomten i Agnes Mowinckels gate. Bæresystemet skal etableres med prefabrikkert betong. Til forskjell fra det gamle bygget, skal deler av mellombygget erstattes med en ekstra høyblokk, slik som vist til høyre på figur 2. Det skal i tillegg etableres en ny høyblokk i betong på samme sted der hvor den gamle høyblokken stod.

Figur 2: Det nye fylkesbygget i Bergen, Illustrasjon: Hordaland fylkeskommune 2019.

Bygget har fått navnet «Penrosetrappen» på grunn av sine to trapper utenpå bygget. Hordaland fylkeskommune (Fylkeskommune, 2019) skriver at det nye bygget skal ha «høge ambisjonar for energi, klima og miljø i prosjektet med nytt fylkeshus», og at det skal tilfredsstille miljøstandarden BREEAM-NOR Excellent. I tillegg skal bygget utstyres med solcellepanel på taket av hver høyblokk.

3. Metode

I dette kapitelet vil fremgangsmåten for innsamling av datagrunnlaget for oppgaven presenteres. Dette inkluderer også forventningene til metodene som er valgt og påliteligheten til informasjonsgrunnlaget.

3.1 Valg av metode

Valg av metode baserer seg på en kvalitativ datainnhenting. Kvalitativ metode er en forskningsmetode der fokusområdet er tilspisset til gjennomgang av tekst (Grønmo, 2020) og tekstens innhold. En slik innholdsanalyse dreier seg om å ta for seg et begrenset omfang av tekster som blir grundig gjennomgått (Sæter & Sterri, 2020).

Vi har analysert en spesifikk betongkonstruksjon og gjennomført kvalitative analyser i form av datasimuleringer og gjennomgang av dokumenter. En slik metode kalles for Case-studie, eller eksempel-studie. Selv om vi ser på en enkelt enhet (Wæhle & Dahlum, 2018) der de ulike avgjørelsene er besluttet ut ifra en enkelt betongkonstruksjon, kan vurderingene være representative for andre betongkonstruksjoner.

3.2 Vurdering av valgt metode

Innhenting av informasjonsgrunnlaget har blitt møysommelig vurdert. Det foreligger en risiko for at tilgjengelige dokumenter fra det digitale arkivet og tilsendte datafiler tillegges for stor vekt på bekostning av annen ikke fullt så tilgjengelig informasjon. Dette kan være problematisk da deler av inntrykk og følgelig informasjon knyttet til byggets tilstand og dermed bakgrunnen for rivningsbeslutningen finner sted gjennom befaringer og diskusjoner. At vi i denne gjennomgangen ikke har tilgang til slik tilegnelse av informasjon medfører at informasjonsgrunnlaget ikke nødvendigvis er uttømmende, noe det må tas høyde for i den videre fremstillingen og slutningsprosessen.

En variasjon mellom en kvantitativ og kvalitativ metode ville ha vært den beste metoden for denne typen oppgave, også kalt for metodetriangulering. Da kunne en ha grundig sammenlignet Fylkesbygget i Bergen med andre betongkonstruksjoner som Media City Bergen, Rådhuset i Bergen og Y-blokken i Oslo. På bakgrunn av oppgavens begrensede omfang med tanke på tid ville dette ikke vært mulig og vil være et forslag til videre arbeid.

For å få tak i mer informasjon enn det som fremgår av dokumentene kunne vi ha intervjuet personer innad i fylkeskommunen og fagpersoner i Sweco og LAB Entreprenører, som har ansvaret for oppføringen av det nye fylkesbygget. På grunn av tidsbegrensninger og ulike utfordringer knyttet til COVID-19 har dette ikke latt seg gjøre.

3.3 Innhenting av dokumenter fra Fylkeskommunen

Dokumenter som er utarbeidet av Fylkeskommunen inneholder informasjon som kan besvare den overordnede problemstillingen. For å få et innblikk i, og en bredere forståelse av avgjørelsene som er tatt i forbindelse med rivning av bygget, har et ledd i prosessen vært å kreve innsyn i Fylkeskommunens relevante dokumenter som befinner seg i deres digitale arkiv. I utgangspunktet skal alle dokumenter og korrespondanse som er av relevans for rivningsbeslutningen loggføres og arkiveres i det digitale arkivet, og innsyn her vil derfor gi et vidt grunnlag for å svare på den overordnede problemstillingen.

For å få tilgang til de aktuelle dokumentene sendte vi e-post til prosjektleder i fylkeskommunen, og etterspurte dokumenter som kan gi innblikk i begrunnelsene. Vi fikk etter dette tilgang til det digitale arkivet der alt av informasjon om prosjektet er tilgjengelig og kan undersøkes. At vi i utgangspunktet har tilgang på alle relevante dokumenter knyttet til hvorfor bygget ble besluttet revet tilsier at vi har gode forutsetninger for å foreta en analyse av vedtaket.

De ulike beslutningene i de tilgjengelige dokumentene er vurdert av interne fagpersoner i fylkeskommunen. Vi kjenner ikke til hvor grundig vurderingene er, og vi kjenner heller ikke til fagkunnskapen til de interne fagpersonene.

3.4 Bruk av BIM i oppgaven

Som en del av oppgaven skal vi sammenligne nytt og eksisterende fylkesbygg. Vi har derfor valgt å bruke verktøyet BIM aktivt i arbeidet. BIM står for “building information modeling” og er samlebetegnelsen på en digital modell av et bygg. I dag blir BIM stadig mer utberedt i byggebransjen fordi BIM tilrettelegger for bedre samhandling mellom ingeniører, fagfolk, arkitekter og entreprenører i prosjekterings- og byggefasen (Byggeindustrien, 2019). Det var derfor viktig å få tilgang til digitale modeller av både dagens bygg og nytt bygg tidlig i prosessen.

IFC er et format som blir brukt innenfor BIM for å sikre at de digitale modellene kan benyttes i forskjellig program. For å få tilgang til IFC-filene tilhørende fylkesbygget i Bergen, tok vi kontakt med Sweco som er rådgivende ingeniører på prosjektet. Gjennom oppgaven skal vi hovedsak gjøre beregninger i Solibri og One Click LCA.

En risiko ved bruk av BIM er at man stoler blindt på dataene vi har fått tilsendt. Filen vi fikk tilsendt er et forprosjekt av det nye bygget, og det kan ha blitt gjort endinger i etterkant.

3.4.1 Solibri

Solibri er først og fremst et visualiseringsprogram og et verktøy som blir benyttet i kvalitetssikring av BIM-prosjekter, og som i tillegg blir brukt av entreprenører til for eksempel masseberegning. Vi drar nytte av denne funksjonen i vårt prosjekt. Solibri egner seg også til å finne mengde betong som skal rives, men også mengde betong i det nye bygget. Videre fungerer Solibri godt til å gjøre nødvendige digitale avstandsmålinger.

3.4.2 One Click LCA

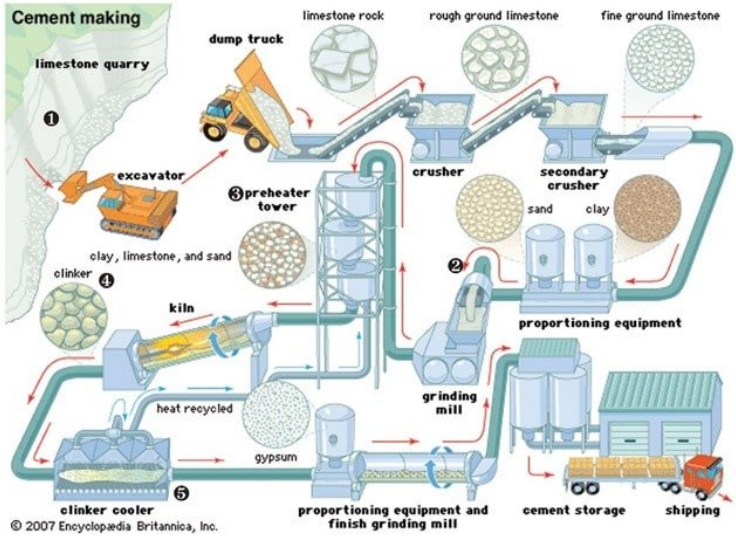
Vi har gjennomført et klimaregnskap ved hjelp av beregningsprogrammet One Click LCA. Resultatet presenteres med forskjellige diagrammer som gjør det enkelt å finne relevant informasjon, for eksempel hvor mange tonn CO_2e som blir produsert. Programmet tar hensyn til ulike parametere, for eksempel transport til og fra byggeplassen, og hvor mye CO2 en betongkonstruksjon binder opp i løpet av sin levetid. One Click LCA beregner også miljøgevinsten en får ved å benytte resirkulerte materialer der det er mulig, og en mer miljøvennlig produksjon av disse materialene.

3.5 Kontakt med bedrifter innenfor ventilasjon

En av utfordringene knyttet til høyblokken er at himlingshøyden er lav. Derfor tok vi kontakt med flere firma med kompetanse innenfor fagfeltet rør og ventilasjon. Bravida var den eneste bedriften som kom med relevant tilbakemelding. Det er derfor erfaringen fra ett selskap som blir vurdert. Vi forhørte oss om det er mulig å se på alternative ventilasjonsløsninger i høyblokken som kan muliggjøre en lavere teknisk himling.

4. Betongteori

4.1 Hva er betong?



Figur 3 Produksjon av sement, Encyclopedia Britannia Inc, 2007

Betong er et konstruksjonsmateriale som består av sement, vann, stein, sand og ulike tilsetningsstoffer (Brørs & Kjell, 2019). De ulike bestanddelene blir blandet sammen som vist i figur 3 der sand og stein utgjør 60-70%, sement utgjør 10-12% og vann utgjør 15-20%. I tillegg tilsettes ulike tilsetningsstoffer, avhengig av hvilke egenskaper man ønsker at betongen skal ha i fast og/eller herdet form (Alvær, 2012). Med korrekt utførelse under blanding og støpning, og med korrekt vedlikehold vil den kunne ha en levetid på 100 år. (Norge, 2018)

Betong er et robust materiale som tåler store trykkrefter. Imidlertid ønsker man ofte at betongen også skal kunne ta strekkrefter. Dette blir gjort ved å legge inn armeringsjern der disse kreftene oppstår, noe som fører til at betong kan brukes i de fleste konstruksjoner. (K. Brørs, 2019)

4.2 Dagens bruk av betong

I Norge i dag blir det produsert om lag 2 millioner tonn sement i året, nok til i overkant av 4,5 millioner kubikk ferdigblandet betong (Betongforening, 2020). Dette tallet tilsvarer vekten av 1,6 millioner biler på størrelse med VW golf. Til sammenligning er det 2,8 millioner biler i Norge i 2019 (Jarslett, 2020).

Betong er en av de mest brukte byggematerialene i moderne tid, hvor det stadig bygges større og mer komplekse konstruksjoner. På grunn av betongens gode bestandighet og fasthet blir betong brukt i tilnærmet alle konstruksjoner i dag. Eksempler på konstruksjoner i betong er broer, fabrikker, bygninger, fundamenter, dammer og oljeplattformer (Alvær, 2012). Betong har lang levetid og krever lite vedlikehold. Dette skiller betong fra blant annet tre og stål som har behov for regelmessig vedlikehold. Betong blir dermed sett på som et viktig materiale i moderne konstruksjoner.

4.2.1 Prefabrikasjon og plasstøpt betong

I dag er det som regel to måter betongkonstruksjoner blir bygget på. Den ene metoden er plasstøpt betong, som det eksisterende Fylkesbygget består av, og den andre er prefabrikkert betong som det nye bygget prosjekteres med. Begge metodene har sine fordeler, og det er dermed ikke gitt hvilken metode som er mest riktig å bruke. Det er ofte byggherren som bestemmer hvilken metode som skal bli brukt i et prosjekt (Revfem, 2018)

4.2.2 Prefabrikasjon

Prefabrikasjon av betongelementer er utberedt i nye betongkonstruksjoner. I kombinasjon med økt digitalisering og bruk av BIM, tilrettelegges det for økt samhandling mellom betong som materiale og andre byggematerialer i prosjekteringsfasen. Denne samhandlingen bidrar til betongelementer kan produseres med nøyaktig presisjon, gjerne av maskiner. Når elementene ankommer byggeplassen, blir de heist på plass. Typiske prefabrikkerte betongelementer er hulldekker, betongsøyler og andre betongelementer som vist i figur 4. Fordelen med en slik løsning er at det krever mindre plass på byggeplassen, samt raskere oppføring. Ulemper med prefabrikkerte elementer er det krever mer transport, og levering av elementene kan gjerne være uforutsigbar (Revfem, 2018)

Figur 4: Prefabrikasjon, betongelementforeningen.

4.2.3 Plasstøpt

Plasstøpte betongkonstruksjoner innebærer forskaling, armering og støping på selve byggeplassen. Dette krever større riggplass for armering, oppbevaring av forskalingsutstyr på byggeplass, kapasitet på heisekran og oppstillingsplass for betongbiler. Uansett om et prosjekt benytter plasstøpt eller prefabrikkerte betongelementer, blir det som regel brukt plasstøpt betong i kjeller og grunn for å sikre tilstrekkelig stivhet i konstruksjonen. Avstivende trappesjakter er også i hovedsak plasstøpte selv om prosjektet bruker prefabrikkerte elementer (Revfem, 2018).

4.4 Teori gjenbruk av betongkonstruksjoner

I henhold til EUs direktiver og nasjonal plan for bygge- og anleggsavfall skal 70% av det ikke-farlige avfallet fra bygg- og anleggsbransjen (BA) resirkuleres eller brukes på nytt (Miljødirektoratet, 2019).

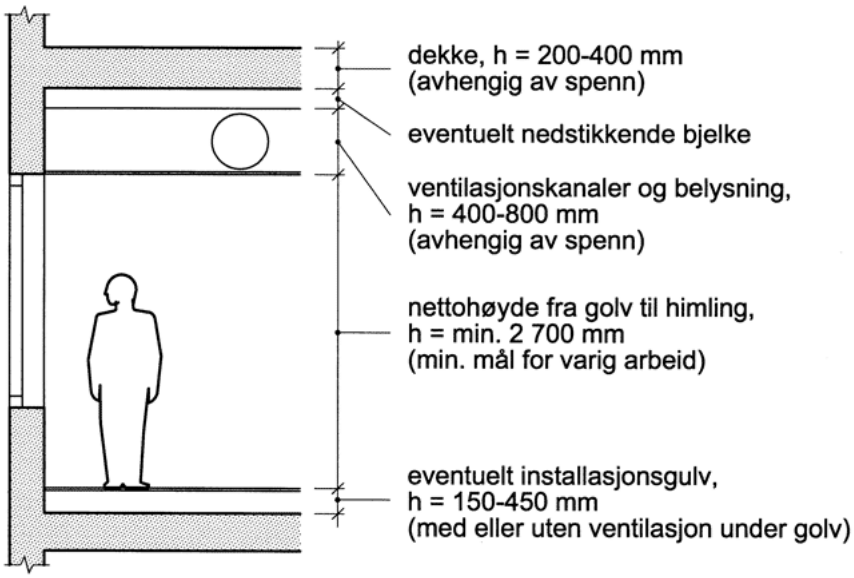
BA bransjen i Norge produserer ca. 1,5 millioner tonn med avfall i året, der henholdsvis 0,8 millioner tonn er betong. Dette kan gjenbrukes på ulike måter. Nitti prosent av den betongen som blir resirkulert brukes som tilslag i grøfter og som bærelag og forsterkningslag under vegbygging, mens 10% brukes som tilslag i produksjonen av ny betong. (*Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall*, 2017)

Et eksempel på miljøgevinst ved gjenbruk er rehabiliteringen av “Max-bygget” i Trondheim. Ved dette prosjektet gjenbrukte de mye av betongkonstruksjonen, noe som kuttet prosjektets karbonutslipp med 60%. I tillegg reduserte de byggetiden og kuttet noen av byggekostnadene ved å redusere behovet for et helt nytt bæresystem ("Tenk deg om før du river," 2019)

5. Teori om de fire faktorene

5.1 Himlingshøyde

Himlingshøyden er høyden fra ferdig gulv til systemhimling som vist i figur 5. Høyden mellom dekkene blir heretter kalt for etasjehøyde. Himlingshøyden for kontorer og offentlige bygg er anbefalt til en minimums høyde på 2700mm og for bolighus er høyden satt til 2400mm ("344.110 Tilpasningsdyktige kontorbygninger," 2004)



Figur 5: Himlingshøyde, Byggforsk, 2004

Når en bygning har tilfredsstillende himlingshøyde, bidrar dette blant annet til tilstrekkelig med dagslys. På arbeidsplassen skal det være tilfredsstillende mengde dagslys på grunn av synsfysiologiske og trivselsmessige grunner ("421.602 Dagslys. Egenskaper og betydning," 2001). Det er derfor en viktig faktor å ta hensyn til når bygninger planlegges.

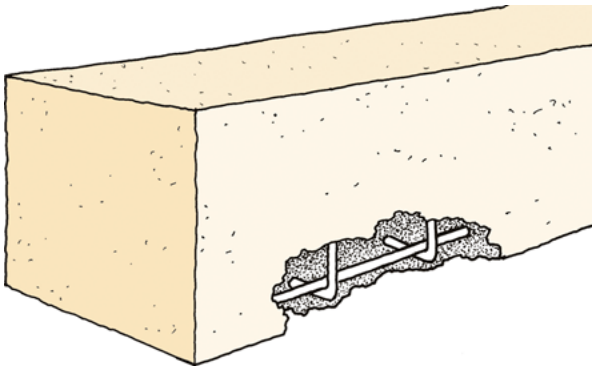
5.2 Bæring

De tre vanligste bærende materialene som er brukt på verdensbasis er betong, stål og tre. Betong har suverene egenskaper til å ta trykkrefter, og dersom det støpes inn armeringsstål har også betongen gode strekkrefter (K. Brørs, 2019). Hvis en konstruksjon ikke har tilstrekkelig med bæring vil det i verste tilfelle kollapse. Det er derfor avgjørende at en bærende konstruksjon har tilstrekkelig med kapasitet. Når bærende elementer kalkuleres er det viktig at det også blir tatt hensyn til at bruken av bygget kan endres i takt med tiden.

5.2.1 Skader på bærende betongkonstruksjoner

Det finnes ulike måter betongen blir skadet på. Den hyppigste årsaken er kloridskader. Kloridholdig betong oppstår når salt har trengt inn i betongen. Dette kan skje ved salting av veier, og som igjen blir tatt med inn i parkeringsanlegg.

Når dette skjer vil kloridene bryte ned passivfilmen som beskytter armeringen og armeringen korroderer som vist på figur 6. Når armeringen korroderer, mister betongen sin styrke. ("720.112 Skader på betongkonstruksjoner. Skadesymptomer, tilstandsgrader og utbedringsmåter.," 1998)



Figur 6: Kloridskadet betong, Sintef Byggforsk.

5.3 Rømningsvei

I alle bygg stilles det strenge krav til rømningsvei dersom det oppstår en situasjon som krever evakuering. Kravene blir definert i byggeteknisk forskrift som også kalles for TEK. Byggforskserien blir utviklet av SINTEF, og gir beskrivelser og dokumenterte løsninger som oppfyller kravene i TEK (SINTEF, 2020).

Tabell 1 viser at kontorbygg faller under risikoklasse 2, og brannklasse 3 dersom bygget består av flere enn 5 etasjer. Risikoklasser og brannklasser legger føringer for hvor strenge krav som stilles til de ulike bygningstypene.

Tabell 1: 321.022 "Oversikt over krav og løsninger ved brannteknisk prosjektering av bygninger", Sintef Byggforsk.

Type virksomhet	Risiko-klasser	Brannklasser (Bkl)			
		Én etasje	To etasjer	Tre og fire etasjer	Fem eller flere etasjer
Garasje og parkeringshus i én etasje, skur, driftsbygning uten husdyrrom	1	–	Bkl. 1[1)]	Bkl. 2	Bkl. 2
Kontor, industri, lager, parkeringshus, driftsbygning med husdyrrom	2	Bkl. 1	Bkl. 1	Bkl. 2	Bkl. 3
Barnehage og skole	3	Bkl. 1	Bkl. 1	Bkl. 2	Bkl. 3
Boligbygning, barnehjem, internat, brannstasjon med døgnbemanning	4	Bkl. 1	Bkl. 1	Bkl. 2[1)]	Bkl. 3
Salgs- og forsamlingslokaler	5	Bkl. 1	Bkl. 2[2)]	Bkl. 3	Bkl. 3
Overnattingssted, sykehus, pleieinstitusjon, arrestlokale, fengsel, asylmottak, bolig for personer som ikke kan ivareta egen sikkerhet i tilfelle brann	6	Bkl. 1	Bkl. 2[3)]	Bkl. 2	Bkl. 3

5.3.1 Antall rømningsveier

I forsamlingslokaler skal det i henhold til Byggforskserien 321.036 punkt 35 være to utganger i en brancelle for inntil 300 personer, og ytterligere en utgang for hver 300 person. Videre står det at utgangene skal «fordeles hensiktsmessig i branncellen, og så fjernt fra hverandre som mulig».

5.3.2 Krav til utforming

Punkt 63 i Byggforskserien 321.036 peker på at «fri rømningsvei må være 10 mm per person som kan forventes å benytte rømningsveien», med et minstekrav på 0,9 meter. Kravet gjelder for risikoklasse 1, 2 og 4. Bygninger med flere etasjer skal ha kapasitet for rømning fra to etasjer samtidig. Trapperom skal også være egen brancelle etter Punkt 71 i Byggforsk.

Beregning av persontall er blir gjort etter tabell 2.

Tabell 2: Gulvareal per person, Sintef Byggforsk

Type lokale	Brutto gulvareal per person (m^2)
Salgslokaler[1)]	2
Kontorer	15
Skoler	2
Barnehager/fritidshjem	4–5
Forsamlingslokaler uten faste sitteplasser	0,6
Serveringssteder med bord og stoler	1,4

5.4 Miljøperspektivet

Betong består som nevnt av 10-12% sement. Sement produseres ved at kalkstein males til et fint pulver kalt råmel, for deretter å brennes på 1400-1500 grader celsius i roterende ovner som vist i figur 7. (Årtun & Nesse, 2020) Når kalksteinen varmes opp blir CO2 brent bort i en kjemisk prosess som kalles kalsinering.

Figur 7: Roterende sementovn, Foto: Linguistic Demographer 2016.

Kalsineringsprosessen er den største utslippsposten ved sementproduksjon og står for cirka 60% av CO_2-utslippet. Forbrenningen av oppvarmingskilden og finmaling av kalksteinen står for cirka 40% av utslippet. Dersom ingen tiltak for å forminske utslippene iverksettes, slipper kalsineringsprosessen ut cirka 1 tonn CO_2 per tonn klinker (Norcem).

Det blir anslått at sementindustrien står for cirka 5% av verdens totale CO_2 -utslipp og er følgelig den tredje største utslippsposten globalt (Andrew, 2019). Dette blir regnet i CO2-ekvialenter, som er fellesnavnet på de ulike miljøgassene som bidrar til klimaendringer (Olerud & Lahn, 2020).

Byggebransjen har i dag et betydelig fokus på produksjon av mer miljøvennlig betong enn tidligere ("Lavkarbonbetong," 2016). Det er imidlertid ikke gitt at et ensidig fokus på lavest mulig utslipp per kubikkmeter betong er det som gir den laveste totale miljøbelastningen.

En betongkonstruksjon med god bestandighet som kan stå i 100 år vil ha et mindre klimaavtrykk enn en konstruksjon som må rives etter 50 år, selv om utslippet per kubikkmeter er høyere for 100-års konstruksjonen (Betongforening, 2020). I tillegg kan det brukes en betong med høyere styrke. Dette kan føre til en slankere konstruksjon, slik at det totale utslippet vil bli mindre selv med en høyre andel CO2 per kubikkmeter (Betongforening, 2020).

Et eksempel er en konstruksjon med optimale spenn og optimale tverrsnitt vil kunne veie opp for høyere utslipp per kubikkmeter på grunn av et lavere totalt volum. Dersom det brukes for eksempel lavkarbonbetong, vil det imidlertid gjøre herdeprosessen tregere, noe som igjen vil føre til at betongen krever mer energi/oppvarming og/eller en lengre byggetid (Betongforening, 2020).

6. Resultat

I det påfølgende kapittelet vil funn fra gjennomgåtte dokumenter og kilder presenteres i en tabell. Tabellen består av et kort sammendrag fra kildematerialet, og hvilke fire hovedfaktorer som kan ha betydning for vurdering om et bygg skal rives eller renoveres. Deretter vil en detaljert beskrivelse av hovedfaktorene presenteres.

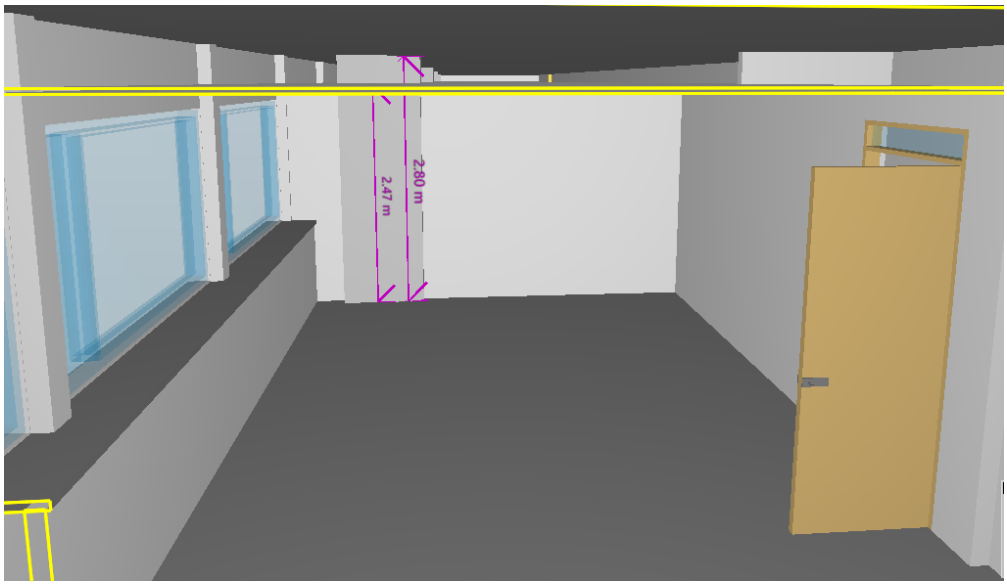
Kilde	Sammendrag	Hovedfaktor for rivning
201913320_18_2_ Uttalelse fra byarkitekten	Byggets tilstand er for dårlig til at rehabilitering og påbygging vil være gjennomførbart.	Lav takhøyde.
Nytt fylkeshus - rom- og funksjonsprogram 2018/6103-4	Tekniske løsninger, fasade og eksisterende overflater har blitt vurdert som uaktuelle for gjenbruk.	For lav takhøyde for nye tekniske løsninger.
	Betongkonstruksjonen: mellombygget skal rives.	Bæresystemet er ikke tilstrekkelig for planlagt økning av etasjer. Kloridskader på betongen.
	Betongkonstruksjonen: kjellervegger og kjellergulv skal beholdes.	Blir ikke revet.
	Betongkonstruksjonen: høyblokken skal rives.	Ikke tilstrekkelig rømningstrapper i høyblokken. Blir i tillegg anbefalt revet på bakgrunn av fleksibilitet, arealeffektivitet, kvalitet og gjenværende levetid.

6.1 Himlingshøyde og netto etasjehøyde

I de nevnte dokumentene vises det til at fylkesbygget har for lav takhøyde i forhold til de fremtidige funksjonskravene som stilles ved totalrenovering av bygget. Himlingshøyden er på det laveste 2.4 meter. Denne himlingshøyden i enkelte etasjer gjør det vanskelig å benytte eksisterende bærekonstruksjoner og samtidig oppnå den nødvendige tekniske standarden for bygget. Bygget ble prosjektert med 33 cm klaring for ventilasjonsrør og tekniske føringer.

Målinger gjennomført i Solibri som vist i figur 8 viser at:

- Himlingshøyden på plan 2 og plan 5-14 er 2,47 meter.
- Etasjehøyde på plan 2 og plan 5-14 er 2,8 meter.



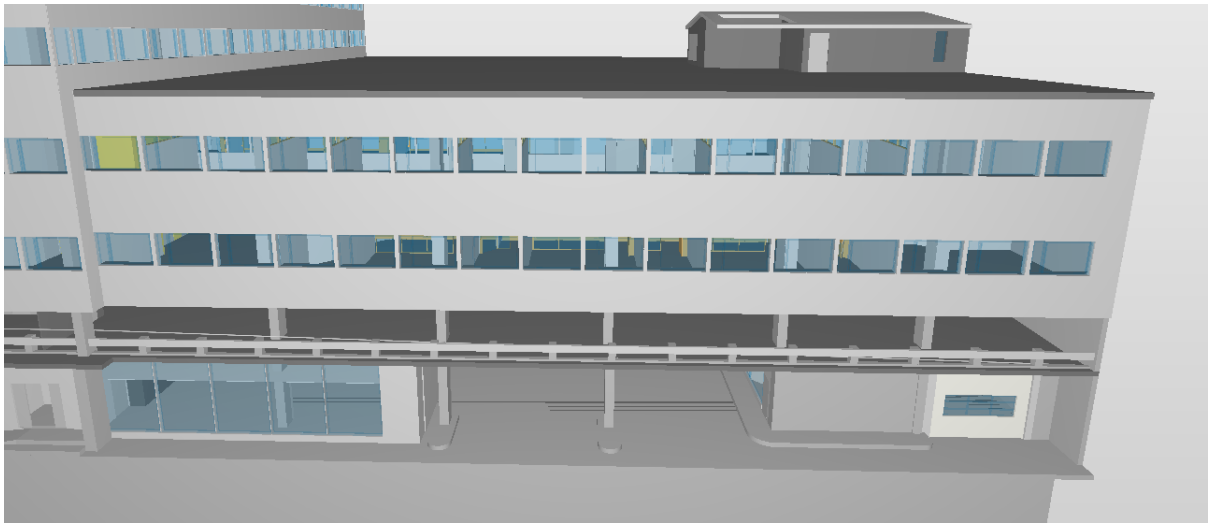
Figur 8: Utklipp fra Solibri

6.2 Bæring

For å vurdere om bæringen er tilstrekkelig i bygget, blir bygget separert i tre deler. Disse tre delene består av mellombygg, kjeller og høyblokken.

6.2.1 Mellombygg

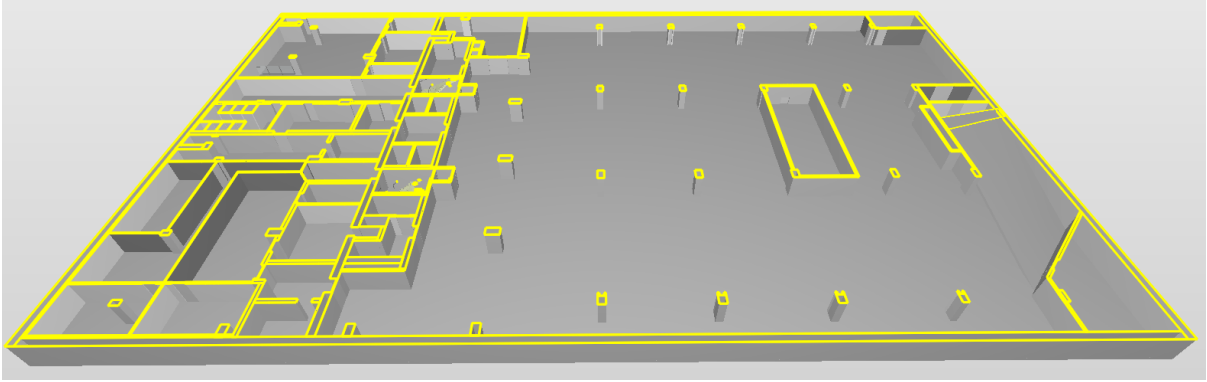
I uttalelsene fra intern rådgivende byggingeniør i fylkeskommunen foreligger bemerkninger knyttet til mellombygget (figur 9), herunder at bæresystemet blant annet er skadet av klorider. I tillegg er ikke mellombygget dimensjonert for den planlagte økningen av etasjer.



Figur 9: Utklipp fra Solibri, Mellombygget.

6.2.2 Kjellervegger og kjellergulv

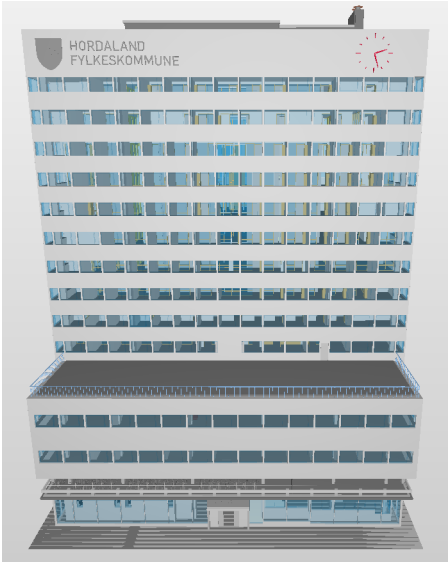
Kjellervegger og kjellergulv (figur 10) er bygget som en vanntett betongkonstruksjon med et betydelig vanntrykk fra grunnen. Det vises til at bæringen i kjellervegger og kjellergulv er tilstrekkelig og resultatet er å la denne konstruksjonen stå og renoveres som et fundament til et nytt fylkesbygg.



Figur 10: Utklipp fra Solibri, kjeller.

6.2.3 Høyblokken

I de gjennomgåtte dokumentene kommer det videre frem at høyblokken (figur 11) har tilstrekkelig bæring. Grunnen til at høyblokken er besluttet å rives er følgelig ikke avhengig av bæringen. Den har heller ingen nevneverdige skader. At høyblokken er besluttet revet knytter seg imidlertid til etasjehøyden, som er gjennomgått grundigere i delkapittel 6.1, og til rømningsvei i delkapittel 6.3

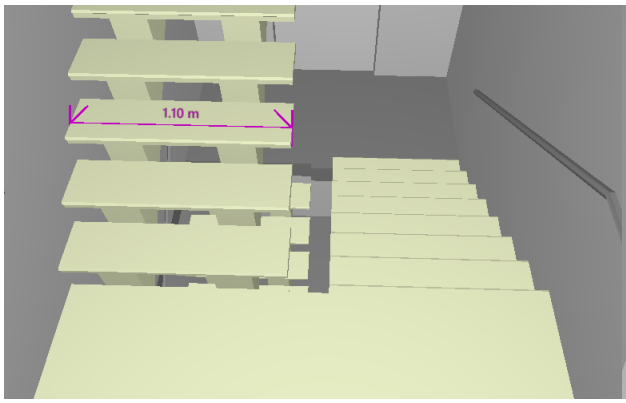


Figur 11: Utklipp fra Solibri, høyblokken.

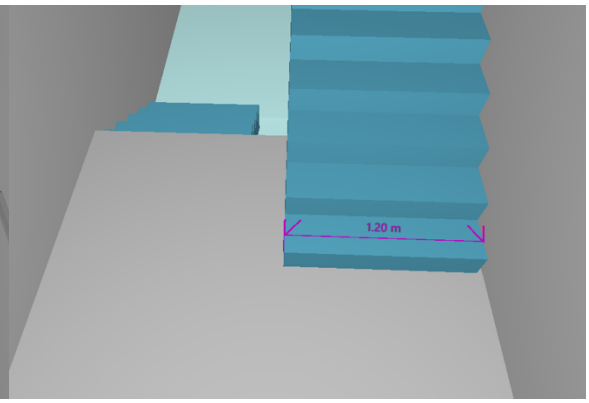
6.3 Rømningsvei

Rømningskapasiteten i trapp er styrt av bredden på trappen. Fylkeskommunen har gjennomført en mulighetsstudie på hvor mange arbeidsplasser som kan plasseres inn pr etasje. Mulighetsstudiet viser til at det blir flere arbeidsplasser enn det er plass i bredden på eksisterende rømningsvei, og at rømningsveien gjør det mer krevende å rømme raskt.

Analysen av tekniske tegninger viser at det nye fylkesbygget har en trinnbredde som er 10 cm bredere enn dagens løsning, noe som utgjør 10 ekstra arbeidsplasser per etasje. Figur 12 viser et bilde av rømningsveien i det gamle fylkesbygget, og figur 13 viser et bilde av den nye rømningsveien.



Figur 12: Utklipp fra Solibri, trinnbredde 1.10 m.



Figur 13: Utklipp fra Solibri, trinnbredde 1.2 m.

6.4 Miljøperspektivet (Analyse i One Click LCA)

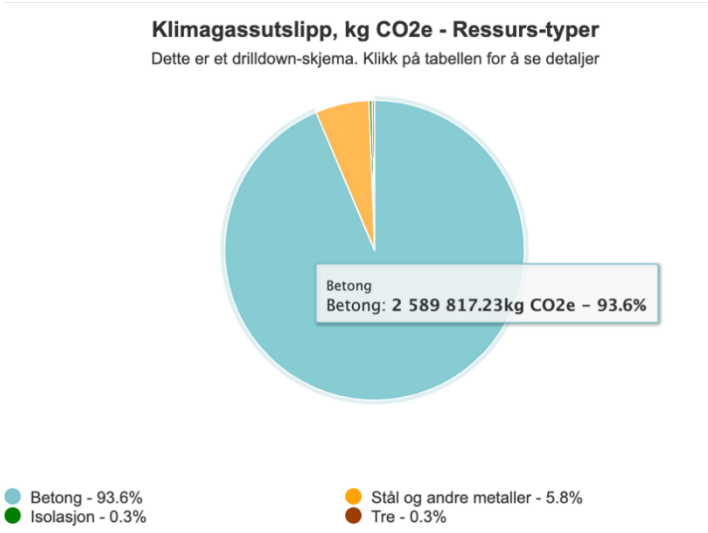
Analysen gjennomført i One Click LCA viser klimaregnskapet for det nye fylkesbygget uten det eksisterende fundamentet og kjeller. Energieffektivitet er ikke medtatt i beregningene.

- Det nye fylkesbygget produserer 2767 tonn CO2e (figur 14), der betongen står for 2589 tonn (figur 15).
- Transport til og fra byggeplassen er den nest største utslippsposten og produserer 133 tonn, som vist i figur 14. Dette er en tilnærming gjort av One Click LCA.
- Figur 16 viser at betongveggene og dekkene er de delene av betongkonstruksjonen som vil gi størst produksjon av CO2e.

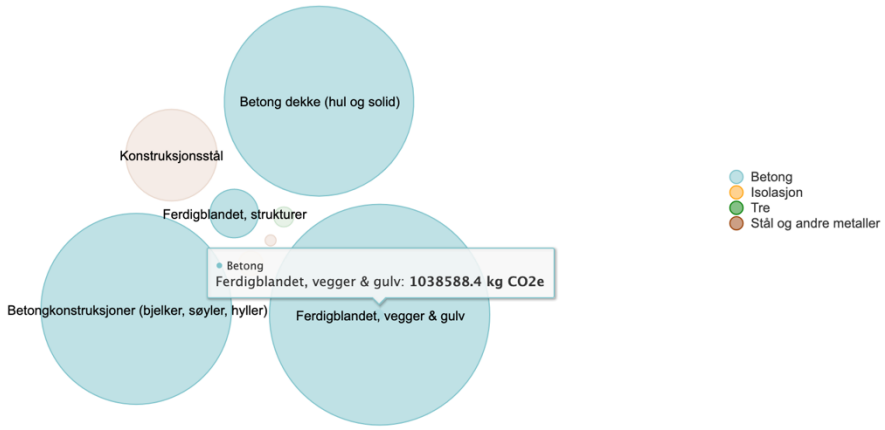
Life-cycle assessment results

	Sektor	Klimagassutslipp kg CO2e	Acidification kg SO2e	Eutrophication kg PO4e	Ozone depletion potential kg CFC11e	Formation of ozone of lower atmosphere kg Ethenee	Total use of primary energy ex. raw materials MJ	
A1-A3	Byggematerialer	2,57E6	5,39E3	1,68E3	7,67E−2	4,39E3	2,42E7	Detaljer
A4	Transport til byggeplassen	1,33E5	2,72E2	5,71E1	2,31E−2	1,76E1	2,35E6	Detaljer
C1-C4	Livsløpets slutt	6,16E4	4,54E2	9,44E1	5,26E−4	4,42E1	1,25E6	Detaljer
D	Utover livsløp (ikke inkludert i totalen)	−5,39E5	−1,1E3	−3,5E2	−1,15E−2	−7,73E1	−3,6E6	Detaljer
	Total	**2,77E6**	**6,12E3**	**1,84E3**	**1E−1**	**4,45E3**	**2,78E7**	
	Resultater per nevner							
	Brutto internt gulvareal (IPMS / RICS), m2 27000.0 m2	1,02E2	2,27E−1	6,8E−2	3,71E−6	1,65E−1	1,03E3	

Figur 14: Utklipp fra One Click LCA



Figur 15: Utklipp fra One Click LCA



Figur 16: Utklipp fra One Click LCA

For å få et korrekt klimaregnskap må også rivning og resirkulering av bygget som allerede står på tomten medregnes. Her finnes det ikke konkrete utslippstall. Det gamle fylkesbygget består av totalt 21 000 tonn med betong.

7. Diskusjon

I det følgende kapitelet vil resultatene fra kapittel 6.0 hvorav himlingsøyde, bæring, rømningsvei og miljøperspektivet bli diskutert.

7.1 Himlingshøyde

I dokumentet "Nytt fylkeshus – rom og funksjonsprogram" som kartlegger de tekniske manglene ved det eksisterende fylkesbygget belyses behovet for høyere himlingshøyde. Dette vil blant annet gi økt fleksibilitet i form av endring av rom og funksjonsprogram. I praksis vil dette gi mulighet til å endre oppsettet av etasjeplanen og rommene i takt med utviklingen på arbeidsplassen ("344.110 Tilpasningsdyktige kontorbygninger," 2004). På den andre siden så vil en ønsket økning av himlingshøyden medføre at konstruksjonen må rives og bygges på nytt, slik at de ønskede funksjonskravene blir tilfredsstilt. For er det virkelig slik at for lav høyde bidrar til å svekke fleksibilitet eller kan det tenkes at det kan løses ved andre elementer som endring av teknisk himling?

7.1.1 Teknisk himling

Gjennom funnene presentert i resultatet kommer det frem at himlingshøyden er cirka 2.5 meter. Etasjehøyde er cirka 2.8 meter. Bygget ble altså prosjektert med cirka 30 cm klaring for ventilasjonsrør og tekniske føringer. Kan ventilasjonskanalene legges en annen plass?

En mulig løsning kan være å se nærmere på plasseringen av ventilasjonsrørene fra himling innendørs til utsiden av bygget. Himlingshøyden kan dermed økes betraktelig ettersom tekniske føringer, vann- og avløpsrør kan prosjekteres inn i yttervegger. Etter å ha vært i kontakt med Bravida Norge AS har de derimot frarådet denne løsningen. En slik løsning har vært forsøkt tidligere, men det kreves blant annet isolering av rørene for å unngå store varmetap og problemer med kulde. En slik løsning vil også endre byggets estetiske karakter. I de tilfellene Bravida har montert ventilasjonskanaler på utsiden, har heller ikke resultatet blitt estetisk bra.

En annen løsning er å endre tverrsnittet på ventilasjonsrørene. Ventilasjonsrørene kommer som oftest som runde, men det finnes også løsninger hvor ventilasjonskanalene er rektangulære. Rektangulære tverrsnitt vil også kunne bidra til å øke takhøyden noe da de tar mindre plass i høyden. Bravida Norge AS vil likevel fraråde denne løsningen også. Rektangulære tverrsnitt krever blant annet cirka 20 % større areal for å kompensere for

større motstand. I tillegg er de dyrere å produsere, samt mer krevende å montere. Fordelen med rektangulære tverrsnitt kontra legge rørene på utsiden vil likevel gi en besparelse i form av at en slipper å isolere rørene og at en oppnår en høyere himlingshøyde.

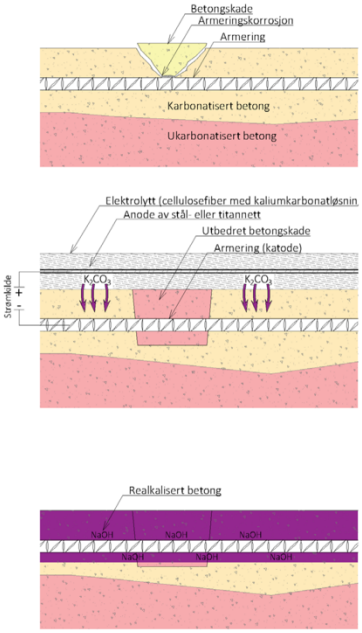
7.2 Bæring

Når det gjelder bæring i eksisterende fylkeshus, er det bare knyttet utfordringer til mellombygget. Det er tilstrekkelig bæring i kjellervegger og kjellergulv, samt høyblokken slik det fremgår i resultatet.

7.2.1 Mellombygg

Mellombygget er skadet av klorholdig betong ifølge dokumentet "Nytt fylkeshus – rom og funksjonsprogram". Deler av mellombygget har vært disponert som parkering, og har dermed vært ekstra utsatt for klorider. I dokumentet opplyses det ikke om hvor høyt kloridinnholdet i betongen er. Hvis kloridinnholdet er høyt, kan det gi korrosjonskader.

Det finnes imidlertid løsninger for å rehabilitere kloridholdig betong, men dersom det viser seg at armeringen er strekt korrodert, kan det bli omfattende. Likevel vil det være mulig å oppnå et godt resultat med elektrokjemisk behandling hvis ikke armeringen er betydelig korrosjonsskadet.



Figur 17: Elektrokjemisk behandling, Norsk forening for betongrehabilitering, 2017

Det opplyses også at bæringen i mellombygget ikke er dimensjonert for den planlagte økningen av etasjer. Kan det tenkes at det finnes løsninger som kan øke kapasiteten i eksisterende bæring? I en mulighetsstudie gjennomført av Rambøll angående påbygg av 1 ny etasje på universitetet i Agder, kom de frem til mulige forslag for å øke kapasiteten (Rambøll, 2017). Det ble blant annet vurdert å øke tverrsnittet på de eksisterende søylene, og samtidig kle søylene med karbonfiber. På en annen side skal det nye fylkeshuset få en ny høyblokk med 11 etasjer, slik at det prosjekteres med to høyblokker. Det er da grunn til å anta at det kan bli utfordrende å forsterke eksisterende bæring i mellombygget til å kunne tåle dette antallet etasjer.

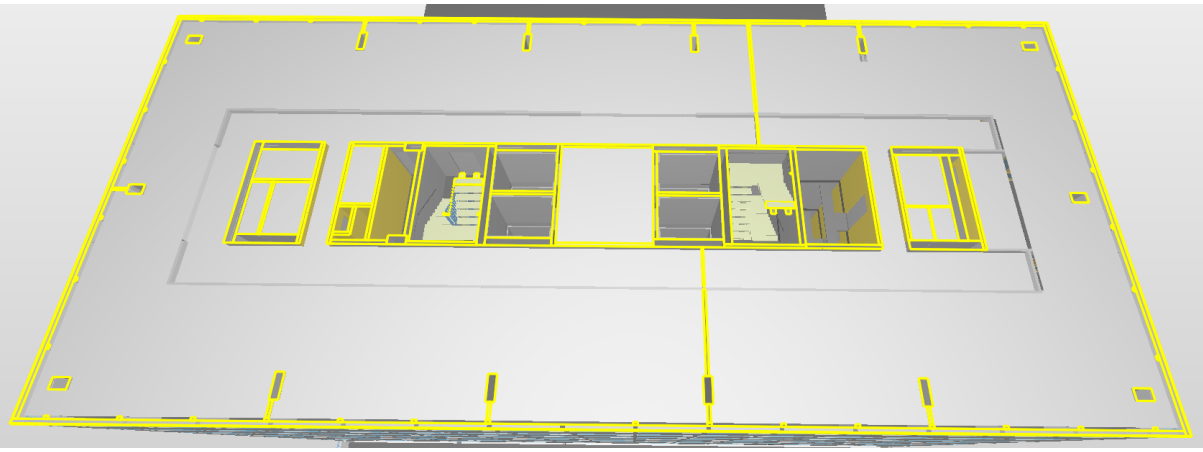
Et alternativ kunne vært å bevare den bærende konstruksjonen i høyblokken for så å bygge et nytt mellombygg som er dimensjonert for den nye konstruksjonen. I de gjennomgåtte dokumentene er ikke dette en løsning som har blitt sett på.

7.3 Rømningsvei - høyblokken

I dokumentet «Nytt fylkesbygg – rom og funksjonsprogram» nevnes det at rømningstrappene i høyblokken i dagens fylkesbygg ikke har tilstrekkelig kapasitet for framtidig personbelastning, og at de er omkranset av betongvegger som gir stivhet og bæring til bygget. Veggene kan dermed ikke fjernes. Dokumentet viser videre til at det må etableres nye trapper dersom høyblokken skal gjenbrukes. Ut fra resultatet blir to følgende scenarioer vurdert med hensyn til rømningsvei; bevare fylkesbygget og bygge nytt fylkesbygg. På bakgrunn av at det er høyblokken som ikke har tilstrekkelig rømningskapasitet, er det bare høyblokken som blir vurdert.

7.3.1 Bevare fylkesbygget

I et scenario hvor fylkesbygget ble vedtatt totalrenovert, må rømningsveiene være tilstrekkelige for personbelastningen i bygget. Dagens fylkesbygg har to rømningsveier i den avstivende kjernen sentralt i høyblokken slik som vist på figur 18. Til sammenlikning skal også det nye bygget ha to rømningsveier i hver etasje i høyblokken. Det er dermed ikke valgt å øke antall rømningsveier i det nye bygget, slik som det ble anbefalt ved en totalrenovasjon. Det er dermed valgt å øke bredden på trappen med 10 cm som fremvist i delkapittel 6.1.



Figur 18: Utklipp fra Solibri, Rømningsvei

Måling i Solibri gir at arealet av en typisk etasje i dagens fylkesbygg er 630 m^2. Beregning av persontall etter tabell 2 i kapittel 5.3.2, skal kontor ha et brutto gulvareal på 15 m^2 per

person. Dette gir at maksimal personbelastning for hver etasje i høyblokken er 42 personer. Ved rømning fra to etasjer samtidig må rømningsveien dermed ha kapasitet for 84 personer. Kan det da tenkes at rømningstrappen i dagens fylkesbygg ikke er tilstrekkelig for 82 personer i hver etasje? I henhold til byggforsk skal da fri bredde på rømningsveien i dette tilfellet være 82 cm (0,82 m), men på grunn av en minstebredde på 0,9 meter er det denne som blir gjeldene. Dagens fylkesbygg har som nevnt fri bredde på 1,1 meter. Med gitt personbelastning med hensyn til areal er fri bredde på rømningstrappen tilstrekkelig i dagens fylkesbygg.

En annen mulig forklaring kan være at fylkeskommunen planlegger å disponere noen av etasjene til andre formål som krever mindre arealbehov enn kontor. Det vil dermed kunne gi økt personbelastning og økt krav til fri bredde til rømningsveien. Ettersom det er begrenset med tiltak for å øke bredden i eksisterende løsning, kan det for eksempel være et alternativ å legge nye rømningstrapper på utsiden av bygget sammen med andre rørføringer.

7.3.2 Nytt fylkesbygg

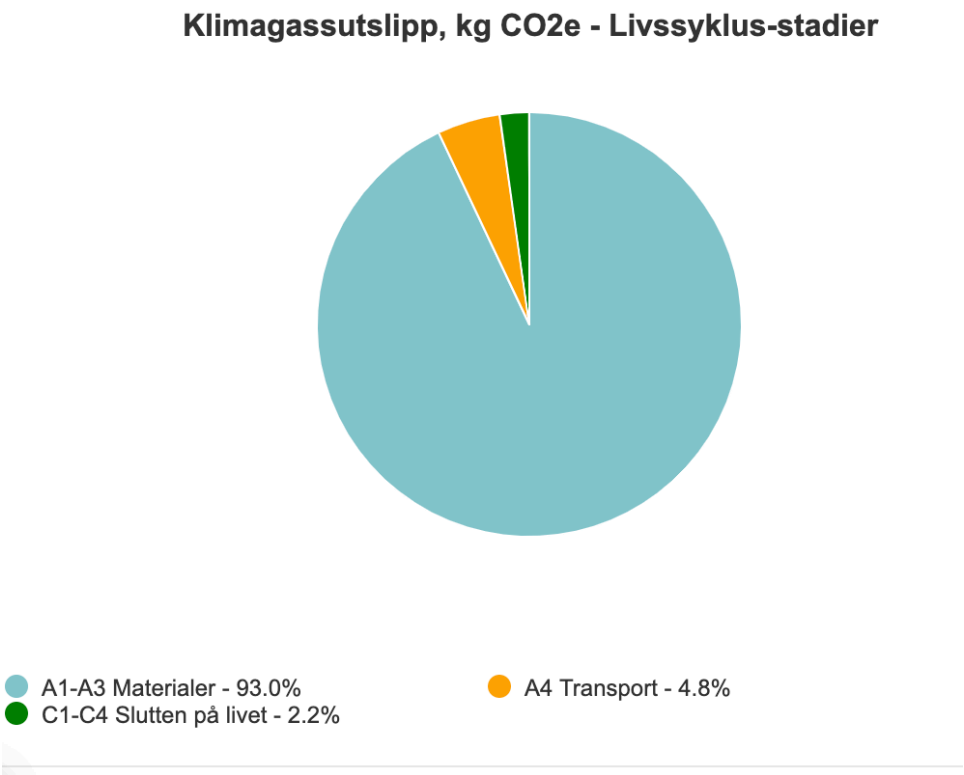
Det nye fylkesbygget er prosjektert med større areal i hver etasje enn dagens fylkesbygg. Rømningsveien er 10 cm bredere enn i dagens fylkesbygg, noe som utgjør ekstra kapasitet for 10 personer. Arealet av en typisk etasje i høyblokken er 818 m^2, som gir et maksimalt persontall på 54 personer. Ved rømning fra to etasjer må kapasiteten være dimensjonert for 108 personer. Fri bredde på rømningsveien bør dermed være på 1,08 meter. Dagens fylkesbygg tilfredsstiller dermed også personbelastningen i det nye bygget. På en annen side er det ikke tillat med 54 personer per etasje disponert som kontor i dagens fylkesbygg.

7.4 Miljøperspektivet

7.4.1 Analyse av utslippsdata One Click LCA

Som nevnt i resultatet viser utslippsdataene fra One Click LCA at byggingen av det nye fylkesbygget vil produsere 2767 tonn CO2e. Dette er en beregning som ikke tar høyde for elektrisitets- og drivstofforbruket på byggeplassen, da en må anslå for eksempel hvor mye drivstoff de ulike anleggsmaskinene vil bruke. Vannforbruk og energiforbruket gjennom levetiden er heller ikke tatt med i beregningen. Dermed vil det nøyaktige utslippet antakelig være høyere enn det resultatet tilsier. Figur 19 viser fordelingen av de ulike utslippspostene. Som en ser er det materialene og produksjonen av disse som står for det største utslippet.

Dermed kan det tenkes at det er i produksjonsfasen det er lettest å spare inn deler av utslippene.



Figur 19: Utklipp fra One Click LCA, ulike utslippsposter.

Ut ifra resultatet kan en se at det er et betydelig utslippstall. 2767 tonn tilsvarer vekten av 1857 gjennomsnittlige personbiler (*Trafikksikkerhetshåndboken*, 2017) eller cirka 30 000 turer med fly fra Oslo til Bergen. (Dæhlen, 2018) Resultatet viser imidlertid bare regnskapet for byggingen av det nye fylkesbygget og ikke hvor mye C02e som produseres ved å rive det eksisterende. Her burde faktorer som omhandler hvor massene skal gjenvinnes og transporteres inngått. Det er derfor viktig å se på tomten i sin helhet.

7.4.2 Gjenvinning av fylkesbygget

I de gjennomgåtte dokumentene har det ikke blitt opplyst om betongen fra det gamle fylkesbygget skulle gjenbrukes til noe spesifikt. I en artikkel fra Bergens Tidende datert 12 mai 2020 kommer det imidlertid frem at den knuste betongen i utgangspunktet skulle sendes til Nederland for å brukes som fyllmasse i veier. I april søkte derimot LAB Entreprenør om å få bruke betongen til lokale prosjekter i bergensområdet. Selv om deler av betongen inneholder spor av miljøgifter, ga Miljødirektoratet løyve til å bruke den som støydemper og til gang- og sykkelstier. Dette er forutsatt at entreprenøren fjerner forurensningen før betongen blir

brukt.(Nave, 2020) Siden det viser seg at betongen skal gjenbrukes lokalt, vil dette gi et bedre klimaregnskap enn det å transportere massene til Nederland.

7.4.3 Miljøperspektivet som en avgjørende faktor

I de gjennomgåtte dokumentene nevnes miljøperspektivet kort i "Nytt fylkeshus – rom og funksjonsprogram". Der nevnes de store miljøkonsekvensene et nytt bygg har. I tillegg blir det nevnt kort i "Nytt fylkeshus - kontorkonsept og lokalisering" I de resterende tilgjengelige dokumentene i det digitale arkivet er det ikke større bemerkninger. For er det slik at miljøkonsekvensene ikke er en like avgjørende faktor som for eksempel økt fleksibilitet som en høyere himlingshøyde bidrar til? En mulig forklaring på dette er at det ikke er nok kunnskap om hvilke miljøgevinster en oppnår ved å renovere betongkonstruksjoner kontra det å rive og bygge på nytt.

7.4.4 Energieffektivitet

Energieffektivitet er også et klimaaspekt som bør belyses. Energibruken i dagens fylkeshus er 244 kWh/m2. (Nytt fylkeshus – kontorkonsept og lokalisering). Det blir opplyst i det samme dokumentet at for et helt nytt bygg vil det kunne forventes et energiforbruk på under 80 kWh/m2. Dermed vil et nytt bygg kunne redusere forbruket til 1/3 av dagens energiforbruk. Over tid vil dette gi et positivt utslag på klimaregnskapet.

7.5 Andre avgjørende faktorer

Det er ikke sikkert at de fire faktorene som er fokusert på i denne oppgaven gir det beste eller det mest helhetlige bildet når det bestemmes om et bygg skal rives eller totalrenoveres. Det finnes andre faktorer som kan være både mer eller mindre avgjørende for dette valget. En av disse faktorene kan være økonomi.

7.5.1 Økonomi

Det er store kostnader knyttet til store rivnings- og/eller totalrenoveringsprosjekter. Kostnaden for å rive fylkesbygget i Bergen blir estimert til 60-80 millioner kroner (Nytt fylkeshus – rom og funksjonsprogram). Statsbygg estimerer at det vil koste omtrent 59 millioner kroner å rive Y-blokka i Oslo (Svendsen & Drabløs, 2019), mens totalrenovering av MAX-bygget i Trondheim (figur 19) hadde en kontraktssum på 155 millioner kroner eks. mva. (Gravås, 2019) Felles for disse tre byggene er at hele eller store deler av bæresystemet er laget av betong.

Disse tre eksemplene viser at totalrenovering av et stort betongbygg antakelig vil være dyrere enn selve rivningen, men å bygge et helt nytt bygg vil koste enda mer. De totale byggekostnadene for det nye fylkesbygget i Bergen er kalkulert til 941 millioner (Nytt fylkeshus – rom og funksjonsprogram). Det blir naturlig å anta at en totalrenovering ville ha gitt en mindre kostnad for fylkeskommunen, men det er usikkert hvor mye totalsummen hadde blitt. Dersom en ser på antall kvadratmeter som skulle blitt totalrenovert, er fylkesbygget cirka dobbelt så stort som MAX-bygget. Dermed kan det tenkes at kostnaden for totalrenovering av fylkesbygget hadde blitt langt større enn kostnaden for MAX-bygget.

Figur 20: MAX-bygget, Trondheim.

For å kompensere for økte byggekostnader har fylkeskommunen planlagt å benytte deler av det nye arealet til utleie. Det er også planlagt å avvikle dagens leie av Åsegården og Wigandgården, noe som vil spare 13,4 millioner kroner i året. (Nytt fylkeshus – kontorkonsept og lokalisering) I tillegg vil byggekostnadene delvis finansieres av reduserte energi- og driftskostnader.

8. Konklusjon

8.1 Himlingshøyde

I nye bærende betongkonstruksjoner må etasjehøyde overdimensjoneres slik at fremtidige krav imøtekommes. Ved en slik overdimensjonering vil det være mulig å installere ekstra tekniske føringer hvis det er nødvendig i fremtiden. Det vil da også være mulig å understøtte konstruksjonen med ekstra bærende elementer hvis bruken av rommet eller en påbygging er aktuelt.

Dette vil medføre at flere betongkonstruksjoner ikke trenger å rives på bakgrunn av for lav himlingshøyde. En overdimensjonering med høy nok etasjehøyde vil gjøre fremtidige betongkonstruksjoner mindre sårbare for fremtidige krav. Et forslag er å endre det anbefalte himlingshøyden for næringsbygg fra det minste anbefalte nivået på 2700mm.

8.2 Bæring

Det er begrenset hvilke tiltak som kan bli gjort med hensyn til bæring i et bygg, da man ikke vet hva fremtiden bringer av ombygging. Slik som nevnt om himlingshøyde, er et forslag å overdimensjonere rom og etasjer for fremtidig ombygging. Det er mindre omfattende å sette opp en ekstra bærende vegg enn å fjerne en. Med utgangspunkt i bæring kunne et alternativ vært å bevare høyblokken, men bygge nytt mellombygg.

Når det gjelder levetid for betongkonstruksjoner og slitasje med tiden, er det viktig å kontinuerlig overvåke tilstanden til konstruksjonen, og gjennomføre regelmessig vedlikehold for å bevare konstruksjonen best mulig.

8.3 Rømningsvei

Det stilles strenge krav til rømningsveier i et bygg. Dersom et bygg ikke tilfredsstiller kravene til rømningsvei, kan det gi grunnlag for rivning av bygget. I eksempelet med det nye fylkeshuset i Bergen skal det ikke etableres flere rømningsveier enn i dagens bygg, men de skal være 10 cm bredere. Rømningsvei har likevel vært et argument som taler for rivning. I fremtidige bygg og rehabiliteringsprosjekter bør rømningsveier overdimensjoneres og utformes slik at de kan møte fremtidige krav. Alternative løsninger kan for eksempel være en trappesjakt utenpå bygget, dersom det ikke lar seg gjøre å etablere flere rømningsveier i eksisterende konstruksjon.

8.4 Miljøkonsekvensene

Miljøkonsekvensene ved å rive bør være en avgjørende faktor i saker der det skal bestemmes om bærende betongkonstruksjoner skal rives eller totalrenoveres. Ved rivning vil det slippes ut store mengder CO2e. Derfor bør miljøkonsekvensene dokumenteres nøye i forkant av prosjektstart med et klimaregnskap. I et slikt klimaregnskap er det viktig å ikke bare regne med byggingen av det nye bygget. Dersom en betongkonstruksjon må rives for å få plass til en ny konstruksjon, bør den gamle betongkonstruksjonen også tas med for å få et fullstendig klimaregnskap.

I tillegg bør det foreligge en plan for hvordan den knuste betongen fra den gamle konstruksjonen skal gjenbrukes og gjenvinnes. Dersom betongen kan gjenbrukes lokalt vil dette gi en stor miljøgevinst i forhold til om betongen må transporteres bort.

9. Forslag til videre arbeid

I denne oppgaven er det satt en del begrensninger med tanke på faktorene som er blitt vektlagt. Dersom andre faktorer hadde blitt lagt til grunn ville dette kunne påvirket resultatene. I den forlengelse kan forslag til videre arbeid være;

- Om det er mulig å øke høyden mellom dekkene uten å rive/bygge nytt
- Gjennomføre en sammenligning av fylkesbygget med andre betongkonstruksjoner
- Regne ut miljøkonsekvensene av å rive det gamle fylkesbygget i et klimaregnskap.
- Andre faktorer enn økonomi som arkitektur og historie.

10. Figurliste

Figur 1: Fylkesbygget i Bergen, foto Marius Boge.

Figur 2: fylkeskommune, H. (2019). "Penrosetrappen" [Figur]. Hentet fra https://www.hordaland.no/globalassets/for-hfk/foto/artikkelfoto-2019/7.1.2_1_web_570px.jpg

Figur 3: Inc, E. B. (2007). Cement making [Figur]. Hentet fra https://theconstructor.org/building/manufacture-of-cement/13709/

Figur 4: (Betongelementforeningen)

(Betongelementforeningen) : Betongelementforeningen. Hvorfor betongelementer? [Figur]. Hentet fra https://www.betongelement.no/for-studenter/om-bransjen/om-bransjen/

Figur 5: 344.110 Tilpasningsdyktige kontorbygninger [Figur]. (2004). Sintef Byggforsk. Hentet fra https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/3223/tilpasningsdyktige_kontorbygninger

Figur 6: (720.112 Skader på betongkonstruksjoner. Skadesymptomer, tilstandsgrader og utbedringsmåter [Figur]..(1998). Byggforsk. Hentet fra https://www.byggforsk.no/dokument/2572Title=Skader%20på%20betongkonstruksjoner.%20Skadesymptomer%2C%20tilstandsgrader%20og%20utbedringsmåter

Figur 7: LinguisticDemographer. (2016). Kan vi bruke betong med god samvittighet? [Figur]. Hentet fra https://forskning.no/bygningsmaterialer-klima/kan-vi-bruke-betong-med-god-klimasamvittighet/379248

Figur 8-13: Utklipp fra Solibri

Figur 14-16: Utklipp fra One Click LCA

Figur 17: Betongrehabilitering, N. f. f. (2017). Elektrokjemisk realkalisering [Figur]. Hentet fra https://betongrehabilitering.net/wp-content/uploads/2017/03/EBAB-Brosjyre-revidert_Ferdig-versjon.pdf

Figur 18: Utklipp fra Solibri

Figur 19: Utklipp fra One Click LCA

Figur 20: Max-bygget [Bilde]. Hentet fra https://www.maxbygget.no/

11. Tabelliste

Tabell 1: 321.022 "Oversikt over krav og løsninger ved brannteknisk prosjektering av bygninger", Sintef Byggforsk.

Tabell 2: 321.022 "Oversikt over krav og løsninger ved brannteknisk prosjektering av bygninger", Sintef Byggforsk.

12. Litteraturliste

344.110 Tilpasningsdyktige kontorbygninger. (2004). Sintef Byggforsk. Hentet 02.05 2020 fra https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/3223/tilpasningsdyktige_kontorbygninger

421.602 Dagslys. Egenskaper og betydning. (2001). Byggforsk. Hentet 10.04 2020 fra https://www.byggforsk.no/dokument/200/dagslys_egenskaper_og_betydning

720.112 Skader på betongkonstruksjoner. Skadesymptomer, tilstandsgrader og utbedringsmåter. (1998). Byggforsk. Hentet 03.04 2020 fra https://www.byggforsk.no/dokument/2572?Title=Skader%20på%20betongkonstruksjoner.%20Skadesymptomer%2C%20tilstandsgrader%20og%20utbedringsmåter

Alvær, R. M. (2012). Betongteknologi. Høgskulen på Vestlandet. Hentet 17.04 2020

Andrew, R. M. (2019). *Global CO2 emissions from cement production 1928-2018*. Hentet 01.05 2020 fra https://www.earth-syst-sci-data.net/11/1675/2019/essd-11-1675-2019.pdf?fbclid=IwAR0bv7IF3O4gDrzBqeKOX-2QE098W_GE9bT1oX7NKAqvtoOVhtcUastNHbc

Betongforening, N. (2020). Visste du dette om miljø og betong? Hentet 12.03 2020 fra https://betong.net/wp-content/uploads/17966-Visste-du-dette-om-betong-og-miljø-WEB.pdf

Biørnstad, L. (2016). Kan vi bruke betong med god samvittighet?Hentet 17.03 2020 fra https://forskning.no/bygningsmaterialer-klima/kan-vi-bruke-betong-med-god-klimasamvittighet/379248

Brørs & Kjell. (2019). Hva er betong? Hentet 08.03 2020 fra https://ndla.no/nb/subjects/subject:11/topic:1:183108/topic:1:158640/resource:1:142929

Brørs, K. (2019). Armering Hentet 15.05 2020 fra https://ndla.no/nb/subjects/subject:11/topic:1:183108/topic:1:158640/resource:1:141146

Byggeindustrien. (2019). Digitalisering på byggeplassen - dette er årets viktigste trender. Hentet 04.03 2020 fra http://www.bygg.no/annonsorinnhold/1409522?category=content+marketing

Dæhlen, M. (2018). Nordmenn vil ikke slutte å fly selv om vi vet det skader miljøet Hentet 18.03 2020 fra https://forskning.no/transport-luftfart/nordmenn-vil-ikke-slutte-a-fly-selv-om-vi-vet-det-skader-miljoet/1190622

Fylkeskommune, H. (2019). Slik blir det nye fylkeshuset i Bergen. Hentet 25.02 2020 fra https://www.hordaland.no/nn-NO/nyheitsarkiv/2019/slik-blir-det-nye-fylkeshuset-i-bergen/

Gravås, A. (2019). MAX-bygget. Hentet 23.04 2020 fra http://www.bygg.no/article/1416976

Grønmo, S. (2020). Kvalitativ metode. Hentet 25.01 2020 fra https://snl.no/kvalitativ_metode

Jakobsen, I. U. & Kallbekken, S. (2020). Parisavtalen- Store norske leksikon. Hentet 19.04 2020 fra https://snl.no/Parisavtalen

Jarslett, Y. (2020). personbiler i Norge i Store norske leksikon. Hentet 23.04 2020 fra https://snl.no/personbiler_i_Norge

Laanke, B. (2020). Betong - SINTEF. Hentet 12.05 2020 fra https://www.sintef.no/betong/

Lavkarbonbetong. (2016). Hentet 03.05 2020 fra https://hokksundbetong.no/lavkarbonbetong/

Miljødirektoratet. (2019). *Avfallsplan 2020-2025*. regjeringen.no: Hentet 17.03 2020 fra https://www.regjeringen.no/contentassets/c6a9a384d90c4af18bfd8458f3167708/avfallsplan-2020-2025.pdf

Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall. (2017). byggemiljo.no: Norsk forening for farlig avfall. Hentet 19.02 2020 fra http://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2017/12/Nasjonal-handlingplan-for-bygg-og-anleggsavfall_NHP4-2017-2020.pdf

Nave, I. (2020). Slik skal 21 000 tonn med betong frå fylkeshuset brukast på nyttHentet 13.03 2020 fra https://www.bt.no/nyheter/lokalt/i/Xg1JRx/slik-skal-21000-tonn-med-betong-fraa-fylkeshuset-brukast-paa-nytt

Norcem. Sementproduksjon og C02. Hentet 23.03 2020 fra https://www.norcem.no/no/sementproduksjon-co2

Norcem. (2020). Sementproduksjon og C02. Hentet 23.03 2020 fra https://www.norcem.no/no/sementproduksjon-co2

Norge, S. (2018). *Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner. Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger.* Standard Norge.

Nyberg, J. & Røyrane, E. (2018). Fylkeshuset - NKP-gården. Hentet 11.04 2020 fra https://www.grind.no/midthordland/bergen/fylkeshuset-nkp-garden

Olerud, K. & Lahn, B. (2020). CO2-ekvivalenter. I *Store Norske Leksikon*. snl.no: Hentet 13.04 2020 fra https://snl.no/CO2-ekvivalenter

Rambøll. (2017). *Statisk vurdering bæresystemer bygg F - UIA*. Hentet 04.05 2020

Revfem, J. (2018). Vær tro mot idéen og strategien du har. Hentet 12.03 2020 fra https://www.tu.no/artikler/vaer-tro-mot-ideen-og-strategien-du-har/442113

Rodahl, T. (2018). Miljøvennlig betong - Tekna. Hentet 19.01 2020 fra https://www.tekna.no/fag-og-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/miljovennlig-betong/

Rossow, J. E. (2019). Ikke riv fylkesbygget! Hentet 23.03 2020 fra https://www.bt.no/btmeninger/debatt/i/zLdPwb/ikke-riv-fylkesbygget

SINTEF. (2020). Hva er Byggforskserien? Hentet 12.04 2020 fra https://www.byggforsk.no/side/198/hva_er_byggforskserien

Svendsen, M. & Drabløs, Ø. T. (2019). Statsbygg har brukt nesten 8 milliarder på regjeringskvartaletHentet 19.04 2020 fra https://www.nrk.no/kultur/statsbygg-har-brukt-nesten-atte-milliarder-pa-regjeringskvartalet-1.14787644

Sæter, M. & Sterri, A. B. (2020). Innholdsanalyse. Hentet fra https://snl.no/innholdsanalyse

Tenk deg om før du river. (2019). Hentet 01.05 2020 fra https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2019/11/Tipsheftet-Tenk-deg-om-før-du-river.pdf

Trafikksikkerhetshåndboken. (2017). Hentet 13.02 2020 fra https://tsh.toi.no/doc691.htm

Wæhle, E. & Dahlum, S. (2018). Case-studie. Hentet 23.04 2020 fra https://snl.no/case-studie