

Erik Skjennum, Biniam Tsegai Haile og Karl
Henrik Aasen Nerland

Hvordan unngå trykk på tvers av fiberretning i sammenføyning mellom dekke/vegg i konstruksjon av massivtre uten bruk av stål som forsterkende element

Bacheloroppgave i ingeniørfag, bygg

Veileder: Marhin Landgraff

Medveileder: Kristine Nore

Mai 2021

Erik Skjennum, Biniam Tsegai Haile og Karl Henrik
Aasen Nerland

Hvordan unngå trykk på tvers av fiberretning i sammenføyning mellom dekke/vegg i konstruksjon av massivtre uten bruk av stål som forsterkende element

Bacheloroppgave i ingeniørfag, bygg
Veileder: Marhin Landgraff
Medveileder: Kristine Nore
Mai 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Oppgavens tittel: Hvordan unngå trykk på tvers av fiberretning i sammenføyning mellom dekke/vegg i konstruksjon av massivtre	Dato: 20.05.2021		
	Antall sider: 51		
	Masteroppgave	Bacheloroppgave	X
Navn: <u>Biniam Tsegai Haile, Erik Skjennum, Karl Henrik Aasen Nerland</u>			
Veileder: <u>Marthin Landgraff</u>			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: <u>Kristine Nore</u>			

Beskrivelse:

Denne oppgaven tar for seg en potensiell utfordring ved bygging av konstruksjoner i KL-tre hvor man kan få trykk på tvers av fiberretning som følge av lange spennvidder og/eller mange etasjer og hvor det benyttes en tradisjonell løsning hvor dekke avsluttes i flukt med yttervegg rundt hele bygget.

Gruppen har på bakgrunn av dette og etter gjennomgang av litteratur som omfatter løsninger som er mye brukt i dag tenkt seg frem til en løsning som potensielt kan benyttes i fremtidige bygg hvor det er ønskelig å beholde en tenkt planløsning og unngå å inngå kompromiss fordi trykk på tvers av fiberretningen blir begrensende ved dimensjonering.

På stadig flere nye, store bygg, blir KL-tre brukt som hovedbestanddelen av bærende bygningsdeler samtidig som det ubehandlet kan gi et estetisk tiltalende preg på innvendige vegger, noe som er mer krevende å oppnå ved bruk av stål eller betong.

Utseendet som oppnås ved stor andel treverk er ikke det eneste positive holdepunktet man har ved valg av materialer, siden vi i Norge har store arealer med skog som drives bærekraftig og fabrikker plassert slik at reiseveien fra skog til foredling reduseres.

For å sikre at vårt forslag til løsning faktisk kan være et alternativ å bruke har forbindelsen blitt kontrollert ved hjelp av Eurokode 5 fra Norsk standard og håndbøker fra henholdsvis Treteknisk institutt, Swedish Wood og FPInnovations.

Gruppens forslag til løsning er å utforme forbindelsen mellom dekke og vegg som en slags fingerskjøt, hvor det gjøres utskjæring i dekkeelement og veggelement som gjør at veggelementet vil føres over dekke og gjøre at ovenstående veggelement vil fordele trykket mot underliggende vegg.

En utfordring med dette vil være tap av kapasitet med hensyn til skjær i selve dekkelementet hvor utskjæring gjøres, uten at det nødvendigvis er begrensende for forbindelsen.

Gruppen har funnet at fingerskjøtløsningen vil gi høyere kapasitet enn ordinær løsning i de tilfeller hvor veggene er bredere enn 140mm og dekke tjukkere enn 160mm

Stikkord:

Massivtre
Trykk på tvers av fiberretning
Dekke/vegg sammenføring

Biniam Tsegai Haile, Erik Skjennum, Karl Henrik Aasen Nerland

(elektronisk sign.)

Forord

Denne oppgaven markerer slutten på 6-semesterets studie innenfor Byggingeniør ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Gjøvik. Arbeidet med oppgaven startet med valg og tildeling av oppgave i desember 2020. Under utarbeidelsen av denne oppgaven har gruppen hatt svært begrensede muligheter til å møtes med tanke på pandemien. Dette har også medført at gruppen ikke ville satse på å lage testobjekter for testing i labben ved NTNU i Gjøvik, da en eventuell nedstenging kunne satt stopper for slik aktivitet. Til tross for at gruppen kun har samarbeidet digitalt med oppgaven, har det likevel fungert bra, og arbeidsfordelingen har falt naturlig mellom oss etter hvert som arbeidet pågikk.

Vi vil gjerne få takke vår veileder Marthin Landgraff for solide og gode tilbakemeldinger. Vi vil også takke oppdragsgiver Kristine Nore for en spennende og utfordrende problemstilling samt godt engasjement for oppgaven vår.

Abstract

This thesis approaches a potential problem with using CLT as the main component of tall structures with long spans between walls due to the lack of resistance to forces perpendicular to the grain in wood. This problem may arise as the traditional way of connecting floor slabs to wall elements is to simply place the floor atop the underlying wall and then the next wall directly on the floor. When loads are applied the floor slabs may experience compression if they are higher than the initial resistance in the material used. We have investigated the commonly used ways of circumventing this and come up with a suggestion of our own which could also be applicable in certain structures to avoid working around the issue by reducing spans and placing columns.

CLT is being used more often in Norway as factories are being built to produce it and customers and the public seem to be positive about the appearance of structures where it is the main component. As it becomes a popular choice there is also a need of innovation to improve applicability and circumvent using steel or concrete to maintain structural properties of the building. Using primarily wood could also be beneficial due to Norway's high supply of forests since wood is a renewable source of energy and considered CO₂ neutral. Sustainability of these resources can become a concern if we are not considerate about it but at the time of writing this is not an issue in Norway.

To ensure that our idea can be applied we had to study common ways of designing the connection between walls and floor, and during the writing of this we have used Eurocode 5, handbooks from the Norwegian Institute of Wood Technology, Swedish Wood and FPInnovations.

Our idea consists of creating a notch-connection/finger-joint in the underlying wall and floor slabs, connecting them while allowing the walls to connect in the direction of grain which makes sure the floor slabs will not have any direct axial force applied to them.

By integrating the designing methods into Excel we had an easier way to get a lot of data to

compare and discuss and were able to find that shear-capacity will be lost in the floor slabs equivalent to the proportion of material removed in the width, without necessarily meaning that this would become a design issue due to a high initial capacity. Our results have found that the design capacity when comparing axial forces perpendicular to the grain as well as along the grain increases in most cases with 140mm thick walls and 160mm thick floor slabs and greater.

Based on this we conclude that the notch-connection could be chosen if shear is not found to be a restricting factor in the design process.

Innholdsfortegnelse

Forord	iv
Abstract	v
Innholdsfortegnelse	vii
Figurliste.....	ix
Tabelliste	x
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Formålet med oppgaven	1
1.3 Forkortelser og definisjoner.....	2
1.4 Disposisjon	3
1.5 Anvendelse av krysslimtrem.....	4
1.6 Miljø	5
1.7 Regelverk.....	6
1.8 Problemstillingen.....	6
1.9 Avgrensninger	7
1.10 Beskrivelse av forslag til sammenføring	8
2 Teori	9
2.1 Generelt om krysslimt tre (KL-tre).....	9
2.1.1 Historie	9
2.1.2 Hva er Massivtre (KL-tre).....	10
2.2 Egenskaper.....	12
2.2.1 Styrke og stivhet.....	12
2.2.2 Dimensjonsstabilitet	13
2.2.3 Skjærdeformasjon.....	14
2.3 Formler og beregningsmetoder.....	15
2.3.1 Generelt om dimensjonering av trekonstruksjoner (Eurokode 5)	15

2.3.2	Formel for korrigert størrelse og fuktdeformasjon.....	16
2.3.3	Beregning av effektiv bøyestivhet.....	17
2.3.4	Skjærkapasitet	18
2.3.5	Aksial trykkapasitet.....	18
2.3.6	Reduksjon på grunn av søyleknekking for aksialt trykk	19
2.3.7	Kapasitet for trykk på tvers av fiberretningen.....	20
3	Metode.....	21
3.1	Oppbygning av dekkeelement	21
3.2	Oppbygning av veggelement	21
3.3	Gjennomføring av beregninger.....	22
4	Resultater.....	26
5	Diskusjon og analyse.....	28
5.1	Analyse av resultater	28
5.1.1	Analyse av resultater	28
5.1.2	Analyse av caser med lavere kapasitet med fingerskjøtløsningen	32
5.1.3	Analyse av caser med høyere kapasitet med fingerskjøtløsningen	32
5.2	Diskusjon	33
5.2.1	Bakgrunn	33
5.2.2	Resultat og analyse.....	33
5.2.3	Diskusjon av metode	34
5.3	Forbedringer og videre arbeid	35
5.3.1	Hva kunne vært gjort bedre.....	35
5.3.2	Forslag til videre arbeid.....	35
6	Konklusjon	37
	Litteraturliste	38
	Vedlegg	40

Figurliste

Figur 1: Disposisjon	3
Figur 2: Illustrasjon av vanlig løsning for sammenføring av dekke og veggelement. (FPInnovations, 2019)	4
Figur 3: Illustrasjon av fingerskjøtløsningen	8
Figur 4: Største krymping i lengde, tangentiell og radiell retning (Tronstad og Steiner, 2008)	13
Figur 5: Mål på fingerskjøtsammenføringen mellom dekke og veggelement.....	24
Figur 6: Oversikt over kapasitet for aksialt trykk i vegg for Case 1-16a.....	26
Figur 7: Oversikt over kapasitet for aksialt trykk i vegg for Case 1-16b.....	26
Figur 8: Oversikt over kapasitet for aksialt trykk i vegg for Case 1-16c.....	27

Tabelliste

Tabell 1: Oppbygning av kl-tre elementer	23
Tabell 2: Oversikt over Caser med id, dekketykkelse og veggtykkelse, samt forholdet $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$	25
Tabell 3: Analyse av Case 1a-16a med $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ forhold lik 40/60.....	29
Tabell 4: Analyse av Case 1b-16b med $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ forhold lik 50/50	30
Tabell 5: Analyse av Case 1c-16c med $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ forhold lik 60/40.....	31

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I denne bacheloroppgaven har forfatterne søkt å finne en løsning for å unngå trykk på tvers av fiberretningen i dekkeelement uten bruk av stål som forsterkende element i bygg av krysslåst massivtre. Da trykk på tvers av fiberretningen i dekkelementet ifølge ekstern veileder kan bli en utfordring i høye bygg av denne typen. Som utgangspunkt for oppgaven har gruppen sett på hva som er vanlig løsning for sammenføyning av dekke og veggelementer, videre vil gruppen sammenligne deres løsning med denne løsningen. Som rammer for utarbeidelse av en løsning vil gruppen søke å finne en løsning som kan ha tilsvarende dimensjoner og montasje som det dagens sammenføyning gir.

1.2 Formålet med oppgaven

Oppgaven var ett av flere forslag gitt av eksterne virksomheter til NTNU Gjøvik, og gruppen meldte seg til akkurat denne fordi bruken av KL-Tre er økende i Norge og er noe som vi sannsynligvis vil jobbe med på ett eller annet punkt etter studiene er gjennomført.

Samtidig har det i studieløpet blitt fokusert hovedsakelig på nettopp de tradisjonelle løsningene og dette har derfor vært en mulighet til å fordype seg i noe som for oss har vært nytt istedenfor å gjengi teori vi allerede har vært gjennom.

Formuleringen av oppgaveforslaget var følgende: «Sammenføyning av dekke- og veggelementer av massivtre: Hvordan løse dette slik at trykk tvers på fibrene unngås?», og gruppen har utarbeidet en egen problemstilling med utgangspunkt i dette.

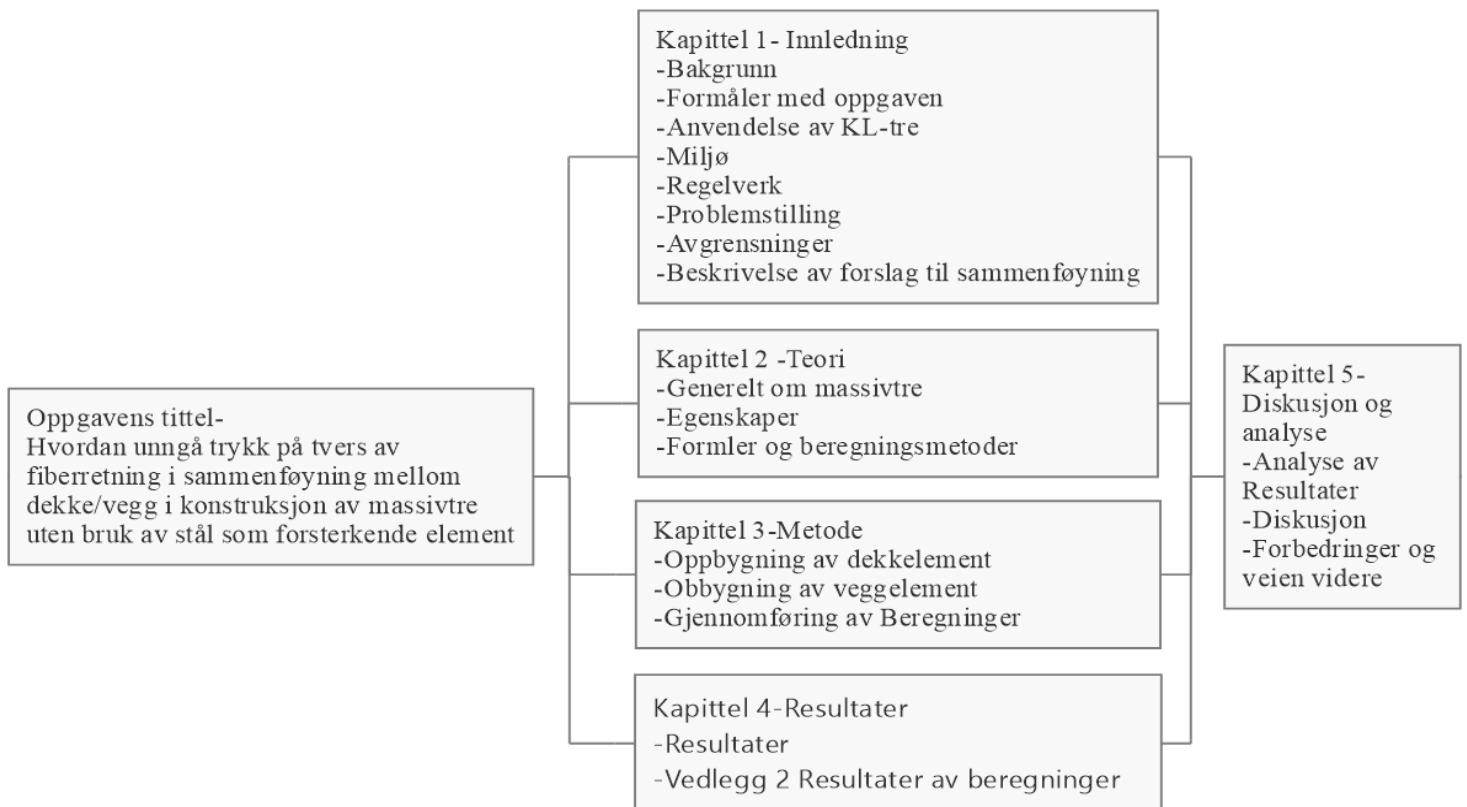
Dersom gruppen kommer frem til et forslag til løsning på dette vil det bidra til å gjøre KL-Tre mer anvendelig, og det vil være positivt for videre utvikling og bruk.

1.3 Forkortelser og definisjoner

PBL	Plan og bygningsloven	Bestemmer hvordan planlegging og byggesaksbehandling skal gjennomføres
KLT/KL-tre	Krysslimtre	Fellesbetegnelse for konstruksjonselementer av treverk bygget opp av flere lag som sammenholdes ved hjelp av lim og hvor fiberretningen på hvert lag krysser det andre med en vinkel på 90 grader.
CLT	Cross Laminated Timber	Engelsk for Krysslimtre.
TEK17	Byggteknisk Forskrift (2017)	Veiledning om tekniske krav til byggverk, beskriver minimumskrav til byggverk som oppføres i Norge.
LCA	Life-Cycle Assessment	Livsløpsvurdering er en beregning for miljøpåvirkningen til et produkt som omfatter hele livsløpet fra tilvirkning til kassering.
EPD	Environmental Product Declaration	Dokument som følger en komponent og som inneholder en beskrivelse av miljøprofilen til komponenten.

1.4 Disposisjon

Her er det utarbeidet en figur som skal vise hvordan oppgaven er oppbygd.

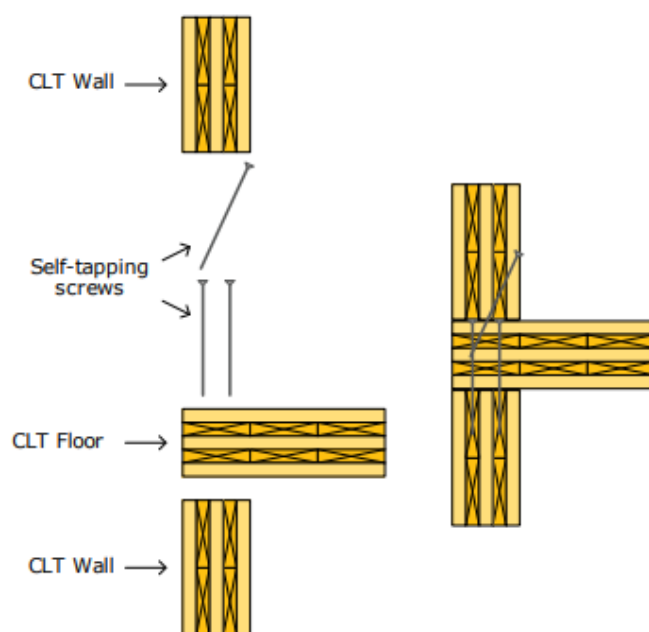


Figur 1: Disposisjon

1.5 Anvendelse av krysslimt

Elementer av KLT brukes i dag i flere ulike bygg, slik som skoler, barnehager, kontorbygg, studentboliger og bolighus med mer, og er en forholdsvis ny byggemetode. KLT kan brukes i de fleste konstruksjonsdeler i ett bygg foruten om fundament og konstruksjoner i direkte kontakt med grunnen, dette på grunn av at trevirke er et organisk materiale som vil brytes ned dersom fuktigheten blir for høy. I bygg av KLT er det vanlig at yttervegger, etasjeskiller, store deler av innervegger samt takkonstruksjonen utføres i KLT. I denne oppgaven er det lagt fokus på sammenføyningen/forbindelsen mellom vegg- og dekkeelementet, det er derfor essensielt å beskrive normal praksis for hvordan disse utføres. For

bygg med lave lydkrav mellom etasjene slik som for eksempel eneboliger eller internt i boliger kan det benyttes gjennomgående vegger. Her er kan veggelementene være flere etasjer høye og dekkeelementene henges på siden av veggen ved at den bjelke skrues på veggen og brukes som opplager til dekke. Denne løsningen medfører et større bidrag til flanketransmisjon enn en etasjehøy vegg (Norsk Treteknisk Institutt, 2006a) s.5. En etasjehøy vegg er at dekkeelementet ligger fritt opplagt mellom øvre og nedre vegg, dette er en kompakt løsning som er enkel å utføre. Ulempen med denne løsningen er at dekkeelementet blir belastet med trykk på tvers av fiberretningen, som i enkelte tilfeller kan være begrensende for kapasiteten. Det er normalt også god kapasitet for skjær i dekkeelementet da det ofte er krav til vibrasjon, stivhet og nedbøyning som er dimensjonerende. (Norsk Treteknisk Institutt, 2006b).



Figur 2: Illustrasjon av vanlig løsning for sammenføyning av dekke og veggelement. (FPInnovations, 2019)

1.6 Miljø

Fokuset på å redusere byggeindustriens miljøavtrykk er stadig økende, da klimaendringene har eskalert i senere tid på grunn av menneskelig overforbruk. For å måle og sammenligne utslipp av ulike klimagasser er det opprettet et målesystem som omregner ulike klimagasser til CO₂-ekvivalenter ut ifra hvor stor effekt gassen har på den globale oppvarmingen. For å enklere kunne sammenligne ulike materialer ut ifra hvilken effekt de har på den globale oppvarmingen er miljødeklarasjoner et viktig verktøy. Deklarasjonene kalles Environmental Product Declaration og forkortes EPD. En EPD lages på grunnlag av en livsløpsanalyse (LCA) (EPD-Norge, 2021).

Det er ønskelig å forsikre seg om at et produkt har så lang levetid som mulig for å minimere det totale klimaavtrykket man får. Ved å legge til rette for at konstruksjoner av treverk kan demonteres i prosjekterings- og byggefasen vil det være mulig å benytte konstruksjonsdelene gjentatte ganger så lenge de ikke brytes ned av ytre påvirkninger. Dersom deler av konstruksjonen er skadet vil det likevel være mulig å ta i bruk det som fremdeles er i god stand. En måte å forenkle demontering vil være å bruke skruer istedenfor spiker, og samtidig sørge for at skruene er montert på en måte som gjør at de kan fjernes for å frigjøre elementene.

Trevirke er en karbonbasert, levende vekst som bygges opp gjennom fotosyntesen, og så lenge forvaltningen av skogene våre blir gjort på en bærekraftig måte vil vi alltid ha tilgang på treverk som råmateriale. (Trefokus.no, 2009) s.3.

Med fotosyntese menes det prosessen hvor trærne tar opp karbondioksid (CO₂) fra lufta når de vokser. Karbonet bindes til trevirket mens oksyngengassen (O₂) frigjøres tilbake til lufta (Trefokus.no, 2009) s.6-7, og karbonet er dermed bundet opp i trevirket til det frigjøres ved forbrenning eller naturlig avgang, hvor det igjen tar til seg O₂ og frigjør CO₂. Det er grunnen til at man bruker CO₂-ekvivalenter som en målestokk for et material sin klimabelastning (Trefokus.no, 2009) s.10.

Den viktigste delen av forvaltningen av skogene blir derfor å hogge ned og plante nytt før trærne selv faller og blir unyttbare. Det vil også være viktig å benytte seg av mest mulig av treet, for

eksempel ved å lage flis av materiale som ikke blir videreforedlet til konstruksjonstre.

Flis kan brukes i fyringsanlegg, med tilknytning til for eksempel boliger eller fabrikk som et godt alternativ til elektrisitet. Denne forbrenningen og eventuelt forbrenningen av materialer blir ansett som CO₂-nøytralt fordi treverk er en fornybar ressurs (Trefokus.no, 2009) s.12.

1.81.7 Regelverk

Av lovverk som omhandler byggverk er Plan- og bygningsloven (PBL) sentral, den bestemmer blant annet hvordan areal skal benyttes og reguleres i Norge. I tillegg til å stille enkelte materielle krav, gir PBL også hjemmel til Byggteknisk forskrift (TEK17) som inneholder ytterligere krav.

TEK17, veiledning til TEK17 og relevante standarder.

1.91.8 Problemstillingen

Hvordan unngå trykk på tvers av fiberretning i sammenføyning mellom dekke/vegg i konstruksjon av massivtre uten bruk av stål som forsterkende element.

1.101.9 Avgrensninger

På grunn av tidsrammen for oppgaven (19 uker) er det behov for å sette avgrensninger til hvor mye gruppen kan ta for seg av beregninger og kontroller for å komme i mål og samtidig levere god nok kvalitet på det som blir levert. Følgende punkter blir derfor ikke tatt med i beregninger av de konseptene som er beskrevet:

1. Lyd
2. Vibrasjon
3. Nedbøyning
4. Lastberegning
5. Brann
6. Moment I dekkeelementet
7. Innfesting/forankring av elementer
8. Kostnader/økonomi

Punkt 1-6 vil ikke bli vurdert da de har blitt vurdert til å ha svært lav til ingen innvirkning på resultatet av sammenlikningen mellom de to ulike løsningene. Punkt 7 vil ikke bli vurdert i denne oppgaven fordi vårt forslag til alternativ utførelse ikke medfører så store endringer at det vil være nødvendig å gjøre det på en annen måte enn det som blir brukt mest i dag.

Punkt 8 vil ikke bli vurdert i denne oppgaven da det kan være at dagens produksjonsmetoder ikke er optimalisert for produksjon av fingerskjøtløsningen. Det vil derfor være svært omfattende å kartlegge kostnader ved produksjon av den nye løsningen, selv om det trolig ikke vil være stor forskjell på transport og montasjekostnadene.

Det er med andre ord kun selve forbindelsen som beregnes.

Det er vurdert av gruppen at det er hensiktsmessig å beregne karakteristiske kapasiteter, for å ikke binde opp beregningene til en bestemt klimaklasse eller lastsituasjon. Med mål om at resultatene skal bli mer anvendelige og sammenlignbare med andre beregninger fra en eventuell videreutvikling av løsningen. Det blir dermed ikke beregnet laster og dimensjonerende kapasitet.

1.11.10 **Beskrivelse av forslag til sammenføring**

Løsningen som gruppen har, vil prøve mot den vanlige løsningen baserer seg på å oppgi noe av skjærkapasiteten til dekkelementet og utnytte kapasiteten til veggelementet for aksial trykkkapasitet. Hvor vegg og dekkelementene sammenføres som en fingerskjøt, en sammenføring som er mye brukt i møbelsnekring. For denne løsningen bør det tas hensyn til elementenes dimensjonsstabilitet, og ved å ta hensyn til at dekket kan svelle mellom produksjon til ferdig bygg, vil en unngå at veggelementet hviler på dekkeelementet. Det samme gjelder i elementets tverretning, men da for at elementene skal kunne monteres uavhengig av fuktinnholdet i treet.



Figur 3: Illustrasjon av fingerskjøtløsningen

2 Teori

2.1 Generelt om krysslimt tre (KL-tre)

2.1.1 Historie

«Utviklingen av massivtreelementer har sin opprinnelse fra Canada» (Norsk Treteknisk Institutt, 2006c). Det var på midten av 1970-tallet et stort behov for konstruksjon av nye trebroer samtidig med rehabilitering av de gamle. Prinsippet med tverrspente brodekker ble tatt i bruk i Canada. Lamellene stables etter hverandre på høykant og sammenføyd med gjennomgående stålstag. Denne måten å bygge på var vellykket og utviklingen ble populært. I 1990-tallet utviklingen ble introdusert i Mellom-Europa og spredte seg videre til Nord-Europa (Norsk Treteknisk institutt, 2007). Utviklingen av dette prinsippet delte seg i to i Mellom-Europa. Videreutvikling av brodekkene ble i den ene retningen, men videreutvikling av tverrspente elementer, som etter hvert ble bygningselementer i massivtre, ble i den andre retningen. Utviklingen av massivtreelementer til bygningsformål ved behov for rasjonelle og miljøeffektive konstruksjonsløsninger, begynte omkring 1990 i Lausanne og Zurich i Sveits. Bygging med massivtreelementer er i dag en anerkjent byggemetode i Mellom- og Nord-Europa (Norsk Treteknisk Institutt, 2006d). Elementer av massivtre som byggemetode og konstruksjonsløsning er konkurransedyktig på forskjellige type konstruksjoner, som for eksempel i bolighus, fleretasjes hus, næringsbygg, barnehager og skoler (Norsk Treteknisk institutt, 2007).

2.1.2 Hva er Massivtre (KL-tre)

Massivtre er et fleksibelt og tidsriktig byggemateriale i tre. De mest brukte trevirkene i massivtreelementer er gran og furu. Massivtre kan fremstilles i store elementer som for eksempel vegger, gulv og tak (Trefokus.no, 2020). Det alle massivtreelementer har til felles er at de er bygd opp av lameller som er bundet sammen med lim, skruer, tredybler eller stålstenger. Det som skiller de fra hverandre er oppbygningen av lamellene og hvordan de er bundet sammen. Ut fra dette kan massivtreelementer deles inn tre hovedkategorier som er kantstilte elementer, hulromselementer og krysslagte elementer (Norsk Treteknisk Institutt, 2006e).

Kantstilte elementer er planker (lameller) på høykant som er satt sammen til elementer ved bruk av skruer, spiker, lim, tredybler eller stålstag. Hulromselementer en fellesbetegnelse for elementer som har et hulrom mellom et øvre- og nedre massivtreelement. Lamellene i hulromselementer sammenføres med lim. Selv om de ikke danner massive tverrsnitt, de blir regnet som massivtreelementer på grunn av høye andelen av trevirke de har (Norsk Treteknisk Institutt, 2006e) s.15.

Krysslagte elementer er den vanligste måten å produsere massivtreelementer på. Denne typen massivtre er det som i størst grad blir brukt i massivtrekonstruksjoner. I denne oppgaven blir det sett nærmere på krysslimte elementer (KLT) og all videre referanse av massivtre omhandler denne typen massivtreelementer. Krysslagte elementer er elementer som er satt sammen av lameller i forskjellige sjikt. Sjiktene er som regel lagt 90 eller 45 grader i forhold til hverandre og er festet sammen med lim eller tredybler. Krysslagte elementer er kategorisert i to hovedtyper som er limte krysslagte massivtreelementer og dyblede krysslagte massivtreelementer basert på type av forbindelsesmiddel. Limte krysslagte massivtreelementer er elementer som produseres ved å krysslegge sjiktene 90 grader i forhold til hverandre og benyttes lim som forbindelsesmiddel mellom hvert sjikt. Det finnes også produsenter som limer lamellene i de ytterste sjiktene kant i kant for å gi et tettere element. Dyblede krysslagte massivtreelementer er elementer som bygges opp med krysslagte sjikt som også går diagonalt og benyttes tredybler som forbindelsesmiddel (Norsk Treteknisk Institutt, 2006e) s.15.

Massivtreelementer er vanligvis bygd opp av 3-9 sjikt med tykkelse fra ca. 60 mm og opptil ca. 300 mm (Norsk Treteknisk institutt, 2007). Elementets funksjon og bruksområde har stor

betydning for både elementets tykkelse og antall sjikt. Både tykkelse og fasthetsklasse til de ulike sjikt kan variere (Norsk Treteknisk Institutt, 2006b) s.5.

Tverrsnittet av et massivtreelement er symmetrisk bygd opp om midtsnittet med hensyn til tykkelse, orientering og fasthetsklasse til de ulike sjikt. Orienteringen av yttersjiktene er i elementets lengderetning. Lamellene som utgjør hvert sjikt legges kant i kant uten bruk av lim, men sjiktene limes sammen. På grunn av funksjonelle eller estetiske krav kan yttersjiktene limes kant i kant. Yttersjiktene har stor betydning for den totale bøyestivheten og styrken til elementet. Yttersjiktene består vanligvis av fasthetsklasse C24 eller bedre, men både de langsgående og de tverrgående innersjikt vanligvis består av fasthetsklasse C14 eller C18 (Norsk Treteknisk Institutt, 2006b) s.5.

Dimensjonsendringen i trevirke er mye større vinkelrett på fiberretningen enn parallelt med fiberretningen på grunn av fuktighetsendring. Krysslegging av lamellene vil gjøre at trefibrene vil ligge både i lengderetning og på tvers av lengderetningen. Dette innebærer at det vil være et kryssende sjikt med kryssende fiberretning som gir større styrke og stivhet som forhindrer eller reduserer dimensjonsendringen vinkelrett på fiberretningen. Elementets totale dimensjonsendringer på grunn av fuktighetsendringer vil være minst og derfor ha elementet en meget dimensjonsstabilitet. Elementene av massivtre danner en plate eller skive som kan ta opp krefter i elementets plan eller vinkelrett på denne (Norsk Treteknisk Institutt, 2006b) s.4-5.

2.2 Egenskaper

Konstruksjonselementer av tre skilles mellom konstruksjonstre, limtre og massivtre. Tre har hygroskopiske egenskaper som gjør at det vil svulle og krympe på grunn av endringer i fuktinnhold. Tre er også et anisotrop materiale som innebærer at styrkeegenskapene er avhengig av fiberretningen. Tre er typisk sterkere i fiberretningen, mens det i tverretningen ofte har lavere kapasitet. Et trevirke med for eksempel kvalitet C24 vil ha E-modul tilnærmet lik 11000 N/mm^2 i fiberretningen. I tverretningen vil E-modulen være tilnærmet lik 370 N/mm^2 (Standard Norge, 2016a).

2.2.1 Styrke og stivhet

Massivtreelementer har gode styrke- og stivhetsegenskaper i forhold til vekt som trevirke også har. Massivtreelementene danner en skive eller plate som kan ta opp krefter både i og vinkelrett på planet og dette er fordelene med massivtre i forhold til tradisjonelle trekonstruksjoner. Massivtre kan derfor effektivt ta opp og fordele konsentrerte krefter utover i elementet, samt ta opp store jevnt fordelte laster (Norsk Treteknisk Institutt, 2006b) s.5.

Yttersjiktene har stor betydning for den totale bøyestivheten og styrken til elementet. Dette fordi strekk- og trykkspenningene er størst på yttersjiktene på grunn av størst avstanden de har til nøytralaksen. Ulike fasthetsklasser på lamellene er derfor vanlig for å optimalisere elementene. Det er nødvendig å ta hensyn til variasjon i elastisitetsmodulene fra ulike fasthetsklasser ved beregning av styrke og stivhet i massivtreelementer. Siden det er stor forskjell mellom elastisitetsmodulene til tre i de ulike retningene vil de tverrliggende sjiktene ha svært liten betydning på bøyestivheten, samt noe som vil gi et konservativt estimat ved beregning av styrke og stivhet.

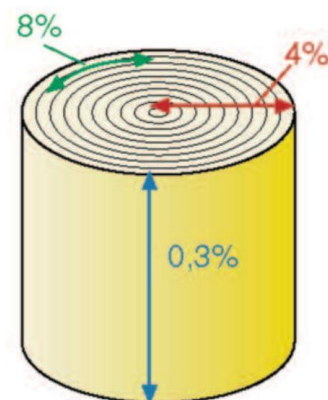
2.2.2 Dimensjonsstabilitet

Siden tre har hygroskopiske egenskaper, vil det swelle og krympe på grunn av endringer i fuktinnhold. Siden tre også er et anisotrop materiale er egenskapene avhengig av fiberretningen. Dette gjør at tre krymper og sweller ulikt i forskjellige retninger. Tre er også typisk sterkere i fiberretningen, mens det i tverretningen ofte har lavere kapasitet. Dimensjonsendringen i trevirke er mye større vinkelrett på fiberretningen enn parallelt med fiberretningen på grunn av fuktighetsendring, se figur 4. Krysslegging av lamellene vil gjøre at trefibrene vil ligge både i lengderetning og på tvers av lengderetningen. De kryssende sjiktene er limt sammen under høyt trykk slik at dimensjonsendringene i lengderetningen på lamellene holder dimensjonsendringene i tverretningen. For krysslagte elementer vil de kryssende sjiktene med lameller motvirke dimensjonsendringen som følge av fuktighet. Det er kommet frem til følgende antagelser for dimensjonsendringene til et krysslagt massivtreelement i de ulike retninger:

- I planet til elementet: 0,02 % pr. % fuktighetsendring
- I elementets tverretning, 90° på planet: 0,24 % pr. % fuktighetsendring (Standard Norge, 2016b)

Fuktigheten i massivtreelementer vil variere kun ut fra endringer i den relative fuktigheten til den omliggende luften fordi lamellene som brukes i produksjon av massivtre er tørket ned til mellom 8 % og 14 % fuktighet før produksjon. Elementets totale dimensjonsendringer på grunn av fuktighetsendringer vil være minst og derfor ha elementet en meget dimensjonsstabilitet. Elementene av massivtre danner en plate eller skive som kan ta opp krefter i elementets plan eller vinkelrett på denne (Norsk Treteknisk Institutt, 2006b) s.5.

Ved montasje av større bygg med flere etasjer vil det normalt ta uker fra et element er montert til taket er tekket og klimaskjerm er ferdigstilt, det er derfor viktig å ta høyde for at treets fuktighet stiger betraktelig under monteringen på grunn av nedbør. En slik fuktendring kan ha store konsekvenser for bygg med strenge toleransekrav.



Figur 4: Største krymping i lengde, tangentiell og radiell retning (Tronstad og Steiner, 2008)

2.2.3 Skjærdeformasjon

Ved dimensjonering av massivtreelementer er rulleskjærstyrke og stivhet identifisert som en av de mest sentrale kontrollene (FPInnovations, 2019). Skjærdeformasjonsstørrelse i massivtreelementer belastet vinkelrett på elementplanet påvirker både spenningsfordeling, den effektive bøyestivheten og den totale deformasjonen. Lamellene som utgjør de tverrgående sjiktene i elementet, blir utsatt for rulleskjær når elementet blir belastet vinkelrett på elementplanet på grunn av anisotropien til trevirke og oppbygningen av massivtreelementer.

Rulleskjærmodulen er avhengig av mange ulike faktorer som type treslag, densitet, tykkelsen på lamellene, fuktinnhold, orienteringen på årringene, størrelse og geometri på tverrsnittet (FPInnovations, 2019). Rulleskjærmodulen (G_R) er omtrent 10% av skjærmodulen parallelt med fiberretningen (G_0), altså vil den normalt ligge mellom 40 – 80 N/mm² for gran (Blass&Fellmoser, 2004). Skjærdeformasjonen til massivtreelementer er stort sett avhengig av rulleskjærdeformasjon på grunn av den lave rulleskjærstivheten.

Bredden på lamellene i de tverrgående sjiktene bør være minst 4 ganger tykkelsen for å ha tilstrekkelig kapasitet. Om det er bredere lamellene, blir kapasiteten større. Ved å kantlime lamellene i de tverrgående sjiktene økes den effektive bredden på lamellene, som igjen vil redusere skjærdeformasjonene (Norsk Treteknisk Institutt, 2006b). Skjærdeformasjonene vil være av stor betydning for den totale deformasjonen av et massivtreelement med lite forhold mellom spennvidde og tykkelse.

Betydningen av skjærdeformasjonene minker med økende forhold mellom spennvidde og tykkelse på massivtreelementet. Undersøkelser har vist at påvirkningen av skjærdeformasjonen til de tverrgående sjiktene for massivtreelementer er neglisjerbar når forholdet mellom spennvidden og tykkelsen på elementet blir stor. Skjærdeformasjonen vil utgjøre mindre enn 10 % for forhold mellom spennvidde og tykkelse på element større enn ca. 30 ($L/t > 30$) (Norsk Treteknisk Institutt, 2006b) s.6.

2.3 Formler og beregningsmetoder

2.3.1 Generelt om dimensjonering av trekonstruksjoner (Eurokode 5)

Ihht. NS-EN 1995-1-1:2004 (E5) (Standard Norge, 2004)

$$F_{Rd} = k_{\text{mod}} \frac{F_{Rk}}{\gamma_M} \quad [1]$$

R_d = Dimensjonerende motstand

k_{mod} = Modifikasjonsfaktor som tar hensyn til effekten av lastvarighet og fuktighet som en bygningskomponent er utsatt for. Hentes ut fra tabell 3.1 i NS-EN 1995-1-1:2004 (E5)

R_k = Karakteristisk motstand

γ_M = Partialfaktor som tar hensyn til variasjoner i materialkvalitet og materialtype. Anbefalte verdier hentes ut fra tabell 2.3 i NS-EN 1995-1-1 (E5)

Beregningene som er gjort i forbindelse med gjennomføring av oppgaven tar ikke hensyn til plasseringen av et konkret bygg, og det er derfor den karakteristiske motstanden som blir presentert i beregningene. Formelen er tatt med likevel for å vise hvordan dimensjonering ville blitt gjort i praksis.

2.3.2 Formel for korrigert størrelse og fuktdeformasjon

Ihht. NS-EN 16351:2015 (Standard Norge, 2016b)

$$a_{cor} = a_a (1 - k_{cor,\alpha} (u_{ref} - u_a)) \quad [2]$$

hvor

a_{cor} er den korrigerede dimensjonen, i mm

a_a er den faktiske størrelsen, i mm

$k_{cor,\alpha}$ er fuktdeformasjonsfaktoren på tvers av fiberretningen for en endring i fuktinnhold på 1% for fuktinnhold fra 6% til og med 25%

u_{ref} = 12% er referanse fuktinnholdet, i %

u_a er det faktiske fuktinnholdet i % målt i henhold til tillegg G i NS-EN 16351:2015

Dersom det ikke hentet fra den respektive designkoden, kan fuktdeformasjonsfaktoren for uhindret fuktpåvirket deformasjon og for treslag nevnt i NS-EN 16351:2015 5.1.5 settes til:

$k_{cor,90}$ = 0,0024 for deformasjon perpendikulært i forhold til planet

$k_{cor,0}$ = 0,0002 for deformasjon i planet.

Denne formelen blir brukt for å korrigere bredden på tapp i vegg og dekke i fingerskjøtløsningen for å ta hensyn til at treverket kan svulle noe mellom produksjon og ferdigstilling av bygg.

Dersom dette ikke tas hensyn til vil man kunne få problemer med sammenføyning av konstruksjonsdelene i monteringsfasen.

2.3.3 Beregning av effektiv bøystivhet

Benytter her formler hentet fra CLT handbook USA (FPInnovations, 2013)

Fastsettelse av effektiv bøystivhet EI_{eff}

$$EI_{\text{eff}} (\text{Nmm}^4) = (EI)_A + (EI)_B = \sum_{i=1}^n E_i \cdot b_i \cdot \frac{h_i^3}{12} + \sum_{i=1}^n E_i \cdot A_i \cdot z_i^2 \quad [3]$$

hvor

- $(EI)_{\text{eff}}$ er den effektive bøystivheten, i Nmm^4
- $(EI)_A$ er bøystivheten til bjelke A, i Nmm^4
- $(EI)_B$ er bøystivheten til bjelke B, i Nmm^4
- E_i er elastisitetsmodulen til sjiktet, i Nmm^2
- b_i er bredden til sjiktet, i mm
- h_i er tykkelsen til sjiktet, i mm
- A_i er arealet til sjiktet, i mm^2
- z_i er avstanden fra senter i sjiktet til nøytralaksen i elementet, i mm

Beregning av effektiv skjærstivhet GA_{eff} :

$$GA_{\text{eff}} (N) = \frac{\left(\frac{h_1}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} h_i + \frac{h_n}{2} \right)^2}{\left(\frac{h_1}{2 \cdot G_1 \cdot b} \right) + \left(\sum_{i=2}^{n-1} \frac{h_i}{G_i \cdot b_i} \right) + \left(\frac{h_n}{2 \cdot G_n \cdot b} \right)} \quad [4]$$

G_i = Skjærmodul for lamell. På tverrgående lameller reduseres G med 10.

Beregning av effektiv seksjonsmodul S_{eff} :

$$S_{\text{eff}} (\text{mm}^3) = \frac{2EI_{\text{eff}}}{E_1 h} \quad [5]$$

2.3.4 Skjærkapasitet

Skjæranalogi-metoden er brukt for beregning av skjærkapasiteten. Skjæranalogi-metoden er utviklet av Kreuzinger i Tyskland som er gjeldende for beregning av krysslagte massivtreelementer og den er ganske nøyaktig og tilstrekkelig for KLT-paneler. Metoden tar hensyn til forskjell i elastisitetsmodul (E-modul) og forskjell i skjærmodul (G-modul) hos de langsgående og tverrgående sjikt. Skjæranalogi-metoden er ikke begrenset av et visst antall sjikt i et panel (Blass&Fellmoser, 2004). Denne metoden bruker $(EI)_{\text{eff}}$ i beregningen av bøyestivheten og $(GA)_{\text{eff}}$ i beregningen av skjærstivheten.

$$F_{R,v,k} = f_{v,9090,k} \cdot \frac{EI_{\text{eff}}}{\sum_{i=1}^{n/2} E_i h_i z_i} \quad [6]$$

2.3.5 Aksial trykkapasitet

For beregning av aksial trykkapasitet blir kun kapasiteten til de sjikt som er orientert langs med kraftretningen beregnet.

$$F_{R,c,0,k} = \sum A_{\text{parallell},i} \cdot f_{c,0,k,i} \quad [7]$$

hvor

$F_{R,c,0,k}$ er karakteristisk kapasitet for trykk aksialt i elementet, i N
 $A_{\text{parallell},i}$ er arealet av sjikt som er parallell med kraftretningen, i mm^2
 $f_{c,0,k,i}$ er den karakteristiske fastheten for trykk langs fiberretningen for sjiktet, i N/mm^2

2.3.6 Reduksjon på grunn av søyleknekking for aksialt trykk

Benytter her formler hentet fra CLT handbook USA (FPIInnovations, 2013)

$$h_{eff} = \sum_{i=1}^{(n+1)/2} t_{2n-1}$$

$$A_{eff} = b \cdot h_{eff}$$

$$I_{eff,y} = \frac{(EI)_{eff,e,y}}{E_1}$$

$$r_{eff} = \sqrt{\frac{I_{eff}}{A_{eff}}}$$

$$C_c = \frac{L_e}{\sqrt{12} \cdot r_{eff}} \leq 43$$

$$K_{Zc} = 6,3(2\sqrt{3} \cdot r_{eff} \cdot L)^{-0,13} \leq 1,3$$

$$K_c = \left[1,0 + \frac{f_{c,0,k} \cdot C_c^3}{35E_{t,0,k}} \right]^{-1}$$

$$F_{R,c,0,k,red} = F_{R,c,0,k} \cdot K_c$$

hvor

h_{eff} er den effektive tykkelsen til veggen

A_{eff} er det effektive arealet

I_{eff} er det effektive treghetsmomentet

r_{eff} er den effektive treghetsradiusen

C_c er slankhetstallet

K_{Zc} er størrelsesfaktoren for trykk

K_c er slankhetsfaktoren for trykk

[8]

2.3.7 Kapasitet for trykk på tvers av fiberretningen

Ihht. NS-EN 1995-1-1:2004 (E5) (Standard Norge, 2004) pkt. 8.1.5.1.3

$$F_{R,c,90,d} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot f_{c,90,slam,k} \cdot A \cdot k_p \cdot k_{c,90} \quad [9]$$

hvor

$F_{R,c,90,k}$ er den karakteristiske kapasiteten for trykk på tvers av fiberretningen, i N/mm²

A er arealet som blir belastet, i mm²

$f_{c,90,slam,k}$ er den karakteristiske fastheten for trykk på tvers av fiberretningen for et element av kl-tre, i N/mm²

$k_{c,90,CL}$ er en faktor som tar hensyn til last og opplager betingelsene samt oppbygningen av kl-tre elementet

k_p er en faktor som tar hensyn til trykkdeformasjons størrelse og materialegenskapene, settes til 1,4 ihht. prEN 1995-1-1:20XX (E) Tabell 8.0a

Beregning av $k_{c,90,CL}$ ihht. (CEN/TC 250/SC 5, 2020)

$$K_{c,90,CL} = \sqrt{\frac{b_{dis} \cdot l_{dis}}{b_c \cdot l_c}} \leq 4 \quad [10]$$

$k_{c,90,CL}$ er en faktor som tar hensyn til fare for oppsplitting og trykkdeformasjons størrelse

b_{dis} er spredningsbredden, i mm

l_{dis} er spredningslengden, i mm

b_c er bredden av kontaktflaten for den påførte kraften, i mm

l_c er lengden av kontaktflaten for den påførte kraften, i mm

3 Metode

3.1 Oppbygning av dekkeelement

Dekkeelementene som er brukt i denne casen er et krysslågt massivtrelement som er satt sammen av lameller i forskjellige sjikt. Sjiktene er lagt 90 grader i forhold til hverandre og det benyttes lim som forbindelsesmiddel mellom hvert sjikt. Dette dekkeelementet er bygd opp av 5 - 7 sjikt og har tykkelse 140 - 200 mm. Tverrsnittet av dekkeelementet er symmetrisk bygd opp om midtsnittet med hensyn til tykkelse, orientering og fasthetsklasse til de ulike sjikt.

Det midterste sjiktet har tykkelse 22 - 34 mm. De ytterste sjiktene har tykkelse 30,5 - 33 mm, de tverrgående innersjiktene har tykkelse 21 - 41 mm og de langsgående innersjiktene har tykkelse 34 mm. Orienteringen av yttersjiktene er i elementets lengderetning. Lamellene som utgjør hvert sjikt legges kant i kant uten bruk av lim, men sjiktene limes sammen.

På grunn av funksjonelle eller estetiske krav kan yttersjiktene limes kant i kant. Yttersjiktene har stor betydning for den totale bøyestivheten og styrken til elementet. Yttersjiktene består av fasthetsklasse C24, men både de langsgående og de tverrgående innersjikt består av fasthetsklasse C14.

3.2 Oppbygning av veggelement

Veggelementene som er brukt i denne casen er et krysslågt massivtrelement som er satt sammen av lameller i forskjellige sjikt. Sjiktene er lagt 90 grader i forhold til hverandre og det benyttes lim som forbindelsesmiddel mellom hvert sjikt. Veggelementene er bygd opp av 3-5 sjikt og har tykkelse 63-180 mm.

Tverrsnittet av veggelementene er symmetrisk bygd opp om midtsnittet med hensyn til tykkelse, orientering og fasthetsklasse til de ulike sjikt. Det midterste sjikt har tykkelse 21 - 34 mm. De ytterste sjiktene har tykkelse 19,5 - 33 mm og de tverrgående innersjiktene har tykkelse 21 - 41 mm. Orienteringen av de ytterste sjiktene er i elementets lengderetning. Lamellene som utgjør hvert sjikt legges kant i kant uten bruk av lim, men sjiktene limes sammen.

På grunn av funksjonelle eller estetiske krav kan yttersjiktene limes kant i kant. Yttersjiktene har stor betydning for den totale bøyestivheten og styrken til elementet. Yttersjiktene består av fasthetsklasse C24, men både de langsgående og de tverrgående innersjikt består av fasthetsklasse C14.

3.3 Gjennomføring av beregninger

For å kontrollere løsningen vil det bli foretatt beregninger av 48 valgte tilfeller basert på Treteknisk Hefte 3 Dimensjonering Tabell 2 og råd fra veileder om at dekkeelementene normalt er tykkere enn veggelementene. Alle tverrsnittene er oppbygd med C24 i ytterste sjikt og C14 i resterende sjikt. Denne oppbygningen er basert på Treteknisk Hefte 3 Dimensjonering, selv om det hadde vært mer gunstig for fingerskjøt metoden at alle langsgående sjikt i veggelementene var av høyere fasthet.

Oppbygningen til de ulike elementene er gjengitt i Tabell 2: Oppbygning av kl-tre elementer. I Tabell 3: Oversikt over Caser med id, dekketykkelse og veggtykkelse, samt forholdet $b_{tapp,vegg}/b_{tapp,dekke}$, er en oversikt over sammensetningen av dekke og vegg for de ulike casene. Figur 5: Mål på fingerskjøtsammenføring mellom dekke og veggelement viser en skisse for utforming av fingerskjøt løsningen. Forhold mellom $b_{tapp,vegg}$ og $b_{tapp,dekke}$ som er prøvd for de ulike kombinasjonene er 40/60, 50/50 og 60/40. Det blir også tatt høyde for nødvendige toleranser i form av glipper mellom $t_{app,dekke}$ og $t_{app,vegg}$ på grunn av fuktendringer, dette blir beregnet med formel [2], for en fuktendring fra 6% til 25%. Alle casene blir kontrollert med den vanlige løsningen og fingerskjøt-løsningen for aksialt trykk i veggelementene og skjærkraft i dekkeelementet.

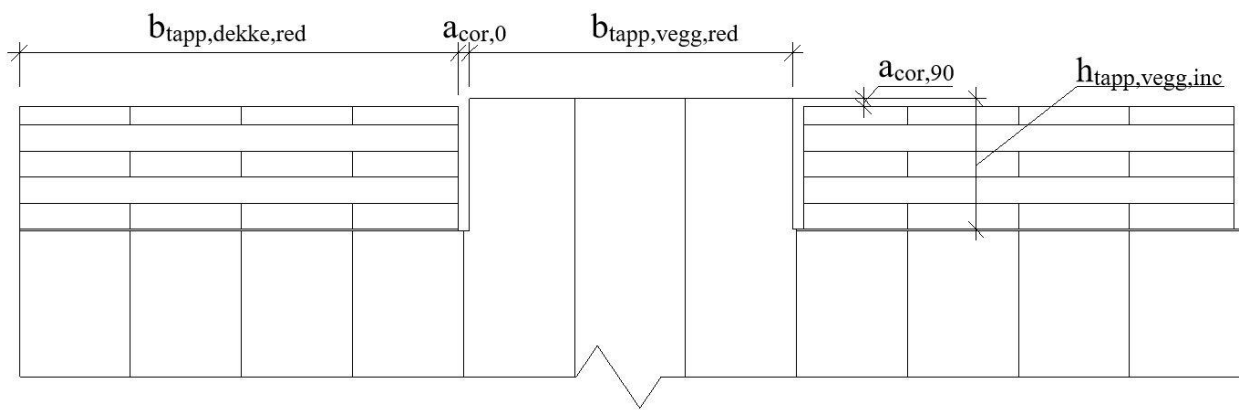
Dekkeelementene blir ikke kontrollert for moment fordi dette avhenger av lengden og lasten på elementet, samt at dette ikke har noen påvirkning på forbindelsen ved opplegg. For alle veggene er det tatt hensyn til søyleknekking slik at resultatene av beregningene kan gi bedre innsikt i hvor fingerskjøtløsningen eventuelt ikke har noen effekt eller gir et dårligere resultat. Vegghøyden er satt til 3000mm for alle casene, men for fingerskjøtløsningen er det lagt til høyden på dekkeelementet.

For valg av vegghøyden ble Generalitet, fleksibilitet og elastisitet i kontorbygninger av Kristen Arge (Arge, 2003) lagt til grunn, der det er skissert en løsning uten nedforet himling i arbeidssoner og nedforet himling i transportsoner, dette gir en relativt lav etasjehøyde for næringsbygg og lignende.

Alle beregninger blir gjennomført i Excel, det blir da utarbeidet et ark for hver case, slik at hele beregningen er tilgjengelig. Alle arkene vil være tilknyttet et ark med tabeller over fasthetsklasse med verdier for tilhørende egenskaper, og tabell for oppbygning av kl-tre elementer. Slik at risikoen for feil ved innføring av disse reduseres. Det blir også kontrollert om beregningene stemmer overens med Treteknisk Hefte 3.

Tabell 1: Oppbygning av kl-tre elementer

Tykkelse mm	Antall sjikt Stk.	L mm	T mm	L mm	T mm	L mm	T mm	L mm
63	3	21	21	21				
75	3	21	33	21				
100	3	33	34	33				
120	5	19.5	30	21	30	19.5		
140	5	32	21	34	21	32		
160	5	30.5	33	33	33	30.5		
180	5	32	41	34	41	32		
200	7	33	22	34	22	34	22	33
220	7	30	32	32	32	32	32	30
240	7	29.5	39	32	39	32	39	29.5



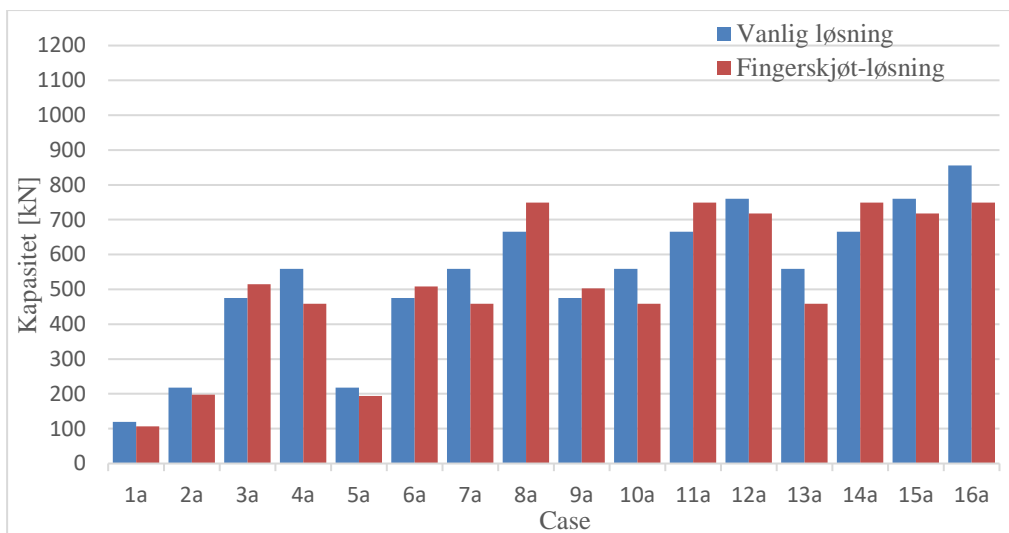
Figur 5: Mål på fingerskjøtsammenføyningen mellom dekke og veggelement

Tabell 2: Oversikt over Caser med id, dekketykkelse og veggtykkelse, samt forholdet $b_{tapp,vegg}/b_{tapp,dekke}$

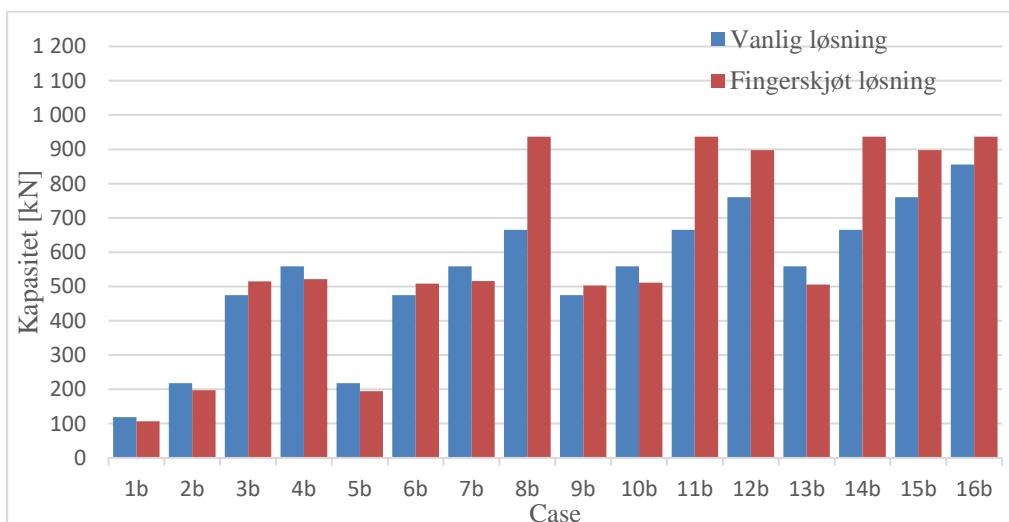
Oversikt over Caser med id, dekketykkelse og veggtykkelse samt forholdet $b_{tapp,vegg}/b_{tapp,dekke}$													
Case	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c	4a	4b	4c	
t_{dekkke} [mm]	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	
t_{vegg} [mm]	63	63	63	75	75	75	100	100	100	120	120	120	
$b_{tapp,vegg}/b_{tapp,dekke}$	40/60	50/50	60/40	40/60	50/50	60/40	40/60	50/50	60/40	40/60	50/50	60/40	
Case	5a	5b	5c	6a	6b	6c	7a	7b	7c	8a	8b	8c	
t_{dekkke} [mm]	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	
t_{vegg} [mm]	75	75	75	100	100	100	120	120	120	140	140	140	
$b_{tapp,vegg}/b_{tapp,dekke}$	40/60	50/50	60/40	40/60	50/50	60/40	40/60	50/50	60/40	40/60	50/50	60/40	
Case	9a	9b	9c	10a	10b	10c	11a	11b	11c	12a	12b	12c	11a just
t_{dekkke} [mm]	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
t_{vegg} [mm]	100	100	100	120	120	120	140	140	140	160	160	160	140
$b_{tapp,vegg}/b_{tapp,dekke}$	40/60	50/50	60/40	40/60	50/50	60/40	40/60	50/50	60/40	40/60	50/50	60/40	40/60
Case	13a	13b	13c	14a	14b	14c	15a	15b	15c	16a	16b	16c	
t_{dekkke} [mm]	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
t_{vegg} [mm]	120	120	120	140	140	140	160	160	160	180	180	180	
$b_{tapp,vegg}/b_{tapp,dekke}$	40/60	50/50	60/40	40/60	50/50	60/40	40/60	50/50	60/40	40/60	50/50	60/40	

4 Resultater

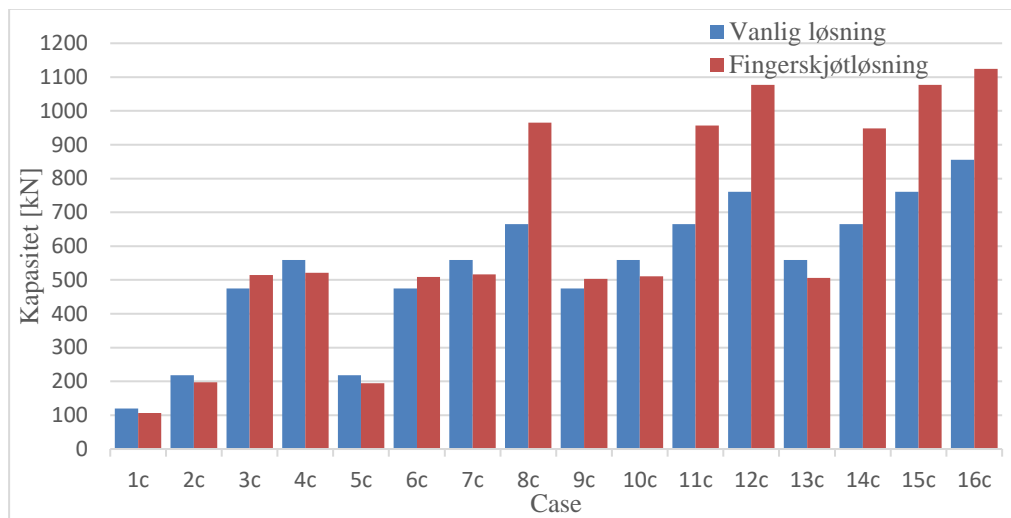
Som følge av beregninger i Excel kan gruppen presentere følgende resultater. Resultatene er gjengitt i Vedlegg 2 Resultater av beregninger. Figur 5: oversikt over kapasitet for aksialt trykk i vegg for Case 1-16a, Figur 6: oversikt over kapasitet for aksialt trykk i vegg for Case 1-16b og Figur 7: oversikt over kapasitet for aksialt trykk i vegg for Case 1-16c. Disse diagrammene viser den karakteristiske kapasiteten for aksialt trykk i veggelementet for alle casene med vanlig løsning og fingerskjøtløsningen.



Figur 6: Oversikt over kapasitet for aksialt trykk i vegg for Case 1-16a



Figur 7: Oversikt over kapasitet for aksialt trykk i vegg for Case 1-16b



Figur 8: Oversikt over kapasitet for aksialt trykk i vegg for Case 1-16c

5 Diskusjon og analyse

5.1 Analyse av resultater

5.1.1 Analyse av resultater

Analysen er gjengitt i følgende tabeller:

Tabell 3 for Case 1a-16a med $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ forhold lik 40/60

Tabell 4 for Case 1b-16b med $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ forhold lik 50/50

Tabell 5 for Case 1c-16c med $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ forhold lik 60/40

I tabellene er det oppgitt dekketykkelse, veggtykkelse, antall sjikt i vegg, h_{vegg} parallell som er summen av tykkelsen til sjiktene som er orientert parallelt med kraftretningen, endring i kapasitet for skjær i dekkeelementet fra vanlig løsning til fingerskjøtløsning, endring i kapasitet for aksialt trykk i veggelementet fra vanlig løsning til fingerskjøtløsning samt hvilke bruddgrensetilstander som er begrensende for kapasiteten for de ulike løsningene. $F_{R,c,0,\text{red}}$ er den karakteristiske kapasiteten til veggelementet for søyleknekking, $F_{R,c,90,k}$ er den karakteristiske kapasiteten for trykk på tvers av fiberretningen til dekkeelementet med den tilhørende vegg. $F_{R,c,0,k}$ er karakteristisk kapasitet for aksialt trykk i fiberretningen for veggelementet.

Tabell 3: Analyse av Case 1a-16a med btapp,vegg/btapp,dekke forhold lik 40/60

Case	Dekketykkelse	Veggtykkelse	Sjikt i vegg	h _{vegg,parallell}	Skjær	Trykk i vegg	Begrensende		for kapasitet
							Vanlig løsning	Fingerskjøtløsning	
1a	140 mm	63 mm	3	42 mm	-40 %	-11 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}	
2a	140 mm	75 mm	3	42 mm	-40 %	-10 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}	
3a	140 mm	100 mm	3	66 mm	-40 %	8 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k,red}	
4a	140 mm	120 mm	5	60 mm	-40 %	-18 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k}	
5a	160 mm	75 mm	3	42 mm	-40 %	-11 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}	
6a	160 mm	100 mm	3	66 mm	-40 %	7 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k,red}	
7a	160 mm	120 mm	5	60 mm	-40 %	-18 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k}	
8a	160 mm	140 mm	5	98 mm	-40 %	13 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k}	
9a	180 mm	100 mm	3	66 mm	-40 %	6 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k,red}	
10a	180 mm	120 mm	5	60 mm	-40 %	-18 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k}	
11a	180 mm	140 mm	5	98 mm	-40 %	13 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k}	
12a	180 mm	160 mm	5	94 mm	-40 %	-6 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k}	
13a	200 mm	120 mm	5	60 mm	-40 %	-18 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k}	
14a	200 mm	140 mm	5	98 mm	-40 %	13 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k}	
15a	200 mm	160 mm	5	94 mm	-40 %	-6 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k}	
16a	200 mm	180 mm	5	98 mm	-40 %	-12 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k}	

Tabell 4: Analyse av Case 1b-16b med btapp,vegg/btapp,dekke forhold lik 50/50

Case	Dekketykkelse	Veggtykkelse	Sjikt i vegg	h _{vegg,parallell}	Skjær	Trykk i vegg	Begrensende		for kapasitet
							Vanlig løsning	Fingerskjøtløsning	
1b	140 mm	63 mm	3	42 mm	-50 %	-11 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}	
2b	140 mm	75 mm	3	42 mm	-50 %	-10 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}	
3b	140 mm	100 mm	3	66 mm	-50 %	8 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k,red}	
4b	140 mm	120 mm	5	60 mm	-50 %	-7 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}	
5b	160 mm	75 mm	3	42 mm	-50 %	-11 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}	
6b	160 mm	100 mm	3	66 mm	-50 %	7 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k,red}	
7b	160 mm	120 mm	5	60 mm	-50 %	-8 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}	
8b	160 mm	140 mm	5	98 mm	-50 %	41 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k}	
9b	180 mm	100 mm	3	66 mm	-50 %	6 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k,red}	
10b	180 mm	120 mm	5	60 mm	-50 %	-9 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}	
11b	180 mm	140 mm	5	98 mm	-50 %	41 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k}	
12b	180 mm	160 mm	5	94 mm	-50 %	18 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k}	
13b	200 mm	120 mm	5	60 mm	-50 %	-10 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}	
14b	200 mm	140 mm	5	98 mm	-50 %	41 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k}	
15b	200 mm	160 mm	5	94 mm	-50 %	18 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k}	
16b	200 mm	180 mm	5	98 mm	-50 %	10 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k}	

Tabell 5: Analyse av Case 1c-16c med btapp,vegg/btapp,dekke forhold lik 60/40

Case	Dekketykkelse	Veggtykkelse	Sjikt i vegg	h _{vegg,parallell}	Skjær	Trykk i vegg	Begrensende	
							Vanlig løsning	for kapasitet
1c	140 mm	63 mm	3	42 mm	-60 %	-11 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}
2c	140 mm	75 mm	3	42 mm	-60 %	-10 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}
3c	140 mm	100 mm	3	66 mm	-60 %	8 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k,red}
4c	140 mm	120 mm	5	60 mm	-60 %	-7 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}
5c	160 mm	75 mm	3	42 mm	-60 %	-11 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}
6c	160 mm	100 mm	3	66 mm	-60 %	7 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k,red}
7c	160 mm	120 mm	5	60 mm	-60 %	-8 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}
8c	160 mm	140 mm	5	98 mm	-60 %	45 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k,red}
9c	180 mm	100 mm	3	66 mm	-60 %	6 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k,red}
10c	180 mm	120 mm	5	60 mm	-60 %	-9 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}
11c	180 mm	140 mm	5	98 mm	-60 %	44 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k,red}
12c	180 mm	160 mm	5	94 mm	-60 %	42 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k}
13c	200 mm	120 mm	5	60 mm	-60 %	-10 %	F _{R,c,0,k,red}	F _{R,c,0,k,red}
14c	200 mm	140 mm	5	98 mm	-60 %	43 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k,red}
15c	200 mm	160 mm	5	94 mm	-60 %	42 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k}
16c	200 mm	180 mm	5	98 mm	-60 %	31 %	F _{R,c,90,k}	F _{R,c,0,k}

5.1.2 Analyse av caser med lavere kapasitet med fingerskjøtløsningen

I case 1 har fingerskjøtløsningen en lavere kapasitet enn den vanlige løsningen uavhengig om forholdet $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ økes i alternativ b og c, dette kommer av at det er bruddgrensetilstanden søyleknekking som er begrensende for kapasiteten. Dette medfører at fingerskjøtløsningen har lavere kapasitet fordi knekk lengden til veggen økes med dekketykkelsen. Her er det viktig å bemerke seg at trykk på tvers av fiberretningen ikke var begrensende for kapasiteten i utgangspunktet. Tilsvarende skjer i case 2,4,5,7,10 og 13. Disse casene har veggtykkelse 63, 75 og 120mm.

I case 12a,15a og 16a har fingerskjøtløsningen også lavere kapasitet enn den vanlige løsningen, men her er det ikke søyleknekking i veggelementet som er begrensende for kapasiteten. For den vanlige løsningen er det trykk på tvers av fiberretningen i dekkeelementet og aksialt trykk i tappen for veggelementet med fingerskjøtløsningen. Dette medfører at kapasiteten øker for alternativ b og c, da disse har større tapp som kan ta opp større krefter.

5.1.3 Analyse av caser med høyere kapasitet med fingerskjøtløsningen

I de casene med økt kapasitet, er det trykk på tvers av fiberretningen i dekkeelementet som er begrensende for kapasiteten for den vanlige løsningen, men dette er endret enten til bruddgrensetilstanden søyleknekking eller til aksial trykk i tappen for veggelementet som begrensende for kapasiteten med fingerskjøtløsningen. Dette innebærer at trykk på tvers av fiberretningen i sammenføyningen av dekke/vegg elementer er unngått med fingerskjøtløsningen.

I noen av de casene med økt kapasitet som er 3a, 6a, 9a, 3b, 6b, 9b, 3c, 6c, 8c, 9c, 11c og 14c er det bruddgrensetilstanden søyleknekking i veggelementet som er begrensende for kapasiteten. I resten av de casene med økt kapasitet som er 8a, 11a, 14a, 8b, 11b, 12b, 14b, 15b, 16b, 12c, 15c og 16c er det aksialt trykk i tappen for veggelementet som er begrensende for kapasiteten. Noen av disse casene med økt kapasitet som er 8c, 11c, og 14c har de byttet fra aksialtrykk i tappen for veggelementet som er begrensende for kapasiteten til bruddgrensetilstanden søyleknekking i veggelementet som begrensende for kapasiteten, når forholdet $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ er endret til 60/40. Casene 8, 11, 12, 14, 15 og 16 har samme dekke- og veggtykkelse i de

forskjellige forholdene $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ men kapasiteten i disse casene blir økt når forholdet $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ blir økt. Dette innebærer at for både kapasitet og type av begrensende faktor i disse forskjellige casene som har økt kapasitet er det avhengig av forholdet $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$. I casene 3, 6 og 9 er det ikke noe endring i begge kapasiteten og type av begrensende faktoren i forhold til casetyper a, b og c. Dette er fordi bruddgrensetilstanden søyleknekking i veggelementet blir allerede begrensende faktor for kapasiteten i casealternativ a. Med andre ord er det søyleknekking som er begrensende for kapasiteten i casene 3a, 6a og 9a og derfor er det ingen endring i casene 3b, 6b, 9b, 3c, 6c og 9c sammenlignet med casene 3a, 6a og 9a.

5.2 Diskusjon

5.2.1 Bakgrunn

I denne oppgaven ble det forsøkt å finne en løsning for å unngå trykk på tvers av fiberretningen i dekkelementet i bygg av massivtre uten bruk av stål som forsterkende element. Bakgrunnen for dette er at trykk på tvers av fiberretningen i dekkeelementet kan være en utfordring i bygg av massivtre. Vi har som utgangspunktet sett på hva som er vanlig løsning i sammenføyningen av dekke/vegg elementer. Det ble lagt vekt på å avdekke om en ny løsning kunne gi tilsvarende eller bedre resultater i forhold til det som er definert som vanlig løsning. Som følge av resultatene fra denne oppgaven mener gruppen at fingerskjøtløsningen har potensiale til å løse utfordringen med trykk på tvers av fiberretningen.

5.2.2 Resultat og analyse

For å finne en løsning for å unngå trykk på tvers av fiberretningen i dekkeelementet har vi utført en metode som vi kaller fingerskjøtløsning. Vi har sammenlignet denne metoden med den løsningen som blir mest brukt da oppgaven ble skrevet.

For å gjennomføre denne oppgaven har vi sett på totalt 48 caser fordelt på tre alternativer; a, b og

c med forskjellig $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ forhold.

Alternativ a er med $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ forhold lik 40/60,

Alternativ b er med $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ forhold lik 50/50.

og case c er med $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ forhold lik 60/40.

Hvert alternativ er tildelt til 16 subcaser (tilfeller) med ulike dekke- og veggykkelse sammenføringer. Gruppen så at skjærkapasiteten til dekkeelementet blir redusert betraktelig når forholdet $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ økes. Denne reduksjonen av skjærkapasiteten er på grunn av utskjæringen i selve dekkeelementet på opplegget.

Når forholdet mellom $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ økes ser vi at tverrsnittets arealet til veggelementet økes tilsvarende, og dette medfører at kapasiteten øker for b og c, da disse har større tapp som kan ta opp større krefter. I casene der det er bruddgrensetilstanden søyleknekking som er begrensende for kapasiteten har fingerskjøtløsningen en lavere kapasitet enn den vanlige løsningen uavhengig av om forholdet $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ økes. I casene der det er trykk på tvers av fiberretningen i dekkeelementet som er begrensende for kapasiteten i den vanlige løsningen har fingerskjøtløsningen en høyere kapasitet enn den vanlige løsningen.

I den vanlige løsningen hvor trykk på tvers av fiberretningen i dekkeelementet er begrensende for kapasiteten, har bruddgrensetilstanden søyleknekking eller aksialt trykk i tappen for veggelementet blitt begrensende for kapasiteten for fingerskjøtløsningen. Dette medfører at trykk på tvers av fiberretningen i sammenføringen av dekke/vegg elementene et unngått med fingerskjøtløsningen. Når vi ser på kapasiteten for fingerskjøtløsningen med forholdene $b_{\text{tapp,vegg}}/b_{\text{tapp,dekke}}$ lik 50/50 og 60/40 er det ikke stor forskjell i kapasitetsøkningen.

5.2.3 Diskusjon av metode

I denne oppgaven ble det lagt vekt på å avdekke om en ny løsning kunne gi tilsvarende eller bedre resultater i forhold til det som er definert som vanlig løsning. Det var også viktig for gruppen å kunne sammenligne ulike sammensetninger av dekke- og veggelementer, med mål om at resultatene skulle bli mer anvendbare i videreutvikling av løsningen.

Det ble derfor utført beregninger med formler og beregningsmetoder hentet fra *Canadian CLT Handbook*, *NS-EN 16351* samt *CEN/TC 250/SC 5*. Disse kildene har gruppen ansett som gode og

pålitelige.

Ved å gjennomføre en empirisk studie av dette omfanget med totalt 48 ulike situasjoner mener gruppen at datagrunnlaget er godt nok til å kunne sammenligne de ulike løsningene og se de ulike begrensningene og mulighetene den nye løsningen gir.

5.3 Forbedringer og videre arbeid

5.3.1 Hva kunne vært gjort bedre

Ny versjon av NS-EN 16351 kom ut i mars 2021, det burde vært kontrollert hvilke endringer dette hadde for beregningene. Det burde også vært gjennomført beregninger med fingerskjøtløsningen i et bygg av massivtre, men gruppen lyktes ikke å komme i kontakt med noen som kunne oppgi tegninger for et relevant bygg.

5.3.2 Forslag til videre arbeid

Gruppen har ikke vurdert hvordan festemidler skal plasseres og utformes for å kunne gi tilstrekkelig kapasitet til å forankre fingerskjøtløsningen. Dette er noe som må kartlegges og vurderes før løsningen kan tas i bruk. Det er også uklart hvordan tappene i fingerskjøtløsningen skal plasseres samt hvilke dimensjoner for b_{tapp} som kan vil gi effektiv produksjon og montasje. Dette er trolig avhengig av fabrikkens fasiliteter og byggets og elementenes utforming.

Siden fingerskjøtløsningen reduserer skjærkapasiteten til dekkelementet betraktelig bør det kartlegges om en slik reduksjon kan aksepteres eller om det må utarbeides løsninger for å øke denne kapasiteten eller redusere den opptredende skjærkraften.

Det bør også kartlegges om fingerskjøtløsningen skaper utfordringer med tanke på lyd, brann, nedbøyning og vibrasjon.

6 Konklusjon

Som utgangspunkt hadde denne oppgaven et mål om å unngå trykk på tvers av fiberretningen uten bruk av stål som forsterkende element. Som følge av dette ble det utarbeidet en løsning kalt fingerskjøtløsningen.

I oppgaven blir denne løsningen sammenliknet med det som vi har definert som den vanlige løsningen for sammenføyning av dekke- og veggelement og kontrollert med empiriske beregninger. Som følge av resultatene kan gruppen konkludere med at fingerskjøt løsningen kan, i tilfeller der det er trykk på tvers av fiberretningen i dekkelementet for den vanlige løsningen som er begrensende for kapasiteten, erstatte den vanlige løsningen dersom dekkelementet har nok skjærkapasitet.

Gruppen mener at fingerskjøt løsningen kan bidra til å løse utfordringen med trykk på tvers av fiberretningen i dekkelementer.

Litteraturliste

- Arge, K. (2003) *Generalitet, fleksibilitet og elastisitet i kontorbygninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/publikasjoner/prosjektrapport-340.pdf> (Hentet: 2. april 2021).
- Blass&Fellmoser (2004) Design of solid wood panels with crosslayers. Tilgjengelig fra: http://support.sbcindustry.com/Archive/2004/jun/Paper_158.pdf.
- CEN/TC 250/SC 5 (2020) Consolidated Version prEN 1995-1-1 20xx v2 short.
- EPD-Norge (2021) *Hva er en EPD?* Tilgjengelig fra: <https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/> (Hentet: 01 april 2021).
- FPIinnovations (2013) *CLT Handbook CROSS-LAMINATED TIMBER U.S. EDITION*. Tilgjengelig fra: <https://info.thinkwood.com/clt-handbook> (Hentet: 20. Januar 2021).
- FPIinnovations (2019) *Canadian CLT Handbook*. Tilgjengelig fra: <https://web.fpinnovations.ca/clt/> (Hentet: 20. januar 2021).
- Norsk Treteknisk Institutt (2006a) Håndbok-bygge med Massivtreelementer *Hefte 5 Lyd*. Treteknisk.no. Tilgjengelig fra: <http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/teknisk-handbok/Hefte-5-Lyd.pdf> (Hentet: 20. Januar 2021).
- Norsk Treteknisk Institutt (2006b) Håndbok-bygge med Massivtreelementer *Hefte 3 Dimensjonering*. Treteknisk.no. Tilgjengelig fra: <http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/teknisk-handbok/Hefte-3-Dimensjonering.pdf> (Hentet: 20. Januar 2021).
- Norsk Treteknisk Institutt (2006c) Håndbok - bygge med Massivtreelementer *Hefte 1 Generelt*. Treteknisk.no. Tilgjengelig fra: <http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/teknisk-handbok/Hefte-1-Generelt.pdf> (Hentet: 18. Januar 2021).
- Norsk Treteknisk Institutt (2006d) Håndbok-bygge med Massivtreelementer *Hefte 2 Byggeteknikk*. Treteknisk.no. Tilgjengelig fra: <http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/teknisk-handbok/Hefte-2-Byggeteknikk.pdf> (Hentet: 20. Januar 2021).
- Norsk Treteknisk Institutt (2006e) Håndbok - bygge med Massivtreelementer *Hefte 1 Generelt*. Treteknisk.no. Tilgjengelig fra: <http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/teknisk-handbok/Hefte-1-Generelt.pdf> (Hentet: 18. Januar 2021).
- Norsk Treteknisk institutt (2007) Fokus på tre (massivtre) (b. 20, s. 8). Tilgjengelig fra: <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/20-Massivtre.pdf> (Hentet: 17 februar 2021).
- Standard Norge (2004) *NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 Prosjektering av trekonstruksjoner Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger*. Tilgjengelig fra:

<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=436137> (Hentet: 20. Januar 2021).

Standard Norge (2016a) *NS-EN 338:2016 Kontruksjonstrevirke - Fasthetsklasser*. (Hentet: 23.03.2021).

Standard Norge (2016b) *NS-EN 16351:2015 Trekonstruksjoner Krysslimt massivtreelement Krav*. Tilgjengelig fra:

<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=795701> (Hentet: 18. Februar 2020).

Trefokus.no (2009) *Treindustriens lille grønne*. Tilgjengelig fra:

<http://www.trefokus.no/publikasjoner/trest> (Hentet: 19. April 2021).

Trefokus.no (2020) *Trefokus/Massivtre*. Tilgjengelig fra:

<http://www.trefokus.no/treveilederen/temaer/byggesystemer/massivtre>.

Tronstad, S. og Steiner, Y. (2008) *Nr.33 Rett trelast*. Tilgjengelig fra:

<http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/33-Rett-trelast.pdf> (Hentet: 4. april 2021).

Vedlegg

VEDLEGG 1 E-post fra Hanne Winger Kalstad



Hanne Winger Kalstad <hwk@standard.no>

fr. 16.04.2021 11:41

Til: Erik Skjennum

Hei, og takk for henvendelsen.

Vi tillater bruk av det nevnte innholdet i deres oppgave, med forutsetning av at dere bruker følgende opphavsrettsnotis i tilknytning til gjengivelsen:

Formlene 2.17 «Dimensjonerende bæreevne» og 6.4 «Trykk vinkelrett på fiberretningen fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010, samt formel 4 «corrected sizes and moisture deformation factor» fra NS-EN 16351:2015 er gjengitt av [Sett inn navn på de som gjengir] til bruk i oppgaven [sett inn navn på oppgaven] med tillatelse fra Standard Online AS i april 2021. Standard Online er ikke ansvarlig for eventuelle feil i gjengitt materiale. Se www.standard.no.

Til informasjon er sistnevnte standard trukket tilbake og erstattet av ny utgave nå i mars 2021. Se mer informasjon her: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1347332>

Lykke til med oppgaven.

Med hilsen

Hanne Winger Kalstad

Markedssjef / Nestleder

Mobil 930 89 793

hwk@standard.no

Standard Online AS

Postboks 252, 1326 Lysaker

Lilleakerveien 2A, 0283 Oslo

Formlene 2.17 «Dimensjonerende bæreevne» og 6.4 «Trykk vinkelrett på fiberretningen fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010, samt formel 4 «corrected sizes and moisture deformation factor» fra NS-EN 16351:2015 er gjengitt av «Biniam Tsegai Haile, Erik Skjennum og Karl Henrik Aasen Nerland» til bruk i oppgaven «Hvordan unngå trykk på tvers av fiberretning i vegg-dekke sammenføyning med KL-tre» med tillatelse fra Standard Online AS i april 2021. Standard Online er ikke ansvarlig for eventuelle feil i gjengitt materiale. Se www.standard.no.

VEDLEGG 2. Resultater av beregninger [Alle verdier i kN]

Sammendrag fra CASE				1a		Sammendrag fra CASE				2a	
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning				For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapazität for skjærkraft						Kapazität for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	102	$F_{R,V,k}$	61			$F_{R,V,k}$	102	$F_{R,V,k}$	61		
For aksial trykkraft i overliggende vegg						For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	299					$F_{R,c,90,k}$	356				
$F_{R,c,0,k,red}$	119	$F_{R,c,0,k,red}$	107			$F_{R,c,0,k,red}$	218	$F_{R,c,0,k,red}$	197		
$F_{R,c,0,k}$	882	$F_{R,c,0,k,tap}$	350			$F_{R,c,0,k}$	882	$F_{R,c,0,k,tap}$	350		
$F_{R,min}$	119		107			$F_{R,min}$	218		197		
Sammendrag fra CASE				3a		Sammendrag fra CASE				4a	
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning				For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapazität for skjærkraft						Kapazität for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	102	$F_{R,V,k}$	61			$F_{R,V,k}$	102	$F_{R,V,k}$	61		
For aksial trykkraft i overliggende vegg						For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	475					$F_{R,c,90,k}$	570				
$F_{R,c,0,k,red}$	558	$F_{R,c,0,k,red}$	515			$F_{R,c,0,k,red}$	559	$F_{R,c,0,k,red}$	521		
$F_{R,c,0,k}$	1386	$F_{R,c,0,k,tap}$	550			$F_{R,c,0,k}$	1155	$F_{R,c,0,k,tap}$	459		
$F_{R,min}$	475		515			$F_{R,min}$	559		459		
Sammendrag fra CASE				5a		Sammendrag fra CASE				6a	
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning				For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapazität for skjærkraft						Kapazität for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	124	$F_{R,V,k}$	74			$F_{R,V,k}$	124	$F_{R,V,k}$	74		
For aksial trykkraft i overliggende vegg						For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	356					$F_{R,c,90,k}$	475				
$F_{R,c,0,k,red}$	218	$F_{R,c,0,k,red}$	194			$F_{R,c,0,k,red}$	558	$F_{R,c,0,k,red}$	509		
$F_{R,c,0,k}$	882	$F_{R,c,0,k,tap}$	350			$F_{R,c,0,k}$	1386	$F_{R,c,0,k,tap}$	550		
$F_{R,min}$	218		194			$F_{R,min}$	475		509		

Sammendrag fra CASE				7a	Sammendrag fra CASE				8a
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning		For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapasitet for skjærkraft				Kapasitet for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	124	$F_{R,V,k}$	74	$F_{R,V,k}$	124	$F_{R,V,k}$	74		
For aksial trykkraft i overliggende vegg				For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	570			$F_{R,c,90,k}$	665				
$F_{R,c,0,k,red}$	559	$F_{R,c,0,k,red}$	516	$F_{R,c,0,k,red}$	1035	$F_{R,c,0,k,red}$	965		
$F_{R,c,0,k}$	1155	$F_{R,c,0,k,tap}$	459	$F_{R,c,0,k}$	1888	$F_{R,c,0,k,tap}$	749		
$F_{R,min}$	559		459	$F_{R,min}$	665		749		
Sammendrag fra CASE				9a	Sammendrag fra CASE				10a
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning		For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapasitet for skjærkraft				Kapasitet for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	143	$F_{R,V,k}$	86	$F_{R,V,k}$	143	$F_{R,V,k}$	86		
For aksial trykkraft i overliggende vegg				For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	475			$F_{R,c,90,k}$	570				
$F_{R,c,0,k,red}$	558	$F_{R,c,0,k,red}$	503	$F_{R,c,0,k,red}$	559	$F_{R,c,0,k,red}$	511		
$F_{R,c,0,k}$	1386	$F_{R,c,0,k,tap}$	550	$F_{R,c,0,k}$	1155	$F_{R,c,0,k,tap}$	459		
$F_{R,min}$	475		503	$F_{R,min}$	559		459		
Sammendrag fra CASE				11a	Sammendrag fra CASE				12a
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning		For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapasitet for skjærkraft				Kapasitet for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	143	$F_{R,V,k}$	86	$F_{R,V,k}$	143	$F_{R,V,k}$	86		
For aksial trykkraft i overliggende vegg				For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	665			$F_{R,c,90,k}$	760				
$F_{R,c,0,k,red}$	1035	$F_{R,c,0,k,red}$	957	$F_{R,c,0,k,red}$	1223	$F_{R,c,0,k,red}$	1155		
$F_{R,c,0,k}$	1888	$F_{R,c,0,k,tap}$	749	$F_{R,c,0,k}$	1809	$F_{R,c,0,k,tap}$	718		
$F_{R,min}$	665		749	$F_{R,min}$	760		718		

Sammendrag fra CASE				13a	Sammendrag fra CASE				14a
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning		For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapasitet for skjærkraft				Kapasitet for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	165	$F_{R,V,k}$	98	$F_{R,V,k}$	165	$F_{R,V,k}$	98		
For aksial trykkraft i overliggende vegg				For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	570			$F_{R,c,90,k}$	665				
$F_{R,c,0,k,red}$	559	$F_{R,c,0,k,red}$	506	$F_{R,c,0,k,red}$	1035	$F_{R,c,0,k,red}$	948		
$F_{R,c,0,k}$	1155	$F_{R,c,0,k,tap}$	459	$F_{R,c,0,k}$	1888	$F_{R,c,0,k,tap}$	749		
$F_{R,min}$	559		459	$F_{R,min}$	665		749		
Sammendrag fra CASE				15a	Sammendrag fra CASE				16a
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning		For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapasitet for skjærkraft				Kapasitet for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	165	$F_{R,V,k}$	98	$F_{R,V,k}$	165	$F_{R,V,k}$	98		
For aksial trykkraft i overliggende vegg				For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	760			$F_{R,c,90,k}$	855				
$F_{R,c,0,k,red}$	1223	$F_{R,c,0,k,red}$	1147	$F_{R,c,0,k,red}$	1437	$F_{R,c,0,k,red}$	1370		
$F_{R,c,0,k}$	1809	$F_{R,c,0,k,tap}$	718	$F_{R,c,0,k}$	1888	$F_{R,c,0,k,tap}$	749		
$F_{R,min}$	760		718	$F_{R,min}$	855		749		

Sammendrag fra CASE				1b	Sammendrag fra CASE				2b
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning		For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapasitet for skjærkraft				Kapasitet for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	102	$F_{R,V,k}$	51	$F_{R,V,k}$	102	$F_{R,V,k}$	51		
For aksial trykkraft i overliggende vegg				For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	299			$F_{R,c,90,k}$	356				
$F_{R,c,0,k,red}$	119	$F_{R,c,0,k,red}$	107	$F_{R,c,0,k,red}$	218	$F_{R,c,0,k,red}$	197		
$F_{R,c,0,k}$	882	$F_{R,c,0,k,tap}$	438	$F_{R,c,0,k}$	882	$F_{R,c,0,k,tap}$	438		
$F_{R,min}$	119		107	$F_{R,min}$	218		197		

Sammendrag fra CASE				3b		Sammendrag fra CASE				4b	
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning				For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapazität for skjærkraft						Kapazität for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	102	$F_{R,V,k}$	51			$F_{R,V,k}$	102	$F_{R,V,k}$	51		
For aksial trykkraft i overliggende vegg						For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	475					$F_{R,c,90,k}$	570				
$F_{R,c,0,k,red}$	558	$F_{R,c,0,k,red}$	515			$F_{R,c,0,k,red}$	559	$F_{R,c,0,k,red}$	521		
$F_{R,c,0,k}$	1386	$F_{R,c,0,k,tap}$	688			$F_{R,c,0,k}$	1155	$F_{R,c,0,k,tap}$	573		
$F_{R,min}$	475		515			$F_{R,min}$	559		521		
Sammendrag fra CASE				5b		Sammendrag fra CASE				6b	
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning				For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapazität for skjærkraft						Kapazität for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	124	$F_{R,V,k}$	62			$F_{R,V,k}$	124	$F_{R,V,k}$	62		
For aksial trykkraft i overliggende vegg						For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	356					$F_{R,c,90,k}$	475				
$F_{R,c,0,k,red}$	218	$F_{R,c,0,k,red}$	194			$F_{R,c,0,k,red}$	558	$F_{R,c,0,k,red}$	509		
$F_{R,c,0,k}$	882	$F_{R,c,0,k,tap}$	438			$F_{R,c,0,k}$	1386	$F_{R,c,0,k,tap}$	688		
$F_{R,min}$	218		194			$F_{R,min}$	475		509		
Sammendrag fra CASE				7b		Sammendrag fra CASE				8b	
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning				For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapazität for skjærkraft						Kapazität for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	124	$F_{R,V,k}$	62			$F_{R,V,k}$	124	$F_{R,V,k}$	62		
For aksial trykkraft i overliggende vegg						For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	570					$F_{R,c,90,k}$	665				
$F_{R,c,0,k,red}$	559	$F_{R,c,0,k,red}$	516			$F_{R,c,0,k,red}$	1035	$F_{R,c,0,k,red}$	965		
$F_{R,c,0,k}$	1155	$F_{R,c,0,k,tap}$	573			$F_{R,c,0,k}$	1888	$F_{R,c,0,k,tap}$	937		
$F_{R,min}$	559		516			$F_{R,min}$	665		937		

Sammendrag fra CASE				9b		Sammendrag fra CASE				10b	
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning				For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapazität for skjærkraft						Kapazität for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	143	$F_{R,V,k}$	71			$F_{R,V,k}$	143	$F_{R,V,k}$	71		
For aksial trykkraft i overliggende vegg						For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	475					$F_{R,c,90,k}$	570				
$F_{R,c,0,k,red}$	558	$F_{R,c,0,k,red}$	503			$F_{R,c,0,k,red}$	559	$F_{R,c,0,k,red}$	511		
$F_{R,c,0,k}$	1386	$F_{R,c,0,k,tap}$	688			$F_{R,c,0,k}$	1155	$F_{R,c,0,k,tap}$	573		
$F_{R,min}$	475		503			$F_{R,min}$	559		511		
Sammendrag fra CASE				11b		Sammendrag fra CASE				12b	
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning				For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapazität for skjærkraft						Kapazität for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	143	$F_{R,V,k}$	71			$F_{R,V,k}$	143	$F_{R,V,k}$	71		
For aksial trykkraft i overliggende vegg						For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	665					$F_{R,c,90,k}$	760				
$F_{R,c,0,k,red}$	1035	$F_{R,c,0,k,red}$	957			$F_{R,c,0,k,red}$	1223	$F_{R,c,0,k,red}$	1155		
$F_{R,c,0,k}$	1888	$F_{R,c,0,k,tap}$	937			$F_{R,c,0,k}$	1809	$F_{R,c,0,k,tap}$	898		
$F_{R,min}$	665		937			$F_{R,min}$	760		898		
Sammendrag fra CASE				13b		Sammendrag fra CASE				14b	
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning				For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapazität for skjærkraft						Kapazität for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	165	$F_{R,V,k}$	82			$F_{R,V,k}$	165	$F_{R,V,k}$	82		
For aksial trykkraft i overliggende vegg						For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	570					$F_{R,c,90,k}$	665				
$F_{R,c,0,k,red}$	559	$F_{R,c,0,k,red}$	506			$F_{R,c,0,k,red}$	1035	$F_{R,c,0,k,red}$	948		
$F_{R,c,0,k}$	1155	$F_{R,c,0,k,tap}$	573			$F_{R,c,0,k}$	1888	$F_{R,c,0,k,tap}$	937		
$F_{R,min}$	559		506			$F_{R,min}$	665		937		

Sammendrag fra CASE				Sammendrag fra CASE			
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning		For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning	
Kapazität for skjærkraft				Kapazität for skjærkraft			
$F_{R,V,k}$	165	$F_{R,V,k}$	82	$F_{R,V,k}$	165	$F_{R,V,k}$	82
For aksial trykkraft i overliggende vegg				For aksial trykkraft i overliggende vegg			
$F_{R,c,90,k}$	760			$F_{R,c,90,k}$	855		
$F_{R,c,0,k,red}$	1223	$F_{R,c,0,k,red}$	1147	$F_{R,c,0,k,red}$	1437	$F_{R,c,0,k,red}$	1370
$F_{R,c,0,k}$	1809	$F_{R,c,0,k,tap}$	898	$F_{R,c,0,k}$	1888	$F_{R,c,0,k,tap}$	937
$F_{R,min}$	760		898	$F_{R,min}$	855		937

Sammendrag fra CASE				Sammendrag fra CASE			
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning		For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning	
Kapazität for skjærkraft				Kapazität for skjærkraft			
$F_{R,V,k}$	102	$F_{R,V,k}$	41	$F_{R,V,k}$	102	$F_{R,V,k}$	41
For aksial trykkraft i overliggende vegg				For aksial trykkraft i overliggende vegg			
$F_{R,c,90,k}$	299			$F_{R,c,90,k}$	356		
$F_{R,c,0,k,red}$	119	$F_{R,c,0,k,red}$	107	$F_{R,c,0,k,red}$	218	$F_{R,c,0,k,red}$	197
$F_{R,c,0,k}$	882	$F_{R,c,0,k,tap}$	525	$F_{R,c,0,k}$	882	$F_{R,c,0,k,tap}$	525
$F_{R,min}$	119		107	$F_{R,min}$	218		197
Sammendrag fra CASE				Sammendrag fra CASE			
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning		For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning	
Kapazität for skjærkraft				Kapazität for skjærkraft			
$F_{R,V,k}$	102	$F_{R,V,k}$	41	$F_{R,V,k}$	102	$F_{R,V,k}$	41
For aksial trykkraft i overliggende vegg				For aksial trykkraft i overliggende vegg			
$F_{R,c,90,k}$	475			$F_{R,c,90,k}$	570		
$F_{R,c,0,k,red}$	558	$F_{R,c,0,k,red}$	515	$F_{R,c,0,k,red}$	559	$F_{R,c,0,k,red}$	521
$F_{R,c,0,k}$	1386	$F_{R,c,0,k,tap}$	825	$F_{R,c,0,k}$	1155	$F_{R,c,0,k,tap}$	688
$F_{R,min}$	475		515	$F_{R,min}$	559		521

Sammendrag fra CASE				5c		Sammendrag fra CASE				6c	
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning				For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapazität for skjærkraft						Kapazität for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	124	$F_{R,V,k}$	49			$F_{R,V,k}$	124	$F_{R,V,k}$	49		
For aksial trykkraft i overliggende vegg						For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	356					$F_{R,c,90,k}$	475				
$F_{R,c,0,k,red}$	218	$F_{R,c,0,k,red}$	194			$F_{R,c,0,k,red}$	558	$F_{R,c,0,k,red}$	509		
$F_{R,c,0,k}$	882	$F_{R,c,0,k,tap}$	525			$F_{R,c,0,k}$	1386	$F_{R,c,0,k,tap}$	825		
$F_{R,min}$	218		194			$F_{R,min}$	475		509		
Sammendrag fra CASE				7c		Sammendrag fra CASE				8c	
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning				For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapazität for skjærkraft						Kapazität for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	124	$F_{R,V,k}$	49			$F_{R,V,k}$	124	$F_{R,V,k}$	49		
For aksial trykkraft i overliggende vegg						For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	570					$F_{R,c,90,k}$	665				
$F_{R,c,0,k,red}$	559	$F_{R,c,0,k,red}$	516			$F_{R,c,0,k,red}$	1035	$F_{R,c,0,k,red}$	965		
$F_{R,c,0,k}$	1155	$F_{R,c,0,k,tap}$	688			$F_{R,c,0,k}$	1888	$F_{R,c,0,k,tap}$	1124		
$F_{R,min}$	559		516			$F_{R,min}$	665		965		
Sammendrag fra CASE				9c		Sammendrag fra CASE				10c	
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning				For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapazität for skjærkraft						Kapazität for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	143	$F_{R,V,k}$	57			$F_{R,V,k}$	143	$F_{R,V,k}$	57		
For aksial trykkraft i overliggende vegg						For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	475					$F_{R,c,90,k}$	570				
$F_{R,c,0,k,red}$	558	$F_{R,c,0,k,red}$	503			$F_{R,c,0,k,red}$	559	$F_{R,c,0,k,red}$	511		
$F_{R,c,0,k}$	1386	$F_{R,c,0,k,tap}$	825			$F_{R,c,0,k}$	1155	$F_{R,c,0,k,tap}$	688		
$F_{R,min}$	475		503			$F_{R,min}$	559		511		

Sammendrag fra CASE				11c	Sammendrag fra CASE				12c
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning		For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapazität for skjærkraft				Kapazität for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	143	$F_{R,V,k}$	57	$F_{R,V,k}$	143	$F_{R,V,k}$	57		
For aksial trykkraft i overliggende vegg				For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	665			$F_{R,c,90,k}$	760				
$F_{R,c,0,k,red}$	1035	$F_{R,c,0,k,red}$	957	$F_{R,c,0,k,red}$	1223	$F_{R,c,0,k,red}$	1155		
$F_{R,c,0,k}$	1888	$F_{R,c,0,k,tap}$	1124	$F_{R,c,0,k}$	1809	$F_{R,c,0,k,tap}$	1077		
$F_{R,min}$	665		957	$F_{R,min}$	760		1077		
Sammendrag fra CASE				13c	Sammendrag fra CASE				14c
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning		For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapazität for skjærkraft				Kapazität for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	165	$F_{R,V,k}$	66	$F_{R,V,k}$	165	$F_{R,V,k}$	66		
For aksial trykkraft i overliggende vegg				For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	570			$F_{R,c,90,k}$	665				
$F_{R,c,0,k,red}$	559	$F_{R,c,0,k,red}$	506	$F_{R,c,0,k,red}$	1035	$F_{R,c,0,k,red}$	948		
$F_{R,c,0,k}$	1155	$F_{R,c,0,k,tap}$	688	$F_{R,c,0,k}$	1888	$F_{R,c,0,k,tap}$	1124		
$F_{R,min}$	559		506	$F_{R,min}$	665		948		
Sammendrag fra CASE				15c	Sammendrag fra CASE				16c
For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning		For vanlig sammenføyning		For fingerskjøtsammenføyning			
Kapazität for skjærkraft				Kapazität for skjærkraft					
$F_{R,V,k}$	165	$F_{R,V,k}$	66	$F_{R,V,k}$	165	$F_{R,V,k}$	66		
For aksial trykkraft i overliggende vegg				For aksial trykkraft i overliggende vegg					
$F_{R,c,90,k}$	760			$F_{R,c,90,k}$	855				
$F_{R,c,0,k,red}$	1223	$F_{R,c,0,k,red}$	1147	$F_{R,c,0,k,red}$	1437	$F_{R,c,0,k,red}$	1370		
$F_{R,c,0,k}$	1809	$F_{R,c,0,k,tap}$	1077	$F_{R,c,0,k}$	1888	$F_{R,c,0,k,tap}$	1124		
$F_{R,min}$	760		1077	$F_{R,min}$	855		1124		

