

Notat

SUSTAINABLE INNOVATION

Til: Norges Skogeierforbund**Kopi:****Fra:** Anne Rønning, Kjersti Prestrud, Simon Saxegård (Østfoldforskning), Magne Lysberg og Simen Haave (Arcon Prosjekt)**Dato:** 29.11.2019

Kommentar til Swecos notat til Norges Skogeierforbundet ang. tredjepartsvurdering av Østfoldforsknings rapport

Innledning

Norges Skogeierforbund har gitt i oppdrag til Sweco å foreta en tredjeparts vurdering av Østfoldforsknings rapport OR.26.19 «Klimagassregnskap av tre- og betongkonstruksjoner. Kontorbygning - 4, 8 og 16 etasjer» for «å bedre forstå hvilke premisser som ligger til grunn og hvorvidt konklusjonen som ble trukket eventuelt bør nyanseres.»

Østfoldforskning og Arcon Prosjekt finner det positivt at Norges Skogeierforbund viser interesse for rapporten og dens innhold og samtidig gir oss mulighet til å presisere og kommentere Swecos tredjepartsvurdering. Vi mener det er svært viktig og riktig med dialog om forskningsresultater, deres premisser og gjennom dette bidra til ytterligere kunnskapsheving hos alle parter.

Vi vil i dette notatet kommentere Swecos notat ved å følge samme struktur og kapitteinndeling som i deres notat.

Innledningsvis vil vi påpeke at vår studie er basert på et design som i prinsippet er lik for både tre- og betongkonstruksjonene og med ekvivalente funksjoner; like arealer, like «universelt», lik kapasitet til å ta laster og med nødvendige lyd -og brann tiltak. Denne måten å legge grunnlag for beregninger av materialers betydning for klimagassutslipp innebærer at det er mulig å sammenlikne disse bærekonstruksjonenes funksjon på en helhetlig måte. Dette er gjort for å kunne foreta beregninger som er realistiske, men forutsetter at en da har mest mulig korrekte data om valg av byggematerialer, mengder og særlige egenskaper ved konstruksjonene. For å oppnå dette henvendte Østfoldforskning seg til anerkjente rådgivende ingeniører innen bygg som i dialog med forskerne avklarte premissene for de klimagassberegningen som ble foretatt basert på kravene i NS3720.

Generelle kommentarer

Sweco påpeker riktig at «*Rapporten fremhever et eksempel på bygningskonstruksjon der det ikke i alle tilfeller er lavere utslipp i trekonstruksjonen enn i betongkonstruksjonen*». Østfoldforskning og Arcon prosjekts resultater viser at trekonstruksjoner i 4 og 8 etasjer har lavere samlede fossile klimagassutslipp knyttet til de ulike materialene som inngår. Mens for konstruksjoner i 16 etasjer kan betongkonstruksjoner ha lavest utslipp.

Slik vi oppfatter notatet, har Sweco et hovedfokus på den høyeste trekonstruksjonen og påpeker at «*Det som spesielt vil sees nærmere på i denne vurderingen er om dette er et representativt bygg eller om det er et spesialtilfelle*».

Som vi skal komme tilbake til avslutningsvis, er det ikke per i dag noen konkrete bygg som kan hevdes å være «representative», noe som er utgangspunktet for vårt design i studien - dersom en skal foreta en sammenlikning som er reliabel. Det er derfor avgjørende at de beregningsgrunnlag – og de valg som er foretatt om byggenes egenskaper, er transparente, og kan etterprøves av andre fagmiljøer. Vi konstaterer at Sweco mener at rapporten er godt dokumentert og transparent – noe som er et godt grunnlag for en dialog om beregningene vi har foretatt.

Kommentarer knyttet til beregninger av materialmengder (konstruksjonstekniske kommentarer)

Sweco påpeker «*at det kan stilles spørsmålstegn ved materialmengdene som er lagt til grunn*» (for trekonstruksjonen i 16 etasjer). Deretter trekkes det fram tre områder som diskuteres.

1. Fundamentering

Sweco stiller spørsmålstegn ved «*at trekonstruksjonen på 16 etasjer vil ha større behov for fundamentering enn betongbygget. Den økte løftekraften som er angitt i rapporten og behov for forankring virker ikke sannsynlig*». Videre anslår Sweco «*at dynamisk påvirkning fra vind ville medført omtrent samme behov for egenvekt på dekkeløsning for de to alternativene*».

Vi vil innledningsvis kommentere at vi i rapporten påpeker at begge konstruksjonstypene med 16 etasjer har en utfordring knyttet til fundamentet ved at de begge har store løftekrefter i hjørnene. Horisontale krefter fra vind er lik for begge byggene, men den dynamiske effekten er forskjellige som følge av forskjell i egenvekt. For betongalternativet er det forutsatt vertikale stive betongskiver i gavlene med bredde 12 m. For tre-alternativet er det forutsatt fagverk i tre i gavlene i hele byggets bredde (15,9 m). Volum av betongvegg i hver gavl er 126 m³ (stabiliserende virkning fra egenvekt er ca 2800 kN) tilsvarende for fagverket er 46 m³ (stabiliserende virkning fra egenvekt er ca 190 kN)

Det er helt klart at fundamenteringen av konstruksjoner av denne type kan løses på ulike måter. Fundamenteringen ble i studien løst med en fundamentplate ved gavlene. Fundamentplanten ble forutsatt med utstikk utenfor kjellervegg for å aktivisere utvendige tilfyllingsmasser som mothold for løftekraften. Det påpekes i rapporten at alternativt kunne kreftene forankres med peler uten at det er foretatt noen beregninger av dette. Men, som det påpekes i diskusjonen i rapporten, kan ikke resultatene fra denne analysen generaliseres da resultatene gjelder kun for det forutsetninger som her er foretatt.

Et annet alternativ er å bygge inn vekt/masser i etasjene (slik som for f.eks. Mjøstårnet) for å tilfredsstille kravet til svingninger. Ekstra egenvekt i dekkene for trekonstruksjonen kunne vært løst med for eksempel pukk som Sweco foreslår. Den største effekten av et slikt tiltak hadde vært å snu bæreretningen for å øke egenlasten inn i gavlene. Effekten med endret spennretning er nevnt i rapporten som et eget tiltak. Dersom bæreretningen hadde vært snudd, ville egenlasten fra dekkene blitt fordelt slik i gavlvegg (beregning uten pukk):

Tre: bredde av fagverk 15,9 m, dekkespenn 7,95 m, egenlast 1,6 kN/m², 16 etg : 1450 kN
Betong: Skivebredde 12 m, dekkespenn 7,95 m, egenlast 3,25 kN/m², 16 etg : 2230 kN

Økt egenlast på dekkene fra pukk eller lignende medfører økt materialforbruk i søyler og bjelker. Hvilke konsekvenser dette gir for klimaavtrykket vil ikke være mulig å antyde før det er gjennomført en dimensjonering av konstruksjonene.

2. Massivtredekke og spenn

Sweco påpeker: «*Det er i rapporten lagt til grunn 7,95 meter spenn ved dimensjoneringen av massivtredekker. For massivtrebygg er det generelt anbefalt å holde nede spenn til 5 - 5,5 meter for å unngå for store dimensjoner. Med 5 meter spenn ville man kunne ha tykkelse på 200 mm istedenfor 280 mm massivtredekke.*»

Sweco sier at «*klimaregnskapet ville dette bety en reduksjon på 6-10 % for hhv 4-16 etasje bygget (Trondheim) men det vil da også tilkomme noe mer tre i søyler og bjelker*». I tillegg vil tilkomme klimagassutslipp knyttet til flere søyler og bjelker som ikke inngår i dette reduksjonspotensialet.

Det er helt klart en mulig løsning for å optimalisere trekonstruksjonen. Vi vil påpeke at en slik løsning da ikke blir direkte sammenlignbar med betongkonstruksjonen da denne løsningen blir en mindre tilpasningsdyktig/fleksibel konstruksjon. Ved en evt. sammenligning bør også betongkonstruksjonen endres med tilsvarende spennvidde der en enten bruker andre typer hulldekker eller benytte en DT- konstruksjon der begge løsninger vil redusere betongmengden. Ved å gå ned på spennvidde vil antall søyler og bjelker øke. Hvilken effekt dette har for klimagassutslippet for betongkonstruksjonen er usikkert.

3. Branngips

Vi har i rapporten valgt å benytte brannkravene i TEK 17 samt anbefalinger i Håndbok - bygge med Massivtreelementer, hefte 4 - Brann, utgitt av Treteknisk. Hefte 4 beskriver blant annet beskyttelsestiltak som er nødvendig for at forkulling av trekonstruksjonen ikke skal skje gjennom hele brannforløpet.

Forslaget med økt tverrsnitt og redusert gipsbehov vil, etter det vi kan se, øke brannverdien totalt sett og kan introdusere behov for andre tiltak. Disse tiltakene kan være krav til overflater i ferdig bygg slik at brannverdien per omhyllingsflate blir innenfor gitte krav i TEK 17.

Videre støtter vi oss også til rapporten «Brannsikkerhet i bygg med massivtre», utarbeidet av E.D Wormdahl, K Hox m flere fra 2017. Rapporten konkluderer blant annet med at kunnskapen om brannsikkerhet knyttet til ubeskyttet massivtre er mangelfull. Vi henviser også til rapporten «Utfordringer med krysslaminert massivtre i høye bygninger» utarbeidet av RISE Fire Research fra

april 2019. Vårt mandat for denne rapporten var at begge alternativene skulle ha samme krav til sikkerhet, deriblant brann. Så lenge litteraturen entydig signaliserer at man her er på usikker grunn med tanke på massiv tre og brann, ville ikke vårt mandat vært tilfredsstillt dersom tre-alternativet vært utarbeidet med løsninger tilsvarende Swecos forslag.

4. Tredjepartsvurdering fra Aas-Jakobsen

Kommentarene til Aas-Jakobsen ble tatt til følge og dette burde vært presisert bedre i vår rapport.

Effekt av at karbonlagring i tre

Vi støtter viktigheten av å diskutere andre tilnærminger til LCA av bygg og byggevarer generelt og håndtering av biogent karbon spesielt. Forskningsfronten flytter seg hele tiden og vi er opptatt av å ivareta den nye kunnskapen som til enhver tid framkommer. Innenfor rammen av vårt prosjekt har vi tatt utgangspunkt i standardene som foreligger og ikke problematisert kunnskapsgrunnlaget for disse standardene. Sweco kommenterer at vi har fulgt «normal praksis i denne sammenhengen og korrekt LCA-metodikk».

Ettersom praksis og LCA-metodikk er i stadig utvikling, er det kontinuerlige endringer i forutsetningene for de beregninger som man foretar innenfor fagmiljøene. Gjennom vårt arbeid med internasjonale fagmiljøer er vi opptatt av å ha kunnskap om og benytte i våre studier det som til enhver tid er forskningsfronten på dette området. Problematisering og diskusjon av det kunnskapsgrunnlaget vi har benyttet i rapporten er for oss naturlig å inkludere ved vitenskapelige publikasjoner der denne studien benyttes som empiri.

Utslipp fra trekonstruksjonen - valg av EPD

Her ble det for krysslimtre valgt den produsenten med lavest klimagassutslipp. Vi støtter helt klart Swecos kommentar om at økt norsk og lokal produksjon vil redusere klimagassutslippet. Det er som vi viser, et stort bidrag fra transport spesielt hvis en velger å importere fra kontinentet.

I tillegg vil vi trekke fram viktigheten av et godt datagrunnlag og vi viser til det faktum at de tilgjengelige EPDene for andre materialer enn trebaserte produkter og betongelementer, ikke nødvendigvis representerer de produkter innen ulike materialer med lavest klimagassutslipp.

Spørsmålsteget ved bygningsform og relevans for dette bygget

«Det er i rapporten valgt å se på et høyt og slankt bygg (med stor høyde ift bredde) med relativt store spenn som er ugunstig for bruk av trekonstruksjoner både ift bygningsform og spennvidde.»

Det ble i vår studie valgt en kontorbygning med flate 50,4 x 15,9 m² i 4, 8 og 16 etasjer som grunnlag for vurdering av bæresystemene. Til støtte for dette valget ble rapporten «Generalitet, fleksibilitet og elastisitet i bygninger» utgitt av Byggforsk fra 2003 lagt til grunn. Rapporten er ikke trukket tilbake og vi legger til grunn at rapportens innhold fortsatt er retningsgivende ved utforming av kontorbygg her til lands. Rapporten gir blant annet føringer for fysiske størrelser som

byggningsbredde og etasjeareal samt føringer for fleksibilitet i kontorbygg i tilknytning til søyleplasseringer mm.

«Når man velger bygningsmaterial må det tas hensyn til om det skal benyttes tre der designet og materialvalget må samkjøres i en iterativ optimaliseringsprosess. Dette er ikke hensyntatt for denne trekonstruksjonen.»

Sweco har rett i at bygget ikke er optimalisert for massivtre, men det er heller ikke foretatt noen optimalisering for betongkonstruksjonen sett fra et konstruksjonsperspektiv. Dette må ikke forveksles med at vi i rapporten beskriver at produsentene har «optimalisert» datagrunnlaget (EPD for produktene med lavest klimagassutslipp). Ingen av konstruksjonene gjennomgikk noen iterativ designprosess noe vi støtter som en meget god prosess i faktiske prosjekter. Vi mener at bruk av slik tilnærming i tidligfaseplanlegging vil sikre gode materialvalg og godt samspill mellom riktige materialer. Rapporten viser nettopp betydningen av konstruksjonens design og valgt materialsammensetnings betydning for klimagassutslipp. Fordi klimagassutslippene er sensitive for disse valgene og design- og valgmulighetene er store, er det viktig at man foretar analyser for å optimalisere. Avhengig av kontekst og ulike løsninger en finner i konkrete prosjekter, vil en kunne redusere klimagassutslippene uavhengig av materialvalg.

Kommentarer knyttet til konklusjon i rapporten.

Sweco mener at konklusjonen, der det heter at *«Det er ikke empirisk grunnlag for å hevde generelt at tre er mer miljøvennlig enn betong»* som søkt. Grunnen til dette er, som det heter i den oppsummerende konklusjon i Swecos vurdering, at byggene som er studert anses å være et spesialtilfelle heller enn et generelt valgt bygg. På dette grunnlag hevdes det at denne konklusjonen i rapporten er «problematisk».

Slik vi forstår det, kan den konklusjonen vi har tatt utgangspunkt i ovenfor, oppfattes på to måter:

For det første som en generell påstand som dreier seg om at i «alle» bygg vil treprodukter være mer miljøvennlig enn betongprodukter. Det kan ut fra dette fremstå som at det eksisterer et «generelt valgt bygg» en kan ta utgangspunkt i. Dette er, slik som begrunnelsen av det valgte designet på studien innledningsvis beskriver, ikke mulig å frembringe. Resultatene av beregningene som er gjort – og som i hovedsak er ansett som realistiske av Sweco – dreier seg om *falsifisering* av en slik allmenngyldig påstand om at «trekonstruksjoner er mer miljøvennlig enn betongkonstruksjoner».

For det andre kan konklusjonen knyttes direkte til de beregninger vi har gjort der vi sammenlikner funksjonelt likeverdige konstruksjoner. Disse beregningene viser at trekonstruksjoner i lave etasjehøyder har lavere klimagassutslipp enn betong. Men, for 16 etasjers konstruksjoner gir våre beregninger motsatt resultat. Videre diskuterer vi robustheten i disse resultatene både med tanke på konstruksjon og datagrunnlag. Vi holder fast ved at dette viser at vi *ikke* kan konkludere med at trekonstruksjonene generelt er bedre enn betongkonstruksjonene. Dog har vi vært upresise i begrepsbruken der vi benytter begrepet «er mer miljøvennlig» i stedet for den mer presise formuleringen «har lavere fossile klimagassutslipp» (vi har ikke foretatt en fullstendig LCA). I rapporten har vi lagt stor vekt på å vise hvilke forutsetninger beregningene er basert på, at disse er

transparente med hovedvekt på kontekst og materialvalg. Vi mener derfor at konklusjonen, slik den er formulert, er faglig/vitenskapelig holdbar.

«Bruken av hulldekker er et meget godt optimalisert betongprodukt både for økonomi og klimaregnskap som er utviklet i lang tid i betongindustrien. Et betongbygg med for eksempel kompaktelementer vil ha en ganske annen klimaprofil.»

Det er riktig som Sweco påstår, at hulldekker er optimalisert med tanke på økonomi. Det er også riktig at et valg av en annen type dekkekonstruksjon ville ha gitt en annen klimaprofil. Vårt valg av hulldekker skyldes ene og alene at dette produktet er det mest foretrukne systemet i Norge i dag.

Det medfører ikke riktighet at hulldekker er optimalisert med hensyn til klimaregnskap. Ut fra bæreevne og eksponeringsklasse er det ingen ting i veien for å benytte en lavere betongkvalitet enn standard B45/M40. Altså en betongkvalitet med lavere sementinnhold (standard sement eller lavkarbonsement). Bakgrunnen for den høye betongkvaliteten skyldes blant annet ønske om høy tidlig-fasthet i produksjonen. Utvikling av betongresepter og løftesystemer mm kan bidra til at denne tidligfastheten kan senkes. I skrivende stund har revidert utgave av Norsk Betongforenings publikasjon NB37, Lavkarbonbetong, kommet ut (ble lagt ut 28.11. 2019). I ny utgave av publikasjonen er klassene skjerpet ytterligere med hensyn til NB37 fra 2015. Et fåtall av leverandørene i Norge har lavkarbon A som standard i sine hulldekker. Det forventes imidlertid at alle leverandørene implementerer kravene til siste utgave av NB37, lavkarbon A i sine hulldekker.

Vi setter pris på at vi kan ha en konstruktiv dialog om våre studier med alle relevante aktører i byggenæringen. I rapporten fremhever vi at det essensielle for oss er å bidra til at både tre- og betonginteresser blir stimulert til å utvikle kunnskap om behovet for å ivareta miljøhensyn i sin virksomhet. Det viktigste poenget vi ønsker å fremme i rapporten er at avhengig av kontekst og ulike løsninger en finner i konkrete prosjekter, vil en kunne redusere klimagassutslippene uavhengig av materialvalg. Dette kan fremmes ved å la produsenter og andre utførere få større frihet til å benytte sin kompetanse og praktiske kunnskap for å utvikle innovative løsninger. Vi håper at rapporten, og den etterfølgende diskusjonen om denne, kan bidra til dette.