



OSLO METROPOLITAN UNIVERSITY
STORBYUNIVERSITETET

Institutt for Bygg- og energiteknikk - Bygg

Postadresse: Postboks 4 St. Olavs plass, 0130 Oslo

Besøksadresse: Pilestredet 35, Oslo

GRUPPE NR.

7

TILGJENGELIGHET

Åpen

Telefon: 67 23 50 00

www.oslomet.no

BACHELOROPPGAVE

BACHELOROPPGAVENS TITTEL Tilfredsstille krav til brann og bæring av byggverk i trekonstruksjoner	DATO 24. Mai 2022
	ANTALL SIDER / ANTALL VEDLEGG 122 / 35
FORFATTERE Hasan Güven Ali Hussain Brwa Aurahman	VEILEDER Björn Täljsten

UTFØRT I SAMARBEID MED Hersleth Entreprenør AS	KONTAKTPERSON Reinert Hersleth
--	--

SAMMENDRAG Bacheloroppgaven er utformet i samarbeid med Hersleth Entreprenør. Tema og problemstilling for oppgaven er å tilfredsstille krav fra forskriftene som omfatter brann og bæring av boligbygg med trekonstruksjoner som bæresystem. Formålet med oppgaven er å analysere et av byggverkene på Vestbyhagen, et byggeprosjekt fra entreprenøren, etter en vertikal ekspansjon på to etasjer. Problemstillingen løses ved bruk av teorikunnskaper, håndberegninger og programvarer. Avsluttende konkluderes oppgaven med at byggverket er tilfredsstilt i henhold til byggeteknisk forskrift for både bæring og branndimensjonering.
--

3 STIKKORD
Brann
Dimensjonering
Forskrifter

Forord

Denne bacheloroppgaven er en avsluttende oppgave på byggingeniør utdanningen ved Storbyuniversitetet i Oslo. Rapporten er skrevet våren 2022 av Hasan Güven, Brwa Aurahman og Ali Hussain. Alle har valgt retningen konstruksjonsteknikk.

Oppgaven er skrevet i samarbeid med Hersleth Entreprenør. Selskapet har hatt en stor betydning for tematikken i oppgaven. Gruppen har fått muligheten til å dra på en befaring på et byggeprosjekt kalt for Kjærnesshagen. Denne har fellestrekk i byggeteknikken anvendt i et annet byggeprosjekt kalt for Vesbyhagen som er benyttet under case studie i denne rapporten. Gruppen takker for all samarbeidet med selskapet. I tillegg takker gruppen Odd Grøthe fra rådgivningsselskapet WSP, rådgiver for tidligere prosjekter i Vestbyhagen. Til slutt vil vi takke vår interne veileder Björn Täljsten for god veiledning gjennom hele prosjektperioden.

Sted, dato: Oslo, 24. Mai 2022



Hasan Güven



Ali Hussain



Brwa Aurahman

Sammendrag

Bacheloroppgaven er utformet i samarbeid med Hersleth Entreprenør. Tema for oppgaven er å tilfredsstille krav fra forskriftene som omfatter brann og bæring av boligbygg med trekonstruksjoner som bæresystem. Bæresystemet er av elementene trestendere, KL-tre og limtre. Formålet med oppgaven er å analysere et av byggverkene på Vestbyhagen, nemlig blokk D, etter en vertikal ekspansjon på to etasjer. Byggverket er benyttet som case studie.

Problemstillingen blir besvart igjennom to veiledende delspørsmål. Delspørsmålene omfatter krav fra forskriftene og analyse av tilsvarende byggeprosjekter utført både nasjonalt og internasjonalt. Benyttede metoder er case studie, håndberegninger og programvarer for dimensjonering. Case studie er bygget opp igjennom teorikunnskapene fra byggt teknisk forskrift og deres preaksepterte ytelser, blant annet Eurokodene og Byggforskserien. Brukte programvarer for dimensjonering er Tekla Tedds og Calculatis. Dimensjoneringen baserer seg på IFC-filen og arkitekttegninger tilgjengeliggjort av Hersleth Entreprenør, samt beregninger fra deres rådgiverselskap WSP.

Konklusjonen i rapporten er at byggverket blir tilfredsstilt i henhold til byggt teknisk forskrift med gitte avgrensninger. For å tilfredsstille branndimensjoneringen på byggverket blokk D på 6 etasjer er det gjort endringer i elementene og brukt blant annet materialer klassifisert som begrenset brennbar.

Abstract

The bachelor thesis is constructed in cooperation with Hersleth Entreprenør. The theme of the thesis is the satisfaction of the requirements found in the regulations in regards of fire and bearing engineering of residential buildings with wooden constructions as its load carrying system. The load carrying system is made up of wooden studs, CLT and glulam. The purpose of the thesis is to analyze one of the constructions at Vestbyhagen, block D, after a vertical expansion of two stories. Thus, this construction is used in the case-study.

The issue is answered through two guiding questions. The guiding questions include requirements from regulations and analysis of equal construction-projects executed both nationally and internationally. The methods used are case-study, hand-made calculations and use of software. The used software for design are Tekla Tedds and Calculatis. The designing process is based around the IFC-file and the architecture sketches provided by Hersleth Entreprenør as well as calculations provided through their consulting company WSP.

The conclusion of the thesis is that the construction is satisfactory regarding the building regulations. In order to satisfy the fire engineering part of the building at block D with six stories, there are changes done to the elements, as well as the materials being equipped having the classification "limited combustible".

Innhold

Tilfredsstillende krav til brann og bæring av bygg i trekonstruksjoner

FORORD	II
SAMMENDRAG	III
ABSTRACT	IV
TERMINOLOGIER OG FORKORTELSER	XIII
1. INNLEDNING	1
1.1 BAKGRUNN	1
1.2 FORMÅL	2
1.3 PROBLEMSTILLING	2
1.4 AVGRENSNING	3
2. TEORI	5
2.1 GENERELT	5
2.1.1 <i>KL-tre (massivtre)</i>	5
2.1.2 <i>Limtre</i>	10
2.2 KRAV TIL BRANN OG BÆRING I LOVVERKET	13
2.2.1 <i>Sikkerhet ved brann</i>	15
2.2.2 <i>Risikoklasse</i>	15
2.2.3 <i>Brannklasser</i>	16
2.2.4 <i>Bæreevne og stabilitet</i>	18
2.2.5 <i>Brannseksjoner</i>	20
2.2.6 <i>Brannceller</i>	21
2.2.7 <i>Materialer og produkters egenskaper ved brann</i>	22
2.2.7.1 <i>Brannklassifisering av brannmotstand</i>	24
2.2.7.2 <i>Brannklassifisering av byggprodukters egenskaper</i>	26
2.2.8 <i>Personlig og materiell sikkerhet</i>	27
2.2.9 <i>Konstruksjonsikkerhet</i>	27
2.3 NASJONALE OG INTERNASJONALE LØSNINGER	29
2.3.1 <i>Dimensjonerende brannteknikk</i>	29
2.3.2 <i>Dimensjonerende byggeteknikk</i>	31

2.3.3	<i>Växjö - Den moderne trebyen</i>	36
3.	METODE	39
3.1	VALGTE METODER	39
3.2	FREMGANGSMÅTE	40
4.	CASE STUDIE	43
4.1	STEDSANALYSE	43
4.2	KRAV FRA FORSKRIFTEN TEK17 OG PREAKSEPTERTE YTELSE	46
4.2.1	<i>Risikoklasse</i>	46
4.2.2	<i>Brannklasse</i>	46
4.2.3	<i>Bæreevne og stabilitet</i>	47
4.2.4	<i>Brannseksjon</i>	47
4.2.5	<i>Branncelle</i>	48
4.2.6	<i>Materialer og produkters egenskaper ved brann</i>	48
4.2.7	<i>Konstruksjonsikkerhet</i>	49
4.3	LASTER	49
4.3.1	<i>Materialer</i>	49
4.3.2	<i>Bæresystem</i>	50
4.3.3	<i>Egenlaster</i>	51
4.3.4	<i>Nyttelaster</i>	52
4.3.5	<i>Snølast</i>	53
4.3.6	<i>Vindlaster</i>	53
4.3.7	<i>Skjevstillingslast</i>	56
4.4	DIMENSJONERING.....	57
4.4.1	<i>Bæring</i>	57
	Horisontale elementer	60
4.4.2	<i>Brann</i>	64
5.	RESULTAT OG DISKUSJON	66
5.1	YTTERVEGG I TRESTENDER	66
5.2	SØYLE (BALKONG)	73
5.3	BJELKE (BALKONG).....	77

5.4	DEKKE (BALKONG).....	80
5.5	ETASJESKILLERE	84
5.6	TAK.....	88
5.7	LEILIGHETSKILLEVEGG	94
5.8	INNERVEGG	99
6.	KONKLUSJON	102
7.	VIDERE ARBEID	104
	REFERANSELISTE	105
	VEDLEGG	109

Figurliste

FIGUR 2.1: KL-TRE OPPBYGGING.	5
FIGUR 2.2: FORSKJELLEN MELLOM KL-TRE OG LIMTRE.....	10
FIGUR 2.3: HIERARKIET I BYGGEREGLENE	13
FIGUR 2.4: EKSEMPLER PÅ ANGIVELSE AV BRANNMOTSTAND.....	24
FIGUR 2.5: EKSEMPLER PÅ KLASSEBETEGNELSER.....	26
FIGUR 2.6: EUROKODENE FORDELT I FIRE KATEGORIER	28
FIGUR 2.7: MJØSTÅRNET I BRUMUNDDAL	32
FIGUR 2.8: TREET I BERGEN.....	32
FIGUR 2.9: BÆRESYSTEMET AV WIDC.....	33
FIGUR 2.10: PREFABRIKERT SAMMENBINDINGSELEMENT BRUKT I WIDC	34
FIGUR 2.11: BÆREKONSTRUKSJONEN I BROCK COMMONS TALLWOOD HOUSE I CANADA	34
FIGUR 2.12: INNE I PLATE FIFTEEN BYGGVERKET I USA.....	35
FIGUR 2.13: FASADE AV BYGGVERKET KAJSTADEN I SVERIGE	35
FIGUR 2.14: OMRÅDE BRUKT TIL PROSJEKTET, HVOR LIMNOLOGEN ER MARKERT I RØD.....	36
FIGUR 2.15: LIMNOLOGEN	37
FIGUR 2.16: ELEMENTER: YTTERVEGG, SKILLEVEGG, INNERVEGG OG GULVELEMENT	38
FIGUR 3.1: DIMENSJONERINGSKRITERIER FOR TREKONSTRUKSJONER	41
FIGUR 3.2: FREMGANGSMÅTE FOR DIMENSJONERING AV TREKONSTRUKSJONER	42
FIGUR 4.1: VESTBYHAGEN.....	43
FIGUR 4.2: (A) SITUASJONSPLAN OG (B) PLANKART AV VESTBYHAGEN GITT AV HERSLETH ENTREPRENØR.....	43
FIGUR 4.3: VIND-, TEMPERATUR- OG HØYDEPROFILKART AV VESTBYHAGEN	44
FIGUR 4.4: FASADE AV BLOKK D I VESTBYHAGEN PÅ FIRE ETASJER.....	45
FIGUR 4.5: TIL VENSTRE ER BÆRESYSTEMET I 1. ETASJE OVER FUNDAMENTPLANEN AV VESTBYHAGEN BLOKK D PÅ 6 ETASJER LAGET I REVIT. I MIDTEN ER ARKITEKTTEGNINGEN I SLUTTFASEN OG TIL HØYRE LIGGER ET FORELØPIG PLAN AV BÆRESYSTEMET I STARTFASEN GITT AV HERSLETH ENTREPRENØR I SAMARBEID MED RÅDGIVERSELSKAPET WSP FOR VESTBYHAGEN PÅ 4 ETASJER.	51

FIGUR 4.6: BÆRESYSTEMET SETT FRA ØST-SIDEN AV VESTBYHAGEN BLOKK D PÅ 6 ETASJER MED JEVNT FORDELTE LASTER PÅ BÆRENDE ELEMENTER FRA TAKPLAN TIL FUNDAMENTPLAN. TEGNINGEN ER LAGET I REVIT. BJELKE ELEMENTENE ER FRA ARCAT OG VEGGENE FRA KLH.....	51
FIGUR 5.1: OPPBYGGING AV YTTERVEGG	66
FIGUR 5.2: REVIT: DEN MEST KRITISKE YTTERVEGGEN SOM ER Å BLI DIMENSJONERT.....	67
FIGUR 5.3: ENDELIG TVERRSNITT AV YTTERVEGGEN I TRESTENDERE FOR VESTBYHAGEN BLOKK D PÅ 6 ETASJER.....	72
FIGUR 5.4: REVIT: DEN MEST KRITISKE SØYLEN SOM ER Å BLI DIMENSJONERT.....	73
FIGUR 5.5: SKJERMBILDE FRA VEDLEGG B7. SØYLE (BALKONG): VERDIER OG RESULTATER FRA BRUDDGRENSETILSTAND.	74
FIGUR 5.6: SKJERMBILDE FRA VEDLEGG B7. SØYLE (BALKONG): KONTROLL I BRUDDGRENSETILSTAND...	74
FIGUR 5.7: SKJERMBILDE FRA VEDLEGG B7. SØYLE (BALKONG): VERDIER OG RESULTATER FRA BRUDDGRENSETILSTAND I ET BRANNFORLØP.....	75
FIGUR 5.8: SKJERMBILDE FRA VEDLEGG B7. SØYLE (BALKONG): KONTROLL I BRUDDGRENSETILSTAND I ET BRANNFORLØP.....	75
FIGUR 5.9: SKJERMBILDE FRA VEDLEGG B7. SØYLE (BALKONG): EFFEKTIVE TVERRSNITT.....	75
FIGUR 5.10: REVIT: DEN MEST KRITISKE BJELKEN SOM ER Å BLI DIMENSJONERT.....	77
FIGUR 5.11: SKJERMBILDER FRA VEDLEGG B9. BJELKE (BALKONG): KONTROLL I BRUDDGRENSETILSTAND.	78
FIGUR 5.12: SKJERMBILDER FRA VEDLEGG B9. BJELKE (BALKONG): KONTROLL I BRUKSGRENSETILSTAND.	78
FIGUR 5.13: SKJERMBILDER FRA VEDLEGG B9. BJELKE (BALKONG): KONTROLL I BRUDDGRENSETILSTAND I ET BRANNFORLØP.....	79
FIGUR 5.14: SKJERMBILDE FRA VEDLEGG B9. BJELKE (BALKONG): EFFEKTIVE TVERRSNITT.....	79
FIGUR 5.15: REVIT: DEN MEST KRITISKE BALKONGDEKKE SOM ER Å BLI DIMENSJONERT.....	80
FIGUR 5.16: SKJERMBILDER FRA VEDLEGG B11. DEKKE (BALKONG): KONTROLL I BRUDDGRENSETILSTAND.	81
FIGUR 5.17: SKJERMBILDER FRA VEDLEGG B11. DEKKE (BALKONG): KONTROLL I BRUKSGRENSETILSTAND.	81
FIGUR 5.18: SKJERMBILDE FRA VEDLEGG B11. DEKKE (BALKONG): EFFEKTIVE TVERRSNITT.	82

FIGUR 5.19: ENDELIG TVERRSNITT AV BALKONGDEKKE FOR VESTBYHAGEN BLOKK D PÅ 6 ETASJER	83
FIGUR 5.20: ETASJESKILLER	84
FIGUR 5.21: REVIT: DEN MEST KRITISKE ETASJESKILLEREN SOM ER Å BLI DIMENSJONERT.	85
FIGUR 5.22: SKJERMBILDER FRA VEDLEGG B12. ETASJESKILLER: KONTROLL I BRUDDGRENSETILSTAND..	86
FIGUR 5.23: SKJERMBILDER FRA VEDLEGG B12. ETASJESKILLER: KONTROLL I BRUKSGRENSETILSTAND...	86
FIGUR 5.24: SKJERMBILDE FRA VEDLEGG B12. ETASJESKILLER: EFFEKTIVE TVERRSNITT.	86
FIGUR 5.25: ENDELIG TVERRSNITT AV ETASJESKILLEREN FOR VESTBYHAGEN BLOKK D PÅ 6 ETASJER.....	87
FIGUR 5.26: PRINSIPIELT KAN TAK BYGGES OPP SLIK SOM TIL FIGUREN OVER TIL VENSTRE OG PARAPET KAN BYGGES OPP SLIK SOM VIST I FIGUREN OPPE TIL HØYRE.	88
FIGUR 5.27: PARAPET FOR TAK I BETONG	89
FIGUR 5.28: REVIT: TAKET SOM ER Å BLI DIMENSJONERT.....	90
FIGUR 5.29: SKJERMBILDER FRA VEDLEGG B13. TAK: KONTROLL I BRUDDGRENSETILSTAND.....	91
FIGUR 5.30: SKJERMBILDER FRA VEDLEGG B13. TAK: KONTROLL I BRUKSGRENSETILSTAND.	91
FIGUR 5.31: SKJERMBILDE FRA VEDLEGG B13. TAK: EFFEKTIVE TVERRSNITT.....	92
FIGUR 5.32: ENDELIG TVERRSNITT AV TAKET FOR VESTBYHAGEN BLOKK D PÅ 6 ETASJER	93
FIGUR 5.33: SKILLEVEGG	94
FIGUR 5.34: REVIT: DEN MEST KRITISKE LEILIGHETSSKILLEVEGGEN SOM ER Å BLI DIMENSJONERT.	94
FIGUR 5.35: SKJERMBILDER FRA VEDLEGG B15. LEILIGHETSSKILLEVEGG: KONTROLL I BRUDDGRENSETILSTAND.	95
FIGUR 5.36: SKJERMBILDER FRA VEDLEGG B15. LEILIGHETSSKILLEVEGG: KONTROLL I BRUDDGRENSETILSTAND I ET BRANNFØRLØP.....	95
FIGUR 5.37: SKJERMBILDE FRA VEDLEGG B15. LEILIGHETSSKILLEVEGG: EFFEKTIVE TVERRSNITT.	96
FIGUR 5.38: SKJERMBILDER FRA VEDLEGG B16. LEILIGHETSSKILLEVEGG (ALTERNATIV): KONTROLL I BRUDDGRENSETILSTAND.	97
FIGUR 5.39: SKJERMBILDER FRA VEDLEGG B16. LEILIGHETSSKILLEVEGG (ALTERNATIV): KONTROLL I BRUDDGRENSETILSTAND I ET BRANNFØRLØP.....	97
FIGUR 5.40: ENDELIG TVERRSNITT AV LEILIGHETSSKILLEVEGGEN FOR VESTBYHAGEN BLOKK D PÅ 6 ETASJER	98
FIGUR 5.41: REVIT: DEN MEST KRITISKE INNERVEGGEN SOM ER Å BLI DIMENSJONERT.....	99
FIGUR 5.42: SKJERMBILDER FRA VEDLEGG B17. INNERVEGG: KONTROLL I BRUDDGRENSETILSTAND. ...	100

FIGUR 5.43: SKJERMBILDER FRA VEDLEGG B17. INNERVEGG: KONTROLL I BRUDDGRENSETILSTAND I ET BRANNFØRØP.....	100
FIGUR 5.44: ENDELIG TVERRSNITT AV INNERVEGGEN FOR VESTBYHAGEN BLOKK D PÅ 6 ETASJER	101

Tabelliste

TABELL 2.1: FORDELER OG ULEMPER VED BRUK AV KL-TRE (MASSIVTRE)	7
TABELL 2.2: FORDELER OG ULEMPER VED BRUK AV LIMTRE.....	12
TABELL 2.3: KRAV TIL BRANN OG BÆRING I BYGGVERK I TEK17	14
TABELL 2.4: RISIKOKLASSE	16
TABELL 2.5: ULIKE VIRKSOMHETER OG TILHØRENDE RISIKOKLASSE	16
TABELL 2.6: BRANNKLASSE	17
TABELL 2.7: BRANNKLASSE FOR BYGGVERK	17
TABELL 2.8: BÆRENDE BYGNINGSDELERS BRANNMOTSTAND AVHENGIG AV BRANNKLASSE	19
TABELL 2.9: STØRRELSE PÅ BRANNSEKSJON.....	20
TABELL 2.10: BRANNMOTSTAND FOR SEKSJONERINGSVEGG	20
TABELL 2.11: BRANNMOTSTAND TIL BRANNCELLEBEGRESENDE BYGNINGSDELER	21
TABELL 2.12: YTELSE TIL OVERFLATER OG KLEDNINGER FOR RISIKOKLASSE 1-5	23
TABELL 2.13: YTELSE TIL OVERFLATER OG KLEDNINGER FOR RISIKOKLASSE 6.....	23
TABELL 4.1: BÆRENDE ELEMENTER I VESTBYHAGEN.....	50
TABELL 4.2: EGENLASTER	52
TABELL 4.3: NYTTELASTER.....	53

Terminologier og forkortelser

Noen forkortelser inkluderer ikke kilde for beskrivelse da disse er nevnt i rapporten.

ORD	BESKRIVELSE
KL-tre	Står for kryss laminert tre. På engelsk Cross Laminated Timber eller CLT. Lamellene limes vinkelrett på hverandre for hvert sjikt.
Limtre	På engelsk Glued Laminated Timber eller Glulam. Lamellene limes parallelt for hvert sjikt.
Byggverk	Bygning, konstruksjon eller anlegg som er ferdigstilt eller under arbeid. (<i>Byggeteknisk forskrift (TEK17), 2022, §1-3</i>)
Preaksepterte ytelser	Nevnes der et eller flere funksjonskrav i forskriften blir tilfredsstilt. Blir i noen tilfeller også nevnt som preaksepterte løsninger.
Eurokode	Eller Eurocode. Se punkt 2.2.9.
Tilfredsstille	Med tilfredsstillelse menes det å oppfylle kravene som er å gjelde for et tema.
Lovverket	Med lovverket menes byggeteknisk forskrift, TEK 17.
Brannmotstand	Brannmotstand er egenskapen et materiale har for å kunne opprettholde blant annet bæreevne i angitt tidskrav i et brannforløp.
Brannforløp	Det er en tidslinje på hvordan brann startes, utvikler seg og påvirker elementer helt til den slukkes.
Elementer	Elementer er de forskjellige bygningsdelene som for eksempel vegger, dekker og søyler.
Fiberretning	Med fiberretning for materiale tre menes dette en retning i tverrsnittet normalt mot årringene.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Trekonstruksjoner gjenspeiler en tradisjon brukt i over tusen år som stadig har vært i utvikling gjennom årene. Trematerialet har lett vært tilgjengelig lokalt og byggeteknikken har vært kjent for de fleste. Derfor har dette materialet vært en tradisjon og det mest dominerende i bygg frem til Murtvangsbestemmelsen i 1900-tallet. Bestemmelsen trådte for fullt i kraft på 1960-tallet ved økonomiske oppgangstider, men erstattet av verneplaner ti år senere. Disse tiltakene skulle ivareta materielle og kulturelle verdier som trebyene representerte. Siden har det blitt gjennomført verne- og utbedringsarbeid i de norske trebyene som har gitt dem miljøkvaliteter og historiske verdier. (Dag Kittang et al., 2011, §2.1)

Selv om regelverket har strammet og gjennomført nødvendige tiltak for miljøet har mengden klimagasser vært et stort problem. Ifølge FN er klimagasser et globalt problem som er med å påvirke vår natur negativt. Det er derfor blitt satt som mål å begrense gjennomsnittstemperaturen i tillegg til å oppfordre til fornybar energi, nye industrielle systemer og endring i infrastruktur for å redusere utslipp av klimagasser. (*13 Stoppe klimaendringene*, 2022)

Ifølge Miljødirektoratet var CO₂ utslippet i 2020 i Norge på 49 millioner tonn (*Norske utslipp og opptak av klimagasser*, 2022). Som et eksempel tilsvarer CO₂ utslipp i verdensbasis 7% kun for sement, det som benyttes for å lage betong, ifølge en publikasjon i slutten av 2021 fra Global Cement and Concrete Association (*Achieve groundbreaking 'net zero' co2 emissions by 2050*, 2022). Utviklingen av teknologien, nye teknikker og strammet regelverk har gitt gode alternativer til betong og stål, nemlig slikt som KL-tre (også kalt massivtre) og limtre. Industrien trenger et miljøvennlig materiale samtidig som den opprettholder gode fordeler slikt som styrke og brannmotstand fra for eksempel stål. Hersleth Entreprenør har tatt på seg en god del total entreprise prosjekter og har sine egne element løsninger i tre for blant annet bærende vegger. Den store utfordringen ligger i å kunne prosjektere høye byggverk i materialet tre og samtidig tilfredsstillende noen av de

viktigste kravene i lovverket, nemlig brann og bæring. De ønsker å fortsette utviklingen i byggbransjen med miljøvennlige materialbruk og ønsker at gruppen finner løsninger til hvordan tilfredsstille krav til brann og bæring for både for fremtidige byggverk i flere etasjer og til et av deres byggeprosjekter, Vestbyhagen, i betraktning at denne økes med to etasjer.

1.2 Formål

Formålet med oppgaven, sett fra oppdragsgiverens (Hersleth Entreprenør) perspektiv, er å komme med løsninger og metoder til å kunne øke byggverkets etasjer. Bygget ligger på Vestbyhagen, og har trestender, KL-tre og limtre som sine sentrale elementer. Videre vil oppdragsgiveren at gruppen fokuserer spesifikt på krav til brann og bæring ved økning i etasjer. I første omgang hadde oppdragsgiveren også et ønske om å inkludere lydkrav, men dette har gruppen valgt å se bort ifra for å opprettholde tidsplanen i rapporten, i tillegg til at dette er løst fra deres side. For øyeblikket har oppdragsgiveren en løsning på deres byggverk i Vestbyhagen blokk D i 4 etasjer. Videre ønsker oppdragsgiveren at gruppen finner gode løsninger til å tilfredsstille krav til brann og bæring i lovverket ved en økning på to etasjer.

Med denne rapporten ønsker gruppen å lage en strukturert rapport som svarer på problemstillingen og delspørsmålene. I samarbeid med intern veileder har gruppen kommet frem til at det er nødvendig med veiledende delspørsmål relatert til problemstillingen. Dermed har gruppen kommet frem til at det nødvendig å se på dette fra flere synspunkter, blant annet internasjonalt, der trekonstruksjon er brukt som bæresystem. Dette er land som for eksempel Sverige, Canada og USA.

1.3 Problemstilling

Gruppen har sammen med ekstern veileder, samarbeidspartner, kommet frem til en problemstilling. Denne har blitt formulert for oppgavens kvalitet og størrelse. Problemstillingen er som følger:

"Hvordan tilfredsstille krav fra lovverket med hensyn på brann og bæring ved økning av to etasjer på byggverket blokk D i Vestbyhagen?"

For å oppnå et solid fundament på problemstillingen følger rapporten gjeldende veiledende delspørsmål:

"Hvilke krav til brann og bæring gjelder for boligbygg i lovverket i Norge?"

"Hvilke nasjonale og internasjonale løsninger kan benyttes for å tilfredsstille det norske lovverket for boligbygg i trekonstruksjoner med hensyn på brann og bæring?"

1.4 Avgrensning

For en effektiv og optimalisert oppgave, har gruppen besluttet å avgrense det som er relevant for tematikken gruppen tar for seg. Det må også utpekes at Hersleth Entreprenør har allerede tatt for seg spesifikke deler som blant annet lydkrav til byggverket. Dette resulterer i at gruppen blant annet ikke trenger videreutvikling på dette, og at alt overlappende informasjon i denne oppgaven blir hensiktsløs undersøkelse. Det er besluttet innsnevring for oppgavens kvalitet og størrelse. Dette vil bli belyst igjennom ordene i oppgavens problemstilling og delspørsmål, samt andre nødvendige begrensninger. Disse er som følger:

Lovverket – med dette menes forskriften, TEK17, kapittel 10 og 11. Kapittel 10, konstruksjonssikkerhet, er begrenset til §10-1 og §10-2. Kapittel 11, sikkerhet for brann, er begrenset til §11-1 til §11-4 og §11-7 til §11-9. For valg av oppbygging vil brannklassifiseringen kun bli nevnt. Løsninger til oppbygging vil gjelde for leiligheter og ikke andre bygningsdeler som blant annet rømningsvei, sjakter, hulrom og fasade. I tillegg vil det benyttes en forenklet prosjekterings metode for bæring og brann. Fremtidig vedlikehold og drift av byggverket vil bli utelatt. Dimensjonering for å tilfredsstille krav fra forskriftene gjøres for de mest kritiske elementene i byggverket.

Innledning

Byggverk – herunder trekonstruksjoner. Med dette menes byggverk i hovedsak i materialet tre, spesifikt byggeteknikkene trestender, KL-tre og limtre. Konstruksjonen vil begrenses til følgende bærende bygdeler: vegger, tak, gulv, søyler og bjelker. Betragtning av fukt i trevirke vil bli utelatt.

Fundament – med dette menes grunnforhold og fundamentet til byggverket. Disse vil kun nevnes generelt. Konstruksjoner under terreng ekskluderes.

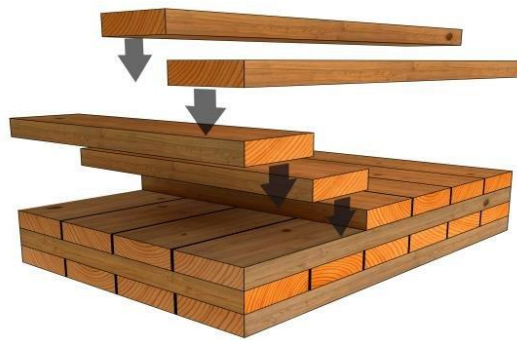
Litteraturstudiet og casestudiet – i rapporten vil det fokuseres på en vertikal ekspansjon av konstruksjonen. Teori, litteraturstudiet, innsnevres ved at oppgaven fokuserer seg på opptil 8 etasjer av et byggverk. Dette i sammenheng med at case-studie begrenses til å analysere på en vertikal ekspansjon på to etasjer i et kritisk avgrenset område av byggverket i Vestbyhagen blokk D på fire etasjer.

2. Teori

2.1 Generelt

Selv om KL-tre og limtre bærer noen fellestrekk har disse to forskjellige bruksområder. Dette gjør også at det stilles ulike krav til blant annet brann og bæring. I denne delen skal det undersøkes litt nærmere på det generelle, bruksområdet, produksjons- og byggeprosess, fordeler og ulemper samt egenskapene.

2.1.1 KL-tre (massivtre)



*Figur 2.1: KL-tre oppbygging.
(CLT, 2022)*

Generelt

KL-tre er forkortelse for kryss laminerte tre og er én av de tre kategoriene i massivtre. På engelsk kalles det for Cross Laminated Timber eller CLT. KL-tre er lameller satt sammen til elementer av oftest kun lim. Det finnes også andre teknikker der det benyttes blant annet spiker, skruer og tredybler til sammenstilling. Størrelsene på sjiktene kan variere, men går oftest i kombinasjonene tre, fem, sju eller ni sjikt. I hvert sjikt legges lamellene sammen vinkelrett på hverandre. (Kristensen, 2001, §2-21) I noen tilfeller limes også lamellene mot hverandre for å oppnå tettere element med økt brannmotstand. Tykkelse på lamellene varierer fra 60 til 240 mm og lengde opp til 14 m. (*Rapport nr. 20: Massivtre*, 2011, s. 2)

Material

KL-tre er i materialet tre. Lamellene kan bestå av følgende treslag: gran, furu, osp, bjørk eller eik. Det mest brukte treslaget er i gran. For å oppnå gode spennvidder og overflater

benyttes virke av høy kvalitet og oftest kun i yttersjiktene. Yttersjiktene kan behandles eller brukes ubehandlet. (*Rapport nr. 20: Massivtre*, 2011, s. 3)

Bruksområder

KL-tre kan benyttes som bærende eller ikke bærende elementer i gulv, vegger og tak. Det finnes høye flerbruks- eller boligbygg som er bygget i kun KL-tre i nevnte deler eller i kombinasjon med andre materialer. (*Rapport nr. 20: Massivtre*, 2011, s. 3) Et godt eksempel på et høyt byggverk i massivtre vil være Mjøstårnet. Mjøstårnet i Brumunddal er verdens høyeste trehus bygget i 2019 med hele 85,4m i høyde. I dette byggverket består bærekonstruksjonene av limtre i søyler og bjelker, og massivtre i heis- og trappesjakter. Byggverket har et tilhørende badeanlegg kalt Mjøsbadet. Dette er ifølge Bygg.no verdens første badeanlegg bygd i limtre og massivtre. (*Mjøstårnet*, 2022)

Ved bruk av gode bearbeidingsutstyr kan det oppnås høy nøyaktighet og dette gjør den egnet til bruk iblant annet tekniske installasjoner og utsparinger hvor presisjon spiller en viktig rolle. KL-tre er derfor å få i mange mulige former og fasonger. Den kan også kombineres med blant annet isolasjon for ytterligere egenskaper.

Produksjon- og byggeprosess

Produksjon av KL-tre foregår innendørs under tørre omgivelser. Ifølge presentasjonsvideo og informasjon på nettsiden til Splitkon, et av ledende aktører i Norge som produserer massivtre, startes prosessen med bestilling av lameller av norske gran fra nærliggende virksomheter. Dimensjonene blir bestemt på forhånd før bestilling i samarbeid med arkitekter og ingeniører. Lamellene som er bestilt blir først testet for blant annet fuktighet, kvist eller sprekker. De som ikke blir godkjent i denne teste blir utelatt for bruk. Lameller som blir tatt i bruk blir snudd slik at årringene blir i samme vei. Deretter blir det påført lim i endene hvor lamellene blir herdet til lange planker som senere blir kuttet til ønskede dimensjoner. Prosessen kalles for fingerskjøting. Disse plankene blir så samlet for gjeldende sjikt og påført MUF-lim for neste sjikt som skal plasseres vinkelrett på denne. MUF-limet har samme egenskap som tre ved brann. Limte lameller blir så presset i ca. 40 minutter med et trykk på 8 kg/cm^2 for herding. Etter herding blir det tatt prøver for å kvalitetssikre samt kontrollere om KL-treet tilfredsstillende kravene til

blant annet bruddgrense. KL-treet som blir godkjent blir sendt til fresing for ønskede dimensjoner. Disse blir nå kalt for KL-tre elementer og kan videresendes til byggeplass. (Splitkon, 2021) Montering av KL-tre elementene gjøres med kran på byggeplass. Her må elementene sikres mot fukt, spesielt under åpen himmel. Dette kan være å bygge og tette raskere eller beskytte elementene med telt. (*Rapport nr. 20: Massivtre*, 2011, s. 4)

Fordeler og ulemper

Tabell 2.1: Fordeler og ulemper ved bruk av KL-tre (massivtre)

(*Rapport nr. 20: Massivtre*, 2011, s. 2)

Fordeler	Ulemper
Bedre for miljø. Mindre utslipp av CO ₂ .	Mindre styrke sammenlignet med stål og betong tatt tetthet i betraktning
Mulighet for ulike former.	Tåler lite fukt ved bygging før overflatebehandling.
Kort byggetid, da elementene klargjøres i fabrikk.	
Lav vekt	
Enkel montering	

Brann

KL-tre har på grunn av sin tette og massive oppbygging gode egenskaper mot brannpåkjenninger. I KL-tre vil brannen gradvis gå fra det brannpåkjennte området og innover elementene. Dette innebærer at det beskytter de innvendige sjiktene og medfører liten temperaturøkning, som igjen fører til nesten uendret fasthets- og stivhetsegenskaper. Innbrenningshastigheten for limte KL-tre elementer ligger på 0,7 mm/min. For dyblede KL-tre ligger innbrenningshastigheten på 0,8 mm/min. Dimensjonering gjennomføres med tanke på å opprettholde bæreevne (R), integritet (E) og isolasjon (I). (*Rapport nr. 20: Massivtre*, 2011, s. 5-6)

Ifølge forskning viser det at det kun er nødvendig å regne på brannbelastning av den delen som er bærende. For eksempel vil en KL-tre vegg på 200 mm tykkelse under et brannforløp på 60 minutter forkalles med for eksempel 50 mm og dermed stå igjen med

reduisert tverrsnitt. Hensikten med dette er å vise at veggen fremdeles opprettholder sine fasthets- og stivhetsegenskaper etter 60 minutter. (*Rapport nr. 20: Massivtre*, 2011, s. 6)

Dimensjonering

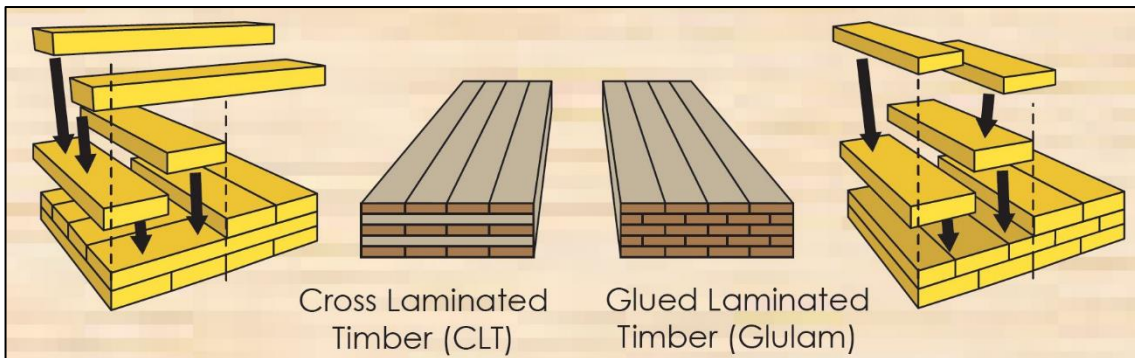
I den dimensjonerende kapasiteten som foreligger ved bruk av trematerialer, fortrinnsvis KL-tre som konstruksjonsmateriale, er det følgende som kan beskrives. Det er også viktig å understreke at dette verket forholder seg til massivtre av typen krysslaminerte treverk. Dersom formålet med KL-treet er å stabilisere, som blant annet for tak, vegger eller dekke, vil stabiliseringens beregninger basere seg på fusjoneringen og de bindingsmiddelene som tas i bruk. For styrke og stivhet, for KL-tre er det krav til nedbøyning, dette er oftest den dimensjonerende delen av elementene og som kan da enkelt bearbeides på med nødvendige antall sjikt og total nødvendig tykkelse.

Ved dimensjonering for styrke og stivhet i KL-tre kan det iverksettes en forenkling ved at det kun beregnes på de bærende sjikter som befinner seg i retning av elementets belastning. Dette er positivt med tanke på effektivitet. Det tas hensyn til forskjeller i E-modul både i innersjikt og yttersjikt. Beregninger, særlig ved bøyespenning for de sjikt som ligger vinkelrett på beregningsretningen er neglisjerbare. Dette er grunnet en såpass stor forskjell mellom den parallelle og vinkelrette E-modulen, og forholdet på en generell basis mellom den vil være rundt 1/30. All last vinkelrett på fiberretning blir derved meningsløst i beregningen, ettersom dette ikke viser noe bidrag til styrke. (*Rapport nr. 20: Massivtre*, 2011, s. 6) (Bente Kleven et al., 2006a, s. 6-7)

Hos KL-tre er det skjæreformasjonen som bestemmer både deformasjon og spenningsfordeling. Trevirke har kun en rulleskjærmodul på kun 10% av den totale skjærmodulen. Dette resulterer i at de tverrgående sjiktene, nemlig lamellene, er av stor betydning. En generell oppsummering vil være at desto større forholdet mellom bredde og lengde på tverrgående lameller, og desto mindre tykkelse på disse lamellene, desto mer minker faren for skjærdeformasjon. Dersom forholdet mellom tykkelsen og spennvidden på elementet (lengde/tykkelse) utgjør mer enn 30 kan skjærdeformasjon neglisjeres. (Bente Kleven et al., 2006a, s. 6-7)

En annen positiv faktor ved dimensjonering med KL-tre er nemlig at under dimensjoneringen kan en utnytte fasthetsklassen ned til C14. Det kan da utnyttes lavere klasser av konstruksjonsvirke uten at verken sikkerheten eller deformasjonen av konstruksjonen påvirkes. (*Rapport nr. 27: Trebaserte konstruksjonselementer*, 2011, s. 5-7)

2.1.2 Limtre



Figur 2.2: Forskjellen mellom KL-tre og limtre.

(*Glued Laminated Timber, 2022*)

Generelt

Et av hovedelementene i massivtre ligner mye på formen til limtre. Forskjellen mellom disse to er at limtre følger standarden NS-EN 14080:2013+NA:2016. Ved å følge standarden defineres limtre i ulike dimensjoner og teknikker. Et av felles hovedtrekkene er at lameller blir limt sammen i parallell fiberretning. På denne måten får vi et element kalt limtre. Tykkelsene på lamellene vil variere, men i Norge produserer disse oftest i tykkelsen 40 mm. (*Rapport nr. 27: Trebaserte konstruksjonselementer, 2011, s. 2*) På engelsk kalles limtre for Glued Laminated Timber eller Glulam.

Material

Limtre er i materialet tre. Lamellene kan bestå av følgende treslag: gran, furu eller bjørk. De to førstnevnte er mest brukt og sistnevnte er en spesialbestilling oftest for arkitektoniske hensikter. For å oppnå høy fasthet benyttes det oftest to ulike fasthetsklasser i elementene. I det ytterste laget benyttes det lamell i høyere fasthetsklasse enn de i midten. På denne måten spares bruken av lameller i høyere fasthetsklasse og det økonomiske forbruket minskes. Den mest brukte limtypen er MUF-lim for sammensetting av sjiktene. (*Rapport nr. 27: Trebaserte konstruksjonselementer, 2011, s. 2-3*) I følge Splitkon hadde denne samme egenskap som tre ved brann. (Splitkon, 2021)

Bruksområder

Limtre benyttes som bærende elementer i bjelker og søyler, og kan benyttes i høye flerbruks- eller boligbygg. Elementet kan benyttes i kombinasjon med andre materialer slikt som stål og betong, eller kun benyttes i sin helhet i gjeldende områder i byggverket. (*Rapport nr. 27: Trebaserte konstruksjonselementer*, 2011, s. 3) Byggeprosjektet kalt Mjøstårnet, tidligere nevnt i denne rapporten, har blant annet limtre som bærekonstruksjon i søyler og bjelker i byggverket på hele 85,4 m.

Produksjon- og byggeprosess

På samme måte som produksjon av KL-tre blir også limtre produsert i fabrikk innendørs under tørre omgivelser. Lamellene blir testet for blant annet fuktighet og så tørket om nødvendig til en fuktighet på 10-12 % før de så limes sammen i en prosess kalt fingerskjøting. Disse blir så høvlet til ønskede dimensjoner og limt sammen. Limte lameller blir så presset i omstendigheter med hensyn på trykk, temperatur og fuktighet til de blir herdet. Videre blir de sendt for høvling i alle sider med hensyn til god kvalitet på overflate og dimensjoner. Deretter blir de sendt for kvalitetssikring. Etter godkjenning blir de kalt for limtre elementer og kan videresendes til byggeplass. (*Rapport nr. 27: Trebaserte konstruksjonselementer*, 2011, s. 3) Montering av limtre skjer på samme måte som KL-tre elementer. Dette gjøres med kran på byggeplass. Her må elementene sikres mot fukt, spesielt under åpen himmel. Dette kan være å bygge og tette raskere eller beskytte elementene med telt. (*Rapport nr. 20: Massivtre*, 2011, s. 4)

Fordeler og ulemper

I likhet med massivtre har limtre også like fordeler og ulemper med unntak av form. Nemlig, limtre er ikke ment å ha mange ulike former som massivtre. Hovedbruksområdene er søyle og bjelke, og er nødt til å tilfredsstille høye krav til dimensjonering. Derfor kan den heller ikke lages i mange ulike former.

Tabell 2.2: Fordeler og ulemper ved bruk av limtre

Fordeler	Ulemper
Bedre for miljø. Mindre utslipp av CO ₂ .	Mindre styrke sammenlignet med stål og betong tatt tetthet i betraktning.
Kort byggetid, da elementene klargjøres i fabrikk.	Mindre spennvidde sammenlignet mot stål og betong
Lav vekt	Tåler lite fukt ved bygging før overflatebehandling.
Enkel montering	

Brann

Generelt sett har limtre gode brannegenskaper, bæreevnen beholdes også over lengre periode under direkte brann. Etter en periode vil oksygentilgangen begrenses til limtreet og innbrenningshastigheten reduseres. Limtre har også lav varmeledningsevne, som fører til at den kan brukes som et brannisolerende lag mellom stål forbindelser i knutepunkter. Limtre i forhold til andre materialer som for eksempel stål eller armert betong har en minimal temperaturbevegelse, dette betyr at skader relatert til temperaturforlengelse ikke er relevant for limtrekonstruksjoner. (*Rapport nr. 27: Trebaserte konstruksjonselementer*, 2011, s. 3)

Dimensjonering

Dimensjonering av limtreelementer har en tradisjonell fremgangsmåte, likt vanlig konstruksjonsvirke, som er etter Eurokode 5 og baserer seg rundt karakteristiske verdier, disse særlig for styrke og stivhet. Det er i hovedsak og tradisjonelt sett, det svakeste tverrsnittet over sjiktene som bestemmer styrken til konstruksjonsvirke, og dermed i vårt tilfelle limtreet. Dette sier mye om hvor viktig det er at sammen skjøtingen av lamellene utføres i henhold til standarder. Alle karakteristiske verdier er satt etter grundige laboratoriums forsøk med repeterende testing. Visualiseringen av resultatene er ofte i form av diagrammer og tabeller, blant annet frekvensdiagram. (Mikael Fonselius et al., 2015, §2.1)

Fasthetsklasser hentes fra tabeller og i henhold til EN 14080, hvor det er oppklart fremgangsmåte for klassevalget, ofte basert på beregninger for lameller og skjøtepunkter/skjøtetyper. Disse tallene som da understreker klassen er innhentet etter flere laboratoriske forsøk igjennom årene. Det er viktig å bemerke at fasthetsegenskapene

for limtre også er likt det for typen vanlig konstruksjonsvikre, og blant annet fuktighetsforhold, lastvarighet, anisotropi og i selve materialegenskapene. (Mikael Fonselius et al., 2015, §2.1)

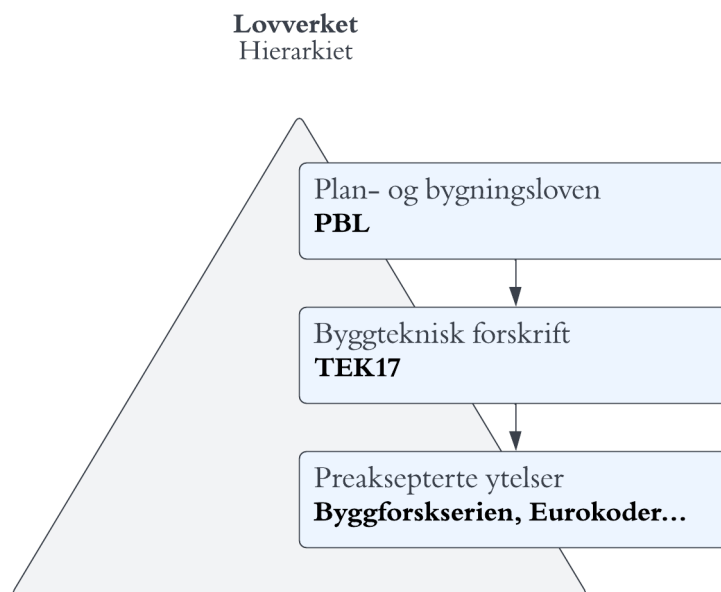
2.2 Krav til brann og bæring i lovverket

For å kunne svare på delspørsmålene er forståelsen på oppbyggingen av lovverket nødvendig. Plan- og bygningsloven heter også Lov om planlegging og byggesaksbehandling eller PBL. Dette er loven og det øverste i hierarkiet i byggereglene i Norge og gjelder for tiltak på byggverk. Selv om dette er det øverste i hierarkiet står det mindre om bestemmelser om byggverk, slikt som blant annet utforming av bygninger. Derfor benyttes Byggteknisk forskrift, som også heter Forskrift om tekniske krav til byggverk eller TEK (i dag TEK17). Loven gir derfor hjemmelen til Byggteknisk forskrift som inneholder flere krav til utforming av bygninger. For å kunne forstå TEK17 må det vites om tre viktige begreper: funksjonskrav, ytelsesnivåer og løsninger. (Kirkhus, 2017, s. 13-15, 17-18, 23)

Funksjonskrav: Beskriver egenskapene et byggverk må ha.

Ytelsesnivå: Beskriver minste egenskapene i et byggverk som er nødvendig.

Løsning: Beskriver hvordan tilfredsstille funksjonskrav og/eller ytelsesnivå.



Figur 2.3: hierarkiet i byggereglene

TEK17 inneholder mer av funksjonskrav og ytelsesnivå. Forskriften kommer også med en veiledning og i de fleste tilfeller blir det henvist til preaksepterte ytelser eller løsninger. Dette kan være blant annet Byggforskserien fra Sintef eller standarder fra Standard Norge. Løsningene er gitt av Direktoratet for byggkvalitet som enten bidrar eller direkte oppfylder funksjonskrav i forskriften. (*Slik leser du byggt teknisk forskrift*, 2022) Hensikten er å veilede til løsninger som er bekreftet funker og er ikke nødvendigvis den eneste løsningen som skal tilfredsstillere kravene. En annen løsning, ikke nevnt i preaksepterte løsninger, kan bli tatt i bruk så lenge denne er dokumentert innenfor ytelsesnivå.

Nedenfor er det laget en tabell med alle kravene fra TEK17 til brann og bæring i et byggverk. Kapitlene er 11 og 10 og heter som følger i TEK17: Sikkerhet ved brann og konstruksjonssikkerhet. I denne delen av rapporten vil alle delspørsmål fra delpunkt 1.3 Problemstilling bli besvart med hensyn på delpunktet 1.4 Avgrensning. Alle delpunkter i denne delen refererer til tabellen under som henviser til gjeldende paragrafer i forskriften. Delpunktene inneholder gjeldene krav, preaksepterte løsninger og internasjonale løsninger der det måtte gjelde. Internasjonale løsningene som er inkludert i rapporten vil være hensiktsmessig som en løsning til krav i TEK17.

Tabell 2.3: *Krav til brann og bæring i byggverk i TEK17*

ID	Tema	Paragraf i TEK17	Beskrivelse
B1	Brann	§ 11-1	Sikkerhet ved brann
B2	Brann	§ 11-2	Risikoklasser
B3	Brann	§ 11-3	Brannklasser
B4	Brann	§ 11-4	Bæreevne og stabilitet
B5	Brann	§ 11-7	Brannseksjoner
B6	Brann	§ 11-8	Branceller
B7	Brann	§ 11-9	Materialer og produkters egenskaper ved brann
D1	Bæring	§ 10-1	Personlig og materiell sikkerhet
D2	Bæring	§ 10-2	Konstruksjonssikkerhet

2.2.1 Sikkerhet ved brann

Dette delpunktet refereres til B1 i tabell 2.3.

Først og fremst er det viktig å ta for seg noen generelle krav til sikkerhet ved brann, dette innebærer redusering av eksempelvis tap av liv og helse, materielle verdier og miljø- og samfunnsmessige verdier. Ifølge første ledd i §11-1 i TEK17 skal byggverket prosjekteres slik at det sikres tilfredsstillende krav ved brann for personer både i og på byggverket, materielle verdier og miljø- og samfunnsmessige forhold. Dette kan oppnås ved å benytte materialer og produkter som ikke gir uforsvarlige reaksjoner ved brann. Utformingen av byggverk, bygnings- og installasjonsdeler utføres på en forsvarlig måte, slik at spredningen blir minimal og samtidig som det sikrer en effektiv rømningsvei. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-1)

I henhold til andre ledd i §11-1 stilles det krav til tilfredsstillende mulighet for sikring av liv blant både personer og husdyr og for effektiv slokking. Dette innebærer blant annet at byggverket skal i startfasen av brannen håndteres manuelt av personer. I tredje ledd i §11-1 skal det sikres at brannspredningen til andre byggverk holdes minimalt. Dette gjøres i plasserings-, prosjekterings- og utføringsfasen. Spredning mellom to byggverk skjer kun oftest ved full brann i et rom eller en branncelle. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-1)

2.2.2 Risikoklasse

Dette delpunktet refereres til B2 i tabell 2.3.

Det første punktet som må vurderes ved risikoprosjektering er om byggverket kun er beregnet for sporadisk personopphold. Som et sammenhengende eksempel kan vi tolke kriteriene i kronologisk rekkefølge fra forskriften som følger: Dersom dette er et byggverk med bestandig opphold, havner den innenfor risikoklasse 2-6. Deretter ser man på om personene i byggverket kjenner til rømningsveiene, slik at de kan bringe seg selv til sikkerhet. Ofte ved fast opphold pleier en å kjenne til rømningsveiene, dermed havner risikoen mellom klassene 1-4. Det tredje kriteriet er om byggverket er beregnet for

overnatting, dersom dette er tilfelle, vil det havne på risikoklasse 4 eller 6. Det siste punktet er å se om bruk av byggverket medfører liten brannfare. Hvis dette er tilfelle, da havner en mellom klasse 1 og 3-6. Dette er henvist i tabell 2.4. Eksempler relatert til noen virksomheter innenfor ulike risikoklasser er å finne i tabell 2.5. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-2)

Tabell 2.4: Risikoklasser

(*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-2)

Risikoklasser	Byggverk kun beregnet for sporadisk personopphold	Personer i byggverk kjenner rømningsforhold, herunder rømningsveier, og kan bringe seg selv i sikkerhet	Byggverk beregnet for overnatting	Forutsatt bruk av byggverk medfører liten brannfare
1	Ja	Ja	Nei	Ja
2	Ja/Nei	Ja	Nei	Nei
3	Nei	Ja	Nei	Ja
4	Nei	Ja	Ja	Ja
5	Nei	Nei	Nei	Ja
6	Nei	Nei	Ja	Ja

Tabell 2.5: Ulike virksomheter og tilhørende risikoklasse

(*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-2)

Risikoklasse	Virksomhet
1	Flyhangar, arbeidsbrakke og carport
2	Kontor, lager og industri
3	Barnehage og skole
4	Bolig, barnehjem og studentbolig
5	Museum, kirke og kinolokal
6	Sykehus, hotell og asylmottak

2.2.3 Brannklasser

Dette delpunktet refereres til B3 i tabell 2.3.

Brannklasser (BKL) baserer seg på konsekvensene byggverket kan innebære med tanke på liv, helse, samfunnsmessige interesser og miljøet. Brannklasse bestemmes ved prosjektering og utføring for å sikre byggverkets bæreevne, og er å finne i tabell 2.6. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-3)

Tabell 2.6: Brannklasser*(Byggeteknisk forskrift (TEK17), 2022, §11-3)*

Brannklasse	Konsekvens
1	Liten
2	Middels
3	Stor
4	Særlig stor

Konsekvensene av brann avhenger av risikoklassen, antall personer i byggverket, det størrelse, planløsningen og brannenergien. TEK17 har ingen utgitte ytelser av byggverk i brannklasse 4, bygg i denne klassen dekkes som oftest ikke av veiledningene i §11-3 i TEK17. Eksempler på byggverk i brannklasse 4 er byggverk med mer enn 16 etasjer, byggverk som ligger under terreng og bygg med brann-, helse- og miljøfarlige stoffer. Ytelsene i TEK17 kan fortsatt brukes i byggverk i BKL 4, men må dokumenteres av ansvarlige prosjekterende med tanke på om den er relevant. Dermed må det tas hensyn til blant annet mulige konsekvenser ved brann. *(Byggeteknisk forskrift (TEK17), 2022, §11-3)*

Det er ikke oppgitt preaksepterte ytelser for byggverk i risikoklasse 1 i én etasje, dette gjelder byggverk med sporadisk opphold. Byggetekniske forskrifter gjelder også i denne type byggverk, men det vurderes reduserte ytelser på grunn av bruken av bygget. Slike byggverk har som oftest mer verdi i innholdet enn i bygge selv, dermed er eieren ansvarlig for å ivareta sine verdier så lenge det ikke rammer samfunnet eller miljøet. Resten av kravene som blant annet rømning og bruk av hensiktsmessige materialer med hensyn på brann må være tilfredsstillt. *(Byggeteknisk forskrift (TEK17), 2022, §11-3)*

Tabell 2.7: Brannklasse for byggverk*(Byggeteknisk forskrift (TEK17), 2022, §11-3)*

Riskoklasse	Antall etasjer			
	1	2	3 og 4	5 eller flere
1	-	BKL 1	BKL 2	BKL 2
2	BKL 1	BKL 1	BKL 2	BKL 3
3	BKL 1	BKL 1	BKL 2	BKL 3
4	BKL 1	BKL 1	BKL 2	BKL 3
5	BKL 1	BKL 2	BKL 3	BKL 3
6	BKL 1	BKL 2	BKL 2	BKL 3

2.2.4 Bæreevne og stabilitet

Dette delpunktet refereres til B4 i tabell 2.3.

Ved det første fundamenterende leddet i §11-4 blir det gitt: Å fundamentere en konstruksjon som har tilstrekkelig bæreevne og stabilitet. Konstruksjonen som helhet, men også de enkelte deler, må kunne tilfredsstille kravene slik at byggeverket tåler de forutsigbare brannpåkjenningene ved fremtidige ulykker. Den første og mest forenklete preaksepterte ytelsen er at dersom alle deler av konstruksjonen er i sammensvar med tabell 2.8, med unntak av delkrav fra de ulike leddene, vil det tilfredsstille hovedkravet i §11-4. Det er også viktig å ta hensyn til utkragede bygningsdeler ettersom disse må både ha forsvarlige støttefunksjoner for uttrykningsmannskap samtidig som de er forankret til byggverkets hovedbæresystem for stabilitet. Til slutt må det også utpekes at takkonstruksjoner oftest er sekundære bæresystemer, dette er viktig ved undersøkelse og klassifisering av konstruksjonen. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-4)

I andre ledd i §11-4 i forskriften stilles det krav til den beregningsmessige verifiseringen til konstruksjonens bæreevne. Byggeverket må være beregnet frem til å kunne motstå termiske påkjenninger fra den brannenergien den forventes å støte på. Denne må utføres/samsvare med NS-EN 1991-1-2, heretter Eurokode 1 del 1-2. Men dersom konstruksjonen i henhold til tabell 2.8 krever en brannmotstandsklasse lik eller større enn R90, bør preakseptert løsning benyttes med hensyn til 1,5 i karakteristisk dimensjonerende brannenergi verdi. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-4)

I tredje ledd i § 11-4 refereres det til konstruksjoner som faller under brannklassene 1 og 2. Hovedmålet med kravhenvisningen ved slike byggverk er at de skal kunne være bærende og stabile under den nødvendige og kritiske tiden for fullstendig evakuering av mennesker og dyr. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-4)

Det fjerde leddet i §11-4 gjelder konstruksjoner i brannklassene 3 og 4. Her er det krav om beregningsmessige påvisninger på at konstruksjonen kan motstå et fullstendig brannforløp fra start til slutt. Dette er da oftest for større konstruksjoner med større

sikkerhetsfarer ved ras og destruksjon. Slike konstruksjoner skal beregnes etter Eurokode 1. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-4)

Femte ledd i §11-4 omhandler sekundære konstruksjoner som nevnt øvrig er oftest takkonstruksjoner. Det kan også være konstruksjonsdeler som er bærende for kun én etasje. Disse har samme krav som for bæresystemer som går under tredje ledd, nemlig krav om stabilitet og motstand under den kritiske tiden for evakuering av mennesker og dyr i og på bygget. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-4)

Tabell 2.8: Bærende bygningsdeler brannmotstand avhengig av brannklasse
(*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-4, Tabell 1)

Bygningsdel	Brannklasse		
	1	2	3
Bærende hovedsystem	R 30 [B 30]	R 60 [B 60]	R 90 A2-s1,d0 [A 90]
Sekundære, bærende bygningsdeler, etasjeskillere og takkonstruksjoner som ikke er del av hovedbæresystem eller stabiliserende	R 30 [B 30]	R 60 [B 60]	R 60 A2-s1,d0 [A 60]
Trappeløp	-	R 30 [B 30]	R 30 A2-s1,d0 [A 30]
Bærende bygningsdeler under øverste kjeller	R 60 A2-s1,d0 [A 60]	R 90 A2-s1,d0 [A 90]	R 120 A2-s1,d0 [A 120]
Utvendig trappeløp, beskyttet mot flammepåvirkning og strålevarme	-	R 30 [B 30] eller A2-s1,d0 [ubrennbart]	A2-s1,d0 [ubrennbart]

2.2.5 Brannseksjoner

Dette delpunktet refereres til B5 i tabell 2.3.

Brannseksjoner benyttes i byggverk som er sammensatt. Ofte blir det forbundet med ulike eiere, men skal også være en stor fordel for blant annet sykehus. Her skal pasientene kunne trilles bort til et rom med brannseksjon for trygt opphold frem til brannen slukkes. (Kirkhus, 2017, s. 68) En av hensikten med dette er å hindre at brannen sprer seg til neste del, dette være seg rom eller et annet bygningsdel, uavhengig av brannvesenets slukkeinnsats. I forskriften, §11-7 første ledd, kommer det også tydelig frem to viktige hensikter med brannseksjoner i byggverk. Denne skal nemlig sikre liv og helse der det vil ta tid for rømning og redning, og hindre store økonomiske eller materielle tap. Størrelse på brannseksjoner utføres i henhold til tabell 2.9. For bestemmelse av seksjonsvegg benyttes brannklasse og tabell 2 i forskriften, se tabell 2.10. I et byggverk sammensatt av flere bygningsdeler med ulik brannklasse, skal valg av klasse gjøres med hensyn på den delen med høyest klasse. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-7)

Tabell 2.9: Størrelse på brannseksjon

(*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-7, Tabell 1)

Spesifikk brannenergi MJ/m ²	Største bruttoareal i m ² pr. etasje uten seksjonering			
	Normalt	Med brannalarmanlegg	Med sprinkleranlegg	Med røykventilasjon
Over 400	800	1200	5000	Uegnet
50-400	1200	1800	10 000	4000
Under 50	1800	2700	Ubegrenset	10 000

Tabell 2.10: Brannmotstand for seksjoneringsvegg

(*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-7, Tabell 2)

Byggverkets brannklasse	Seksjoneringsveggenes brannmotstand avhengig av spesifikk brannenergi MJ/m ²		
	Under 400	400-600	600-800
Brannklasse 1	REI 90-M A2-s1,d0 [A 90]	REI 120-M A2-s1,d0 [A120]	REI 180-M A2-s1,d0 [A 180]
Brannklasse 2 og 3	REI 120-M A2-s1,d0 [A 120]	REI 180-M A2-s1,d0 [A180]	REI 240-M A2-s1,d0 [A 240]

2.2.6 Brannceller

Dette delpunktet refereres til B6 i tabell 2.3.

Brannceller er ment til å forsinke spredende brann og branngasser til andre rom eller bygningsdeler med hensyn på nødvendig tid for rømning og redning. Hensikten er også å hindre unødig store materielle skader og for enklere sløkkearbeid. Det skal være egne brannceller i områder med ulike risiko for brann, med mindre andre tiltak gir minst likeverdig sikkerhet, og disse skal deles opp på en hensiktsmessig måte etter virksomhet og størrelse på byggverket. Det stilles ulike krav til brannceller i forskriften i §11-8 i andre ledd slikt som rømningsveier, vegg og etasjeskillere, dør og vindu og mer. Det blir henvist til flere tabeller, én av disse er hensiktsmessig for rapporten og er inkludert under. (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2022, §11-8)

Tabell 2.11: Brannmotstand til branncellebegrensede bygningsdeler

(Byggteknisk forskrift (TEK17), 2022, §11-8, Tabell 1)

Bygningsdel	Brannklasse		
	1	2	3
Branncellebegrensede bygningsdel - generelt	EI 30 [B 30]	EI 60 [B 60]	EI 60 A2-s1,d0 [A 60]
Bygningsdel som omslutter trapperom, heissjakt og installasjonssjakter over flere plan	EI 30 [B 30]	EI 60 [B 60]	EI 60 A2-s1,d0 [A 60]
Heismaskinrom	EI 60 [B 60]	EI 60 [B 60]	EI 60 A2-s1,d0 [A 60]
Fyrrom for sentralvarmeanlegg eller varmluftsaggregat for fast brensel	EI 60 [B 60]	EI 60 [B 60]	EI 60 A2-s1,d0 [A 60]
Fyrrom for sentralvarmeanlegg eller varmluftsaggregat for flytende og gassformig brensel Avhengig av innfyrt effekt, P, som følger:			
P < 50 kW- kun ytelse for kledning/overflate	K ₂ 10 A2-s1,d0 [K1-A]	K ₂ 10 A2-s1,d0 [K1-A]	K ₂ 10 A2-s1,d0 [K1-A]
50 kW ≤ P ≤ 100 kW	EI 30 [B 30]	EI 60 [B 60]	EI 60 A2-s1,d0 [A 60]
P > 100 kW	EI 60 A2-s1,d0 [A 60]	EI 60 A2-s1,d0 [A 60]	EI 60 A2-s1,d0 [A 60]

2.2.7 Materialer og produkters egenskaper ved brann

Dette delpunktet refereres til B7 i tabell 2.3.

Byggverk- og innbo materialer skal utføres med liten sannsynlighet for at brann skal kunne oppstå. Når det først har oppstått skal det være nødvendig tid for rømning og redning. Ifølge første ledd i §11-9 henvises det til brannkapittelets innledning i TEK17 som igjen henviser til flere standarder, blant annet NS-EN 13501-1:2018 for brannklassifisering av byggevarer og bygningsdeler. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11, §11-9) Her benyttes det ulike betegnelser som er viktig for forståelsen av rapporten, og noen av de viktigste betegnelse er å nevne i korte trekk i underkapitlene nederst i dette kapitlet.

I andre ledd i §11-9 i forskriften blir det gitt krav til at materialer og produkter ikke skal gi uakseptable bidrag til brannutvikling med hensyn på blant annet røykproduksjon. Det blir også lagt vekt på punkter som blant annet innvendige og utvendige overflater, rømningsvei, isolasjon og taktekning for ideelle utvalg som bidrar til å hindre eller redusere brann- og røykspredningen tidlig i et brannforløp. Hensikten er at mennesker som oppholder seg i eller på byggverket skal kunne rømme uten fare for skade. Tabell 2.12 og tabell 2.13 hentet fra forskriften gir ytelser for brann til overflate og kledning i ulike risikoklasser. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-9)

Tabell 2.12: Ytelser til overflater og kledninger for risikoklasse 1-5

(Byggteknisk forskrift (TEK17), 2022, §11-9, Tabell 1A)

Overflater og kledninger	Brannklasse		
	1	2	3
Overflater i brannceller som ikke er rømningsvei			
Overflater på vegger og i himling/tak i branncelle inntil 200 m ²	D-s2,d0 [In 2]	D-s2,d0 [In 2]	D-s2,d0 [In 2]
Overflater på vegger og i himling/tak i branncelle over 200 m ²	D-s2,d0 [In 2]	B-s1,d0 [In 1]	B-s1,d0 [In 1]
Overflater i sjakter og hulrom	B-s1,d0 [In 1]	B-s1,d0 [In 1]	B-s1,d0 [In 1]
Overflater i brannceller som er rømningsvei			
Overflater på vegger og i himling/tak	B-s1,d0 [In 1]	B-s1,d0 [In 1]	B-s1,d0 [In 1]
Overflater på gulv	D _{fl} -s1 [G]	D _{fl} -s1 [G]	D _{fl} -s1 [G]
Utvendige overflater			
Overflater på ytterkledning	D-s3,d0 [Ut 2]	B-s3,d0 [Ut 1]	B-s3,d0 [Ut 1]
Kledninger			
Kledning i branncelle inntil 200 m ² som ikke er rømningsvei	K ₂ 10 D-s2,d0 [K2]	K ₂ 10 D-s2,d0 [K2]	K ₂ 10 D-s2,d0 [K2]
Kledning i branncelle over 200 m ² som ikke er rømningsvei	K ₂ 10 D-s2,d0 [K2]	K ₂ 10 B-s1,d0 [K1]	K ₂ 10 B-s1,d0 [K1]
Kledning i branncelle som er rømningsvei	K ₂ 10 B-s1,d0 [K1]	K ₂ 10 A2-s1,d0 [K1-A]	K ₂ 10 A2-s1,d0 [K1-A]
Kledning i sjakter og hulrom	K ₂ 10 B-s1,d0 [K1]	K ₂ 10 A2-s1,d0 [K1-A]	K ₂ 10 A2-s1,d0 [K1-A]

Tabell 2.13: Ytelser til overflater og kledninger for risikoklasse 6

(Byggteknisk forskrift (TEK17), 2022, §11-9, Tabell 1B)

Overflater og kledninger	Brannklasse		
	1	2	3
Overflater i brannceller som ikke er rømningsvei			
Overflater på vegger og i himling/tak, og i sjakter og hulrom	B-s1,d0 [In 1]	B-s1,d0 [In 1]	B-s1,d0 [In 1]
Overflater på gulv	D _{fl} -s1 [G]	D _{fl} -s1 [G]	D _{fl} -s1 [G]
Overflater i brannceller som er rømningsvei			
Overflater på vegger og i himling/tak	B-s1,d0 [In 1]	B-s1,d0 [In 1]	B-s1,d0 [In 1]
Overflater på gulv	D _{fl} -s1 [G]	D _{fl} -s1 [G]	D _{fl} -s1 [G]
Utvendige overflater			
Overflater på ytterkledning	D-s3,d0 [Ut 2]	B-s3,d0 [Ut 1]	B-s3,d0 [Ut 1]
Kledninger			
Kledning i brannceller	K ₂ 10 B-s1,d0 [K1]	K ₂ 10 B-s1,d0 [K1]	K ₂ 10 B-s1,d0 [K1]
Kledninger i branncelle som er rømningsvei	K ₂ 10 A2-s1,d0 [K1-A]	K ₂ 10 A2-s1,d0 [K1-A]	K ₂ 10 A2-s1,d0 [K1-A]
Kledning i sjakter og hulrom	K ₂ 10 A2-s1,d0 [K1-A]	K ₂ 10 A2-s1,d0 [K1-A]	K ₂ 10 A2-s1,d0 [K1-A]

2.2.7.1 Brannklassifisering av brannmotstand

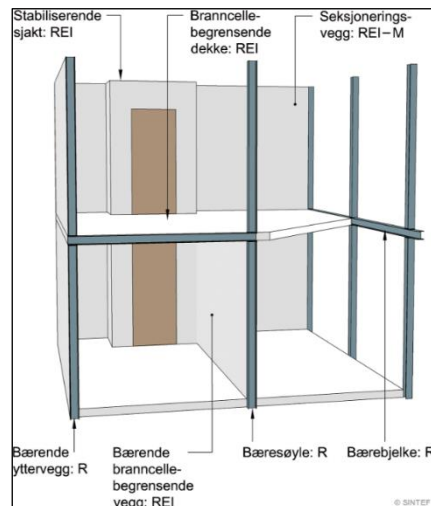
Opplysningene er hentet fra Byggforskserien 520.320 og er som følger (*Byggforskserien 520.320: Brannteknisk klassifisering og dokumentasjon av bygningsdeler og byggeprodukter*, 2021, §2-3):

R – Bæreevne:

Angir bygningsdelens bæreevne ved påførte laster og i brann. To kriterier benyttes. Det ene er deformasjonshastighet og grenseverdi for nedbøyning i bygningsdeler som blant annet bjelker og etasjeskillere. Det andre er deformasjonshastighet og sammentrekning i bygningsdeler som blant annet søyler og vegger. Betegnelsen inkluderer også tall som indikerer minutter. Dette er tiden som kreves for å tilfredsstille krav til bæreevne.

E – Integritet:

Angir evnen før flammer eller gasser blir synlig i den andre siden av bygningsdelen for eksponert brann som følge av åpninger. Tre kriterier benyttes. Gjennomgående sprekker/åpninger på områder der det ikke er nevnt, antenning av bomull og kontinuerlig flammer. Betegnelsen inkluderer også tall som indikerer minutter. Dette er tiden som kreves for å tilfredsstille krav til integritet.



Figur 2.4: Eksempler på angivelse av brannmotstand

(*Byggforskserien 520.320: Brannteknisk klassifisering og dokumentasjon av bygningsdeler og byggeprodukter*, 2021, figur 26)

I – Isolasjonsevne:

Angir evnen før flammer eller gasser blir synlig i den andre siden av bygningsdelen for eksponert brann som følge av varmeoverføring. Den andre siden skal ikke ha gjennomsnitt temperatur over 140 °C og maks temperatur over 180 °C for å oppfylle kriteriet. Betegnelsen inkluderer også tall som indikerer minutter. Dette er tiden som kreves for å tilfredsstille krav til isolasjonsevne.

Kriteriet til isolasjonsevne (I) vil kun bli oppfylt hvis kriteriene til bæreevne (R) og integritet (E) blir oppfylt.

W – Stråling:

Denne klassifiseringen er frivillig og angir evnen til å hindre brannspredning i den andre siden av bygningsdelen for eksponert brann som følge av strålevarme. Vinduer får i tillegg betegnelsen E ved siden av W. I betegnelsen blir det også inkludert tall. Tallet er minimum tid hvor varmestrålingen fra glasset ikke overstiger 15 kW/m².

For å oppfylle kriteriet til stråling (W) må kriteriet til integritet (E) være oppfylt. Kriteriet for stråling (W) anses å bli oppfylt hvis kriteriet for isolasjon (I) er oppfylt ved samme branneksposering.

M – Mekanisk motstand:

Angir evnen til å motstå støt fra sammenstyrtning av en annen bygningsdel som følge av konstruksjonssvikt ved brann. Denne klassifiseringen er nødvendig for seksjonerings- og brannvegger. Kriteriene til mekanisk motstand blir oppnådd når R, E og/eller I ikke er påvirket etter test i henhold til NS-EN 1363-2.

C – Selvlukking

Angir den egenskapen som en dør har under automatisk lukking ved brann og testes i henhold til NS-EN 14600. Betegnelsen inkluderer også et tall mellom 1-5, der 5 er den strengeste i klassen.

S – Røyktetthet

Angir evnen til å redusere eller hindre gass eller røyk til å nå den andre siden av bygningsdelen. Betegnelsen inkluderer to symboler i senket skrift, bokstaven "a" for røyktetthet ved normal omgivelsestemperatur for dører og luker, og "200" for røyktetthet ved normal omgivelsestemperatur og ved 200 °C. Eksempel S_a og S₂₀₀.

2.2.7.2 Brannklassifisering av byggprodukters egenskaper

I de fleste tilfeller inkluderes også andre betegnelser i tillegg til klassifiseringen i brannmotstand. Det kan nemlig stilles krav til produkters egenskaper til brann. Klassifisering av brennbarhet gjøres med A1, A2, B, C, D, E og F, der A1 er ubrennbart og der F ikke oppfyller noen av kravene. Klassifiseringen kan også inneholde senket tekst for gjeldende bygningsdeler. Det kan også inkluderes tillegg klasser som røykutvikling (s) og brennende dråper (d). (*Byggforskserien 520.320: Brannteknisk klassifisering og dokumentasjon av bygningsdeler og byggeprodukter*, 2021, §4)

For andre brannklassifiseringer kan tabellen fra Treteknisk være til nytte. Se figur under. Vel å merke klassifisering av produkter gjøres i henhold til gjeldende standarder og er omtalt ytterligere i *Byggforskserien 520.320 (Byggforskserien 520.320: Brannteknisk klassifisering og dokumentasjon av bygningsdeler og byggeprodukter*, 2021).

Eksempel på klassifisering	Gamle klasser	Euro-klasser	Eksempler*
Materialer	Ubrennbart	A1	Stein, glass
	Begrenset brennbart	A2-s1,d0	Gips plater, mineral ull
		B-s1,d0	Brannimpregnert tre og trebaserte plater
	Brennbart	D-s2,d0	Tre, limtre og trebaserte plater
Overflater	In 1	B-s1,d0	Brannimpregnert tre og trebaserte plater
	In 2	D-s2,d0	Tre, limtre og trebaserte plater
	Ut 1	B-s3,d0	Brannimpregnert tre og trebaserte plater
	Ut 2	D-s3,d0	Tre, limtre og trebaserte plater
Kledninger	K1-A	K ₂ 10 A2-s1,d0	Gips- og sementbasserte plater
	K1	K ₂ 10 B2-s1,d0	Brannimpregnert tre og trebaserte plater
	K2	K ₂ 10 D2-s2,d0	Tre og trebaserte plater
Gulvbelegg	Gamle klasser	D _{fj} -s1,d0	Heltre gulv og parkett*

*Figur 2.5: Eksempler på klassebetegnelser
(Rapport nr. 37: Tre og brann, 2012, tabell 2)*

2.2.8 Personlig og materiell sikkerhet

Dette delpunktet refereres til D1 i tabell 2.3.

Trekonstruksjonen skal plasseres, prosjekteres og utføres slik at det ivaretar godkjente krav til sikkerhet for personer og husdyr, også slik at det ikke oppstår samfunns- og miljømessige tap. Med dette ivaretar forskriften personer og husdyr i og på byggverket, i tillegg skal dette hindre påkjenninger byggverket kan utsettes for. Ved bruk av metoder fra Standard Norge vil minstekrav ved sikkerhet av personer og husdyr være oppfylt. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §10-1)

2.2.9 Konstruksjonsikkerhet

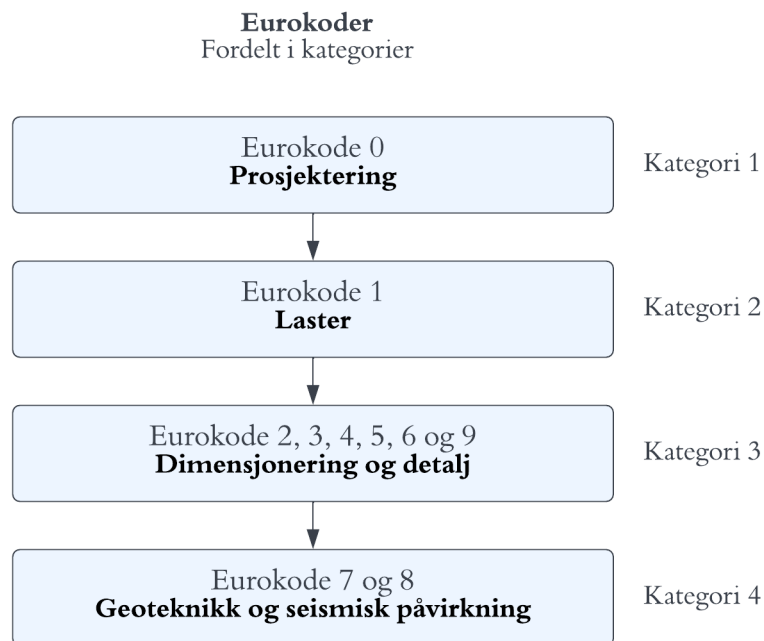
Dette delpunktet refereres til D2 i tabell 2.3.

I §10-2 i forskriften blir konstruksjonssikkerheten av byggverk tatt i betraktning. I første ledd kommer det frem krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet ved valgt materialer og produkter. Følgende valg med hensikt til bæring skal opprettholde sine egenskaper, fasthetsklasse og sikkerhet frem til forutsatt levetid av byggverket. I andre ledd blir det gitt krav til at byggverket skal under utførelse og i endelig tilstand tilfredsstillende krav til sikkerhet mot brudd, nødvendig stivhet og stabilitet for laster. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-9)

I tredje ledd henviser forskriften til Eurokodene i Standard Norge for å tilfredsstillende krav til konstruksjonsikkerhet. Det kan benyttes andre metoder enn Eurokodene, men disse må dokumenteres grundig. I de fleste tilfeller kan dette være svært krevende og omfattende. Ved bruk av Eurokoder skal de norske nasjonale tilleggene (NA) benyttes. Aktuelle Eurokoder er fra NS-EN 1990 til NS-EN 1999. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §10-2) Eurokodene kan også forkortes med følgende navn: NS-EN 1990 kan også kalles for Eurokode 0 og NS-EN 1995 kan også kalles for Eurokode 5. Initialene EN i tillegg til Eurokode nummerering, er den opprinnelige Eurokoden. NS er inkludert foran når standarden er oppdatert med norsk nasjonalt tillegg. I tillegg kan disse Eurokodene i enden inkludere tall for oppdaterte versjoner. Noen av standardene/Eurokodene kan bli

trukket tilbake og/eller erstattet av andre. Disse er å følge med på nettsidene til Standard Norge.

Eurokodene kan fordeles opp i fire kategorier. Første kategori inneholder Eurokode 0, den overordnede standarden for hele Eurokode serien og beskriver bærende konstruksjoners sikkerhet, brukbarhet og holdbarhet, samt bæreevne under brann og seismiske påvirkninger. Neste kategori inneholder Eurokode 1 som tar for seg laster på konstruksjoner, dette være seg blant annet egenvekt, nyttelast, last ved brann, snølast og vindlast. Denne blir brukt sammen med Eurokode 0. Den tredje kategorien tar for seg Eurokodene fra 2-6 og 9. Disse Eurokodene blir brukt for dimensjonering og detaljering i henhold til konstruksjonens materialer. Det siste kategorien tar for Eurokode 7 og 8 til dimensjonering for geotekniske og seismiske påvirkninger. Alle byggeprosjekter vil derfor måtte gå igjennom Eurokodene 0, 1, 7 og 8 uavhengig valgt material og detalj løsning. (Eurokoder, 2022)



Figur 2.6: Eurokodene fordelt i fire kategorier

2.3 Nasjonale og internasjonale løsninger

2.3.1 Dimensjonerende brannteknikk

Det norske firmaet Skansen Consult AS var en tredjeparts anmelder når det gjelder branndimensjoneringen ved bygget "Treet" plassert i Bergen. Dette byggverket ble godkjent med tanke på branndimensjonering i 2013. Rapporten oppgir brannmotstand på 90 minutter uten kollaps av hovedbæresystemet. Det sekundære bæresystemet, med dette menes blant annet korridorer og balkonger, har en brannmotstand på 60 minutter. Det er innført også andre tiltak for brannmotstand som for eksempel brannsikker maling av tre i rømmingsveier, sprinkler og eskalert trykk i rømningstrappesjakter. Eurokode 5 er benyttet under dette prosjektet for konstruksjonsmessige tiltak relatert til brann. «Reduced cross-section method» er brukt i prosjektet, en metode for å finne tverrsnittet som er igjen etter et brannforløp. Forkullingshastigheten ligger på 0,7 mm/min dette medfører til at 63 mm i forkullingsdybde etter 90 minutter i bæresystemet. I tillegg til dette må man legge til 7 mm for å få det effektive gjenværende tverrsnittet som en sikkerhet. Samtidig er alle stål koblinger, dybler og plater, plassert med en minste avstand på 70mm fra ytterflaten. Disse tomrommene er blokkert med en brannsikker fugemasse. (Rune B. Abrahamse & Malo, 2022 (ikke oppgitt), §4)

Mjøstårnet er verdens høyeste trebygg med 18 etasjer og er 85,4 m høyt. (*Top 5 tallest timber buildings in the world*, 2022) Byggverket er plassert i Brumunddal i Norge. I slike høye byggverk vil brann bli prioritert som et viktig tema. Ifølge presentasjonsvideo episode tre og informasjon på nettsiden til Moelven har det i hele byggeprosessen vært en branningeniør involvert. Mjøstårnet er bygget slik at den skal motstå kollaps etter brann. Som et eksempel vil et vanlig kontorbygg med tre etasjer være som én branncelle. I Mjøstårnet, bygget i materialet tre, vil heller hver etasje være én egen branncelle. (*Mjøstårnet– Construction of an 81 m tall timber building*, 2022) Byggverket skal være dimensjonert for å motstå kollaps i et fullstendig brannforløp i gitte tidskriterier.

I tillegg til disse tiltakene er det lagt inn ekstra branntiltak som gjør denne konstruksjonen mer sikker enn en annen tradisjonell byggverk. Følgende branntiltak er gjennomført (*Ensuring fire safety at world's tallest timber building Mjøstårnet, 2022*):

- Limtrekonstruksjonene er dimensjonert slik at de ikke påvirkes av et fullstendig brannforløp og er plassert med en avstand slik at de ikke påvirker hverandre under brann.
- Alle rom, hotellrom og etasjer i byggverket er utformet som en egen branncelle, slik at det hindrer brannspredning og sikrer rømning.
- Ved trekonstruksjoner brukes det stålplater til kobling imellom konstruksjonsdelene. Stålplatene er dermed det svakeste punktet ved brann, da stål har høyere varmeledningsevne enn tre. Ved koblingene brukes det derfor brannlister for beskyttelse av stålplatene og dybler i skjøtet, samt i knutepunktet. Hensikten til disse brannlistene er å hindre at stålet får temperaturøkning, lukker åpninger og hindrer brannspredning.

Universitetet i Canada, University of British Columbia, har byggverket et fakultetsbygg av trekonstruksjon. Dette er et byggverk på 18 etasjer i 54 meter høyde. Ved slike høye bygg skal særlig hensyn til tema brann prioriteres. For brannbeskyttelse ble det i starten valgt å bruke typen x gipsplate. Dette skulle monteres under KL-tre panelene for brann beskyttelse. Innkapslingshastigheten holdt tilbake installasjonen av massivtre, da KL-tre måtte være tørt før gipsveggen kunne installeres. Dette førte til at planen måtte revideres med tillatelse fra myndighetene om bygge opp til 6 etasjer uten gipsplater. Under byggeprosjektet ble søylene skilt fra KL-tre planet ved betongstøping. Disse ble likevel innkapslet i taket i hver etasje. Det ekstra laget med gips ble lagt under innredningsarbeid. Det er også brukt en rekke andre tiltak for brann, for eksempel (*Angelique Pilon et al., 2022, s. 3, 23*):

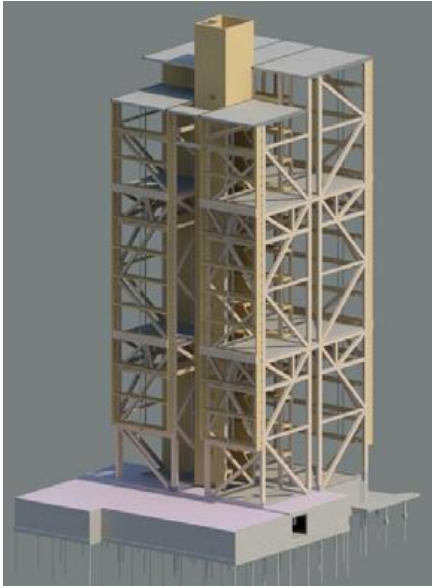
- Arbeid som blant annet sveising var utført før installasjonen av massivtre elementer.
- Området ble sikret for brennbare materialer.

Sara Cultural Centre ligger i Skellefteå, nord i Sverige. Dette er et byggverk på 20 etasjer, bygget i trekonstruksjoner. Robert Schmitz fra White Arkitekt forteller om hvordan de har løst branndimensjonering av byggverket. Det blir gitt uttrykk for at valgt tørrelement tykkelse ikke er brannbart, men heller utsatt for forkulling. Med dette menes at tykkelsen på gjeldende bæreelement i tre gir beskyttelse mot brann og mulighet for 120 minutter til rømning. Sprinkleranlegg for hele byggverket fungerer som en ekstra sikring for rømning og drives av batterier i stedet for dieselmotor. (*Tree house 2.0*, 2022) Byggverket er også behandlet med brannhemmende lakk (*Building in wood has a distinguished past and a bright future*, 2022).

2.3.2 Dimensjonerende byggeteknikk

Etter en anerkjenning av lovverket, gjennomgang av dets krav og begrensninger ser gruppen videre på noen eksempler på hva slags dimensjonerende byggeteknikk det er benyttet både nasjonalt og internasjonalt målrettet mot trekonstruksjoner.

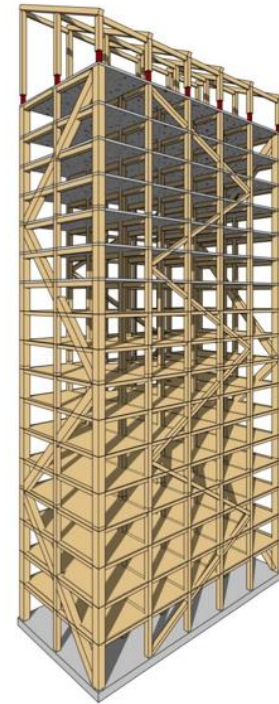
Det er viktig å understreke at det finnes preaksepterte løsninger på bærende byggeteknikk fra Byggforskserien nødvendig for å tilfredsstillere krav i forskriftene, men disse relaterer seg heller mot småhus. Det vil i denne rapporten settes søkelys på høyere byggverk med preaksepter ytelse fra blant annet Eurokoder med eksempel på byggverk både nasjonalt og internasjonalt.



Figur 2.8: Treet i Bergen

(Rune B. Abrahamse & Malo, 2022 (ikke oppgitt), figur 4)

Det første eksemplet på nasjonale løsninger for dimensjonerende byggeteknikk vil være teknikken brukt i Treet, et trekonstruksjonsbasert prosjekt utført i Bergen under det rådgivende selskapet SWECO. Her er det brukt fagverk av limtre i konstruksjonens hovedbæresystem. Konstruksjonens heis- og trappesjakt, samt indre vegger er av massive KL-tre og bidrar til økning av masse. Dette gir forbedring av dynamiske funksjoner og bærende styrke. Rammeverket mellom etasjene er dimensjonert med vanlig bærende bindingsverk i tre. Mesteparten av byggverket er satt sammen av prefabrikkerte elementer, enten satt sammen som fire deler eller enkeltvis. Hovedteknikken er å alltid la én etasje være fundamentet for de tre neste over (eksempelvis 1-4, 6-9, 11-14, 5, 10). Første etasje hviler på betongfundamentet og er lastet på av de tre neste etasjene over seg. Femte etasje avlaster underliggende etasjer med at den heller er festet til konstruksjonens fasade-baserte fagverkssystem. Med dette menes avlastning på bæreelementene på yttervegg. Dette er forsterket av limtre. De avstandene elementene bærer et også-prefabrikkert betongdekket som da er fundamentet for de tre neste etasjene. (Rune B. Abrahamse & Malo, 2022 (ikke oppgitt), §1-5)



Figur 2.7: Mjøstårnet i Brumunddal

(Abrahamsen, 2022 (ikke oppgitt), s. 16)

Et annet eksemplarisk konstruksjon vil være Mjøstårnet lokalisert i Brumunddal. Dette er også et ledende trekonstruksjonsbasert prosjekt utført av Sweco. Her er byggeteknikken av lik type, hvor fagverk i limtre brukes som hovedbæresystem og tar alle horisontale og vertikale aksiallast. Limtre er dessuten brukt i alle søyler, bjelker og diagonaler.

Derimot er det ikke brukt prefabrikkerte byggeelementer i dette prosjektet, kun fasademoduler. Det er benyttet dekker i massivtre i de første ti etasjene, etterfulgt av åtte resterende med betong. Grunnen til betongbruken er relatert til komfort- og behagelighetskrav, ettersom betongen er tung og stabiliserer konstruksjonen til en høyere grad. KL-treet i denne konstruksjonen tar all sekundærlast fra heis og trappesjakter, samtidig som den heller ikke er strukturelt koblet opp mot limtreet. (Abrahamsen, 2018, §1-3), (*Mjøstårnet– Construction of an 81 m tall timber building*, 2022, s. 2, 5, 16)

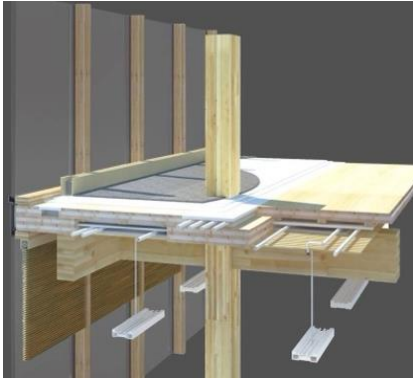
Et siste nasjonalt eksempel vil være et prosjekt i Moss, hvor et byggverk av KL-tre, limtre og bindingsverk i tre er under konstruksjon. Ut ifra en befaring sammen med totalentreprenøren Hersleth Entreprenør benytter byggverket bærende bindingsverk i alle yttervegger og innervegger av vanlig tre elementer. Etasjeskillere, tak og trappesjakt er av KL-tre. Veggene sørger for å ta for seg all vertikal aksiallast, mens etasjeskillere og tak tar for seg den horisontale avstivningen. Det er også viktig å notere seg at trappesjakten i KL-tre ikke tar for seg noe laster av konstruksjonen som en helhet, men heller er en selvstendig konstruksjon. Limtrebruket er begrenset ned til kun søyler og understøttende bjelker for balkonger og svalganger.



Figur 2.9: Bæresystemet av WIDC

Videre ser vi på noen internasjonale løsninger. Innledende kan det startes opp med et (*Wood Innovation and Design Centre*, 2022) byggeprosjekt i Canada under konsulent selskapet Equilibrium Consulting kalt for The Wood Innovation and Design Centre (WIDC). Dimensjonering i dette landet er basert på enten å følge lister av preaksepterte løsninger for dimensjonering eller å følge egne alternative løsninger, hvor minstekrav i regelverket må oppfylles. Herunder må byggeselskapene påvise og rapportere at konstruksjonen har ytelser og funksjoner som oppfyller det gjeldende lovverket. Ganske likt fremgangsmåten i Norge. Konstruksjonen

består av KL-tre vegger og dekker, limtre og LVL søyler, PSL bjelker og vanlig bindingsverk i tre. Byggverket benytter KL-tre dekke over limtre bjelker og søyler.



sammenbindingselement brukt i WIDC (Wood Innovation and Design Centre, 2022)

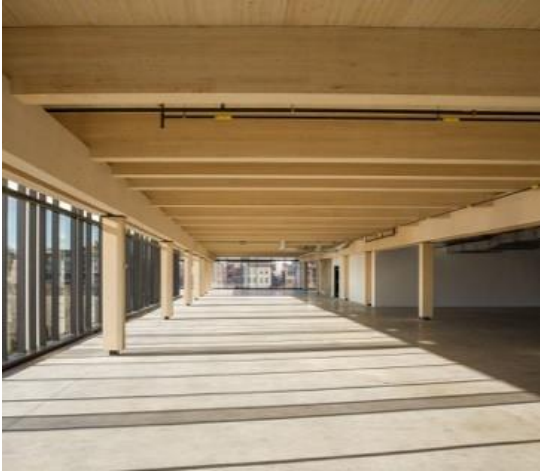
Søylene er satt sammen med «end-to-end» forbindelser i hver etasje. Alle bjelker rammes inn i søylene hvor alt er sammenkoblet med prefabrikkerte og sammensatte sammenbindingselementer. PSL bjelkene benyttes for å spre og overføre laster fra de ulike søylene. De vertikale lastene er for det meste tatt opp av søylene og videreføres nedover konstruksjonen. De horisontale lastene tas opp av heissjaktene som er «ballong framed» (Amerikansk bindingsverkssystem) og laget av KL-tre paneler, som er festet til hver etasje.

(Danzig, 2013, §1-3, §5), (Wood Innovation and Design Centre, 2022)

Et annet internasjonalt eksempel vil være en 18 etasjers trekonstruksjon i Brock Commons Tallwood House i Canada utført under det rådgivende ingeniørfirmaet Fast & Epp Structural Engineers. Byggkonstruksjonen er en massivtre hybrid. Den bruker betong kun i dets fundamentering, dekke over første etasje og heis/trappesjakter. Dette er slik at den overliggende og resterende massivtrekonstruksjonen kan avlastes i bunn via betongdelen av konstruksjonen. Resten av bæresystemet er basert på massivtre. Her blir det brukt prefabrikkerte KL-tre gulvpaneler med å understøtte av Limtre og PSL søyler. Her var også bindingsmodulene i stål. (Angelique Pilon et al., 2022, s., 3-17), (Demonstrating the viability of mass wood structures, 2022)



Figur 2.11: Bærekonstruksjonen i Brock Commons Tallwood House i Canada (Demonstrating the viability of mass wood structures, 2022)



Figur 2.12: Inne i Plate Fifteen byggverket i USA
(Case study: Platte Fifteen, 2020, s. 4)

En annen konstruksjon som kan studeres i USA er «Plate Fifteen». Denne konstruksjonen er på fem etasjer og er byggverket under ingeniørfirmaet KL&A Engineers & Builders. Byggverket er basert på 9x9 m KL-tre paneler med understøtte av søyler og bjelker i limtre. Av forsterkende faktorer benytter konstruksjonen også sammen med bjelkene, takås av limtre. Kl-tre panelene er toppet med betong u underkant av 8 cm. Dette bygget var ikke designet med skjærvegger, heller er det betongfundamentet, i kombinasjon med limtreframme og stålavstivning. (Platte Fifteen, 2022), (Case study: Platte Fifteen, 2020, s. 2-3)

Et fint eksempel på trekonstruksjoner fra Sverige er Kajstaden. Dette ni etasjers byggverket har en bærekonstruksjon i kun materialet tre og er prosjektert av ingeniørselskapene Bjerking og Martinsons. Tilnærmet hele byggverket er basert på prefabrikkerte massivtreelementer i balkongelementer, trappe- og heissjakter, vegger, gulv og ganger. KL-tre, dekker alle støtteelementene som søyler og bjelker. Det eneste unntaket er bruken av betong i fundamentet for solid geoteknisk dimensjonering. (Landmark showcases possibilities, 2022)



Figur 2.13: Fasade av byggverket Kajstaden i Sverige
(Landmark showcases possibilities, 2022)

Oppsummerende ser vi at de fleste løsninger både nasjonalt og internasjonalt baserer seg på å bruke teknikken som er å kombinere massivtre, oftest typen KL-tre i dekker,

samt søyler og bjelker i limtre for understøttelse. Som overnevnt, er det også mulig å bruke kombinasjonen av massivtre og/eller betongdekket sammen med fagverk av limtre for å oppnå høyere og stivere byggverk med regelmessig avlastning, til tross for et mer avansert og arbeidskrevende system.

2.3.3 Växjö - Den moderne trebyen

Avslutningsvis i internasjonale løsninger er det valgt å ta med et oppsummerende og helhetlig tilfelle hvor bruken av massivtre og produksjon av trekonstruksjoner er tatt til et høyere nivå. Det er fundamentalt viktig å forstå bruken av trematerialer i en større sammenheng, dette oppnås blant annet ved å få analysert en by i Sverige som heter Växjö. Byen er en av de første stedene i Europa som fikk anerkjenningen for å være en avansert treby, kjent som den «moderne trebyen». Denne byen legger såpass mye vekt på å bygge i tre at de har oppfunnet en "trebyggestrategi". Strategien går ut på å bevise at den moderne trekonstruksjonsbruken kan være bærekraftig i det lange løp samtidig som den plastrer over kostnadsskadene konstruksjonsmarkedet møter på. Innad strategien er prosjektet kalt for Välle Broa, som går ut på å konstruere innoverende byggverket hvor hovedmateriale og hovedbæresystemet er i tre. Prosjektet er delt inn i syv ulike konstruksjoner. (Serrano, 2009 (antatt), §1.1) (*Trästad*, 2022)

Det er i stor fordel å se på ett av de syv trekonstruksjonene innad dette prosjektet som den svenske trebyen har utarbeidet løsninger for, særlig med tanke på hovedfaktorene for risiko, stabilitet og brannsikkerhet. I denne kommunen er det hele syv ferdigbygde trekonstruksjoner som symboliserer et revolusjonerende bruk av tre som hovedmateriale for byggverk. Disse er Sigfridsområdet, Brent Kapp, Universitetet, Limnologen, Torparangen, Salhagen og Jonsboda. (*Välle Broar*, 2022)



Figur 2.14: Område brukt til prosjektet, hvor Limnologen er markert i rød.

(*Limnologen Syd*, 2014, figur fra s. 2)



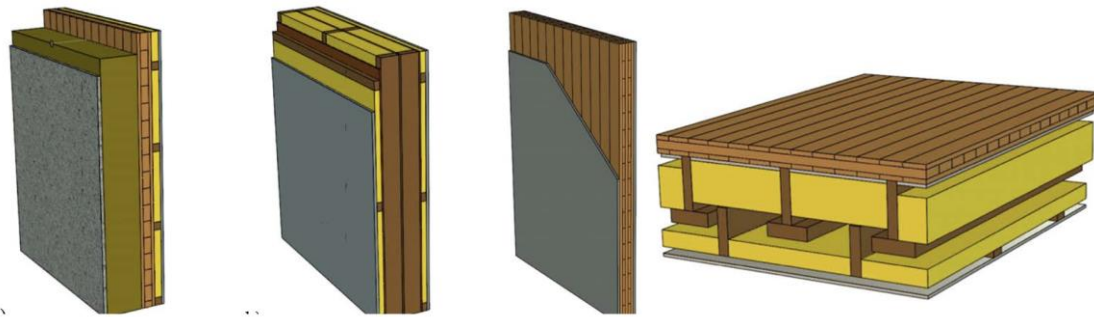
*Figur 2.15: Limnologen
(Limnologen, 2022)*

Ett av verkene fra de syv delene i prosjektet Välle Broar som gruppen tar for seg er Limnologen som ble bygd mellom 2009 til 2011. Dette er en åtte etasjers byggverk hvor fundamentmateriale er i massivtre. KL-tre benyttes til både etasjeskillere og vegger. Vanlig bindingsverk er benyttet der skillevegger har vært nødvendig. Den første etasjen er av betong slik som mange andre trekonstruksjoner, dette for å skape et sterkere fundament for resten av overliggende konstruksjon. For å motstå vertikale aksiallaster er alle ytterveggene, som også er en stor del av hovedbæresystemet, og samtidig innvendige skillevegger mellom leilighetene bærende. Horisontale laster tas opp av gulvelementene, disse fungerer som stivende plater og fra disse overføres aksiallastene til veggene som videre håndterer lasten. Det er også benyttet limtre som bjelke og søyle kombinasjoner for ekstra støtte der det var nødvendig. (*Vi bygger i trä*, 2022, s. 1-2) (Serrano, 2009 (antatt), §1.3.1)

Stabiliserende er det brukt hele 48 solide strekkstenger som strekker seg fra toppen av byggverkets, igjennom bygget hvor det er innfestninger i hver etasje og ned til betongfundamentet hvor den er koblet opp. Smarte løsninger er benyttet, skjult imellom de bærende og skillende veggene i bygget av estetiske grunner. Disse skal enkelt avlaste alle vindlast-påkjennelser, samtidig som den demper behovet for bindingsmoduler mellom vegger. (Serrano, 2009 (antatt), §1.3.1, 1.3.2)

Krav til sikkerhet er uavhengig av typen materiale brukt i konstruksjonen. Av den grunn og fordi byggverket er over tre etasjer, gjelder høyeste grad av krav, mer definerende er byggverket i klassifikasjonen BR1. Alle leilighetene er egne brannceller og er av klasse EI60, hvor unntaket er mindre kjellerrom i bunnetasjen med EI30 tatt i hensyn til at disse er i betong etasjen. Videre for å sikre at den totale sikkerheten i byggverket er tilfredsstillende så er det installert sprinkelanlegg tilpasset for boliger. (Serrano, 2009 (antatt), §1.3.3)

Figuren under viser hvordan elementene er brukt i Limnologen og hvordan det prinsipielt ser ut. I respektiv rekkefølge vises det fra venstre side, en yttervegg hvor det er benyttet et trippelt lag av KL-tre, en skillevegg hvor strekkstengene er gjemt godt imellom lagene og en innervegg hvor igjen et trippelt lag av KL-tre er benyttet. Det er installert gipsplater i alle yttervegger på innvendig side med trepaneler som utvendig kledning. I hver etasje er det lagt ut omtrentlig 30 gulvelementer, hvor hver etasje har noe unikt i oppsettet. Derimot er bæreprinsippet på alle elementer like, et trippelt lag med KL-tre sammen med T-bjelker av limtre, med cc 600mm, som er direkte bundet til etasje gulvet. (Serrano, 2009 (antatt), §1.3.7, 1.3.8)



*Figur 2.16: Elementer: Yttervegg, skillevegg, innervegg og gulvelement
(Serrano, 2009 (antatt), figur 3 og 4)*

Fra det overnevnte eksemplet, Limnologen, vises det at byen har hatt store ambisjoner for å bygge en fremtidig trebasert kommune. Det er også viktig å inkludere faktumet av at de fleste prosjekter byen utfører er ulike fra tidligere byggverk og derved må det stadig innføre nye løsninger. Dette fører til at Växjö kan bli et ledende treby som både vil inspirere og tilby løsninger for konstruksjoner med tre som hovedmateriale.

3. Metode

For å finne løsning til problemstillingen har gruppen benyttet to veiledende delspørsmål nevnt tidligere. Under teori kapittelet har gruppen tatt for oss disse delspørsmålene for gjeldende paragrafer som trengs for å tilfredsstille forskriften, med hensyn på blant annet sikkerhet i byggverk. Her har det blitt nevnt Byggforskserien og Eurokoder. Både Byggforskserien og Eurokodene er anerkjente og er de mest sikre metodene brukt i Norge. Disse blir nevnt som preaksepterte løsninger i forskriften og anbefalt i bruk, da metoden er utviklet med hensyn på empiriske verdier og forskning.

Gruppen har bygget opp fundamentet i problemstillingen i teori kapittelet med veiledende delspørsmål. For å kunne svare direkte på problemstillingen og kunne ta i bruk ens kunnskap, er det valgt å utføre en case studie på et byggeprosjekt Hersleth Entreprenør prosjekterer, nemlig Vestbyhagen. Vestbyhagen deler mye av dimensjoneringsteknikken brukt i Kjærneshagen, et byggeprosjekt fra Hersleth Entreprenør i slutfasen. Det vil bli brukt trestendere, KL-tre og limtre som bærende elementer i Vestbyhagen. I Vestbyhagen vil gruppen tar for seg blokk D som er i 4 etasjer. Denne blokken vil dimensjoneres til 6 etasjer med hensyn på brann og bæring.

Ulike metoder kan benyttes for å dimensjonere de bærende treelementene. Det kan benyttes manuelle beregninger eller programvarer for å finne ulike løsninger. Igjennom dette prosjektet har gruppen gått igjennom programvarene Robot Structural Analysis, Tekla Structural Designer, Tekla Tedds og Calculatis av Stora Enso. De to førstnevnte vil kreve mere tid til opplæring og vil ikke være hensiktsmessig med avsatt tid og resultat å innhente, derfor er det valgt å gå for programvaren Calculatis.

3.1 Valgte metoder

For prosjektets del er det valgt følgende metoder for å løse problemstillingen:

Calculatis: Caculatis er en programvare for ingeniører laget av Stora Enso. (Enso, 2022) Programvaren kan ta for seg materialer som limtre, KL-tre og trevirke. Kontrollene gjøres

i både bruddgrensetilstand og bruksgrensetilstand. De mest kritiske elementene vil være å bli analysert med programvaren. Calculatis bruker ikke norsk nasjonalt tillegg og det benyttes derfor det svenske. Noen nasjonale tillegg vil være det samme som blant annet partialfaktor for materialeegenskaper. Vel å merke at for gjeldende kritiske områder der kontrollen nærmer seg til å ikke bli tilfredsstillt under kontrollberegninger, vil det heller gjøres manuelle beregninger med norsk nasjonalt tillegg.

Tekla Tedds: Er en dimensjonerings- og kalkuleringsprogramvare for ingeniører laget av Trimble. Denne kan benyttes til beregning med ulike materialer slikt som stål, betong og tre. (Tekla Tedds, 2022)

Manuelle beregninger: Det vil gjøres vanlige håndberegninger for dimensjonering av brann og bæring for gjeldende kritiske områder for valgte elementer.

3.2 Fremgangsmåte

Følgende forskrift, preaksepterte ytelser i Standard Norge og bøker er valgt for å løse problemstillingen (tilfredsstille krav for brann og bæring):

TEK17: Alle aktuelle krav fra forskriften (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022).

Eurokode 0: For klassifisering og beregning av blant annet brudd- og bruksgrensetilstand (*NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner*, 2016).

Eurokode 1: For beregning av laster i bærekonstruksjonen (*NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019, Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger*, 2019), (*NS-EN 1991-1-2:2002+NA:2008, Laster på konstruksjoner ved brann* 2008), (*NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018, Snølaster*, 2018), (*NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009, Vindlaster*, 2009).

Eurokode 5: For dimensjonering av trekonstruksjoner med hensyn på bæring og brann (*NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010, Allmenne regler og regler for bygninger*, 2010), (*NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010, Brannteknisk dimensjonering*, 2010).

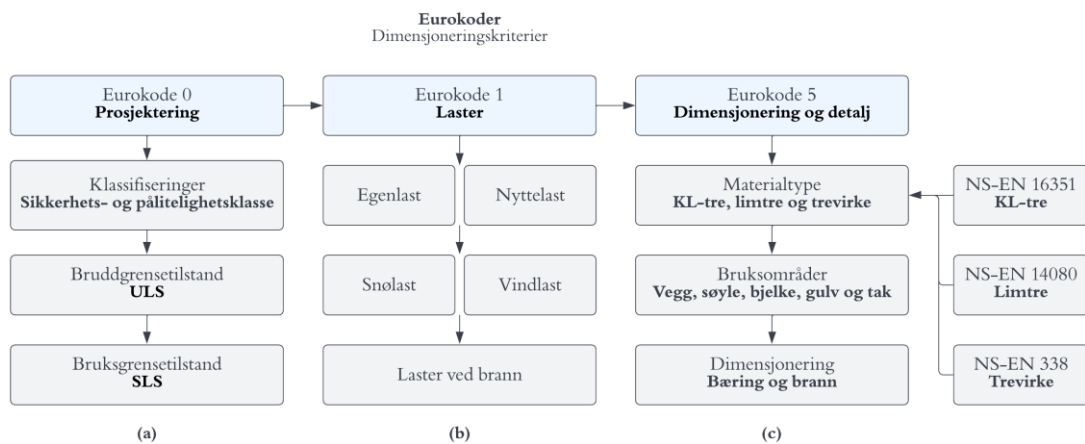
NS-EN 16351: For informasjon med hensyn på KL-tre (*NS-EN 16351:2021, Krysslimt massivtreelement - Krav*, 2021).

NS-EN 14080: For dimensjonering med hensyn på limtre (*NS-EN 14080:2013+NA:2016, Limtre og limt laminert heltre - Krav*, 2016).

NS-EN 338: For dimensjonering med hensyn på trevirke og KL-tre (*NS-EN 338:2016, Konstruksjonstrevirke - Fasthetsklasser*, 2016).

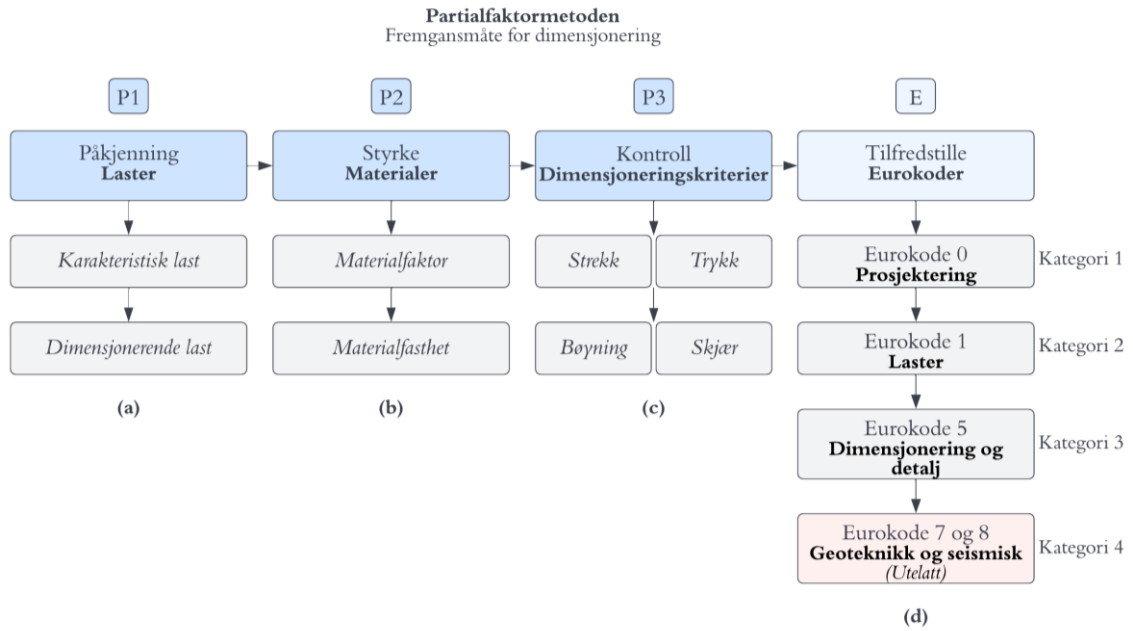
Aktuelle brukte bøker eller håndbøker: Konstruksjonslære (Eie, 2018a), Trekonstruksjoner (Eie, 2018b), The CLT Handbook (Eric Borgström et al., 2019), Limtreboka Beregningseksempler (*Limtreboka Beregningseksempler*, 2018), Treteknisk Hefte 4 (Bente Kleven et al., 2006b), Treteknisk Hefte 3 (Bente Kleven et al., 2006a),

Manuelle beregninger: For å tilfredsstille dimensjoneringskriteriene i Eurokodene vil det bli benyttet partialfaktormetoden. Metoden går ut på å legge til sikkerhetsfaktorer, også kalt for partialfaktorer, inn som flere ledd i beregningene. (Eie, 2018b, s. 33-34, 47-48) Oppbyggingen for dimensjoneringskriteriene for trekonstruksjoner er å se i figur 3.1.



Figur 3.1: Dimensjoneringskriterier for trekonstruksjoner

Fremgangsmåten for dimensjonering med trekonstruksjoner er vist i figuren under. De kronologiske stegene i beregningen er symbolisert med henholdsvis P1, P2 og P3. Oppbyggingen av hvert steg fra P1-P3 er kun noen eksempler på variabler. Siste steg, nemlig P3, kontrollerer om kriteriet i gjeldende Eurokode (E) er tilfredsstillt.



Figur 3.2: Fremgangsmåte for dimensjonering av trekonstruksjoner

4. Case studie

4.1 Stedsanalyse



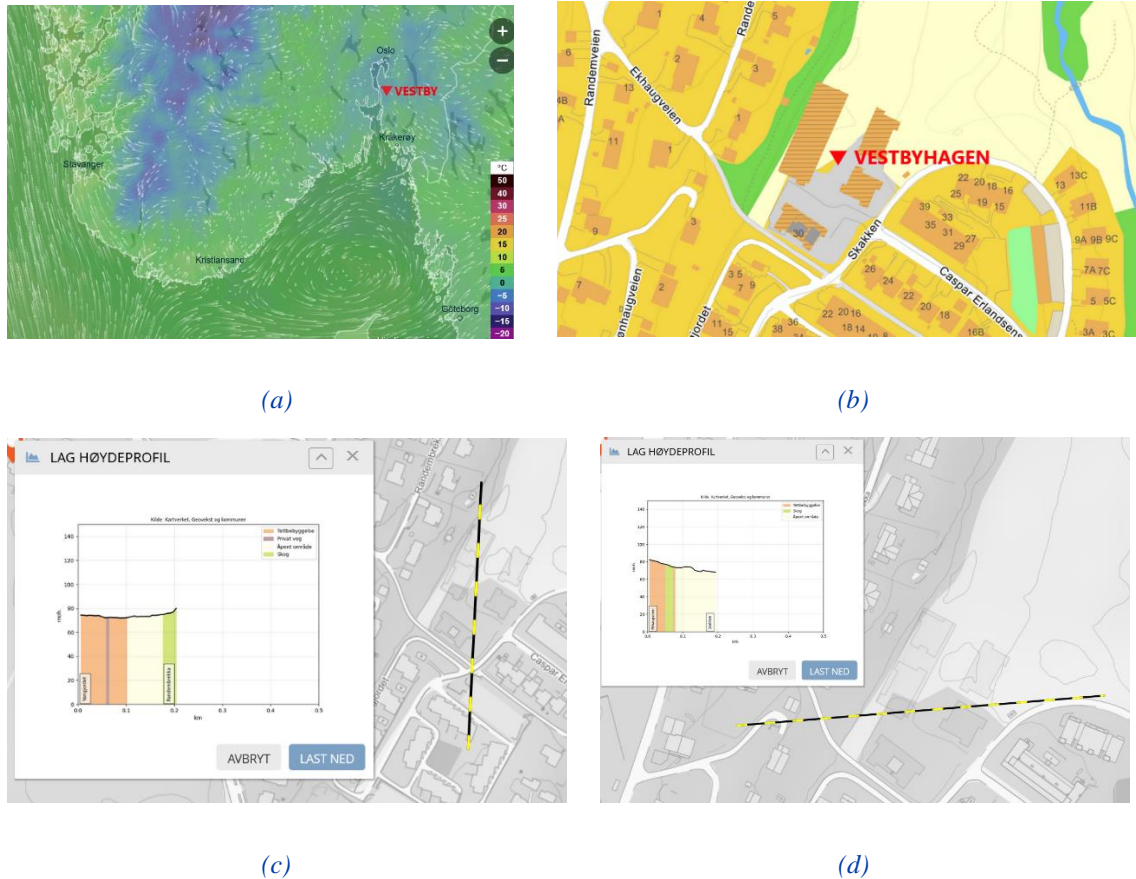
*Figur 4.1: Vestbyhagen
(Vestbyhagen, 2022)*

Vestbyhagen er et byggeprosjekt fra Hersleth Entreprenør i utvikling. Området vil bestå av fem blokker med henholdsvis tre og fire etasjer. Under terreng, i kjeller etasjen, vil det være parkeringsplasser. Byggverket vil bli plassert i Casper Erlandsens vei 30 i Vestby når den står ferdig. Området står ikke så langt unna Vestby sentrum og beboere kommer til å ha tilgang til kollektiv transport, skole og dagligvare i nærheten. Omkringliggende byggverk består av småhus i form av eneboliger og rekkehus.



Figur 4.2: (a) situasjonsplan og (b) plankart av Vestbyhagen gitt av Hersleth Entreprenør

Ås er den nærmeste stasjonen til Vestby for innsamling av klimadata av Norsk Klimaservicesenter. Ifølge Norsk Klimaservicesenter har gjennomsnittet av årlig nedbør i Ås fra perioden 1985 til 2022, med noen år i unntak og med omtrentlige gjennomsnittsverdier (vedlegg C1), ligger nedbør på litt under 900 mm, 11 m/s med vind, 8 cm snø og 6 °C temperatur. (Ås stasjon: observasjoner og værstatistikk, 2022) Dette er ifølge Store Norske Leksikon normale verdier. (Klima i Norge, 2022)



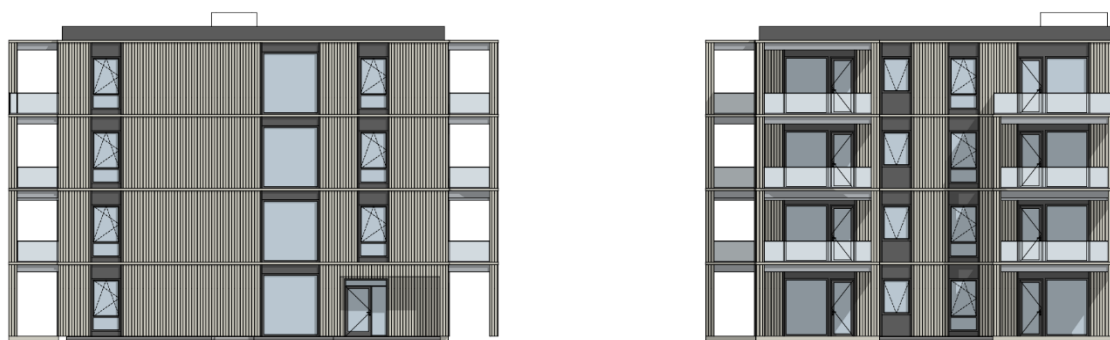
Figur 4.3: Vind-, temperatur- og høydeprofilkart av Vestbyhagen

(a) Et øyeblikks kart av vind og temperatur 8. mars 2022 etter kl. 13:00 i Vestby. Temperaturen på -1 °C to meter over bakken og vind på 2,5 m/s mot sør. (Vindkart, 2022) (b) Kart over Vestbyhagen. (Kart: Vestbyhagen, 2022) (c) Flat terreng i retning nord-sør med god beskyttelse for vind i nærliggende byggverk og tre fra skogen. (d) Noe bratt terreng fra vest og mye åpent område fra øst. God beskyttelse for vind fra nærliggende byggverk fra vest, men lite fra øst. (Høydeprofil av Vestbyhagen, 2022)

Oppbygging av blokkene er sammensatt av materialet tre i bæreelementene på følgende måte:

- Yttervegger i trestendere.
- Innervegger, etasjeskillere, heis- og trappesjakt i KL-tre.
- Søyler og bjelker i limtre.

Prinsipielt kan de fleste bærende elementene nevnt ovenfor erstattes om hverandre eller benyttes med andre dimensjoneringsteknikker som for eksempel fagverk i limtre på yttervegger. I første omgang vil det derfor kanskje være aktuelt å tenke å bytte ut ytterveggene i tre stendere med KL-tre. Men det er i midlertidig en stor fordel med tre stendere i ytterveggene. Disse blir byggverket som prefabrikkerte elementer hvor alt fra utvendig kledning til dampsperre er ferdigmontert. På denne måten blir byggverket tettet mye raskere, tre materialene uten behandling blir utsatt for lite fukt og håndverkerne for jobbet inne. Denne typen dimensjoneringsteknikk i yttervegger ønskes derfor å beholdes når det i case studie skal prosjekteres til økt etasjer.



Figur 4.4: Fasade av blokk D i Vestbyhagen på fire etasjer

Under case studie vil prosjekteringsfokuset være på blokk D (Figur 4.4) i Vestbyhagen. Denne blokken består av fire etasjer og skal økes med to etasjer til. Blokk D skal dermed prosjekteres til seks etasjer med hensyn på forskriftene, preaksepterte ytelser, samt avgrensningskapittelet. Valgte elementer på ytter- og innervegger, etasjeskillere, heis- og trappesjakt, bjelker og søyler vil beholdes. Men nye eller eksisterende elementer kan bli erstattet, flyttet eller lagt til der det blir hensiktsmessig.

4.2 Krav fra forskriften TEK17 og preaksepterte ytelser

Byggprosjektet ved Vestbyhagen skal oppfylle kravene for sikkerhet ved brann og bæring der det vil benyttes en forenklet prosjekterings metode. Videre skal alle forutsigelser grundig beskrives.

4.2.1 Risikoklasse

Det startes opp med en analyse av risikoen byggverket har ovenfor mulige brannkatastrofer. Ettersom blokk D i Vestbyhagen er en boligbygning vil sporadiske opphold og bruksgrunnlag for overnatting ikke være relevant. Alminnelig er alle brukere av byggverket faste beboere og dermed godt kjent med rømningsveier, og tiltak for å forebygge mot brann. Ved å benytte tabell for risikoklasse og tilhørende risikoklasse i forskriftene §11-2 havner byggverket i risikoklasse 4. Dessuten er dette en fastsatt klasse for den omtalte virksomheten som er i dette tilfellet boligbygg. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-2, tabell: risikoklasser og tabell 1)

4.2.2 Brannklasse

Videre skal det utforskes hvorvidt en brannkatastrofe, når den først har inntruffet, påvirker og har konsekvenser ovenfor miljøet, for liv av mennesker og dyr og ovenfor samfunnsmessige faktorer som blant annet økonomi. Ved bestemmelser fra forskriftene §11-3 i tabell for brannklasse for byggverk vil Vestbyhagen blokk D som er i risikoklasse 4 og er på 6 etasjer gi et av de strengeste brannklasse kravene, nemlig brannklasse 3. (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-3, Tabell: brannklasser og tabell 1) For blokk D på 4 etasjer var det gitt krav til brannklasse 2. Med andre ord vil økning av to etasjer på blokk D til 6 etasjer gi krav til nye parametere, slikt som blant annet ubrennbart materiale. De nødvendige kravene som er å måtte tilfredsstilles for brannklasse 3 samt i henhold til valgte avgrensninger i rapporten vil bli nevnt for hvert gjeldende element både under kapittelet for dimensjonering og også resultater og diskusjon.

4.2.3 Bæreevne og stabilitet

Hovedbæresystem

Fra TEK17 er det stilt visse krav til sikkerheten rundt en konstruksjon ved brann. Tatt i betraktning § 11-4, bæreevne og stabilitet, stilles det dimensjonerende krav som skal sikre at byggverket som helhet samt de enkelte delene slik som bærende hovedelementer (søylar, vegger og bjelker) skal ha tilfredsstillende sikkerhet. Fra §11-4 første ledd blir det gitt krav til en brannmotstand på R 90 A2-s1, d0 [A 90] for overnevnte elementer ettersom disse er komponenter av det bærende hovedsystemet. §11-4 andre ledd stiller krav til at den termiske påkjenning og brannforløpet tas med i beregning under branndimensjonering. Dette tilfredsstilles igjennom Eurokodene som er blitt benyttet i branndimensjoneringen i dette prosjektet. Videre stiller §11-4 fjerde ledd krav til at det bærende hovedsystemet må dimensjoneres på en slik måte at den skal være bærende og stabil selv etter et fullstendig brannforløp.

Sekundære bæresystem

Fra §11-4 første ledd er det gitt krav til brannmotstand for blant annet tak og dekke på 60 minutter (R 60 A2-s, d0 [A 60]) ettersom disse er i det sekundære bæresystemet. I tillegg er det krav til utkragede elementer i §11-4 første ledd, i dette tilfellet balkongdekke, hvor utkragede deler skal ha forsvarlig innfestning for å hindre nedfall. I dette case studie tilfredsstilles kravet ved å plassere søylar og bjelker under balkongene. For tak gis det ytterligere krav til brennbar isolasjon som er å nevne i §11-9.

4.2.4 Brannseksjon

§11-7 i tabell 1 i forskriftene blir det gitt krav til seksjoneringsvegg ved overskridelse av bestemt bruttoareal. Da byggverket ligger i underkant av bruttoareal på 250m² per etasje kan det anses at kravet faller bort, men i §11-12 første ledd bokstav a i forskriftene gis det derimot krav til brannseksjon for byggverk i risikoklasse 4. Dette kravet faller bort om det benyttes automatiske brannsløkkeanlegg. I byggverket vil det derfor måtte installeres automatisk sprinkelanlegg for å anse at automatisk brannsløkkeanlegg kravet blir tilfredsstillt. Sprinkelanlegg gjøres i henhold til NS-EN 16925 (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-12 (1a)). Ved valg av sprinkleranlegg vil §11-7 i forskriften gi nytt krav til maksimum bruttoareal på 1000 m² i tabellen som er tilfredsstillt da byggverkets

bruttoareal er mye mindre. For blokk D i Vesbyhagen på 6 etasjer vil det derfor ikke være krav til brannseksjon ved bruk av automatiserte sprinkel anlegg.

4.2.5 Branncelle

TEK17 §11-8 stiller krav til brannceller. I henhold til §11-8 første ledd skal byggverket deles opp i brannceller på en slik måte at det sikrer tid til rømning og redning. Det er valgt å ha alle leiligheter som en egen branncelle, dette er for å hindre at brann fører til større materielle skader. Det er også oppgitt noen preaksepterte ytelser i §11-8 første ledd som forteller om rom som skal være egne brannceller, dette blant annet trapperom og rømningsveier. I følge §11-13 fjerde ledd er det et tilleggskrav på å tilrettelegge rømningsveier i hver etasje utover disse branncellene. I henhold til §11-8 andre ledd er det valgt at branncellebegrensende vegger og etasjeskillere i byggverket skal ha en brannmotstand på EI 60 A2-s1, d0 [A 60], ettersom byggverket er i brannklasse 3. Vel å merke at dette kravet overstyres blant annet av vegger i hovedbæresystemet hvor det stilles krav til 90 minutter bæreevne under et brannforløp i henhold til §11-4. Kravet gjelder også for vegger og etasjeskillere som omslutter trapperom og heissjakt. I tillegg til dette er det oppgitt preaksepterte ytelser i §11-8 for dører og luker i branncellebegrensende bygningsdeler. Det må igjen understrekes at krav vedrørende dører og åpninger/hulrom er utenfor rapportens avgrensede område, samt elementer slik som vinduer, trapper og sjakter.

4.2.6 Materialer og produkters egenskaper ved brann

I følge §11-9 andre ledd er byggverket sikret for at rømning kan utføres på en effektiv og forsvarlig måte. Det er også valgt materialer som blant annet gipsplater, også kalt brannplater, av kategori F. Dette for å hindre branninntrenging og spredning i tidlig fase. Ved bruk og feil plassering av brennbar isolasjon i tak mellom bærekonstruksjonen, vil det forårsake utfordringer for blant annet brannvesenet under brann. Som også nevnt i veiledningen under §11-9 andre ledd plasseres isolasjon over bærekonstruksjonen, slik at den blir involvert i et senere brannforløp og dermed slipper å være til hinder ved nedfall. I §11-9 andre ledd i veiledningen bokstav f nevnes det at taktekning kan bidra til brannspredning i et og mellom ulike byggverk. Med dette menes at taktekningen må ha

en spesiell klassifisering, dette er $B_{ROOF}(t_2)$ [Ta], som også nevnt i TEK 17. Ytterveggene skal ha en overflate som tilfredsstillers klassen D-s3, d0 [Ut 2], dette for å hindre brannspredning i byggverkets fasade.

4.2.7 Konstruksjonsikkerhet

I tillegg til overnevnte krav for brann i kapittelet, stilles det krav til personlig og materiell sikkerhet samt konstruksjonsikkerhet i §10-1 og §10-2. For å kunne tilfredsstillers krav fra forskriftene henvises det til preaksepterte ytelser, herunder Eurokodene. Eurokodene som er å bli benyttet for dette case studie til å tilfredsstillers krav til bæring og stabilitet under brann er å omtales mer under kapitlene for dimensjonering.

4.3 Laster

4.3.1 Materialer

For Vestbyhagen blokk D skal det dimensjoneres med to ytterligere etasjer. Dette gir totalt 6 etasjer mot nåværende 4. Ettersom etasjer økes, øker også risikokrav og brannkrav samt dermed andre strengere krav for bæring og brann. Utfordringen med valgte materialer vil være å beholde funksjonsevnen R, nemlig bæringen, samtidig som brann blir et sentralt tema. I tillegg for brannklasse 3 blir det gitt krav til begrenset brennbart materiale. Dette krever nye type løsninger som blant annet bruk av brannplater i alle vegger fra byggverkets innvendige side der det kan bli utsatt for brann. I de fleste tilfeller kan brann bli påvirket fra begge sider, slikt som bærende innervegger i KL-tre. Disse krever nye teknikker. Teknikkene kan variere hvor en rådgivende ingeniør bygg (RIB) tar avgjørelser stort sett i samarbeid med byggherren for den aktuelle løsningen. Det vektlegges blant annet dimensjonering og kapasitet, håndverkernes kunnskap/kompetanse for utførelse av arbeidet, budsjett og estetikk. For tidligere nevnte innervegg kan det være aktuelt å redusere litt fra veggtykkelse og øke antall brannplater, i dette tilfellet opp til tre, eller øke litt på veggtykkelse og redusere antall brannplater. For dette case studie er det valgt å gå for siste løsning for leilighetskillevegg. Da brann blir eksponert kun på den ene siden av leilighetskillevegg med hulrom er det derfor valgt å redusere veggtykkelse. Mer detaljer om valg og endringer gjort fra Vestbyhagen med 4

etasjer til 6 etasjer blir begrunnet i kapitelene resultater og diskusjon. Se tabellen under på alle brukte materialer for dette case studie.

Tabell 4.1: Bærende elementer i Vestbyhagen

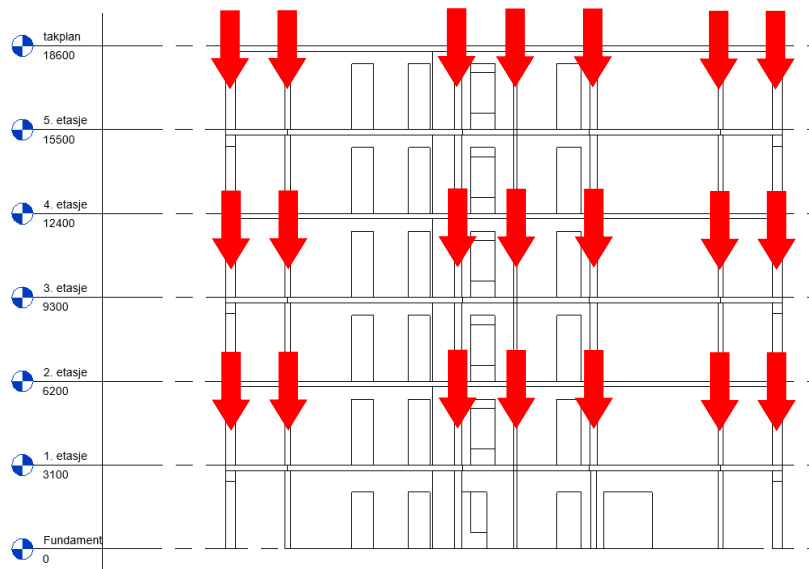
Bygningsdel	Materiale
Tak	KL-tre, 200 mm
Innervegg	KL-tre, 140 mm
Leilighetsskillevegg	KL-tre, 120 mm
Yttervegg	Trestender, 198 mm
Dekke	KL-tre, 200 mm
Bjelke (balkong)	Limtre, 405 mm høyde
Søyle (balkong)	Limtre, 350 mm tykkelse
Dekke (balkong)	KL-tre, 200 mm

4.3.2 Bæresystem

I teorikapittelet er det nevnt en god eksempelprosjekter med ulike byggeteknikk. En kan velge å bruke for eksempel limtre eller KL-tre fremfor trestendere. Dette er viktige valg som både påvirker bæreevne og stabilitet samtidig som andre faktorer som tid og budsjett. Hersleth entreprenør liker den praktiske bruken av ytterveggmodulene deres i trestender som effektiviserer byggeprosessen samtidig som bæreevne opprettholdes. For å tilfredsstille krav fra forskriftene kan det i enkelte tilfeller måtte gi endringer i ens byggeteknikk eller oppbygging. Mjøstårnet, nevnt i teorikapittelet, er et godt eksempel. Byggverket er svært høyt og er bygget i limtresøyler for vertikale bæreelementer. Limtre har høyere elastisitets modul som gir økt knekkekapasitet ved påførte høye trykk fra alle laster i etasjene over. Trestender ville i dette tilfellet vært lite aktuelt med blant annet redusert tverrsnitt og knekkekapasitet. For Vestbyhagen blokk D er det gjort noen endringer for valgte plassering av bæresystemer fra takplan til fundament nivå for å opprettholde bæreevnen. Leilighetsskilleveggen ved inngangen til byggverket fra utvendig side og innerveggen i siste leilighet i 1. etasje er flyttet sentrert til akse B. Se figur under. Knekking vil ifølge statikk i 2. ordens analyse øke ved laster påført i avstand fra senter av gjeldende bærende element. Med denne løsningen, ved å sentrere alle bærende elementer fra etasjene over i linje med elementet i 1. etasje, vil knekkebelastningen avlastes. Ytterligere beregninger og kontroll gjennomføres for hvert enkelt element under kapitelene dimensjonering og resultat og diskusjon



Figur 4.5: Til venstre er bæresystemet i 1. etasje over fundamentplanen av Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer laget i Revit. I midten er arkitekttegningen i sluttfasen og til høyre ligger et foreløpig plan av bæresystemet i startfasen gitt av Hersleth Entreprenør i samarbeid med rådgiverselskapet WSP for Vestbyhagen på 4 etasjer.



Figur 4.6: Bæresystemet sett fra øst-siden av Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer med jevnt fordelte laster på bærende elementer fra takplan til fundamentplan. Tegningen er laget i Revit. Bjelke elementene er fra Arcat og veggene fra KLH (Architectural Designer, 2022; Heavy Timber Construction BIM content, 2022).

4.3.3 Egenlaster

Egenlaster beregnes ut ifra Eurokode 1 del 1-1 (NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019, Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger, 2019). Bærende vegger i 1. etasje vil bli påført en kraft som kommer fra overliggende bygningsdeler med deres egenvekter slikt som dekke,

vegger, tak, bjelke, søyle og mer. Dette gir grunnlag for dimensjonering i brudd- og bruksgrense, og kalles for karakteristiske egenlaster. Tabellen under er et sammendrag av egenlaster av byggverket som ble fastlagt i starten av prosjektet. Se gjerne vedlegg B1 for detaljer av egenlaster. For endringer av valg under dimensjonering med hensyn på brann og bæring vil ikke verdier for egenlaster (vedlegg B1) og endrede dimensjoner av materialer (vedlegg B0) oppdateres hvis endringen ikke medfører store variasjoner. For eksempel ble leilighetsskillevæggen i KL-tre valgt til tykkelsen 130 mm, men senere endret til 120.

Tabell 4.2: Egenlaster

Plan	Elementer	Bygningsdel	Egenlast, g _k , kN/m ²
6	Dekker	Tak	0,973
	Skriver	Vegger, søyler og bjelker	5,011
5	Dekker	Dekker	0,920
	Skriver	Vegger, søyler og bjelker	5,011
4	Dekker	Dekker	0,920
	Skriver	Vegger, søyler og bjelker	5,011
3	Dekker	Dekker	0,920
	Skriver	Vegger, søyler og bjelker	5,011
2	Dekker	Dekker	0,920
	Skriver	Vegger, søyler og bjelker	5,011
1	Dekker	Dekker	0,920
	Skriver	Vegger, søyler og bjelker	5,011
Total			35,639

4.3.4 Nyttelaster

Nyttelaster beregnes ut ifra Eurokode 1 del 1-1 (*NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019, Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger*, 2019). For å kunne forutse alle mulige kombinasjoner i form av belastninger på byggverket må nyttelast tas i betraktning i dimensjoneringsgrunnlaget for lastkombinasjoner i både brudd- og bruksgrense. Her blir det blant annet tatt hensyn til opphold av personer og møbler i boligbygg, kategori A. I dimensjoneringskapittelet kan totale nyttelaster variere ut ifra bærende element som skal analyseres. Eksempelvis vil tak kun bli påført nyttelast fra tak. Ytterligere valg og opplysninger er å finne i vedlegg B2.

Tabell 4.3: Nyttelaster

Bygningsdel	Nyttelast, q_k , kN/m ²	Nyttelast, q_k , kN
Tak	0,750	1,500
Balkong	4,000	2,000
Trapper	3,000	2,000
Gulv	2,000	2,000

4.3.5 Snølast

Snølasten beregnes ut ifra Eurokode 1 del 1-3 Formelen i Eurokoden er, tilhørende likning 5.1(3-a): $s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$. I kronologisk rekkefølge i henhold til oppgitt likning blir det tatt hensyn til snølastens formfaktor μ_1 som gir en verdi på 0,8 for flate tak med helning på 0 grader. Eksponeringsfaktor C_e og termisk faktor C_t settes lik 1 med hensyn til krav fra forskriftene TEK17 §14-2 på et maksimum U-verdi for tak på 0,13 (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §14-2, tabell: enegiltak). For karakteristiske snølast har geografisk plassering av byggverket og meter over havet en påvirkende rolle. For s_k settes verdien lik 3,5 kN/m² for Vestby kommune hvor byggverket ligger 85 meter over havet. (*NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018*, *Snølast*, 2018, §5.2, tabell 5.2, tabell 5.1, §5.2(8), tabell NA.4.1(901)) Den karakteristiske snølasten blir dermed:

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3,5 = 2,8 \text{ kN/m}^2$$

4.3.6 Vindlaster

Vindlaster beregnes ut ifra Eurokode 1 del 1-4 (*NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009*, *Vindlaster*, 2009). For å finne vindlastene på veggene har vi valgt å benytte programvaren Tekla Tedds.

Geometri

Byggverket i Vesbyhagen blokk D vil ha et flatt tak med tilhørende vertikal utstikk for hindring av snø- eller isfall, kalt parapet. Parapeten har som funksjon blant annet å beskytte store nedfall av snø/regn, beskytte håndverkere fra å falle og estetisk skjule utstyr brukt på tak. Parapet høyden beholdes som den var på 580 mm fra blokk D på 4 etasjer. Høyden på hver etasje fra overkant av dekk til overkant av dekk er 3100 mm. Vestbyhagen vil dimensjoneres til 6 etasjer som gir total høyde på 18600 mm. Byggverkets bredde og dybde blir henholdsvis 16346 mm og 15146 mm inkludert med

sløyfe på 11 mm, lekt på 48 mm og utvendig kledning på 16 mm på hver side. Yttervegg modulene fra Hersleth Entreprenør vil beholdes uendret og vil ha skarpe kanter.

Variabler

For å kunne finne ut vindlastene påført på veggene er det nødt til å finne ut av noen viktige variabler fra Eurokode 1 del 4. Referansevindhastigheten hentes fra tabellen NA.4(901.1). For Vestby er denne $V_{b,0} = 24 \text{ m/s}$ og er den karakteristiske ti minutters middelvindhastigheten ti meter over terreng. Tilhørende region velges område 1, distrikt Sør-Norge fra tabell NA.4 (901.2), med henholdsvis høyde over havet der nivåkorreksjon begynner er $H_0 = 900 \text{ m}$ og høyde over havet der nivåkorreksjon har nådd sitt maks er $H_{topp} = 1500 \text{ m}$. (NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009, *Vindlaster*, 2009, §4.2, tabell NA.4(901.1), tabell NA.4(901.2)) Denne tabellen benyttes da det er blitt valgt at byggverket vil ha sitt terrengnivå 85 meter over havet, $H_{alt} = 85 \text{ m}$.

Nivåfaktoren C_{alt} settes lik 1, da byggverket ikke vil kreve retningssektoravhengig vindhastighetsbestemmelse som det inngår i NA.4.2(2). Vestby ligger på sør-øst siden av Østlandet og fra tabell NA.4 (901.4) velges retningsfaktoren til $C_{dir} = 0,9$. Faktor for årstidvariasjon settes lik $C_{season} = 1$. Programvaren Tekla Tedds inkluderer også beregning av sannsynligheten p for overskridelse i et tilfeldig valgt år med likningen 4.2 for sannsynlighetsfaktor C_{prob} multiplisert med basisvindhastigheten v_b . (NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009, *Vindlaster*, 2009, §NA.4.2(2), tabell NA.4(901.4), likning 4.2 og NA.4.1)

$$p = C_{prob} \cdot v_b = 21,6 \text{ m/s}$$

Der fra linking NA.4.1, basisvindhastighet:

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot C_{alt} \cdot C_{prob} \cdot V_{b,0} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 24 = 21,6 \text{ m/s}$$

fra likning 4.2, sannsynlighetsfaktor:

$$C_{prob} = \left(\frac{1 - K \cdot \ln(-\ln(1 - p))}{1 - K \cdot \ln(-\ln(0,98))} \right)^n = \left(\frac{1 - 0,2 \cdot \ln(-\ln(1 - 0,02))}{1 - 0,2 \cdot \ln(-\ln(0,98))} \right)^{0,5} = 1$$

Der anbefalte verdier for K, p og n er 0,2, 0,02 og 0,5.

Terrengformfaktor, terrengruhetskategori og konstruksjonsfaktor

Terrengformafaktoren er utelatt i beregningene da Vestbyhagen med tilhørende blokk D vil bli plassert i et nokså flatt terreng med lite forstyrrelser som kan neglisjeres. Plassering av blokk D vil være i et område med sammenhengende småhus bebyggelser og skogsområdet som gir byggverket terrengruhetskategori III. (NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009, *Vindlaster*, 2009, tabell NA.4.1) Skjermingseffekter er aktuelt for tettbygde strøk, men utelatt for blokk D da det vil ha nokså god avstand til andre byggverk, også kalt for spredtbygd strøk.

Konstruksjonsfaktoren $c_s c_d$ er nærmere beskrevet i §6.2. Byggverkets høyde med avstivende bærende vegger som er under 100 m eller under fire ganger bygningens dybde kan konstruksjonsfaktoren settes lik 1. Noe som er tilfellet i blokk D med fire ganger dybde gir $4 \cdot d = 4 \cdot 15146 = 60584 \text{ mm}$, hvor høyden på byggverket er 18600 mm. Dette gir $c_s c_d = 1$, da $60584 > 18600$. For særlig stål og betong blir det benyttet tillegg D i Eurokoden. (NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009, *Vindlaster*, 2009, §6.2(c))

Utvendige og innvendige formfaktorer for flate tak

Fra tabell 7.2, nærmere anvist i figur 7.6, kan det leses av verdiene for utvendige formfaktorer. Parapet på $H_p = 580 \text{ mm}$ og høyde av byggverk på $H = 18600 \text{ mm}$ gir $H_p/H = 0,031$. For skarp takavslutning benyttes derfor linjen med verdi $H_p/H = 0,1$ i tabellen 7.1 for vertikale vegger i rektangulære bygninger og tabellen 7.2 for utvendige formfaktorer for flate tak med tilhørende soneverdier til bruk for å finne vindlastene på veggene. I programvaren sette det to verdier for innvendig formfaktor c_{pi} uttrykt med verdier 0,2 for overtrykk på vegger og -0,3 for undertrykk på øvre deler opp imot tak. Disse verdiene er også uttrykt i Eurokoden. (NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009, *Vindlaster*, 2009, tabell 7.1, tabell 7.2, §7.2.9(6))

Vindlast

Etter valg av parametere satt inn i programvaren Tekla Tedds blir det gitt karakteristiske vindlastverdier på både langvegg (dybde) og gavlvegg (bredde). Mer detaljer er å se i vedlegg B4. I vedleggene inkluderes også tabeller fra alle sider av byggverket i både positive verdier som indikerer trykk fra lo-side, vindretning, og negative verdier som indikerer sug fra le-side, motsatt retning av vindretning. I vindretningen blir det påført trykk i lo-siden av veggen, mens det i de andre tre veggene blir sug. Det innhentes vindhastighetstrykk fra hver side med lite variasjoner imellom. For forenkling velges derfor den største vindhastigheten i nedre del av byggverket for videre analyse i dimensjonering. Vindlast verdien utgitt fra programvaren Tekla Tedds blir dermed:

$$q_{v,n} = 0,62 \text{ kN/m}^2$$

Og for øvre del, slikt som tak, blir vindlasten:

$$q_{v,\emptyset} = 0,65 \text{ kN/m}^2$$

4.3.7 Skjevstillingslast

Det finnes ingen skjevstillingslast (geometriske avvik) beregninger for KL-tre og det er derfor benyttet Eurokode 2 som er for betong. Formelen lyder slik i Eurokoden og det henvises til vedlegg B5 for detaljer (*NS-EN 1992-1-1:2004+A1:2014+NA:2021, Prosjektering av betongkonstruksjoner - Allmenne regler og regler for bygninger, 2004, §5.2*):

$$\theta_i = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$$

Beregningene går ut på finne helningsavviket som i endelig verdi multipliseres med vertikale lasten fra egenlasten. For å finne helningsvinkel finner vi først reduksjonsfaktor for lengde $\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{l}}$ der lengden er total høyde på byggverket med hele 18,6 m. Dette gir en helningsvinkel på 0,462. En reduksjonsfaktor for konstruksjonsdeler gjøres ved å inkludere antall bærende elementer i byggverket kalt for "m". Reduksjonsfaktor for konstruksjonsdeler $\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)}$ gir endelig verdi 0,719. Ved å inkludere reduksjonsfaktorene samt basis verdi på $\theta_0 = \frac{1}{200}$ ligger vi igjen med et helningsavvik på $\theta_i = 0,0017$ som tilsvarer 0,17% av egenlasten. Total egenlast på $35,639 \text{ kN/m}^2$ gir skjevstillingslast på $q_{p,s} = 35,639 \cdot 0,0017 = 0,061 \text{ kN/m}^2$. Da verdien er veldig lite,

er det valgt å neglisjere skjevstillingslast og heller erstatte med kun vindlasten for forenkling i beregningene.

4.4 Dimensjonering

Dimensjoneringen deles inn i to kategorier, bæring og brann. Herunder blir disse begge videre delt inn i vertikale og horisontale elementer som er å kontrollere i henhold til Eurokodene. Fremgangsmåten for beregningene for både bæring og brann er grundig beskrevet i dette kapittelet. Vel å merke at alle analyser og kontroller er gjennomført med programvaren Calculatis fra Storenso, utenom elementet yttervegg i trestendere, der beregningene gjøres for hånd. Viktig å merke at de mest kritiske belastede elementene er å bli analysert. For bæring vil de vertikale elementene gjelde søyler og vegger, mens for de horisontale elementene gjelder bjelker, dekker og tak. Årsaken til denne oppdeling for både vertikale og horisontale elementer er grunnet felles kontroll som gjøres i henhold til Eurokodene.

4.4.1 Bæring

Vertikale elementer

For vertikale elementer gjøres det kontroll for knekking i bruksgrensetilstand. Knekkning gjøres om den aksen som er svakest, enten tvers av veggplanet (y-aksen) eller i veggplanet (z-aksen). Unntaket vil være for symmetriske tverrsnitt der det vil holde med kontroll for den ene aksen dersom søylen ikke er påført skjærkrefter i lengderetning. Last beregning i bruksgrensetilstand gjøres i henhold til Eurokode med likningene 6.10a og 6.10b der den største verdien er å velge som dimensjonerende. I kronologisk rekkefølge er likningene som følger (NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, *Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner*, 2016, §6.4.3.2, likning 6.10a og 6.10b):

$$p_d = \Sigma(1,35 \cdot g_{egenlast}) + \Sigma(1,05 \cdot (q_{nyttelast} + q_{snølast})) + (0,9 \cdot q_{vindlast})$$

$$p_d = \Sigma(1,2 \cdot g_{egenlast}) + (1,5 \cdot q_{dominerende verdi}) + (0,9 \cdot q_{vindlast}) + \Sigma(1,05 \cdot q_{ikke dominerende verdi})$$

Den karakteristiske egenlasten $g_{egenlast}$ som også er å skrive som g_k , i kombinasjon med andre laster blir lagt sammen etter at disse er multiplisert med respektive lastfaktorer. Vel å merke at den karakteristiske nyttelasten $q_{nyttelast}$ kan multipliseres med en

arealreduksjonsfaktor α_A for gjeldende skiver. Denne faktoren bestemmes i henhold til Eurokode 1 (*NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019, Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger*, 2019, §NA.6.3.1.2).

$$\alpha_A = \frac{5}{7}\psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1,0$$

Faktoren blir først tatt i bruk når verdien er under 1,0. Faktoren ψ_0 er å finne i tabell NA.A1.1 med nasjonale tillegg. For bolig i kategori A er faktoren for ψ_0 lik 0,7. A_0 er oppgitt til å være 15,0 m². Arealet A er den aktuelle konstruksjonsdelen som blir belastet (*NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019, Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger*, 2019, §NA.6.3.1.2, tabell NA.A1.1).

Knekkekontroll gjøres i henhold til Eurokode 5 og er som følger (*NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010, Allmenne regler og regler for bygninger*, 2010, §6.3.2):

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Det første leddet i likningen vil være aktuelt dersom det kun betraktes for knekking, da de neste leddene er å gjelde når bøyning blir aktuelt. Likningen for knekkekontroll kan da skrives om som følger:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

Krav til knekkekontroll er å bli tilfredsstillt når sluttverdien er mindre eller lik 1. Dimensjonerende trykkfasthet som også er å nevne i Trekonstruksjoner boka er som følger (Eie, 2018b, s. 75):

$$f_{c,0,d} = k_{sys} \cdot k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M}$$

I denne likningen inkluderes fasthetsfaktoren k_{mod} fra Eurokode 5 del 1-1. Faktoren bestemmes med materiale type, klimaklasse og lastvarighetsklasse fra tabellen 3.1. Klimaklasse bestemmes med nasjonalt tillegg og er nærmere beskrevet i §NA.2.3.1.3. Systemfasthetsfaktoren k_{sys} bestemmes ut ifra om gjeldende element med påført last kan støttes av nærliggende element og i henhold til §6.6. Verdien velges mellom 1,0, 1,1 og 1,2. Har elementet ingen elementer å støtte seg på vil verdien settes lik 1,0. Karakteristisk trykkfastheten $f_{c,0,k}$ er en tabellverdi oppgitt i henhold til valgt materiale. Tabellen er å

finne i gjeldende standard. For trevirke og KL-tre benyttes NS-EN 338. KL-tre definerer fasthetsklasse i lik linje med trevirke og klassifiseres med symbolene C, da det ikke er utarbeidet eget standard med tabellverdier. Av den grunn benyttes også de samme tabellverdier som for trevirke. For limtre benyttes NS-EN 14080 ved valg av karakteristisk bøyefasthet. Partialfaktor for materialegenskaper γ_M , også kalt for materialkoeffisienten, er å velges fra tabellen NA.2.3 med nasjonalt tillegg for gjeldende material type. Eksempelvis er denne er denne 1,25 for konstruksjonstre og 1,15 for limtre. (NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010, Allmenne regler og regler for bygninger, 2010, tabell 3.1, §NA.2.3.1.3, §6.6, tabell NA.2.3)

I henhold til Eurokode 5 finnes knekkfaktoren k_c og den relative slankheten (NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010, Allmenne regler og regler for bygninger, 2010, §6.3.2). Begge bestemmes ut ifra gjeldende akse. Nedenfor er likningene satt opp for y-aksen.

$$k_{c,y} = \frac{I}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}$$

Knekkfaktoren $k_{c,y}$ er å bestemmes med både k_y og den relative slankheten $\lambda_{rel,y}$.

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

Den relative slankheten $\lambda_{rel,y}$ bestemmes med slankhetstallet λ_y og elastisitetsmodulen (5% i fiberretning) $E_{0,05}$. Elastisitetsmodulen er å finne i samme tabell som for karakteristisk trykkfasthet $f_{c,0,k}$. Slankhetstallet λ_y og treghetsradiusen i_y som er omtalt i Trekonstruksjoner boka er også å bestemmes av likningene (Eie, 2018b, s. 75):

$$\lambda_y = \frac{L}{i_y}$$

Der L er totale lengden. Treghetsradiusen i_y er:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

Arealet er tverrsnittet, bredde multiplisert med høyden. Arealtreghetsmomentet $I_y = \frac{b \cdot h^3}{12}$ er statikk beregninger, hvor det i telleren multipliseres med både bredden og høyden

opphøyd i tre av tverrsnittet. Ut ifra gjeldende akse, om blant annet den svakeste akse, kan bredden og høyden byttes om hverandre.

Verdien for k_y bestemmes ifølge likning i gjeldende Eurokode nevnt tidligere for knekkefaktor.

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$$

Faktor for retthetsgrense β_c bestemmes ut fra materialtype. Det gis to valg for verdier. Verdien settes enten 0,2 for konstruksjonstre eller 0,1 for limtre og parallellfiner.

Dimensjonerende trykkspenning som også omtales i Trekonstruksjoner boka er som følger (Eie, 2018b, s. 75):

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{p_d}{A}$$

Her blir dimensjonerende last i bruddgrensetilstand dividert med tverrsnittet.

Horisontale elementer

I motsetning til vertikale elementer gjøres det for horisontale deler kontroll ved bøyning og skjærkontroll i bruddgrensetilstand. I tillegg kontrolleres nedbøyning i bruksgrensetilstand. Bruddgrense beregnes på samme metode nevnt for vertikale elementer. Bøyekontrollen ved bruddgrensetilstand gjøres med likning nevnt under i henhold til Eurokode 5 del 1-1 hvor et nærmere eksempel på utførelse gjøres for bjelke (overdekning) som er å brukes for åpninger i ytterveggmodulen. (*NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010, Allmenne regler og regler for bygninger*, 2010, §6.3.3 (3 og 5))

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d}$$

For å tilfredsstillere krav for bøyning har Eurokoden gitt en likning som er å tilfredsstillere når dimensjonerende bøyefastheten $f_{m,d}$ i kombinasjon med faktor for sideveis utbøyning k_{crit} er lik eller større enn dimensjonerende bøyepening $\sigma_{m,d}$. Dimensjonerende bøyefasthet som også er å nevne i Trekonstruksjoner boka er som følger (Eie, 2018b, s. 51):

$$f_{m,d} = k_{sys} \cdot k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M}$$

I denne likningen inkluderes fasthetsfaktoren k_{mod} fra Eurokode 5 del 1-1. Faktoren bestemmes med materiale type, klimaklasse og lastvarighetsklasse fra tabell 3.1. Klimaklasse bestemmes med nasjonalt tillegg og er nærmere beskrevet i §NA.2.3.1.3. Systemfasthetsfaktoren k_{sys} bestemmes ut ifra om gjeldende element med påført last som kan støttes av nærliggende element og i henhold til §6.6. Verdien velges mellom 1,0, 1,1 og 1,2. Har elementet ingen elementer å støtte seg på vil verdien settes lik 1,0. Karakteristisk bøyefasthet $f_{m,k}$ er en tabellverdi oppgitt i henhold til valgt materiale. Tabellen er å finne i gjeldende standard. For trevirke og KL-tre benyttes NS-EN 338. KL-tre definerer fasthetsklasse i lik linje med trevirke og klassifiseres med symbolene C, da det ikke er utarbeidet eget standard med tabellverdier. Av den grunn benyttes også de samme tabellverdier som for trevirke. For limtre benyttes NS-EN 14080 ved valg av karakteristisk bøyefasthet. Partialfaktor for materialegenskaper γ_M , også kalt for materialkoeffisienten, er å velges fra tabellen NA.2.3 med nasjonalt tillegg for gjeldende material type. Eksempelvis er denne er denne 1,25 for konstruksjonstre og 1,15 for limtre. Siste steg for å fullføre høyre side av kontrollen kreves faktor for redusert bøyefasthet som følge av vipping, k_{crit} . Ifølge §6.3.3 (5) kan verdien settes lik 1,0 hvis vipping og torsjonrotasjon kan hindres. (NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010, Allmenne regler og regler for bygninger, 2010, tabell 3.1, §NA.2.3.1.3, §6.6, tabell NA.2.3, §6.3.3(5)) For å fullføre hele kontrollen vil det kreves å finne den dimensjonerende bøyepening $\sigma_{m,d}$ med følgende likning også oppgitt i Limtreboka (*Limtreboka Beregningseksempler*, 2018, §1.4):

$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \cdot M_{Ed}}{b \cdot h^2}$$

Momentet M_{Ed} , er å finne for samme metode for statikk, der momentlikningen er $M_{Ed} = \frac{q \cdot L^2}{8}$. Den dimensjonerende lasten i bruddgrense q , også brukt som symbol p_d , er å multipliseres med lengden (spennvidden) opphøyd i annen, for så å divideres med åtte.

Neste kontroll vil være skjærkontroll ved bruddgrensetilstand og gjøres i henhold til Eurokode 5 (NS-EN 1995-1-1:2004+AI:2008+NA:2010, Allmenne regler og regler for bygninger, 2010, §6.1.7(1)).

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

For å tilfredsstille krav for skjær har Eurokoden gitt en likning som er å tilfredsstille når dimensjonerende skjærfastheten $f_{v,d}$ er lik eller større enn den dimensjonerende skjærspenningen τ_d . Dimensjonerende skjærfastheten beregnes samme som for dimensjonerende bøyefasthet $f_{m,d}$, unntaksvis karakteristisk bøyefastheten $f_{m,k}$ som i dette tilfellet erstattes med karakteristisk skjærfasthet $f_{v,k}$ som er å finne i samme tabell. Dimensjonerende skjærspenning, også oppgitt i Limtreboka er som følger (*Limtreboka Beregningseksempler*, 2018, §1.4):

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V_{Ed}}{b \cdot h}$$

Skjærkraften V_{Ed} er å finne for samme metode i statikken, der skjærlikningen er $V_{Ed} = \frac{q \cdot L}{2}$. Den dimensjonerende lasten i bruddgrense q , også brukt som symbol p_d , er å multipliseres med lengden (spennvidden), for så å divideres med to.

Ved bruksgrense gjøres det kontroll for nedbøyning. Her blir det kontrollert om elementet vil ha nedbøyning etter aksepterte kriterier i lengre tid, nærmere bestemt byggverkets levetid. Nedbøyningskontrollen gjøres med laster i bruksgrensetilstand igjennom valg av tre likninger. Bruksgrensetilstand blir også kalt for SLS eller Serviceability limit state. I henhold til Eurokode med likningene 6.14b for karakteristisk kombinasjon, 6.15b for ofte forekommende kombinasjon og 6.16b kvasi permanent kombinasjon. I kronologisk rekkefølge er likningene som følger (*NS-EN 1990:2002+AI:2005+NA:2016, Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner*, 2016, §6.5.3, likning 6.14b, 6.15b og 6.16b):

$$p_{\text{karakteristisk}} = g_k + q_{k,1} + \Sigma(\psi_0 \cdot q_{k,i})$$

$$p_{\text{ofte}} = g_k + \psi_1 \cdot q_{k,1} + \Sigma(\psi_2 \cdot q_{k,i})$$

$$p_{\text{permanent}} = g_k + \Sigma(\psi_2 \cdot q_{k,i})$$

Lastfaktorene som skal multipliseres settes lik 1,0 i bruksgrensetilstand og er ikke tatt med i likningene. Initialen "1" står for dominerende verdier og "i" står for ikke dominerende verdier. Den karakteristiske egenlasten g_k blir benyttet sammen med last i

kombinasjon med både dominerende og ikke dominerende verdi, eller ikke dominerende verdi atskilt. For byggverkets levetid benyttes ofte den siste likningen, nemlig permanente laster i bruksgrensetilstand. Faktorene som ψ_0 og ψ_2 er å finne i tabell NA.A1.1 med nasjonale tillegg. For bolig i kategori A er faktoren for ψ_0 lik 0,7 og for ψ_2 lik 0,3. Vel å merke at partialfaktor for materialegenskaper γ_M settes lik 1,0 i bruksgrensetilstand i henhold til Eurokode 5 med nasjonalt tillegg (*NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010, Allmenne regler og regler for bygninger, 2010, tabell NA.2.3*).

Nedbøyningskontrollen gjøres mot endelig deformasjon u_{fin} . Kontrollen er å tilfredsstille når gjeldende grenseverdi er større enn endelig deformasjon.

$$W \geq u_{fin}$$

I henhold til Eurokode 5 del 1-1 §7.2 i tabell NA.7.2 med nasjonalt tillegg gis det grenseverdier for nedbøyning av bjelker. Tabellen består av to rader hvor kriteriene er enten å gjelde for bjelke hvilt på to opplegg eller utkragede bjelker. For førstnevnte er de minste grenseverdiene som følger (*NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010, Allmenne regler og regler for bygninger, 2010, tabell NA.7.2*):

$$\begin{aligned} W_{inst} &= \frac{l}{300} && \text{umiddelbar nedbøyning} \\ W_{net,fin} &= \frac{l}{250} && \text{netto endelig nedbøyning} \\ W_{fin} &= \frac{l}{150} && \text{endelig nedbøyning} \end{aligned}$$

Endelig deformasjon beregnes i henhold til Eurokode 5, der endelig deformasjon er (*NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010, Allmenne regler og regler for bygninger, 2010, §2.2.3*):

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q_1} + \sum u_{fin,Q_i}$$

Deformasjonen fra egenlasten som også er den permanente lasten er

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def})$$

for den dominerende lasten er deformasjonen

$$u_{fin,Q_1} = u_{inst,Q_1} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def})$$

og for ikke dominerende

$$u_{fin,Q_i} = u_{inst,Q_i} \cdot (\Psi_0 + \Psi_2 \cdot k_{def})$$

Faktorene ψ_0 og ψ_2 er å finne som for last i bruksgrensetilstand med nasjonalt tillegg. Deformasjonsfaktoren til bruk for krypdeformasjon k_{def} velges fra tabell 3.2 (*NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010, Allmenne regler og regler for bygninger, 2010, tabell 3.2*). Valg av verdien gjøres ut ifra material type og klimaklasse. Deformasjonen eller nedbøyningen u_{inst} i gjeldende lasttilfellet gjøres med statikk beregninger. Ofte blir den omtalt som delta maks Δ_{maks} ,

$$u_{inst} = \Delta_{maks} = \frac{5 \cdot p \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

Over brøkstreken, i telleren, multipliseres fem med både lasten i bruksgrensetilstand p og lengden l opphøyt i fire. I nevneren multipliseres 384 med både middelvei av elastisitetmodulen E og arealtreghetsmomenten for gjeldende akse. Elastisitetmodulen er å finne i samme tabell som for karakteristisk bøyefasthet $f_{m,k}$. Arealtreghetsmomentet $I = \frac{b \cdot h^3}{12}$ er statikk beregninger, hvor det i telleren multipliseres med både bredden og høyden opphøyt i tre. Ut ifra gjeldende akse, om blant annet den svakeste aksene, kan bredden og høyden byttes om hverandre.

4.4.2 Brann

Vertikale elementer

Den samme kontrollen som er å gjøre for bæring er å gjelde for brann, unntaksvis tverrsnittet som blir redusert etter forkulling. Dette tverrsnittet blir å betegne som det effektive tverrsnittet.

Det effektive tverrsnittet gjøres ved at gjeldende tverrsnitt blir redusert med forkullingsdybde i den flaten det anses å kunne oppstå et brannforløp.

$$b_{eff} = b - d_{ef}$$

$$h_{eff} = h - d_{ef}$$

Forkullingsdybden d_{ef} er å bestemmes i henhold til Eurokode 5 del 1-2 (*NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010, Brannteknisk dimensjonering, 2010, §4.2.2, §3.4.2(2)*).

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$$

Verdien for d_0 er å settes lik 7 mm og for k_0 settes lik 1,0 fra krav lik eller mere enn 20 minutter. Nominell forkullingsdybde $d_{char,n}$ gjøres i henhold til §3.4.2(2).

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t$$

Design forkullingshastigheten verdien β_n velges enten mellom β_0 eller β_n med likning b_{min} (NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010, *Brannteknisk dimensjonering*, 2010, §3.4.2(3)):

$$b_{min} = \begin{cases} \frac{2 \cdot d_{char,0} + 80}{8,15 \cdot d_{char,0}} = \frac{197 \text{ mm}}{476,8 \text{ mm}} & \text{for } d_{char,0} \geq 13 \text{ mm} \\ & \text{for } d_{char,0} < 13 \text{ mm} \end{cases}$$

Den for én endimensjonale forkullingsdybden $d_{char,0}$ bestemmes i henhold til §3.4.2(1), $d_{char,0} = \beta_0 \cdot t$. Her hentes β_0 verdien fra tabell 3.1 og velges ut ifra hvilke material type som brukes. Tiden t er respektive krav fra forskriftene. For blant annet bærende hovedsystem er det gitt krav på 90 minutter bæreevne (R90) og 60 minutter (R60) for sekundære system i TEK17 (*Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2022, §11-4, tabell 1). Verdiene settes inn for likning b_{min} . Er verdien for b_{min} mindre enn tykkelsen på gjeldende tverrsnitt velges det å bruke β_0 i likningen for nominell forkullingsdybde, unntaksvis må β_0 i likningen for nominell forkullingsdybde byttes ut med β_n . (NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010, *Brannteknisk dimensjonering*, 2010, §3.4.2(1), tabell 3.1)

Tiden t som settes inn i likningen for nominell forkullingsdybde $d_{char,n}$ er krav til tid som fastsettes av forskriftene. Benyttes det brannplater av type F kan tiden reduseres i henhold til Eurokode 5 med likningen for start av forkulling t_{ch} (NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010, *Brannteknisk dimensjonering*, 2010, §3.4.3.3 (2 og 4)).

$$t_{ch} = 2,8 \cdot h_p - 14$$

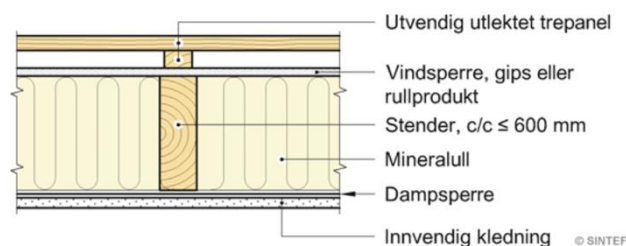
Tykkelsen på platen h_p summeres sammen ettersom hvor mange brannplater som blir brukt. Ifølge gjeldende paragraf vil de innerste brannplatene bli redusert hvis det blir brukt flere enn én plate ved at alle plater utenom den første blir multiplisert med 0,8. Det blir også tatt hensyn til failure time i annex C hvor det blir tatt i betraktning for festemidler og termisk nedbrytning i §C.2.3. Dette er utenfor gjeldende avgrensning og derfor ikke tatt med.

Horisontale elementer

Det samme som er å gjelde for brann for vertikale elementer er også å gjelde for horisontale elementer.

5. Resultat og diskusjon

5.1 Yttervegg i trestender



Figur 5.1: Oppbygging av yttervegg

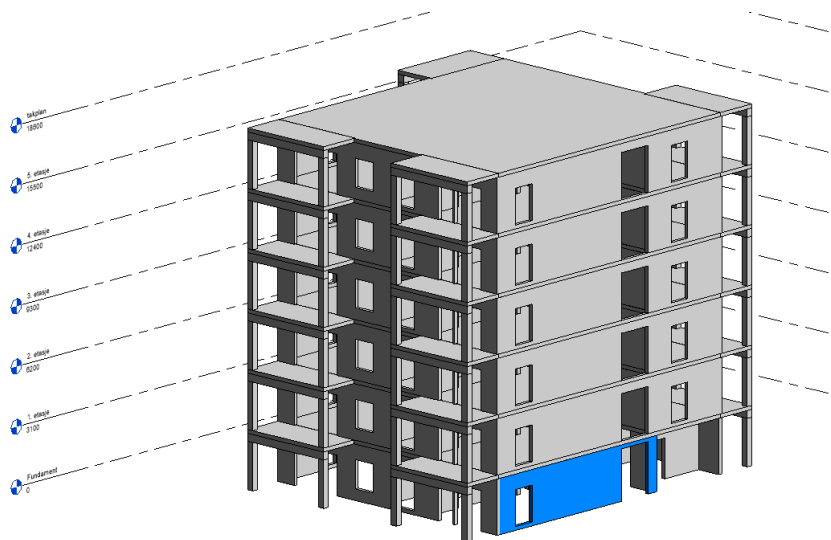
(Byggforskserien 520.322: Brannmotstand for vegger av tre, mur og betong, 2021, figur 51)

Prinsipielt kan ytterveggmodulen bygges slik som figuren over. For bærende hovedelementer gir TEK17 §11-4 tabell 1 krav til R90, A2-s1,d0 [A 90] i brannklasse 3. Bærende hovedelementer for ytterveggen er trestendere og overdekninger (bjelke). Kravet er å betegnes som begrenset brennbart. Det stilles også krav til EI60, A2-s1, d0 [A 60] i TEK17 §11-8 tabell 1 for branncellebegrensende bygningsdeler i brannklasse 3. Krav til brannklassifisering fra branncellebegrensende bygningsdeler er å tilfredsstille med valgte brannplater i samme klasse. Det må derfor benyttes brannplate type F med minste krav på EI60 A2-s1, d0. Brannplate av typen F er særlig egnet for brannklassifiseringer. Kontrollen for bæreevne under et brannforløp gjøres under branndimensjonering beskrevet lenger nede. Fra Byggforskserien 520.322 tabell 51 relatert til yttervegg av enkelt bindingsverk uten påføring, henvises det til bruken av 9 mm vindsperre plate (gips) og en 200 mm tykt isolasjonssjikt med steinull, som dessuten har høyere smeltepunkt enn glassull (Byggforskserien 520.322: Brannmotstand for vegger av tre, mur og betong, 2021, tabell 51). Det stilles også krav til brannklassifisering av overflater og kledninger i TEK17 §11-9 tabell 1A. Disse er som følger for Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer i brannklasse 3; Vegger og i himling eller tak inntil 200 m²: D-s2, d0 [In 2]. Overflater i sjakter og hulrom: B-s, d0 [In 1] og kledning: K₂10 D-s2, d0 [K2].

For kledning benyttes klassifisering K. K₂10 gir beskyttelse mot antennelse i 10 minutter og har et eller flere materialer som er homogene og som blant annet er normalt antennelig. I rapporten fra RISE Fire Research kommer det frem blant annet at feiltolkning av

veiledningen i forskriftene som kan gi økte plater uten hensikt. Kledningskravet vil være å beskytte bakenforliggende materiale mot antennelse. (Steen-Hansen, 2018, §2.1, 2.3, 3.2) Disse kravene for kledning og overflate er derfor å bli tilfredsstilt ved bruk av brannplater med et strengere krav. Hersleth Entreprenør har i tillegg brukt yttervegg modulene i et annet prosjekt kalt Kjærnesshagen med påforing på 50 mm. Dette er også å brukes i byggverkene i Vestbyhagen. Se vedlegg D1-4.

For å tilfredsstille krav til bæring, nærmere beskrevet under, velges det blant annet losholt. Det må merkes at valg som gjøres for å tilfredsstille krav til både brann og bæring må betraktes i sammenheng med andre krav som blant annet U-verdi og lyd. Dette kan forårsake tykkere tverrsnittet. Dette gjelder generelt alle elementer som er å nevnes videre.



Figur 5.2: Revit: Den mest kritiske ytterveggen som er å bli dimensjonert.

Hersleth Entreprenør ønsker å fortsette å bruke sin ytterveggmodul i trestender. I byggforskserien, nærmere bestemt byggforskserien 523.251, kan det dimensjoneres for bindingsverk av tre. Men denne er begrenset til småhus og ikke for bærende vegger i større byggverk. Det vil derfor måtte gjøres analyser i henhold til Eurokoden for det mest kritiske området for gjeldende element i byggverket. Ytterveggen i trestender består av to elementer, nemlig vertikal og horisontal. Begge kontrollene gjøres i henhold til Eurokodene beskrevet i dimensjoneringskapittelet. For ytterveggmodulen er det gjort manuelle beregninger av de vertikale og horisontale elementene i brudd- og

bruksgrensetilstand for både bæring og brann. Både beregningene og resultatene er å se i vedlegg B6. I byggverket er det mest kritiske området for ytterveggmodulen ved trappesjakten i første etasje. Her er det en åpning på hele 1916 mm og lengden for en bærende trestender på 2756 mm. Resultatene av elementene blir analysert hver for seg.

Den mest påkjente trestenderen først. Det er valgt å beholde tverrsnittet på 48x198 mm som Hersleth Entreprenør benytter. Dette er et vertikalt element med påkjent punktlast i fiberretning. Trestenderen blir analysert hver for seg og vil beholde sin senteravstand fra nabostender på cc600 mm. Blir det valgt å redusere senteravstand til cc300 mm vil den påførte punktlasten reduseres. Valgte egenlaster som trestenderen blir belastet med er den totale egenlasten fra vertikale laster fra tak til bjelken på første etasje. Denne er på 35,639 kN/m. Vel å merke at flatelasten blir gjort om til linjelast ved multiplisering av 1m. Linjelasten blir så gjort om til punktlast ved multiplisering av dens senteravstand på 0,6m. Dermed blir egenlasten 21,383 kN. Dette er å gjelde for alle laster påført trestenderen. For nyttelast benyttes laster fra gulv, trapper og tak. Arealreduksjonsfaktoren inkluderes i skivene. Totalt blir nyttelasten 10,350 kN, samt snølast 1,680 kN og vindlast 0,372 kN. Verdiene settes inn for bestemmelse av dimensjonerende last i bruddgrensetilstand. Denne blir på $p_d = 43,283 \text{ kN}$.

For tresstender, søyle, med valgt fasthetsklasse C24 får vi karakteristisk trykkfasthet på 21 N/mm² og elastisitetsmodul på 7400 N/mm. Fasthetsklassen hentes fra standarden NS-EN 338, tabell 1. Partialfaktor for materialeegenskapen er på 1,25 for konstruksjonstre. Den dimensjonerende trykkfastheten blir 13,440 N/mm² med valgt systemfasthetsfaktor på 1,0 og fasthetsfaktor på 0,8 basert på konstruksjonstre. Førstnevnte kunne også bli satt til 1,1, men er valgt å benytte 1,0 da det antas ingen lastfordeling mellom hver stender. Sistnevnte baseres på klimaklasse, lastvarighetsklasse og materialtype. Klimaklasse er satt til 1, da ytterveggen er både oppvarmet og beskyttet av vinsperre og dampsperre. Lastvarighetklassen er valgt til mellomlangtidslast. For dimensjonerende trykkspenningen blir verdien 2,995 N/mm² med oppgitte tverrsnitt.

Med overnevnte verdier for både dimensjonerende trykkfasthet, elastisitetsmodul og tverrsnitt beregnes den relative slankheten til 1,008 og knekkfaktor til 0,683 i y-aksen.

Dette er knekking på tvers av veggplanet. For kontroll multipliseres verdiene og settes i nevner i likningen for knekkekontroll i bruddgrensetilstand. Verdien blir 0,326. Denne er mindre enn kravet på 1,0 og er derfor tilfredsstilt.

For den svakeste aksene, z-aksen, med knekking i veggplanet vil resultatene være høyere. I dag benyttes ikke disse veggmodulene med oppgitte losholter og den samme kontrollen som er å gjøre for y-aksen vil ikke bli tilfredsstilt. Det er derfor valgt å legge til én losholt mellom trestenderne. Dette gjør at knekkelengden halveres og til at kontrollen blir tilfredsstilt. Den relative slankheten blir dermed 1,686 og knekkfaktor til 0,308 i z-aksen. For kontroll multipliseres verdiene og settes i nevner i likningen for knekkekontroll i bruddgrensetilstand. Verdien blir 0,724. Denne er mindre enn kravet på 1,0 og er derfor tilfredsstilt. Skulle punktlasten øke på grunn av blant annet ytterligere vertikal ekspansjon av byggverket kan det anbefales blant annet å øke tverrsnittet, fasthetsklasse, benytte to losholter eller bytte ut ytterveggmodulen av trestendere med limtresøyler. Dette må selvsagt begrunnes etter blant annet økonomi og erfaring. Ved for eksempel bruk av to losholter må det også bevises at andre krav er å bli tilfredsstilt som U-verdi i forskriftene.

For overdekning, bjelke, med samme valgte fasthetsklasse og materialtype C24 vil ikke kontrollen gi tilfredsstillende resultater. Både bjelkens tverrsnitt og spennvidde gir utfordringer med påført dimensjonerende last i bruddgrensetilstand og i bruksgrensetilstand. Selv etter at bjelke bredden økes fra 48 mm til 73 mm. Det er derfor valgt å bytte ut bjelken med limtrebjelke med fasthetsklasse GL30 h der karakteristiske bøyefastheten er 30 N/mm^2 og karakteristiske skjærfastheten er $3,5 \text{ N/mm}^2$. Fasthetsklassen hentes fra standarden NS-EN 14080, tabell 5. Partialfaktor for materialeegenskapen er på 1,15 for limtre. Den dimensjonerende bøyefastheten blir $22,957 \text{ N/mm}^2$ med valgt systemfasthetsfaktor på 1,1 og fasthetsfaktor på 0,8 basert på limtre. Sistnevnte baseres på klimaklasse, lastvarighetsklasse og materialtype. Klimaklasse er satt til 1, da ytterveggen er både oppvarmet og beskyttet av vinsperre og dampspærre. Lastvarighetsklassen er valgt til mellomlangtidslast. For dimensjonerende skjærfastheten blir verdien $2,678 \text{ N/mm}^2$ med oppgitt karakteristisk skjærfasthet.

Med beregnet moment- og skjærkraft bestemmes både dimensjonerende bøyespennning og skjærspennning. Bøyekontrollen ved bruksgrensetilstand gjøres med dimensjonerende bøyespennning, som er på $0,164 \text{ N/mm}^2$, mot faktoren for sideveis utbøyning multiplisert med dimensjonerende bøyemoment. Faktoren settes lik 1,0 da det velges at bjelken er fastspent for å unngå vipping. Verdien på høyre side av kontrollen for bøyning blir dermed $22,957 \text{ N/mm}^2$. Denne verdien er mye større enn den dimensjonerende bøyespennningen på $0,164 \text{ N/mm}^2$ og er derfor tilfredsstilt. For skjærkontroll i bruddgrensetilstand blir verdien for dimensjonerende skjærspennning lik $0,164 \text{ N/mm}^2$ som kontrolleres mot dimensjonerende skjærkraft på $2,678 \text{ N/mm}^2$. Skjærkontrollen i bruddgrensetilstand er dermed tilfredsstilt da dimensjonerende skjærkraft verdien er større enn dimensjonerende skjærspennning.

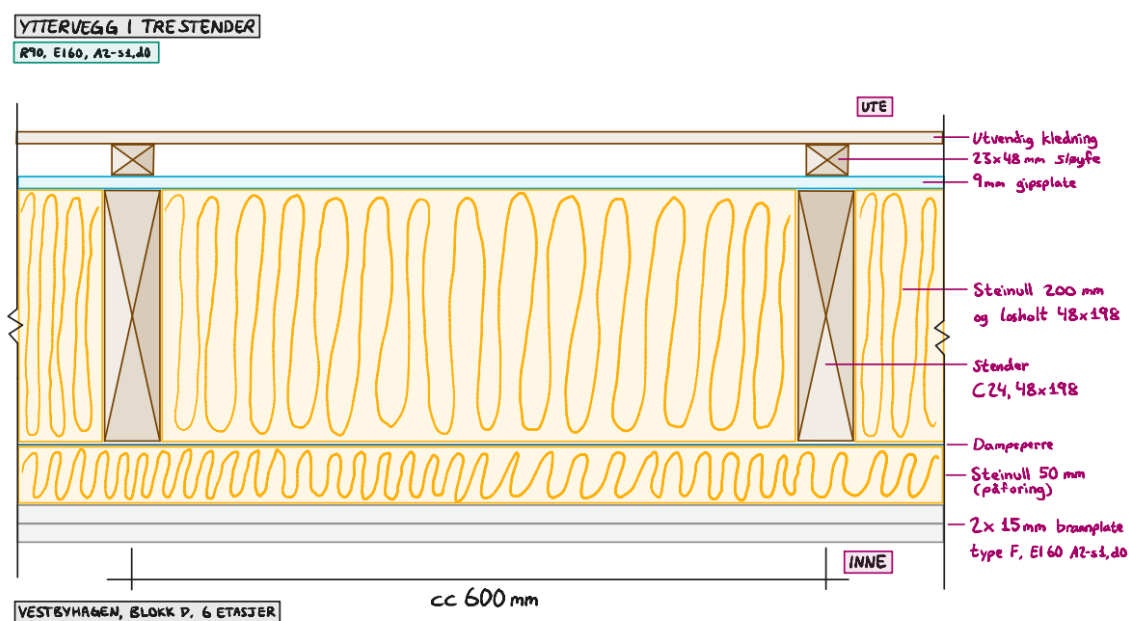
For nedbøyningskontroll i bruksgrensetilstand benyttes den permanente lastkombinasjonen ved ulykke. I dette tilfellet brann. Den permanente lasten blir $35,825 \text{ kN/m}$. Lasten inkluderer egenvekt og én ikke dominerende verdi, i dette tilfellet vindlasten, multiplisert med faktoren $\psi_2 = 0,3$ for bolig i kategori A. Fra tabell 5 er elastisitetsmodulen 13600 N/mm^2 . Partialfaktor for materialeegenskapen blir 1,0 ved bruksgrensetilstand. Arealtreghetsmomenten blir inkludert for likningen av maksimum nedbøyning. Den permanente lasten blir delt i to deler for både egenlast og ikke dominerende last og dermed blir det to resultater for maksimum nedbøyning på henholdsvis $2,797 \text{ mm}$ og $0,015 \text{ mm}$. Disse verdiene blir så kombinert sammen i likningen for endelig deformasjon. For permanent last inkluderes deformasjonsfaktoren til bruk for kryptdeformasjon. Denne settes lik 0,8 ut ifra klimaklasse 1 og konstruksjonstre. For den ikke dominerende lasten blir i tillegg faktorene Ψ_0 og Ψ_2 inkludert med henholdsvis verdier på 0,7 og 0,3. Den endelige deformasjonen som blir på $4,488 \text{ mm}$, er å kontrollere mot de minste kriteriene i bruksgrensetilstand for bjelke på to opplegg. Kriteriene i bruksgrensetilstand er $1/300$ for umiddelbar nedbøyning, $1/250$ for netto endelig nedbøyning og $1/150$ endelig nedbøyning. Dette gir kontrollverdier på henholdsvis 6, 7,2, og 12 mm. Alle kriteriene for nedbøyning i bruksgrensetilstand er å bli tilfredsstilt da endelig deformasjon har en mindre verdi. Hadde det heller valgt å gå for trestender med fasthetsklasse C24 sammenlignet mot valgt limtre ville nedbøyningskriteriene ikke blitt tilfredsstilt. Alternative om å bytte til høyere

fasthetsklasse, økt tverrsnitt eller mindre spennvidde ville vært lite aktuelt for en trestender. En kan velge å gå for en mye mindre spennvidde, men dette vil være uaktuelt med den valgte estetikken for byggverket. Ettersom lastpåkjenningen blir større, kan det alternativt benyttes en høyere fasthetsklasse av limtreet eller øke høyden ved å redusere åpningen av vinduet.

For branndimensjonering er det valgt å se på det mest utsatte elementet, da begge har lik tykkelse på 198 mm. I dette tilfellet trestenderen. Brannforløp blir å anse på innsiden av ytterveggen. Kontrollen gjøres for samme måte som for dimensjonering av bæring, unntaksvis vil den tverrsnittet reduseres av forkulling. Det tverrsnittet som ligger igjen etter forkulling betegnes som effektivt tverrsnitt. I dette tilfellet er det kun dybden h som vil bli redusert av forkulling, og betegnes som effektiv dybde. Bredden vil være uendret. Forkulling er å finne med ulike parametere og er i detaljer forklart under dimensjoneringskapittelet. Av hovedtrekk vil det benyttes dimensjonerende lastkombinasjoner i ulykkessituasjon, nemlig for brann. Denne blir 25,360 kN/m. Den nominelle forkullingsdybden bestemmes med blant annet tidskrav fra forskriftene for hovedbæresystemer på 90 minutter og med forkullingshastighet for konstruksjonstre som er på 0,65 mm/min. Vel å merke at brannplatene har en stor betydning for branndimensjoneringen. Det blir gitt krav til bruk av ubrennbarematerialer i brannklasse 3, men dette i seg selv er ikke nok. Ved bruk av brannplater vil tiden brukt i likning for nominell forkullingdybde bli redusert betraktelig. For ytterveggmodulen er det blitt valgt å bruke to brannplater av typen F med tykkelse på 15 mm hver. Dette gir en redusert tid på 61,6 minutter. Forkulling vil dermed ifølge likningen ikke starte før etter oppgitt tid. Sammenlagt vil den nominelle forkullingsdybden bli 18,46 mm. Med verdine d_0 lik 7 mm og k_0 lik 1,0 blir den effektive forkullingsdybden 25,46 mm. Hadde det heller blitt valgt én brannplate fremfor to ville den effektive forkullingsdybden blitt omtrentlig 50 mm og ikke blitt tilfredsstilt. Den effektive dybden med angitt effektiv forkullingsdybde blir dermed 172,54 mm. Samme kontroll for knekking av søyle gjøres for branndimensjonering med unntaksvis effektiv bredde og med lastkombinasjon ved brann. Verdien for knekkekontroll blir 0,310 som er mindre enn 1,0 og derfor tilfredsstilt. Her vil det kanskje naturligvis tenkes at tre brannplater fremfor to vil redusere den effektive forkullingsdybde betraktelig mer og bevare bæreevnen i lengre tid. Ulempen med et slik

valg kan være at flere brannplater spiser opp av tilgjengelig areal og mest sannsynlig være økonomisk uforsvarlig. For å tilfredsstille krav fra forskriftene på 90 minutter bæreevne i et brannforløp vil være den mest forsvarlige begrunnelsen for valg som gjøres i dette tilfellet. Alternativt til yttervegg i trestendere kan være bruk av KL-tre vegg eller limtresøyler. Førstnevnte vil gi økt tykkelse da krav til U-verdi må tilfredsstilles med blant annet mineralull som er å bli benyttet på utvendig overflate. Som for Mjøstårnet kan limtresøyler også være et godt alternativ i form av søyle eller fagverk. Dette gir redusert vekt og økt kapasitet for bæring. Eventuelt kan kun de øverste etasjene bli erstattet med limtresøyler. Dette må selvsagt testes mot blant annet lastfordeling og utvendig fasade som kan bli endret.

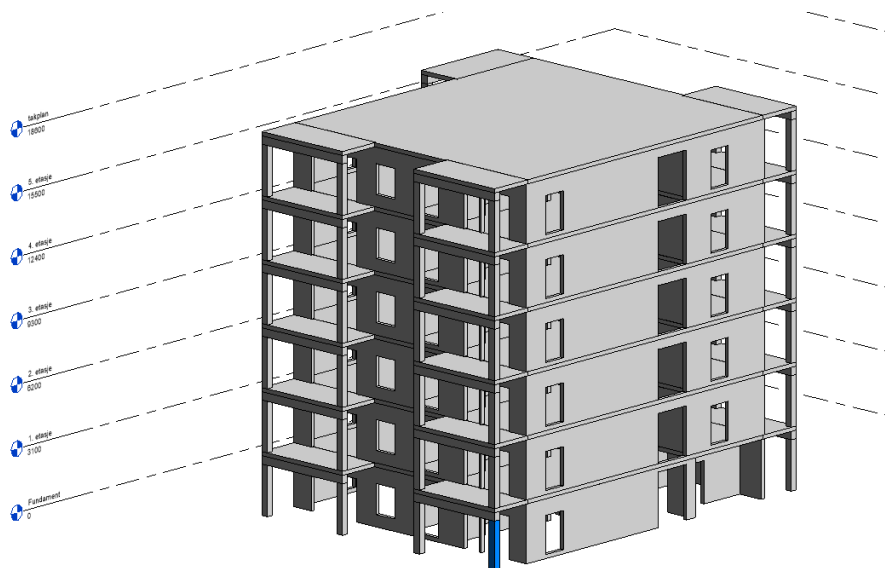
Det endelige tverrsnittet for ytterveggen i trestendere vil være som figuren under for Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer i risikoklasse 4 og brannklasse 3.



Figur 5.3: Endelig tverrsnitt av ytterveggen i trestendere for Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer

5.2 Søyle (balkong)

For ytterveggmodulen er det forklart grundig hvordan både for vertikale og horisontale elementer manuelt blir dimensjonert for brudd- og bruksgrensetilstand for både bæring og brann. For limtresøylen og andre påfølgende elementer vil analysen fortsette i programvaren Calculatis. Resultatene fra programvaren er å se i vedlegg B7.



Figur 5.4: Revit: Den mest kritiske søylen som er å bli dimensjonert.

Dimensjonene på limtresøylen er omtrentlig uendret og er 350x350 mm fra Vesbyhagen på 4 etasjer. Den mest påkjente og kritiske søylen vil bli analysert, nemlig søylen benyttet i 1. etasje på balkongdekke i fundamentnivå. Det velges fasthetsklasse GL30h. Høyden på søylen er 2495 mm. For både i y- og z-aksen blir det i bunnen valgt fastlager og toppen glidelager. Safetyclass, også kalt for konsekvensklasse, er å velge i henhold til Eurokode 0 tabell B1. Denne er valgt til 3, i lik linje som brannklasse 3, er det blant annet stor konsekvens for tap av menneskeliv og økonomiske konsekvenser. I tillegg velges service class, også kalt for klimaklasse. Ifølge konklusjonen fra Sweco rapport tåler limtre et fullstendig brannforløp uten at brannen blir slukket via automatisk slukkeanlegg. Videre ønskes det ved detaljprosjektering unngåelse av sprekker og hulrom som kan forårsake ulmende forbrenning. (Andersen, 2017, §5) Klimklassen blir dermed valgt til 3 da konstruksjonen ikke vil ha ytterligere beskyttelse enn overflatebehandling i brannklasse A2-s1, d0. Dette er også anbefalt i Treteknisk rapporten (*Rapport nr. 37: Tre og brann*, 2012, s. 6). Systemfasthetsfaktoren settes lik 1,0. Lastkominasjonsfaktoren ψ_2 velges

ved brann. Det blir også valgt brannpåkjenning i alle fire sider med krav på brannmostand i 90 minutter (R90). På balkong blir punktlasten påvirket av støttende nabosøyle i avstand på 5200 mm. Lastene blir derfor økt med statikk likning med en reaksjonskraft der avstanden blir tatt i betraktning. Reaksjonslikningen er $R = \frac{q \cdot L}{2}$. Alle karakteristiske laster blir dermed benyttet i samsvar med denne likningen. Den karakteristiske egenlasten blir dermed $\frac{35,639 \cdot 5,2}{2} = 92,661 \text{ kN}$ og nyttelasten fra fem etasjer med gulv inkludert arealreduksjonsfaktor og tak blir $\frac{7 \cdot 5,2}{2} = 18,2 \text{ kN}$. For snø- og vindlast blir henholdsvis 7,28 kN og 1,612 kN. Alle lastene som egne parametere blir lagt inn programvaren Calculatis.

ULS flexural design													
dist.	f _{m,k}	f _{c,0,k}	f _{t,0,k}	γ _m	k _{mod}	k _{sys,z}	k _{h,m,y}	k _{h,m,z}	k _i	f _{m,y,d}	f _{m,z,d}	f _{t,0,d}	f _{c,0,d}
[m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
0.0	30.00	30.00	24.00	1.25	0.50	1.00	1.06	1.06	1.00	12.66	12.66	9.60	12.00
M _{y,d}	M _{z,d}	N _{c,d}	N _{t,d}	σ _{m,y,d}	σ _{m,z,d}	σ _{c,d}	σ _{t,d}	ratio					
[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]						
0.00	0.00	-125.09	0.00	0.00	0.00	1.02	0.00	9 %	LCO1				

Figur 5.5: Skjerm bilde fra vedlegg B7. Søyle (balkong): Verdier og resultater fra bruddgrensetilstand.

flexural stress analysis					
M _{y,d} =	0.00	kNm	f _{m,k} =	30.00	N/mm ²
M _{z,d} =	0.00	kNm	f _{m,k,z} =	30.00	N/mm ²
N _{c,d} =	-125.09	kN	γ _m =	1.25	-
			k _{mod} =	0.50	-
			k _{sys,y} =	1.00	-
			k _{h,m,y} =	1.06	-
			k _{h,m,z} =	1.06	-
			k _i =	1.00	-
σ _{c,d} =	1.02	N/mm ²	f _{c,0,d} =	12.00	N/mm ²
σ _{m,y,d} =	0.00	N/mm ²	f _{m,y,d} =	12.66	N/mm ²
σ _{m,z,d} =	0.00	N/mm ²	f _{m,z,d} =	12.66	N/mm ²
utilization ratio				9 %	

Figur 5.6: Skjerm bilde fra vedlegg B7. Søyle (balkong): Kontroll i bruddgrensetilstand.

Etter å sette inn input verdier blir resultatene gitt i form av tabell. De aktuelle verdiene er å bli diskutert. For søylen vil det være aktuelt med knekkekontroll i bruddgrensetilstand for bæring med og uten et brannforløp. Verdiene for både i y- og z-akse vil være det samme da tverrsnittet er kvadratisk med like sider. Den dimensjonerende trykkspenningen blir på 1,02 N/mm² som er å bli kontrollert mot dimensjonerende trykkfasthet på 12,00 N/mm². Knekkekontrollen ved bruddgrensetilstand er tilfredsstillt da dimensjonerende trykkfasthet er større. Da det ikke er påført en last i søylens


lengderetning vil det ikke bli gitt kontrollverdier i denne delen av tabellen i resultatene fra programvaren.

ULS fire flexural design								
dist.	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	k_{fi}	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$
[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
0.0	1.25	0.50	1.00	1.00	30.00	12.66	9.60	12.00
$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	ratio		
[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			
0.00	-98.12	0.00	0.00	2.22	0.00	6 %		LCO2

Figur 5.7: Skjerm bilde fra vedlegg B7. Søyلة (balkong): Verdier og resultater fra bruddgrensetilstand i et brannforløp.

flexural stress analysis fire			
$M_{y,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k} =$ 30.00 N/mm ²
$M_{z,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k,z} =$ 30.00 N/mm ²
$N_{c,d} =$	-98.12	kN	$\gamma_m =$ 1.00 -
			$k_{mod} =$ 1.00 -
			$k_{sys,y} =$ 1.00 -
			$k_{h,m,y} =$ 1.10 -
			$k_{h,m,z} =$ 1.10 -
			$k_i =$ 1.00 -
			$k_{fi} =$ 1.15 -
$\sigma_{c,d} =$	2.22	N/mm ²	$f_{c,0,d} =$ 34.50 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{m,y,d} =$ 37.95 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{m,z,d} =$ 37.95 N/mm ²
utilization ratio			6 %

Figur 5.8: Skjerm bilde fra vedlegg B7. Søyلة (balkong): Kontroll i bruddgrensetilstand i et brannforløp.

section fire: wooden beam 35/35								
	section width	section height	area	I_y	I_z			
	[cm]	[cm]	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm ⁴]			
	21	21	44,100	162,067,600	162,067,600			
fire resistance class: R 90			time 90 min					
fire protection layering : no additional fire protection			k_0	d_0	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$	$d_{char,0,v}$	$d_{ef,v}$
			[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
			1	7	63.0	140.0	63.0	140.0

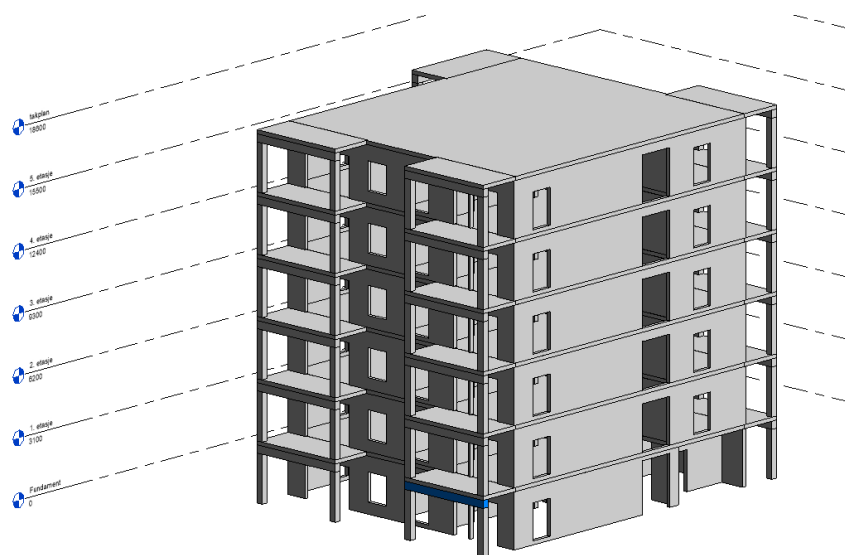
Figur 5.9: Skjerm bilde fra vedlegg B7. Søyلة (balkong): Effektive tverrsnitt.

Søylen med tverrsnittet på 350x350 mm vil bli redusert til 210x210 mm fra effektiv forkullingsdybde i et brannforløp med krav om bæreevne på 90 minutter. Kravet om bæreevne på angitt tidskrav vil bli tilfredsstilt da den dimensjonerende trykkspenningen på 2,22 N/mm² er mindre enn dimensjonerende trykkfasthet på 34,50 N/mm². Fra resultatene kan det anses at en reduksjon på tverrsnitt vil være mer økonomisk forsvarlig for byggherren. En analyse gjort i programvaren med uendret input verdier unntaksvis redusert tverrsnittet til 200x200 mm, vil gi tilfredsstillende verdier for kontroll i bruddgrensetilstand både med og uten et brannforløp. Se vedlegg B8. Muligens vil estetikken av byggverket vektet tyngre ved valg, og i et slikt tilfelle er et tverrsnitt med

Resultat og diskusjon

350 mm i sidene tilfredsstilt for kontroll mere enn nok. Det kan også reduseres i fasthetsklassen uten at det går på bekostning til krav om bæreevne i angitt tidskrav. Dette må selvsagt undersøkes for enkelttilfelle med påførte laster etter endringer.

5.3 Bjelke (balkong)



Figur 5.10: Revit: Den mest kritiske bjelken som er å bli dimensjonert.

Dimensjonene på limtrebjelken er 350x405 mm tilsvarende som for Vesbyhagen blokk D for 4 etasjer. Den mest påkjente og kritiske bjelken vil bli analysert, nemlig bjelken benyttet i 1. etasje der balkongdekke hviler. Resultatene fra programvaren er å se i vedlegg B9. Det velges fasthetsklasse GL30h, og lengden settes lik 5200 mm. Det velges fastlager på den ene siden og glidelager på den andre. Både konsekvensklasse og klimaklasse settes til 3. Systemfasthetsfaktoren settes lik 1,0. Lastkombinasjonsfaktoren ψ_2 velges ved brann. Bjelken vil bli utsatt for brann i alle sider bortsett fra toppen der dekke hviler. Det velges derfor brannpåkjenning i tre sider med krav på brannmostand i 90 minutter (R90) for bærende hovedsystem. Det legges til egenlast fra bjelken inkludert balkongdekke, nyttelast fra gulv og snø- og vindlast. Grenseverdi for nedbøyning settes til de minste kriterier fra Eurokoden med henholdsvis 1/300 for umiddelbar nedbøyning, 1/250 for netto endelig nedbøyning og 1/150 for endelig nedbøyning.

Resultat og diskusjon

shear stress analysis					
$V_d =$	24.20	kN		$f_{v,k} =$	2.50 N/mm ²
				$\gamma_m =$	1.25 -
				$k_{mod} =$	0.70 -
				$k_{h,v} =$	1.00 -
$T_{v,d} =$	0.26	N/mm ²	<	$f_{v,d} =$	1.40 N/mm ² ✓
utilization ratio					18 %

flexural stress analysis					
$M_{y,d} =$	37.26	kNm		$f_{m,k} =$	30.00 N/mm ²
$M_{z,d} =$	0.00	kNm		$f_{m,k,z} =$	30.00 N/mm ²
$N_{t,d} =$	0.00	kN		$\gamma_m =$	1.25 -
				$k_{mod} =$	0.70 -
				$k_{sys,y} =$	1.00 -
				$k_{h,m,y} =$	1.04 -
				$k_{h,m,z} =$	1.06 -
				$k_i =$	1.00 -
$\sigma_{t,d} =$	0.00	N/mm ²		$f_{t,0,d} =$	13.44 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	3.89	N/mm ²		$f_{m,y,d} =$	17.47 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²	<	$f_{m,z,d} =$	17.73 N/mm ² ✓
utilization ratio					22 %

Figur 5.11: Skjermbilder fra vedlegg B9. Bjelke (balkong): Kontroll i bruddgrensetilstand.

$w_{inst} = w[char]$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	2	L/300	17.3	2.7	16 %

$w_{fin} = w[char] + w[q.p.]*k_{def}$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	2	L/150	34.7	4.7	14 %

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	2	L/250	20.8	3.0	14 %

Figur 5.12: Skjermbilder fra vedlegg B9. Bjelke (balkong): Kontroll i bruksgrensetilstand.

Resultatene fra kontrollene blir gitt i form av tabell etter at all input verdier er satt inn. De aktuelle verdiene er å bli diskutert. For bjelken vil det være aktuelt med kontroll ved bøyning og skjærkontroll i bruddgrensetilstand. I tillegg kontrolleres nedbøyning i bruksgrensetilstand. Den dimensjonerende bøyespenningen på 3,89 N/mm² blir kontrollert mot dimensjonerende bøyefasthet på 17,47 N/mm². Bøyekontrollen ved bruddgrensetilstand er tilfredsstillt da dimensjonerende bøyefastheten er større. Da det ikke er påført en last i bjelkens fiberretning vil det ikke bli gitt kontrollverdier i denne delen av tabellen i resultatene fra programvaren. Skjærkontroll i bruddgrensetilstand blir også tilfredsstillt hvor dimensjonerende skjærfastheten på 1,40 N/mm² er større enn dimensjonerende skjærspenningen på 0,26 N/mm². I tillegg gjøres det nedbøyningskontroll i bruksgrensetilstand. Denne er å bli tilfredsstillt for alle tre kriterier mot angitte grenseverdier.


Resultat og diskusjon

flexural stress analysis fire							
$M_{y,d}$	=	9.23	kNm	$f_{m,k}$	=	30.00	N/mm ²
$M_{z,d}$	=	0.00	kNm	$f_{m,k,z}$	=	30.00	N/mm ²
$N_{t,d}$	=	0.00	kN	Y_m	=	1.00	-
				K_{mod}	=	1.00	-
				$K_{sys,y}$	=	1.00	-
				$k_{h,m,y}$	=	1.06	-
				$k_{h,m,z}$	=	1.10	-
				k_{fi}	=	1.00	-
				k_{fi}	=	1.15	-
$\sigma_{t,d}$	=	0.00	N/mm ²	$f_{t,0,d}$	=	27.60	N/mm ²
$\sigma_{m,y,d}$	=	2.35	N/mm ²	$f_{m,y,d}$	=	36.57	N/mm ²
$\sigma_{m,z,d}$	=	0.00	N/mm ²	$f_{m,z,d}$	=	37.95	N/mm ²
utilization ratio						6 %	

shear stress analysis fire							
V_d	=	6.18	kN	$f_{v,k}$	=	2.50	N/mm ²
				Y_m	=	1.00	-
				K_{mod}	=	1.00	-
				$k_{h,v}$	=	1.00	-
				k_{fi}	=	1.15	-
$\tau_{v,d}$	=	0.13	N/mm ²	$f_{v,d}$	=	2.88	N/mm ²
utilization ratio						5 %	

Figur 5.13: Skjermbilder fra vedlegg B9. Bjelke (balkong): Kontroll i bruddgrensetilstand i et brannforløp.

Bjelken med tverrsnittet på 350x405 mm vil bli redusert til 210x335 mm fra effektiv forkullingsdybde i et brannforløp med krav om bæreevne på 90 minutter. Alle kontrollene er å bli tilfredsstilt etter angitte tidskrav.

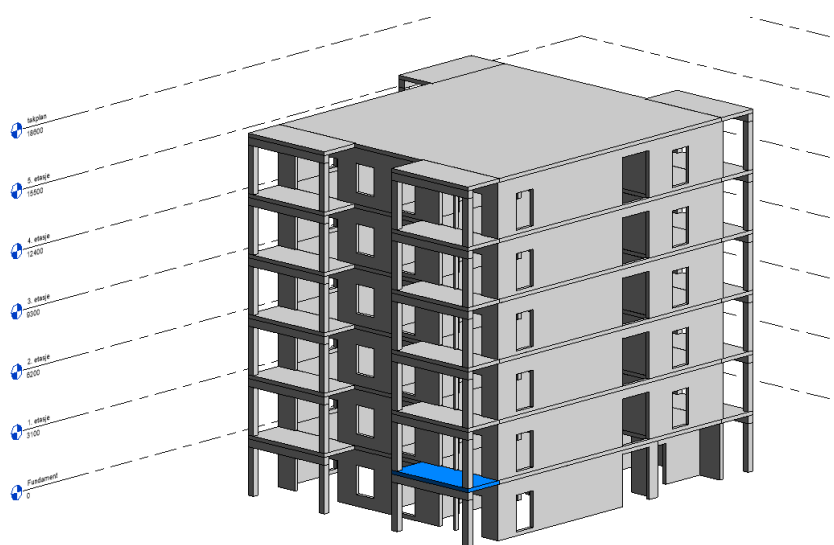
section fire: wooden beam 35/40.5								
	section width	section height	area	I_y	I_z			
	[cm]	[cm]	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm ⁴]			
	21	33.5	70,350	657,919,200	258,536,300			
fire resistance class: R 90			time: 90 min					
fire protection layering : no additional fire protection			k_0	d_0	$d_{char,0,h}$	$d_{def,h}$	$d_{char,0,v}$	$d_{def,v}$
			[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
			1	7	63.0	70.0	63.0	140.0

Figur 5.14: Skjermbilde fra vedlegg B9. Bjelke (balkong): Effektive tverrsnitt.

For limtresøylen kunne det anbefales å redusere tverrsnittet til 200 mm på alle sider. For å teste om den samme anbefalingen er å gjelde for limtrebjelken endres tverrsnittet. Bredden endres til 200 mm og høyden på 405 mm beholdes. Resultatene viser at kontroll tilfredsstilles og er å se i vedlegg B10. Etter forkulling blir den effektive tverrsnitt på 60x335. Det kan derfor anbefales å endre tverrsnittet om dette skulle være aktuelt.

5.4 Dekke (balkong)

TEK17 §11-4 tabell 1 gir krav til R60 A2-s1, d0 [A 60] i brannklasse 3. Det bærende sekundærsystemet for dekke er massivtreet. For brannbeskyttelse stilles det krav til EI60, A2-s1, d0 [A 60] i TEK17 §11-8 tabell 1 for branncellebegrensende bygningsdeler i brannklasse 3. Kravet om EI60 er å tilfredsstilles av KL-treet alene ifølge KLH produsenten (se vedlegg C2), i tillegg må det benyttes en membran klassifisert som A2-s1, d0 med vanntetthet og fuktmotstand. Et eksempel på et slikt produkt er SafeOne membran fra produsenten Flameout, denne er testet i henhold til EN 13501-1. (*SafeOne: membrane*, 2022) Det er også mulig å benytte et gulvmateriale på toppen av membranen som totrinnsstetting. Dette forbedrer det estetiske i tillegg til ekstra sikring og beskytter både overflaten på KL-treet samtidig som den reduserer trykket på membranen slik at denne kan fungere best mulig. I følge Byggforskserien er det også nødvendig med fall på minst 1:100 helling slik at overflatevann dreneres bort fra konstruksjonen til enhver tid. (*Byggforskserien 523.733: Fuktsikre dørterskler til balkonger og svalganger med betongdekke*, 2019, §14-143)



Figur 5.15: Revit: Den mest kritiske balkongdekke som er å bli dimensjonert.

De samme input verdiene for limtrebjelken er å gjelde for balkongdekke, unntaksvis noen parametere. For material velges det KL-tre, CLT 200 L5s, i fasthetsklasse C24 i gran. KL-treet består av 5 lag med lameller i totaltykkelse på 200 mm. Lamellene er bygget opp i spennviddens retning og inkluderer derfor symbolet L. Klimaklassen velges til å bli 2 da KL-tre i motsetning til limtre må ha kledning for å tilfredsstille krav til begrenset brennbarhet. Snølasten ekskluderes samtidig som egenlasten blir endret til materialets egenvekt. Som nevnt tidligere er balkongdekke et sekundært bæresystem. Dette gir dermed krav til bæreevne på 60 minutter (R60). Det er også valgt å ekskludere brannplater med i beregningene da denne ikke vil ha en stor innvirkning på resultatene.

flexural stress analysis					
$M_{y,d}$	24.48	kNm	$f_{m,k}$	24.00	N/mm ²
$M_{z,d}$	0.00	kNm	$f_{m,k,z}$	24.00	N/mm ²
$N_{t,d}$	0.00	kN	γ_m	1.25	-
			k_{mod}	0.80	-
			$k_{sys,y}$	1.10	-
			$k_{h,m,y}$	1.00	-
			$k_{h,m,z}$	1.00	-
			k_i	1.00	-
$\sigma_{t,d}$	0.00	N/mm ²	$f_{t,0,d}$	8.96	N/mm ²
$\sigma_{m,y,d}$	-0.89	N/mm ²	$f_{m,y,d}$	16.90	N/mm ²
$\sigma_{m,z,d}$	0.00	N/mm ²	$f_{m,z,d}$	0.00	N/mm ²
					✓
utilization ratio					5 %

shear stress analysis					
V_d	-	kN	$f_{v,k}$	4.00	N/mm ²
	18.83		γ_m	1.25	
			k_{mod}	0.80	
$\tau_{v,d}$	0.02	N/mm ²	$f_{v,d}$	2.56	N/mm ²
					✓
utilization ratio					1 %

Figur 5.16: Skjermbilder fra vedlegg B11. Dekke (balkong): Kontroll i bruddgrensetilstand.

$w_{inst} = w[char]$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	1	L/300	17.3	1.8	10 %

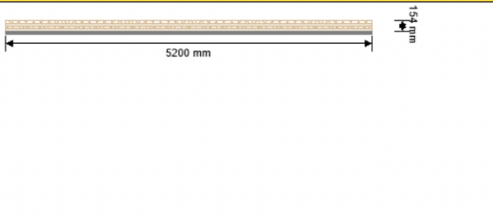
$w_{fin} = w[char] + w[q.p.]*k_{def}$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	1	L/150	34.7	2.5	7 %

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	1	L/250	20.8	1.4	7 %

Figur 5.17: Skjermbilder fra vedlegg B11. Dekke (balkong): Kontroll i bruksgrensetilstand.

Resultatene å innhente, som også er tilgjengelig som vedlegg B11, er som følger. Den dimensjonerende bøyespenningen som er 0,89 N/mm² blir kontrollert mot

dimensjonerende bøyefasthet på $16,90 \text{ N/mm}^2$. Bøyekontrollen ved bruddgrensetilstand er tilfredsstilt da dimensjonerende bøyefastheten er større. Da det ikke er påført en last i bjelkens fiberretning vil det ikke bli gitt kontrollverdier i denne delen av tabellen i resultatene fra programvaren. Skjærkontroll i bruddgrensetilstand blir også tilfredsstilt hvor dimensjonerende skjærfastheten på $2,56 \text{ N/mm}^2$ er større enn dimensjonerende skjærspenningen på $0,02 \text{ N/mm}^2$. I tillegg gjøres det nedbøyningskontroll i bruksgrensetilstand. Denne er å bli tilfredsstilt for alle tre kriterier mot angitte grenseverdier.

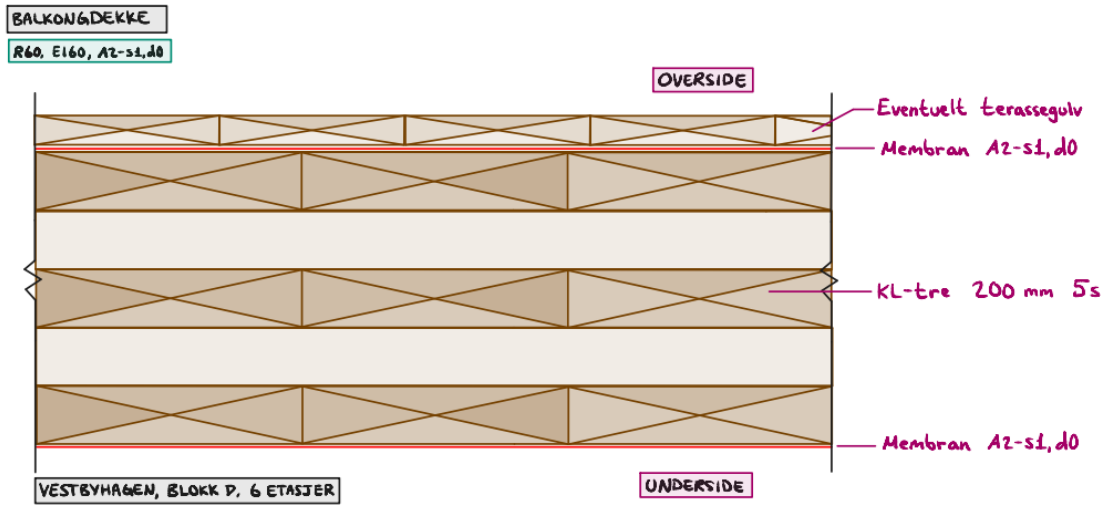
section fire: CLT 200 L5s						
	layer	thickness	orientation	material		
	1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
	2	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)		
	3	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
	4	34.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)		
	t_{CLT}	154.0 mm				
fire resistance class:R 60	time	60 min				
fire protection layering : no additional fire protection	k_0	d_0	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$	$d_{char,0,v}$	$d_{ef,v}$
	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
	1	7	39.0	46.0	0.0	0.0

Figur 5.18: Skjerm bilde fra vedlegg B11. Dekke (balkong): Effektive tverrsnitt.

Den effektive forkullingsdybden uten brannplate vil bli 46 mm og reduserer tverrsnittet til 154 mm ved kontroll under branndimensjoneringen. Verdiene fra Calculatis gir inntrykk for nokså gode resultater. Her kan balkongdekke like godt reduseres i tykkelsen, men anbefales å beholde i lik størrelse som for etasjeskiller, da denne vil ha et knutepunkt inn mot fasaden i lik størrelse.

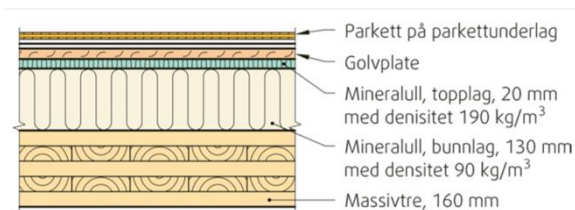
Det endelige tverrsnittet for balkongdekke vil være som figuren under for Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer i risikoklasse 4 og brannklasse 3.

Resultat og diskusjon



Figur 5.19: Endelig tverrsnitt av balkongdekke for Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer

5.5 Etasjeskillere

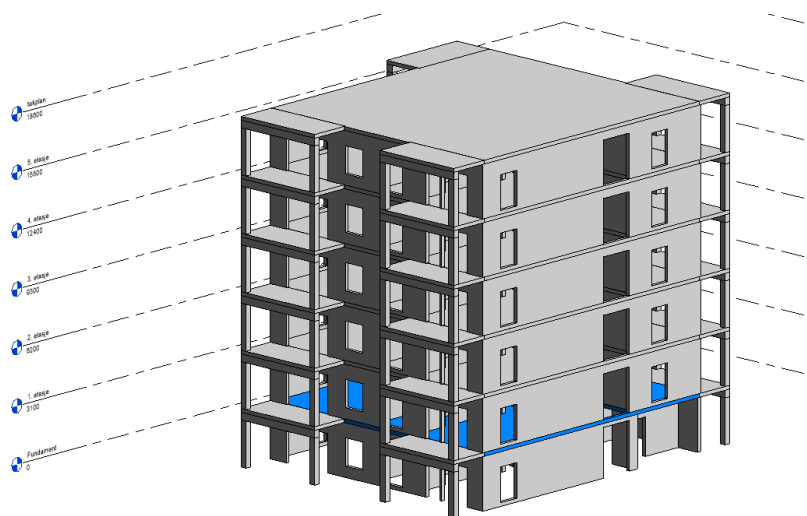


Figur 5.20: Etasjeskiller

(Byggforskserien 522.891: Etasjeskillere i massivtre, 2009, figur fra tabell 62)

Prinsipielt kan dekke bygges slik som figuren over. For sekundær bærende elementer gir TEK17 §11-4 tabell 1 krav til R60 A2-s1, d0 [A 60] i brannklasse 3. Kravet er å betegnes som begrenset brennbart. Det stilles også krav til EI60, A2-s1, d0 [A 60] i TEK17 §11-8 tabell 1 for branncellebegrensende bygningsdeler i brannklasse 3. Denne er å tilfredsstille slik som for balkongdekke kun med KL-treet. Fra figuren gir et oppsett med topp- og bunnlag med mineralull slik som vist i figuren over, samt en golvplate som er toppet av parkettunderlag og parkett. Det er ingen ytterligere krav til overdekning på gulv i TEK17 §11-9 tabell 1A.

For underdekningen, og med hensyn på krav til brannklassifisering fra branncellebegrensende bygningsdeler er å tilfredsstilles med valgte brannplater i samme klasse på nedforet himling i tak. Denne byggeteknikken er å benyttes for alle himlinger. Et eksempel på byggeteknikk med nedforet himling er blant annet å se i figur 28 i Byggforskserien 543.613 (*Byggforskserien 543.613: Nedforet himling*, 2018, figur 28). Valget av brannplaten blir av klassen F som tilfredsstillers krav til brannklassifisering av overflater og kledninger i TEK17 §11-9 tabell 1A med samme klasse. I følge Norgips Norge kan det benyttes to brannplater i nedforet himling av type F på 15 mm tykkelse hvor hver skjøt tettes med brannfugemasse (*Nedforet himling EI 60*, 2022). Krav fra TEK17 §11-9 tabell 1A er som følger for Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer i brannklasse 3: Vegger og i himling eller tak inntil 200 m²: D-s2,d0 [In 2]. Overflater i sjakter og hulrom: B-s1,d0 [In 1] og kledning: K₂10 D-s2,d0 [K2]. Gipsplatekledningen skal utføres slik at tilslutningen mellom vegg og himling oppnår tilfredsstillende brannmotstand ved brannpåkjenning. Kontrollen for bæring under et brannforløp gjøres under branndimensjonering beskrevet lenger nede.



Figur 5.21: Revit: Den mest kritiske etasjeskilleren som er å bli dimensjonert.

De samme input verdiene for balkongdekke er å gjelde for etasjeskillere, unntaksvis noen parametere. Den mest påkjente og kritiske dekke vil bli analysert, nemlig dekke benyttet i 1. etasje med spennvidde på 7018 mm. Spennvidden strekker seg fra halvparten ytterveggen til leilighetsskillevæggen. Klimaklasse settes til 1 da dekke er beskyttet mot rein og er i varme omgivelser. I tillegg endres egenlastene da det inkluderes egenvekten fra ikke bærende innervegger fra etasjene over. Totalt blir egenvekten på 5,72 kN/m. Ifølge vedlegg E1 fra konsulenten WSP er tykkelsen på etasjeskilleren 220 mm med henholdsvis materialet KL-tre 220 L7s. Denne er endret til å bli heller 200 mm da det gir mer rom for høyde etter et lag med blant annet trinnlydisolasjon og nedforet himling med gipsplate.

Resultatene å innhente, som også er tilgjengelig som vedlegg B12, er som følger. Den dimensjonerende bøyepeningen som er 1,84 N/mm² blir kontrollert mot dimensjonerende bøyefasthet på 16,90 N/mm². Bøyekontrollen ved bruddgrensetilstand er tilfredsstillt da dimensjonerende bøyefastheten er større. Da det ikke er påført en last i bjelkens fiberretning vil det ikke bli gitt kontrollverdier i denne delen av tabellen i resultatene fra programvaren. Skjærkontroll i bruddgrensetilstand blir også tilfredsstillt hvor dimensjonerende skjærfastheten på 2,56 N/mm² er større enn dimensjonerende skjærspenningen på 0,04 N/mm². I tillegg gjøres det nedbøyningskontroll i

bruksgrensetilstand. Denne er å bli tilfredsstilt for alle tre kriterier mot angitte grenseverdier.

flexural stress analysis					
$M_{y,d} =$	66.01 kNm	$f_{m,k} =$	24.00 N/mm ²		
$M_{z,d} =$	0.00 kNm	$f_{m,k,z} =$	24.00 N/mm ²		
$N_{t,d} =$	0.00 kN	$\gamma_m =$	1.25		
		$k_{mod} =$	0.80		
		$k_{sys,y} =$	1.10		
		$k_{h,m,y} =$	1.00		
		$k_{h,m,z} =$	1.00		
		$k_i =$	1.00		
$\sigma_{t,d} =$	0.00 N/mm ²	$f_{t,0,d} =$	8.96 N/mm ²		
$\sigma_{m,y,d} =$	-1.84 N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	16.90 N/mm ²		
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00 N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	0.00 N/mm ²		✓
utilization ratio					11 %

shear stress analysis					
$V_d =$	- kN	$f_{v,k} =$	4.00 N/mm ²		
	37.62	$\gamma_m =$	1.25		
		$k_{mod} =$	0.80		
$\tau_{v,d} =$	0.04 N/mm ²	$f_{v,d} =$	2.56 N/mm ²		✓
utilization ratio					1 %

Figur 5.22: Skjermbilder fra vedlegg B12. Etasjeskiller: Kontroll i bruddgrensetilstand.

$w_{inst} = w[char]$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/300	23.4	6.5	28 %

$w_{fin} = w[char] + w[q.p.]*k_{def}$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/150	46.8	10.5	23 %

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/250	28.1	9.1	32 %

Figur 5.23: Skjermbilder fra vedlegg B12. Etasjeskiller: Kontroll i bruksgrensetilstand.

section fire: CLT 200 L5s						
	layer	thickness	orientation	material		
	1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
	2	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)		
	3	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
	4	34.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)		
	t_{CLT}	154.0 mm				
fire resistance class:R 60	time	60 min				
fire protection layering : no additional fire protection	k_0	d_0	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$	$d_{char,0,v}$	$d_{ef,v}$
	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
	1	7	39.0	46.0	0.0	0.0

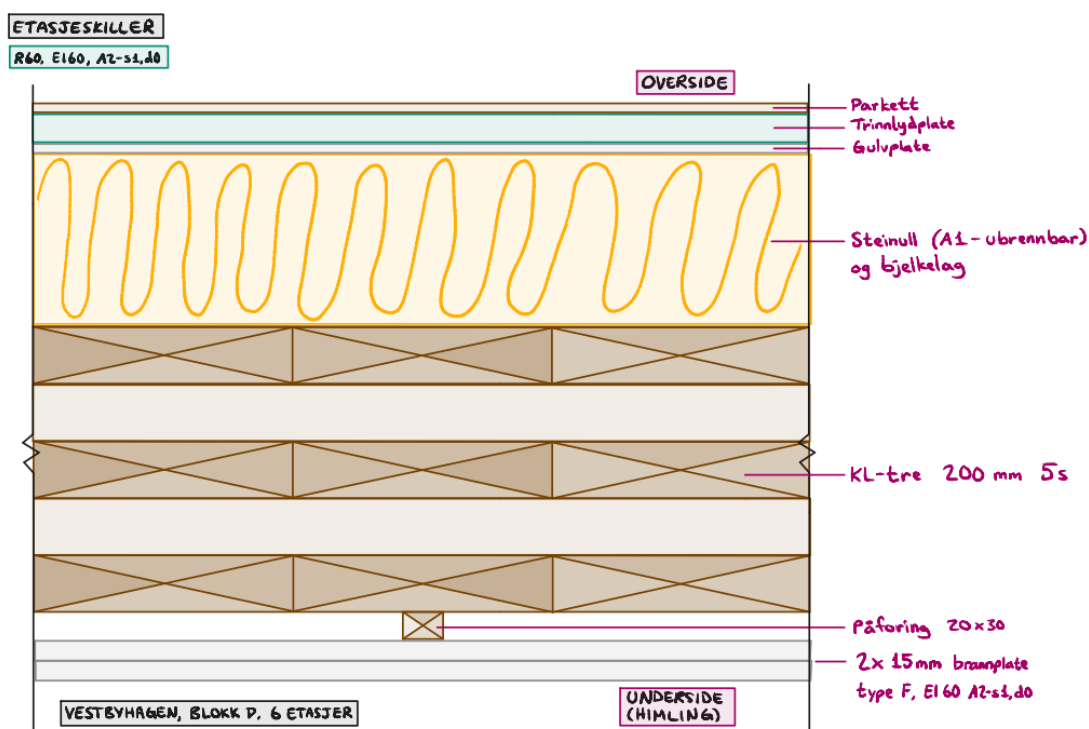
Figur 5.24: Skjermbilde fra vedlegg B12. Etasjeskiller: Effektive tverrsnitt.

Effektive tverrsnitt etter et brannforløp med angitte tidskrav for bæreevne på 60 minutter blir lik som for balkongdekke, nemlig 154 mm. Her er det nokså tilfredsstillende resultater fra kontrollene. Det vil alternativt med hensyn på bæring og brann kunne være mulig å redusere tykkelsen på KL-treet, men beslutningen må gjøres i sammenheng med krav til

blant annet lyd og u-verdi da dette vil ha en stor innvirkning på valg. Tykkelsen beholdes derfor til 200 mm.

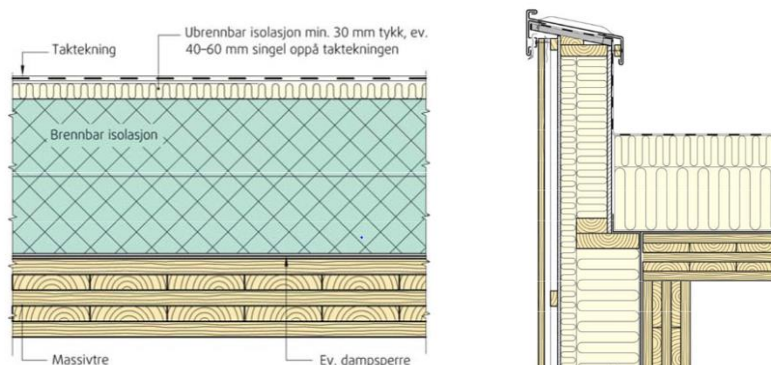
En tidligere anbefaling nevnt under yttervegg i trestender var å erstatte dette mot limtresøyler. I et slikt tilfelle må det bli tatt hensyn til nedbøyning i dekkeplanet, z-aksen. I dette tilfellet var spennvidden på 7018 mm. I følge KL-tre produsenten kan elementene produseres med maksimale mål 3,5x16,5 m (*Cross-Laminated Timber*, 2021, s. 2). Nedbøyningen må derfor bli kontrollert mot maks spennvidde på 3500 mm i den andre aksen. Ved bruk av limtresøyler vil vekten reduseres betraktelig. Dette kan sammen med et smalere og høyere byggverk medføre svakere avstivning. I et slikt tilfellet kan byggeteknikken benyttes slikt som for Treet i Bergen. Teknikken kan være blant annet å erstatte om hver fjerde etasje med betongdekke. Vel å merke at armert betong har omtrentlig tetthet 25 kN/m som er over fem ganger større enn for limtre.

Det endelige tverrsnittet for etasjeskillere vil være som figuren under for Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer i risikoklasse 4 og brannklasse 3.



Figur 5.25: Endelig tverrsnitt av etasjeskilleren for Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer

5.6 Tak



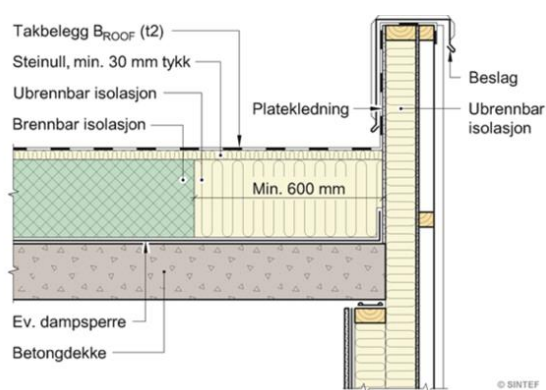
Figur 5.26: Prinsipielt kan tak bygges opp slik som til figuren over til venstre og parapet kan bygges opp slik som vist i figuren oppe til høyre.

(Prosjektrapport 30: Tak basert på massivtreelementer, 2008, figur 5.1 og 6.1)

Det er viktig å informere at tak i KL-tre kan utføres i lik byggeteknikk som for kompakte tak basert på andre bæresystemer av ulike materialer som blant annet betong. (Prosjektrapport 30: Tak basert på massivtreelementer, 2008, §6) Oppbygningen gjelder for boligbygg.

Prinsipielt kan tak bygges slik som figuren over. I henhold til preaksepterte ytelses i Byggforskerien 520.339 er det to alternativer som er å benytte for isolering av kompakte tak (flate tak). Den første metoden er oppdeling av begrenset brennbar isolasjon som kan benyttes på et takareal på opp til 400m². Videre er den anbefalte metoden å benytte ubrennbar isolasjon på over og under siden av den brennbare isolasjonen. Denne metoden både forsvarer plastisolasjonen samt reduserer brannfare. Ytelsen som er preaksepterte er gitt som en tildekning på oversiden av den brennbare isolasjonen, hvor det er krav til minst 30 mm ubrennbar isolasjon som skal hindre oksideringstilførsel. Oksygen må da heller ikke spre seg under isolasjonen, her er massivtre alene godkjent dersom den har en tykkelse på minst 100 mm, forutsatt spesielt godt tetting ved skjøter og gjennomføringer, dette for brannkasse 1 og 2. For brannklasse 3 som er tilfellet i dette prosjektet, er det ekstra stor krav til grundig dokumentasjon. Ifølge Sintef rapport

henvises det til en prøverapport utført ved Tresenteret i Trondheim hvor det er dokumentert en akseptert løsning hvor det er benyttet to skjøter på langs av dekke, skrudd sammen med nedfrest bord på oversiden av KL-tre dekke, dette gir da en tilfredsstillende ytelse på EI 90. Det er videre viktig å bemerke at ved visse steder er det krav om å erstatte den brennbare isolasjonen med minst 600mm ubrennbar



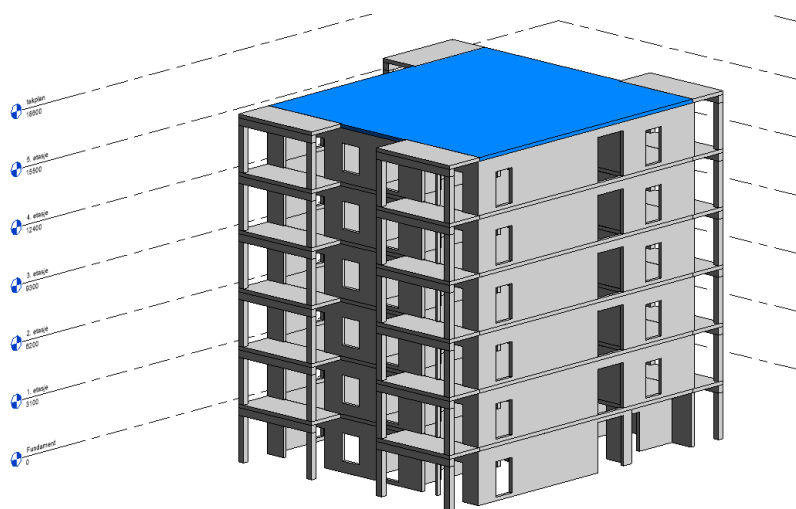
Figur 5.27: Parapet for tak i betong

(Byggforskserien 520.339: *Bruk av brennbar isolasjon i bygninger*, 2021, figur 58)

isolasjon. Disse stedene er blant annet ved parapet (se figur til høyre), fasader med brennbare materialer, brannvegg og seksjonsvegg utstikkende fra taket, og rundt alle gjennomføringer. (Prosjektrapport 30: *Tak basert på massivtreelementer*, 2008, §5.6, §5.8) (Byggforskserien 520.339: *Bruk av brennbar isolasjon i bygninger*, 2021, §5-55, §5-58)

Det stilles også krav til EI60, A2-s1, d0 [A 60] i TEK17 §11-8 tabell 1 for branncellebegrensende bygningsdeler i brannklasse 3. Krav til brannklassifisering er å tilfredsstillende samme som nevnt for etasjekiller. Kontrollen for bæreevne under et brannforløp gjøres under branndimensjonering beskrevet lenger nede. I tillegg må det for tak brukes taktekning for å forebygge mot brannspredning. Dermed må taktekning være ubrennbar eller så må det utføres i henhold til minstekrav i TEK 17 §11-9 med klassen B_{ROOF(t2)} [Ta].

Det er valgt å bruke dampspærre i byggverket på Vestbyhagen og er benyttet mellom isolasjonslaget og massivtre elementet, da det er dette er en tradisjonell byggemetode. I rapporten fra Sintef er det gitt en anbefaling at tak med massivtre som bæresystem kan bygges uten dampspærre, men da er det forutsatt at lufttettheten mellom de forskjellige elementene er godt bevart og dokumentert. (Prosjektrapport 30: *Tak basert på massivtreelementer*, 2008, §6)



Figur 5.28: Revit: Taket som er å bli dimensjonert.

De samme input verdiene for balkongdekke er å gjelde for tak, unntaksvis spennvidden. I følge KL-tre produsenten KLH nevnt under etasjeskillere kan den lengste spennvidden være opptil 16,5 m. For taket benyttes spennvidden på totalt 14897 mm. Spennvidden er å betraktes fra leiligheten i nord-retning rett under takplanet der lamellene er bygget opp i spennviddens retning. Imellom spennvidden får taket støtte fra den bærende innerveggen, og blir valgt som et glidelager. I endene velges det både et fastlager og glidelager. Selv om det ikke vil gi påvirkning på resultatene velges det å legge til en brannplate i type F på 12,5 mm i programvaren. Alle laster blir å analysere for hele spennviddens retning. Det sette på egenlast og nyttelast fra tak, i tillegg til snølast og vindlast for tak. Ifølge vedlegg E3 fra konsulenten WSP er tykkelsen på etasjeskillere 160 mm for Vestbyhagen blokk D på 4 etasjer med henholdsvis materialet KL-tre 160 L5s. Denne er endret til å bli heller 200 mm akkurat som for etasjeskillere.

Resultat og diskusjon

flexural stress analysis					
$M_{y,d}$ =	-47.78	kNm		$f_{m,k}$ =	24.00 N/mm ²
$M_{z,d}$ =	0.00	kNm		$f_{m,k,z}$ =	24.00 N/mm ²
$N_{t,d}$ =	0.00	kN		γ_m =	1.25 -
				k_{mod} =	0.90 -
				$k_{sys,y}$ =	1.10 -
				$k_{h,m,y}$ =	1.00 -
				$k_{h,m,z}$ =	1.00 -
				k_i =	1.00 -
$\sigma_{t,d}$ =	0.00	N/mm ²		$f_{t,0,d}$ =	10.08 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d}$ =	0.61	N/mm ²		$f_{m,y,d}$ =	19.01 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d}$ =	0.00	N/mm ²	<	$f_{m,z,d}$ =	0.00 N/mm ² ✓
utilization ratio					3 %

shear stress analysis					
V_d =	33.77	kN		$f_{v,k}$ =	4.00 N/mm ²
				γ_m =	1.25
				k_{mod} =	0.90
$\tau_{v,d}$ =	0.01	N/mm ²	<	$f_{v,d}$ =	2.88 N/mm ² ✓
utilization ratio					1 %

Figur 5.29: Skjermbilder fra vedlegg B13. Tak: Kontroll i bruddgrensetilstand.

$w_{inst} = w[char]$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	1	L/300	22.7	0.6	2 %
2	1	L/300	27.0	1.6	6 %

$w_{fin} = w[char] + w[q.p.]*k_{def}$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	1	L/150	45.3	0.7	2 %
2	1	L/150	54.0	2.0	4 %

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	1	L/250	27.2	0.3	1 %
2	1	L/250	32.4	0.8	3 %

Figur 5.30: Skjermbilder fra vedlegg B13. Tak: Kontroll i bruksgrensetilstand.

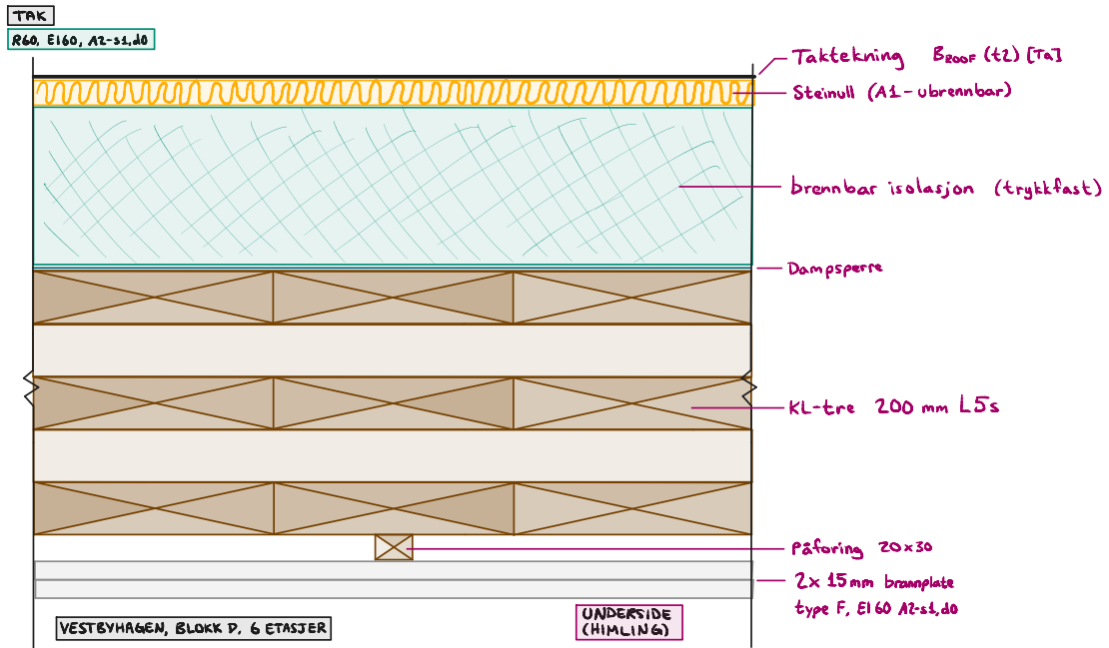
Resultatene å innhente, som også er tilgjengelig som vedlegg B13, er som følger. Den dimensjonerende bøyepeningen som er $0,61 \text{ N/mm}^2$ blir kontrollert mot dimensjonerende bøyefasthet på $19,01 \text{ N/mm}^2$. Bøyekontrollen ved bruddgrensetilstand er tilfredsstillt da dimensjonerende bøyefastheten er større. Skjærkontroll i bruddgrensetilstand blir også tilfredsstillt hvor dimensjonerende skjærfastheten på $2,88 \text{ N/mm}^2$ er større enn dimensjonerende skjærspenningen på $0,01 \text{ N/mm}^2$. I tillegg gjøres det nedbøyningskontroll i bruksgrensetilstand. Denne er å bli tilfredsstillt for alle tre kriterier mot angitte grenseverdier.

section fire: CLT 200 L5s										
		layer	thickness	orientation	material					
		1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)					
		2	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)					
		3	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)					
		4	36.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)					
		t _{CLT}	156.0 mm							
		time	60 min							
fire resistance class: R 60										
fire protection layering : 12.5 mm gypsum plasterboard Type F										
gypsum plasterboard Type A (acc. to EN 520)gypsum plasterboard Type F (acc. to EN 520)		t _{ch,h}	t _{r,h}	t _{a,h}	d _{is,h}	k ₀	d ₀	d _{char,0,h}	d _{ef,h}	
		[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	
		21	24	42	25	1	7	37.0	44.0	

Figur 5.31: Skjerm bilde fra vedlegg B13. Tak: Effektive tverrsnitt.

Alternativt kan KL-treet reduseres under 100 mm til bruk for tak, men dette vil overskride anbefalingene fra Sintef rapporten. Det kan anbefales å endre tykkelsen til 100 mm fremfor 200 mm. Samtidig må det tas hensyn til isolasjon tykkelse som kan øke med redusert KL-tre. Ved en slik endring vil alle dimensjoneringskrav for brann og bæring være tilfredsstillt med gjennomførte kontroller. Alle resultatene fra alternativet er å se i vedlegg B14. Fra resultatene er det den umiddelbare nedbøyningen i bruksgrensetilstand som blir endret betydelig. Denne er å øke fra 1,6 mm til 11,4 mm, men er fortsatt tilfredsstillt under gitte maksimum kriterier på $l/300 = 8098/300 = 27 \text{ mm}$.

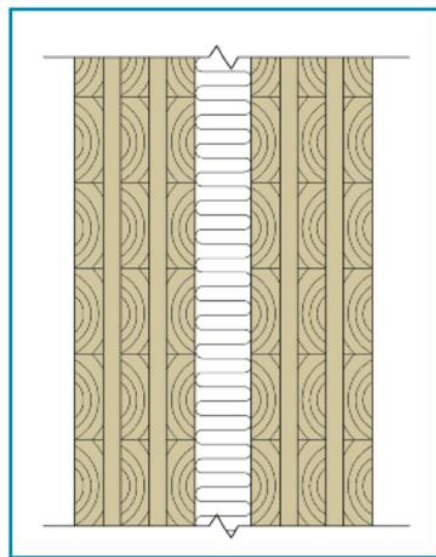
Det endelige tverrsnittet for taket vil være som figuren under for Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer i risikoklasse 4 og brannklasse 3.



Figur 5.32: Endelig tverrsnitt av taket for Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer

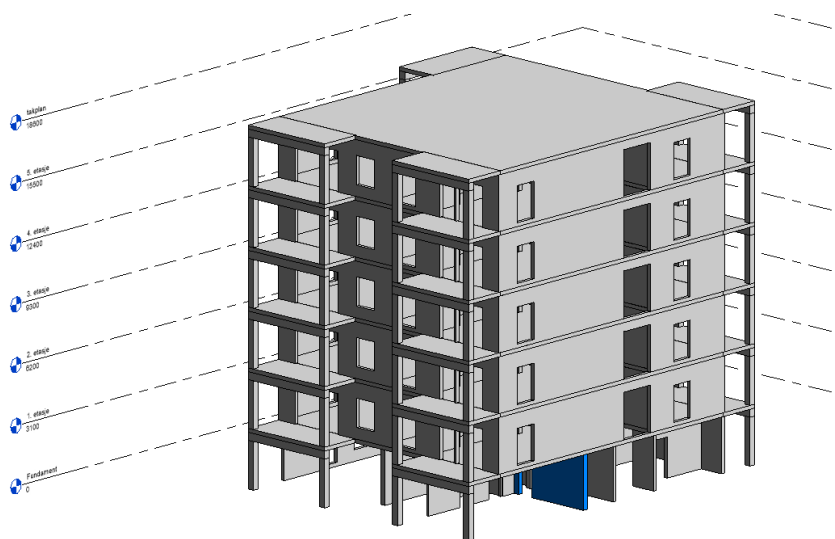
5.7 Leilighetsskillevegg

Innervegger er i kategorien bærende hovedelementer som i TEK17 §11-4 tabell 1 gir et krav til R90, A2-s, d0 [A 90] i brannklasse 3 samt en tetthet- og isolasjonsevne som tilfredsstillende EI60, A2-s1, d0 [A 60]. Dette tilfredsstilles med bruk av to 120 mm tykke KL-tre vegger med et hulrom imellom samt brannplater av typen F på yttersidene av begge veggene. Det velges videre å ha et hulrom på 400 mm mellom veggene for å sikre god plass til lydisolasjon. Dimensjonene på hulrommet er også benyttet for blokk D på 4 etasjer. Brannplaten er å tilfredsstille kravet for overflater og kledninger i TEK17 §11-9 tabell 1A.



Figur 5.33: Skillevegg

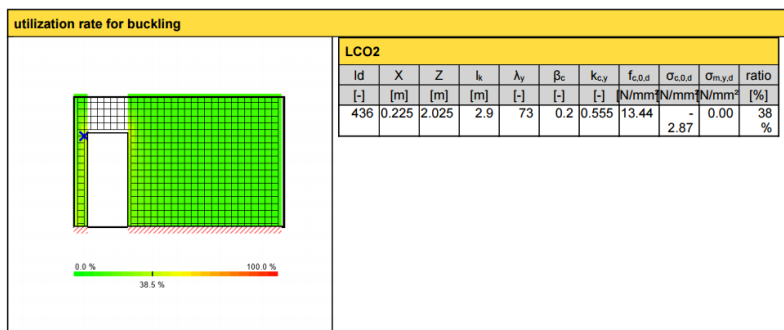
(Håndbok Hefte 1: bygge med Massivtreelementer, 2006, figur på side 21)



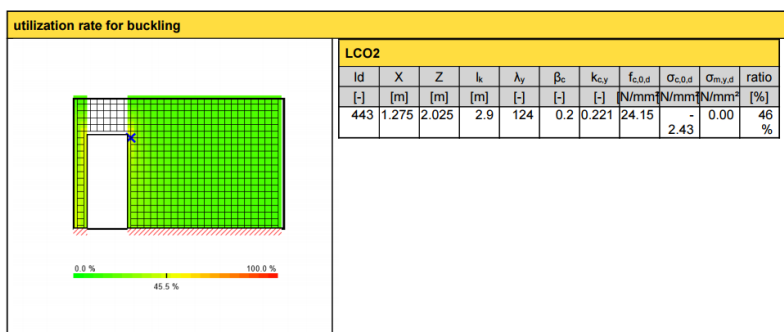
Figur 5.34: Revit: Den mest kritiske leilighetsskillevegg som er å bli dimensjonert.

For leilighetsskillevegger benyttes det KL-tre vegger med valgt materialet gran med fasthetsklasse C24 i tykkelse 120 mm, nemlig beskrevet som CLT 120 L5s i programvaren Calculatis. Dette er den samme tykkelsen som konsulenten WSP har

benyttet (vedlegg E4) for Vesbyhagen blokk D på 4 etasjer. Det velges å undersøke skilleveggen i 1. etasje med en døråpning. Åpningene er valgt i henhold til krav fra TEK17 §12-13 tredje ledd bokstav b. Her inngår det at døråpninger må ha fri sideplass på minimum 300 mm. I samme paragraf ledd to bokstav a skal inngangsdører ha minimum bredde på 0,86 m og i samme ledd bokstav e skal høyden være på minimum 2 m. Som input er det derfor valgt å ha en åpning av dør i KL-tre veggen med mål på 0,9x2,1 m der det legges rom for slikt som dørkarm. KL-tre veggen vil ha målene 5,243x2,9 m. Det er valgt å benytte sikkerhetsklasse 3. Veggen anses å være fastinnspent mot gulvet. Alle laster fra egenlast, nyttelast, vindlast og snølast blir påført. Nyttelasten inkluderes med gulv, trapper og tak. Bortsett fra tak, inkluderes arealreduksjonsfaktoren for alle skivene etasjene ovenfor som gir en total nyttelast på $(3 \cdot 2 \cdot 0,55 \cdot 5) + 0,75 = 17,25 \text{ kN/m}$. Bæreevne settes til kravet på R90. Det legges til i tillegg to brannplater i type F med 15 mm i tykkelse hver. Brannen blir utsatt kun på den ene siden da det er hulrom imellom leilighetsskilleveggen. Lastkominasjonsfaktoren ψ_2 velges ved brann. Det blir også gitt krav til tilleggskrav til maksimal nedbøyning i Eurokode 0 tabell NA.A1(904) på mellom 1/200 og 1/250. Det velges 1/250. Nedbøyningskriteriene i bruksgrensetilstand blir valgt som for de andre bygningsdelene.

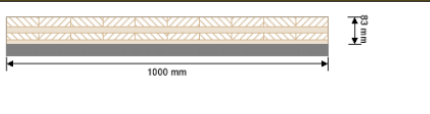


Figur 5.35: Skjermbilder fra vedlegg B15. Leilighetsskillevegg: Kontroll i bruddgrensetilstand.



Figur 5.36: Skjermbilder fra vedlegg B15. Leilighetsskillevegg: Kontroll i bruddgrensetilstand i et brannforløp.

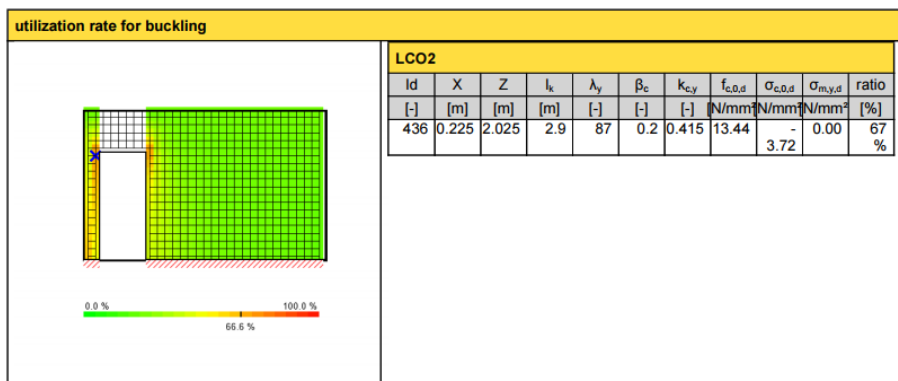
Resultater å innhente fra programvaren Calculatis er nokså interessante. Disse er tilgjengelig som vedlegg B15. Her blir det tilgjengelig med ulike kontroll slikt som i bruddgrensetilstand og disse blir gitt i form av FEM analyser. De mest påkjente dimensjonerende trykkspenningene for både med og uten et brannforløp er å se til sidene av døråpningen. Det er her spenningen er kritisk og mest konsentrert. Denne åpningen bli sett på som en bjelke med stor høyde der skjærspenningene i endene er å være størst. Ut ifra analysene er dimensjonerende trykkspenning å bli på $2,87 \text{ N/mm}^2$. Kravet for knekkekontrollene er tilfredsstilt da den dimensjonerende trykkfasthet er på $13,44 \text{ N/mm}^2$. Denne er med andre ord større enn den dimensjonerende trykkspenning. Selv i et brannforløp på den ene siden av veggen vil kravet være tilfredsstillende. Under brannforløpet blir det effektive tverrsnittet etter forkullingsdybden 83 mm. Nedbøyningskontrollen i bruksgrensetilstand blir utelatt da det både ikke er påført laster i høyderetning og da analysen vil gi nokså lave resultater som er å neglisjeres.

section fire: CLT 120 L5s										
				layer	thickness	orientation	material			
				1	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
				2	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)			
				3	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
				4	13.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)			
				t _{CLT}	83.0 mm					
fire resistance class: R 90				time	90 min					
fire protection layering : 2 x 15.0 mm gypsum plasterboard Type F				t _{ch,h}	t _{f,h}	t _{a,h}	d _{a,h}	k ₀	d ₀	d _{char,0,h}
gypsum plasterboard Type A (acc. to EN 520)gypsum plasterboard Type F (acc. to EN 520)				[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
				62	63	83	25	1	7	30.0
										37.0

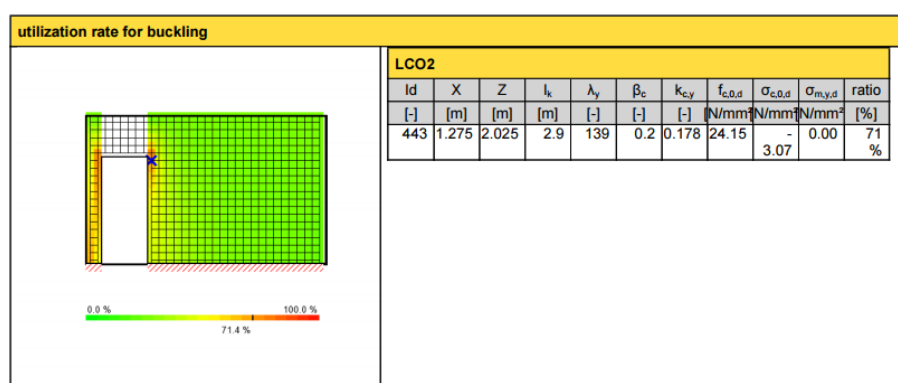
Figur 5.37: Skjermbilde fra vedlegg B15. Leilighetsskillevegg: Effektive tverrsnitt.

Alternativt kan tykkelsen på KL-treet erstattes mot 100 mm fremfor 120, dette med kun betraktning til å tilfredsstillende krav for dimensjonering av brann og bæring. En slik reduksjon ville gitt tilfredsstillende resultater for knekking i bruddgrensetilstand, men vært i kritiske grenser for et brannforløp. Se vedlegg B16. Vel å merke at det ikke vil være aktuelt med ytterligere reduksjon med hensyn på den dokumenterte løsningen fra Treteknisk nevnt ovenfor for oppbygging i tillegg til lydkravene som er å bli svekket bemerkelig. Reduksjonen anses ikke som endelig, men må da dokumenteres for enkelttilfeller både for å tilfredsstillende krav brann og bæring i tillegg til blant annet lyd og varme.

Resultat og diskusjon



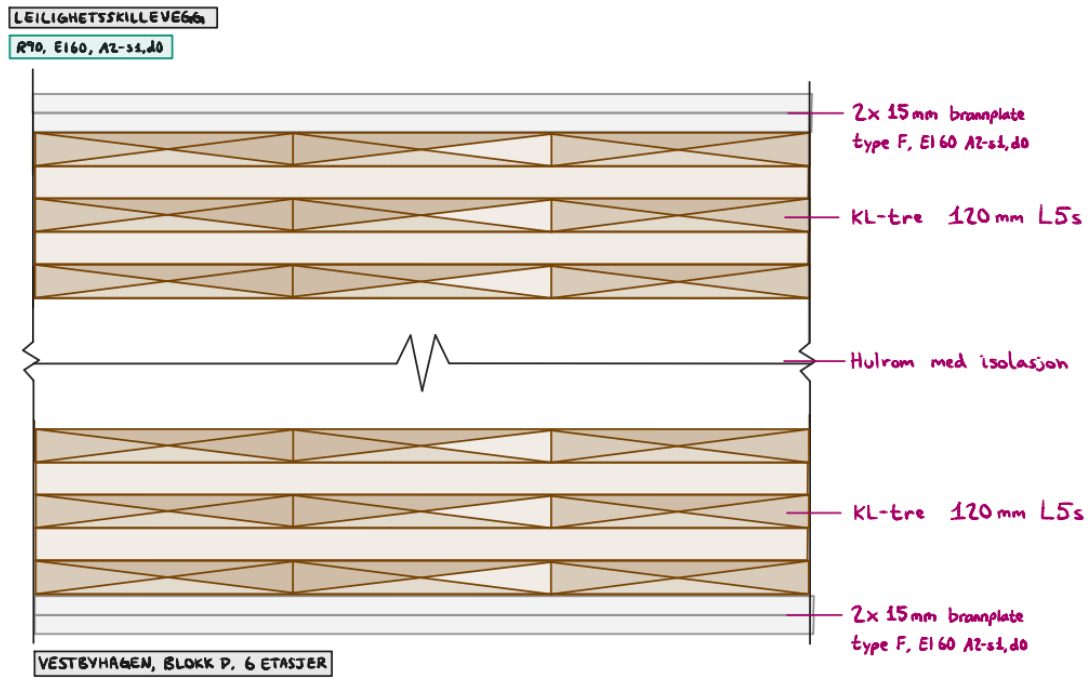
Figur 5.38: Skjermbilder fra vedlegg B16. Leilighetsskillevegg (alternativ): Kontroll i bruddgrensetilstand.



Figur 5.39: Skjermbilder fra vedlegg B16. Leilighetsskillevegg (alternativ): Kontroll i bruddgrensetilstand i et brannforløp.

Det endelige tverrsnittet for leilighetsskillevæggen vil være som figuren under for Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer i risikoklasse 4 og brannklasse 3.

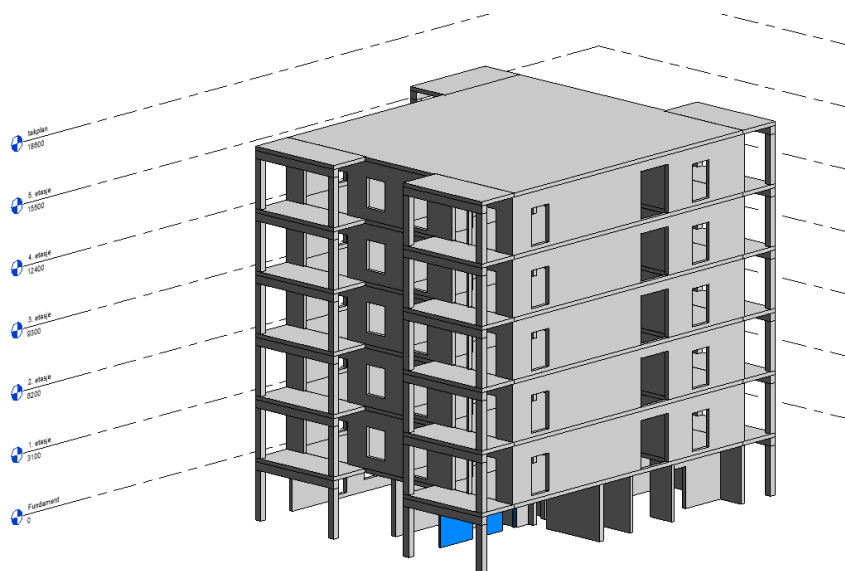
Resultat og diskusjon



Figur 5.40: Endelig tverrsnitt av leilighetsskillevæggen for Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer

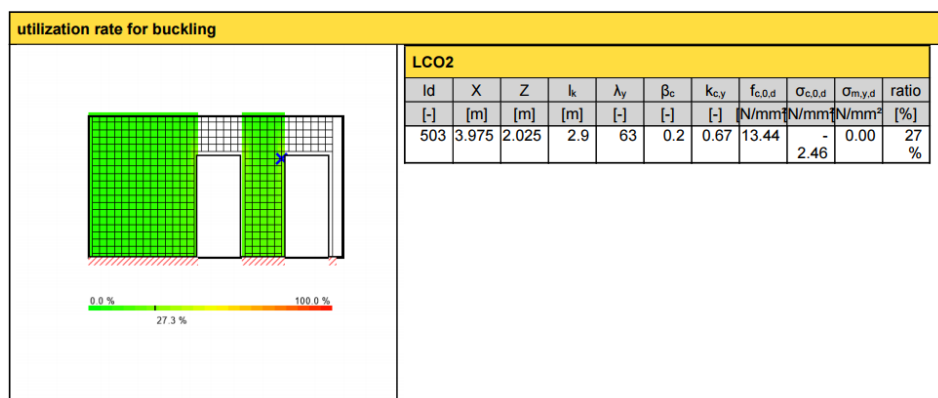
5.8 Innervegg

For innervegger stilles det samme krav som for leilighetsskillevegger. For å tilfredsstillere krav til bæreevne er det valgt å bruke brannplate F på begge sider av veggen med likeverdig klasse som er å tilfredsstillere krav for både overflate og kledning i tillegg til brannmotstand til branncellebegrensende vegg.

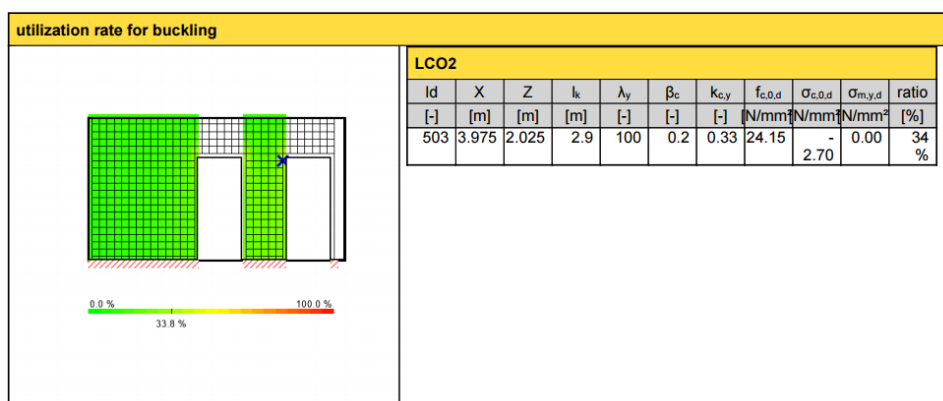


Figur 5.41: Revit: Den mest kritiske innerveggen som er å bli dimensjonert.

De samme input verdiene for leilighetsskillevegg er å gjelde for innervegg, unntaksvis noen parametere. Det velges å undersøke innerveggen i 1. etasje med to døråpninger. Det er valgt to brannplater av type F med tykkelse 18 mm hver på begge sider. Brannpåkjenning er satt til begge sider av veggen. I tillegg er det lagt til to åpninger med hensyn til forskriftene nevnt som for skilleveggene. Totale mål for KL-treet er 5,243x2,9 m med valgt tykkelse på 140 mm. For blokk D i 4 etasjer ble det benyttet 110 mm i tykkelse for bærende innervegg, men dette vil ikke være aktuelt med påførte laster.



Figur 5.42: Skjermbilder fra vedlegg B17. Innervegg: Kontroll i bruddgrensetilstand.

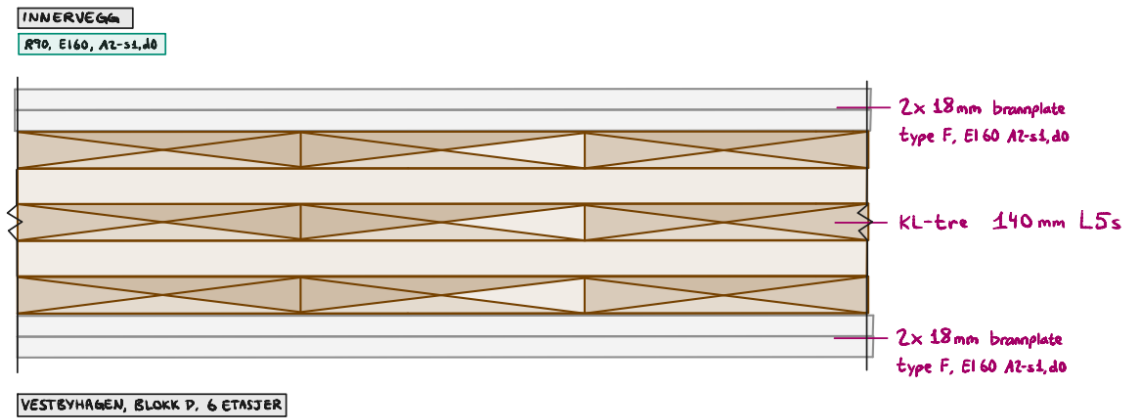


Figur 5.43: Skjermbilder fra vedlegg B17. Innervegg: Kontroll i bruddgrensetilstand i et brannforløp.

Resultatene fra Calculatis er også tilgjengelig som vedlegg B17. På samme måte som for skillevegg blir resultatene å innhente som FEM analyser. De mest påkjennte dimensjonerende trykkspenningene for både med og uten et brannforløp er å se til sidene på døråpningene. Ut ifra analysene er den dimensjonerende trykkspenning på 2,46 N/mm². Kravet for at knekkekontrollene er tilfredsstillt da den dimensjonerende trykkfasthet er på 13,44 N/mm². Den er med andre ord større enn den dimensjonerende trykkspenningen. De samme kontrollene er å bli tilfredsstillt i et brannforløp.

Alternativt kunne det kanskje være hensiktsmessig å redusere tverrsnittet, men dette vil ikke være aktuelt i dette tilfellet. Brannforløp er å se på for begge sider av veggen. Som et eksempel vil et redusert tverrsnitt til 120 mm gi ikke tilfredsstillende resultater. Alternativt kunne det benyttes flere brannplater samtidig som tykkelsen blir redusert, men må avgjøres for enkelte tilfeller.

Det endelige tverrsnittet for innervegger vil være som figuren under for Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer i risikoklasse 4 og brannklasse 3.



Figur 5.44: Endelig tverrsnitt av innerveggen for Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer

6. Konklusjon

Etter en grundig gjennomgang og oppbygging av rapportens teori, grunnleggelse av metodikken utført, teknikk benyttet og krav analysert, har gruppen kommet frem til resultater som skal tilfredsstillende problemstillingene. Problemstillingen er formulert i samarbeid med Hersleth Entreprenør og vår intern veileder Björn Täljsten. Denne ble bygget opp på en utfordring selskapet ønsket en løsning for. Problemstillingen er besvart igjennom to veiledende delspørsmål. Begge delspørsmålene er å bli undersøkt i teori kapitlet. Det første delspørsmålet omhandler om kravene fra forskriften for bæring og brann som er å tilfredsstillende i Norge rettet mot boliger. Den andre omhandler nasjonale og internasjonale løsninger som er å bli benyttet. Ved å besvare på de veiledende delspørsmålene har gruppen klart å tilfredsstillende problemstillingen med valg som er gjort i resultat og diskusjons kapitlet med gitte avgrensninger.

Løsning til problemstillingen gjøres med en case studie igjennom byggeprosjekt fra Hersleth Entreprenør kalt for Vestbyhagen. For dette byggeprosjektet er det valgt å undersøke blokk D på fire etasjer hvor gruppen skal finne en løsning til både brann og bæring, ved økning på to etasjer. For dette prosjektet måtte gruppen ta hensyn til et av de strengeste brannklassene, nemlig brannklasse 3, som også videre førte til andre utfordringer som blant annet krav til bruk av begrenset brennbart materiale. I tillegg er det andre påvirkende krav som er blitt utelatt og er nevnt under kapitelet for videre arbeid på grunn av bredden på prosjektet. Gruppen har kommet frem til endelig løsning i form av en helhetlig mal, både fremgangsmåte og utførelse på bæring og branndimensjonering av konstruksjoner ved bruk av materiale tre som bæresystem. Videre har gruppen utført både manuelle håndberegninger og benyttet avanserte programvarer for å automatisere beregningene.

Som et konkluderende resultat på hele prosjektet har gruppen presentert snittegninger. Disse fremstilles som endelige og riktige løsninger, og kan benyttes i Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer. Løsningene er gitt med hensyn på krav til brann og bæring fra forskriftene i betraktning på avgrensninger som er nevnt i starten av rapporten.

Konklusjon

Et spørsmål som kunne stilles ville ha vært om prosjektet kunne ha blitt utført på en bedre måte. Etter en grundig analyse og med hensyn på fordeler for entreprenøren kan det trygt konkluderes at de fremstilte løsningene er relativt tilfredsstillende. Det er hovedsakelig benyttet prefabrikkerte moduler som Hersleth Entreprenør har blitt velkjent med igjennom årene. Ved en endring på eksisterende moduler, slikt som ytterveggene, vil dette medføre blant annet økning i prosjekteringstid. Noen av fordelene med de prefabrikkerte ytterveggmodulene er å være raskere og reduserer risikoen for fuktskader. I tillegg er modulene ferdigdimensjonert, noe som effektiviserer byggeprosessen og reduserer kostnadene.

De endelige snittegningene er fremstilt som løsninger for Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer. Disse resultatene er kommet frem etter grundige analyser med hensyn på brann og bæring i henhold til forskriftene. Samtidig for å fremstille byggverket som en helhet, påvirket av andre krav, anbefales videre arbeid nevnt i neste kapittel.

7. Videre arbeid

I rapporten er alle analysene gjennomført i henhold til avgrensningene nevnt i starten av rapporten. For helhetlig utførelse av byggverket må det bli tatt hensyn til blant annet U-verdier, lyd, temperaturvariasjoner, fuktighet, vibrasjon, forbindelser og festemidler. For eksempel har festemidler slik som skruer et annet materialtype enn tre, nemlig stål. Stål har høyere ledningsevne enn tre og i betraktning med skrueåpninger kan dette endre på dimensjonene, valgene og byggeteknikken. Til slutt er tre et levende materiale som er mer utsatt for sprekker og skader, som må tas i betraktning før bruk.

Referanseliste

- 13 *Stoppe klimaendringene.* (2022). FN. <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/stoppe-klimaendringene>
- Abrahamsen, R. (2018). *Mjøstårnet - 18 storey timber building completed.* Moelven Limtre. <https://www.moelven.com/globalassets/moelven-limtre/mjostarnet/mjostarnet---18-storey-timber-building-completed.pdf>
- Abrahamsen, R. (2022 (ikke oppgitt)). *Mjøstårnet.* Moelven Limtre.
- Achieve groundbreaking 'net zero' co2 emissions by 2050.* (2022). Global Cement and Concrete Association. <https://gccassociation.org/news/global-cement-and-concrete-industry-announces-roadmap-to-achieve-groundbreaking-net-zero-co2-emissions-by-2050/>
- Andersen, E. (2017). *Rapport: Fullstendig brannforløp i limtrekonstruksjoner.* Sweco. https://www.limtreforeningen.no/images/bilder/Fullstendig_brannforl%C3%B8p_i_limtrekonstruksjoner.pdf
- Angelique Pilon, P., Zahra Teshnizi, M., Laura Gilmore, Diana Lopez Behar, Salah Koleilet, Joseph Rimland, Tim Herron, Erik A. Poirier, Azadeh Fallahi, Mohamed Kasbar, Sheryl Staub-French & Froese, T. (2022). *BROCK COMMONS TALLWOOD HOUSE: CONSTRUCTION OVERVIEW.* naturally:wood. [https://www.naturallywood.com/wp-content/uploads/brock-commons-construction-overview case-study_naturallywood.pdf?fbclid=IwAR2xcyLQ_FOxLrcB3KVEGILTDA4doWEO-EmVWDbnvwvU8qOKHOQk9LXSqgo](https://www.naturallywood.com/wp-content/uploads/brock-commons-construction-overview-case-study_naturallywood.pdf?fbclid=IwAR2xcyLQ_FOxLrcB3KVEGILTDA4doWEO-EmVWDbnvwvU8qOKHOQk9LXSqgo)
- Architectural Designer.* (2022). KLH. <https://www.klh.at/en/klh-designer/>
- Bente Kleven, Haumann Sund, Bernt Jakobsen, Sven-Åge Skaar, Kjeld Halby Kirkegaard, Harald Landrø, Aasmund Bunkholt, Geir Glasø & Aarstad, J. (2006a). *Håndbok Hefte 3: Dimensjonering- Bygge med massivtreelementer.* Treteknisk. <https://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/teknisk-handbok/Hefte-3-Dimensjonering.pdf>
- Bente Kleven, Haumann Sund, Bernt Jakobsen, Sven-Åge Skaar, Kjeld Halby Kirkegaard, Harald Landrø, Aasmund Bunkholt, Geir Glasø & Aarstad, J. (2006b). *Håndbok hefte 4: brann: bygge med Massivtreelementer.* Treteknisk. <https://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/teknisk-handbok/Hefte-4-Brann.pdf>
- Building in wood has a distinguished past and a bright future.* (2022). Sara kulturhus. <https://www.sarakulturhus.se/en/a-climate-smart-house/building-in-wood-has-a-distinguished-past-and-a-bright-future/>
- Byggforskserien 520.320: Brannteknisk klassifisering og dokumentasjon av bygningsdeler og byggeprodukter.* (2021). Sintef.
- Byggforskserien 520.322: Brannmotstand for vegger av tre, mur og betong.* (2021). Sintef.
- Byggforskserien 520.339: Bruk av brennbar isolasjon i bygninger.* (2021). Sintef.
- Byggforskserien 522.891: Etasjeskillere i massivtre.* (2009). Sintef.
- Byggforskserien 523.733: Fuktsikre dørterskler til balkonger og svalganger med betongdekke.* (2019). Sintef.
- Byggforskserien 543.613: Nedfôret himling.* (2018). Sintef.

- Byggteknisk forskrift (TEK17)*. (2022). Direktoratet for byggkvalitet. <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>
- Case study: Platte Fifteen*. (2020). WoodWorks. https://www.woodworks.org/wp-content/uploads/case_study-Platte-Fifteen.pdf
- CLT*. (2022). ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Conventional-assembly-layup-of-cross-laminated-timber-CLT-90_fig1_313192887
- Cross-Laminated Timber*. (2021). KLH. <https://www.klh.at/wp-content/uploads/2019/10/cross-laminated-timber-072021.pdf>
- Dag Kittang, Randi Narvestad & Nyrud, A. Q. (2011). *Prosjektrapport 74: Tre i by – en kunnskapsoversikt*. Sintef.
- Danzig, I. (2013). *Tall Wood in Canada: Feasibility Study, Technical Guide, and Wood Innovation and Design Centre*. Internationales Holzbau-Forum. https://www.forum-holzbau.ch/pdf/IHF_13_Danzig.pdf
- Demonstrating the viability of mass wood structures*. (2022). Think Wood. <https://www.thinkwood.com/projects/brock-commons-tallwood-house>
- Eie, J. (2018a). *Konstruksjonslære: Grunnlag for dimensjonering, Last og sikkerhet*. Fagbokforlaget.
- Eie, J. (2018b). *Trekonstruksjoner: Beregning og dimensjonering*. Fagbokforlaget.
- Enso, S. (2022). *Calculatis by Stora Enso*. <https://calculatis.storaenso.com>
- Ensuring fire safety at world's tallest timber building Mjøstårnet*. (2022). Timber Media. <https://www.timbermedia.co.uk/ensuring-fire-safety-at-worlds-tallest-timber-building-mjostarnet/>
- Eric Borgström, Johan Fröbel & Gustafsson, A. (2019). *The CLT Handbook*. Swedish Wood.
- Eurokoder*. (2022). Standard Norge. <https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/eurokoder1/>
- Glued Laminated Timber*. (2022). ResearchGate. <https://www.researchgate.net/post/What-are-the-advantages-of-cross-laminated-timber-compared-to-glulam-and-solid-wood>
- Heavy Timber Construction BIM content*. (2022). Arcat. <https://www.arcat.com/content-type/bim/06/heavy-timber-construction-061300>
- Høydeprofil av Vestbyhagen*. (2022). Norgeskart. <https://www.norgeskart.no/#?!?project=arbeidsgiveravgiftsoner&layers=1004&zoom=16&lat=6615452.99&lon=260062.16&p=searchOptionsPanel>
- Håndbok Hefte 1: bygge med Massivtreelementer*. (2006). Treteknisk. <https://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/teknisk-handbok/Hefte-1-Generelt.pdf>
- Kart: Vestbyhagen*. (2022). Gulesider. <https://kart.gulesider.no/?c=59.608047,10.746582&z=17>
- Kirkhus, A. (2017). *Håndbok 1: Innføring i byggereglene TEK17*. Sintef akademisk forlag.
- Klima i Norge*. (2022). Store Norske Leksikon. https://snl.no/klima_i_Norge#-Vind
- Kristensen, T. (2001). *Byggforskserien 520.205: Massive treelementer. Typer og bruksområder*. Sintef.
- Landmark showcases possibilities*. (2022). Swedish Wood. <https://www.swedishwood.com/publications/wood-magazine/2019-2/landmark-showcases-possibilities/>

- Limnologen*. (2022). Swedish Wood. <https://www.swedishwood.com/inspiration/architecture/limnologen/>
- Limnologen Syd*. (2014). Växjö kommun. <https://www.vaxjo.se/download/18.59777ce315d3abb23517ec8e/1500988763667/limnologen%20syd%20laga%20kraft.pdf>
- Limtreboka Beregningseksempler*. (2018). Norske Limtreprodusenters Forening. https://www.moelven.com/globalassets/moelven-limtre/limtre_eksmpl_digital.pdf
- Mikael Fonselius, Jonni Hakkarainen, Päivi Myllylä, Tero Vesanan, Åge Holmestad, Harald Liven, Gunnar Utskot, Leif Cederlöf, Roberto Crocetti, Johan Fröbel, Thomas Johansson, Rune Karlsson & Greger Lindgren. (2015). *Limtreboka*. Moelven.
- Mjøstårnet*. (2022). Byggeindustrien. <https://www.bygg.no/mjostarnet/1388256/>
- Mjøstårnet– Construction of an 81 m tall timber building*. (2022). Moelven. <https://www.moelven.com/news/news-archive2/2019/a-renewable-journey-from-seed-to-the-worlds-tallest-timber-building/>
- Nedforet himling EI 60*. (2022). Norgips Norge. <https://norgips.no/prosjektering/himlinger-og-etasjeskiller/brannklassifisering#subHeading2588>
- Norske utslipp og opptak av klimagasser*. (2022). Miljødirektoratet. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/>
- NS-EN 338:2016, Konstruksjonstrevirke - Fasthetsklasser*. (2016). Standard Norge.
- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner*. (2016).
- NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019, Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger*. (2019).
- NS-EN 1991-1-2:2002+NA:2008, Laster på konstruksjoner ved brann* (2008).
- NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018, Snølaster*. (2018).
- NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009, Vindlaster*. (2009).
- NS-EN 1992-1-1:2004+A1:2014+NA:2021, Prosjektering av betongkonstruksjoner - Allmenne regler og regler for bygninger*. (2004). Standard Norge.
- NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010, Allmenne regler og regler for bygninger*. (2010).
- NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010, Brannteknisk dimensjonering*. (2010).
- NS-EN 14080:2013+NA:2016, Limtre og limt laminert heltre - Krav*. (2016). Standard Norge.
- NS-EN 16351:2021, Krysslimt massivtreelement - Krav*. (2021). Standard Norge.
- Platte Fifteen*. (2022). Think Wood. <https://www.thinkwood.com/projects/platte-fifteen>
- Prosjektrapport 30: Tak basert på massivtreelementer*. (2008). Sintef. https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/publikasjoner/sb_prapp-30_net.pdf
- Rapport nr. 20: Massivtre*. (2011). TreFokus. <http://trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/20-Massivtre.pdf>
- Rapport nr. 27: Trebaserte konstruksjonselementer*. (2011). TreFokus. <http://trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/27-Trebaserte-konstruksjonselementer.pdf>

- Rapport nr. 37: Tre og brann.* (2012). TreFokus. <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/37-Tre-og-brann.pdf>
- Rune B. Abrahamse & Malo, K. A. (2022 (ikke oppgitt)). *STRUCTURAL DESIGN AND ASSEMBLY OF "TREET" - A 14-STOREY TIMBER RESIDENTIAL BUILDING IN NORWAY*. New Zealand Timber Design Society.
- SafeOne: membrane.* (2022). Industrial Textiles & Plastics Ltd. <https://itpltd.com/safe-one-class-a-breather-membrane/>
- Serrano, E. (2009 (antatt)). *Limnologen – Experiences from an 8- storey timber building.* https://www.forum-holzbau.com/pdf/ihf09_Serrano.pdf
- Slik leser du byggt teknisk forskrift.* (2022). Direktoratet for byggkvalitet. <https://dibk.no/regelverk/alt-om-tek/slik-leser-du-tek17/>
- Splitkon. (2021). *Slik produseres massivtre hos Splitkon.* <https://splitkon.no/>
- Steen-Hansen, A. (2018). *Utredning – branntekniske ytelser for kledninger og overflater.* RISE Fire Research. <https://risefr.no/media/publikasjoner/upload/2018/rise-fire-research-rapport-a18-20354-1-utredning-kledninger-og-overflater.pdf>
- Tekla Tedds.* (2022). Trimble. <https://www.tekla.com/products/tekla-tedds>
- Top 5 tallest timber buildings in the world.* (2022). Construction Review Online. <https://constructionreviewonline.com/biggest-projects/top-5-tallest-timber-buildings-in-the-world/>
- Tree house 2.0.* (2022). Stylepark. <https://www.stylepark.com/en/news/sara-kulturhus-wood-hotel-white-arkitekter>
- Trästaden.* (2022). <https://www.vaxjo.se/sidor/trafik-och-stadsplanering/vaxjo-vaxer/sa-planerar-vi/trastaden.html>
- Vestbyhagen.* (2022). Mestergruppen Eiendom. <https://mestergruppeneiendom.no/portfolio/vestbyhagen-vestby/>
- Vi bygger i trä.* (2022). Växjö kommun. <https://www.vaxjo.se/download/18.6c262fc415d3ab3bbe8b85e/1500032361329/original-webb-husen-broschyr.pdf>
- Vindkart.* (2022). Ventusky. <https://www.ventusky.com/?p=58.75;5.15;6&l=temperature-2m&w=strong>
- Välle Broar.* (2022). Växjö kommun. <https://www.vaxjo.se/vallebroar>
- Wood Innovation and Design Centre.* (2022). Equilibrium Consulting. <https://www.eqcanada.com/projects/wood-innovation-and-design-centre/>
- Ås stasjon: observasjoner og værstatistikk.* (2022). Norsk Klimaservicesenter. <https://seklima.met.no/observations/>

Vedlegg

VEDLEGG A TEGNINGER	
A1	Foreløpig plantegning Vestbyhagen bygg D
A2	Arkitekturtegning Vestbyhagen situasjonsplan
A3	Arkitekturtegning Vestbyhagen utom hus m plan 1. etasje
A4	Arkitekturtegning Vestbyhagen planer og snitt
A5	Arkitekturtegning Vestbyhagen plan og snitt P-kjeller
A6	Endelige løsninger for Vestbyhagen blokk D på 6 etasjer

VEDLEGG B BEREGNINGER	
B0	Valgte materialer
B1	Egenlast
B2	Nyttelast
B3	Snølast
B4	Vindlast (Tekla Tedds)
B5	Skjevstillingslast
B6	Dimensjonering yttervegg
B7	Dimensjonering søyle balkong (Calculatis)
B8	Dimensjonering søyle balkong - alternativ (Calculatis)
B9	Dimensjonering bjelke balkong (Calculatis)
B10	Dimensjonering bjelke balkong – alternativ (Calculatis)
B11	Dimensjonering dekke balkong (Calculatis)
B12	Dimensjonering etasjeskiller (Calculatis)
B13	Dimensjonering tak (Calculatis)
B14	Dimensjonering tak - alternativ (Calculatis)
B15	Dimensjonering leilighetsskillevegg (Calculatis)
B16	Dimensjonering leilighetsskillevegg– alternativ (Calculatis)
B17	Dimensjonering innervegg – alternativ (Calculatis)

VEDLEGG C TABELLER	
C1	Innsamling av klimadata for Ås stasjon av Norsk Klimaservicesenter
C2	KLH 5s 200 TL

VEDLEGG D YTTERVEGG MODUL FRA HERSLETH ENTREPRENØR	
D1	A YV 01-11
D2	A YV 01-10
D3	A22-A02
D4	A51-33

VEDLEGG E BEREGNINGER FRA WSP	
E1	Etasjeskiller
E2	Etasjeskiller to felt
E3	Tak
E4	Vegg kategori lilla 1. etg
E5	Vegg kategori lilla 2. etg

VEDLEGG

A1

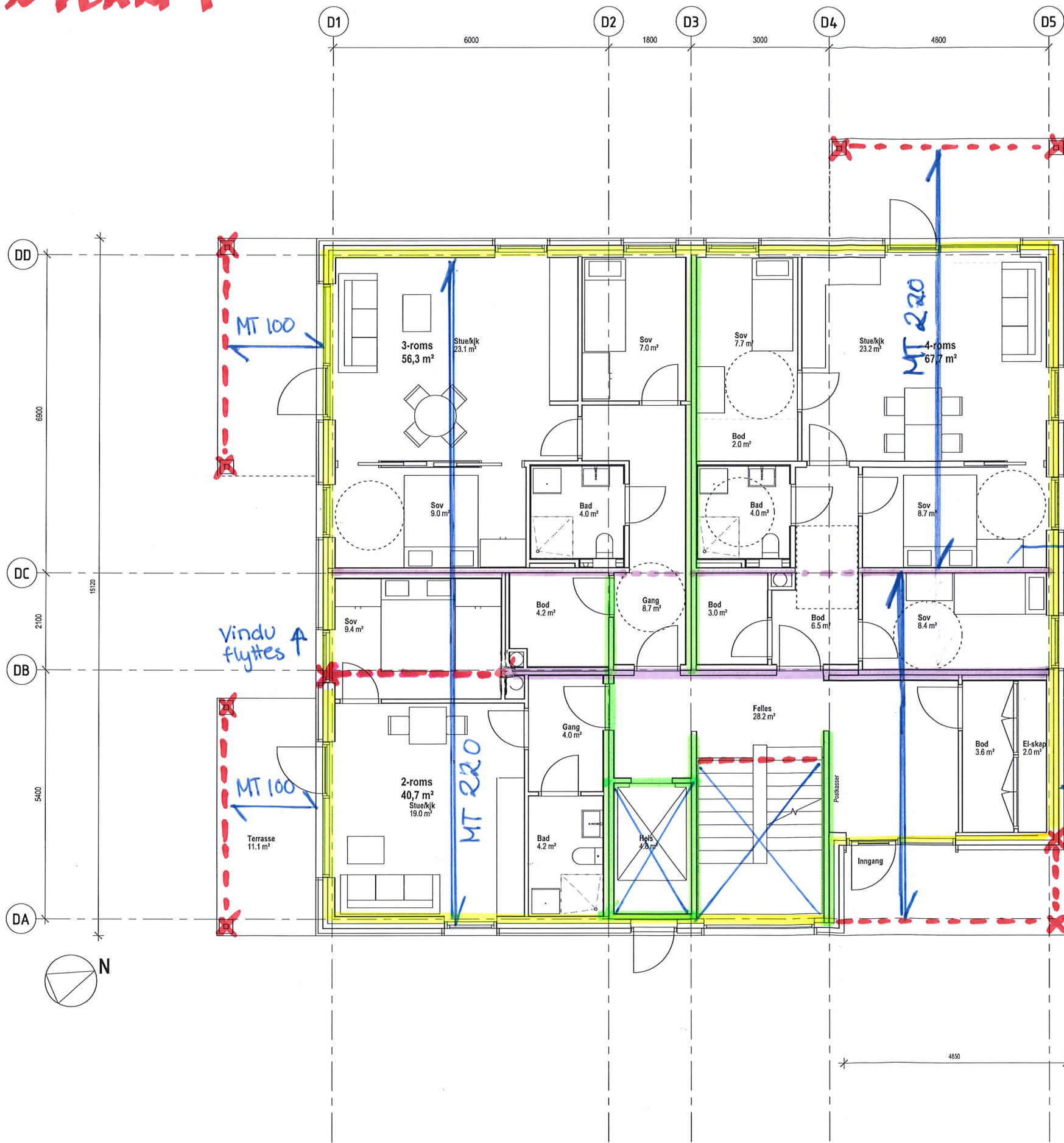
VESTBYHAGEN III ~ BYGG D ~ PLAN 1

FORKLARING

VEGGER-DIMENSJONER:

	1. ETG	2. ETG	3. ETG	4. ETG
	120	120	120	100
	100	100	100	100
	Bærende stendervegg			

Limtrebjørke
 Limtresøyle



NB! Der lilla vegger ikke er et branncellestille, må én av sidene brannisoleres til R60 (f.eks. 2 lag gips 15mm)

MERKNADER
 KA 9/1-19

HENVISNINGER

FORELØPIG

SKALESTOKK	1:50	NUMMER	406536-A-001-20-2101	REV.
REV.	DATO	RETTELSEN GJELDER	ANSV.	OR

VESTBYHAGEN III GNR: 8 BNR:551
 Caspar Erlandsens vei 30, 1540 Vestby

nordic
 OFFICE OF ARCHITECTURE
 ARK: NORDIC Office of Architecture +47 2293 0900
 RB: _____
 RV: _____
 RE: _____

PROSJEKTNR	406536	TEGNET AV	MKN	KONTROLL	ACK	ANSV	ML
DATE	17/026	FASE	Rammesøknad				

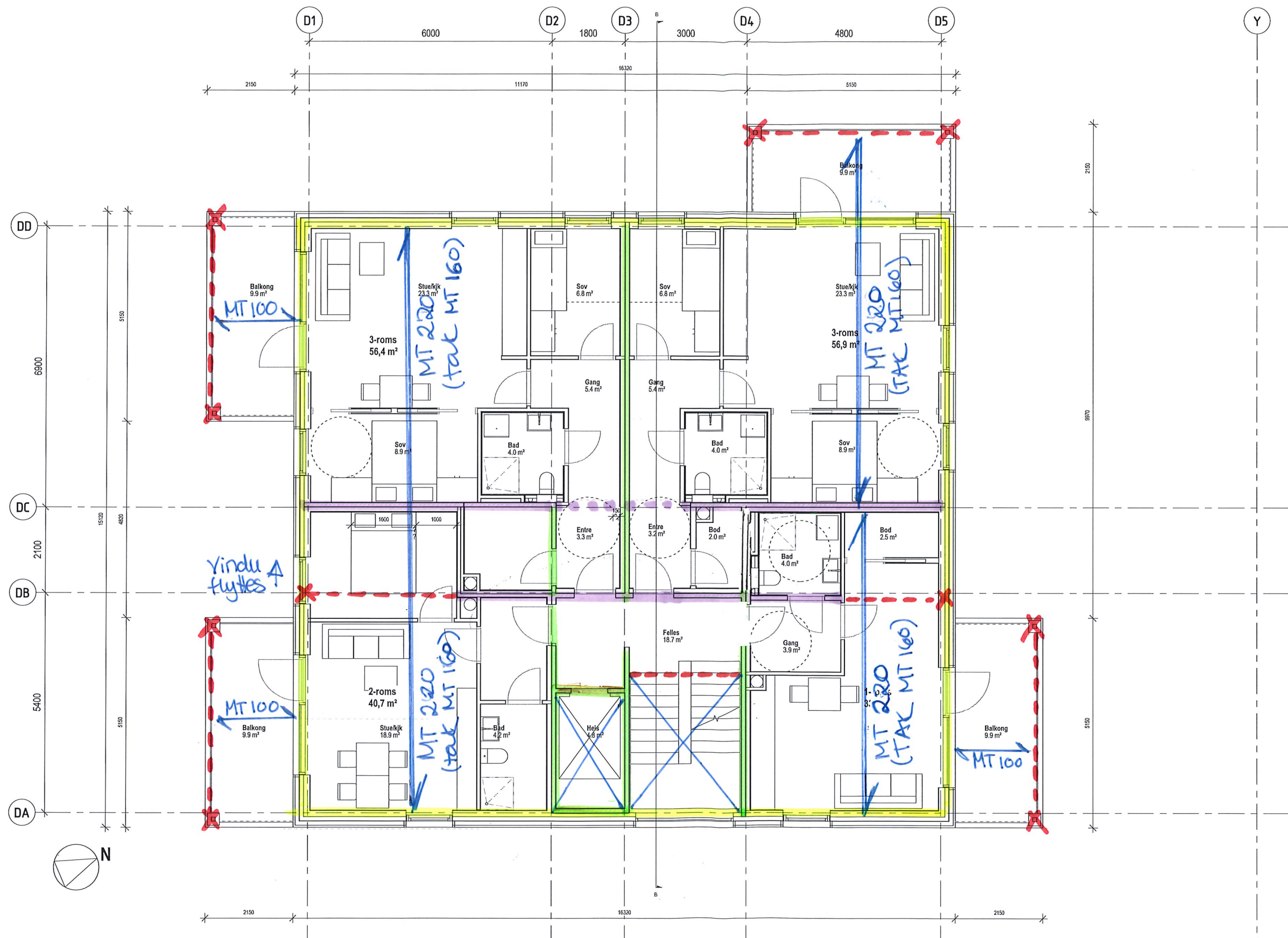
Bygg D
 Plan 1

SKALESTOKK	1:50 / A1	NUMMER	406536-A-001-20-2101	REV.
------------	-----------	--------	----------------------	------

SKISSEUTKAST RIB

WSP

VESTBYHAGEN III ~ BYGG D ~ PLAN 2, 3 og 4



SKISSEUTKAST RIB

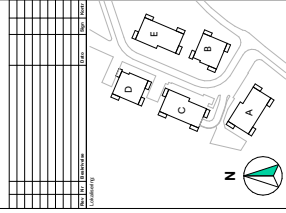
WSP

MERNADER				
KA 9/1-19				
HENVISNINGER				
FORELØPIG				
MAESTOKK	NUMMER			
1 : 50	406536-A-d02-20-2102			
REV.	DATE	SETTELSEN GJELDER	ANSV.	OR
VESTBYHAGEN III GNR: 8 BNR:551				
Caspar Eriandsens vei 30, 1540 Vestby				
ARK	NORDIC Office of Architecture		+47 2293 0920	
RIB				
RIV				
RE				
PROSJEKTNR	REGNET AV	KONTROLL	ANSV.	
406536	MKN	ACK	ML	
DATE	FASE			
171026	Rammesøknad			
HUS D				
Plan 2				
MAESTOKK	NUMMER	REV.		
1 : 50 / A1	406536-A-d02-20-2102			

VEDLEGG

A2

Målestokk	
1:1000	
1:500	
1:250	
1:100	
1:50	



Formål
Arkitektur
verket

Utarbeidet av
Hersteth
Entreprenør AS

Prosjekt
Vestbyhagen III
Casper Erlandsens vei 30
1560 Vestby

Dato
19.09.21

Rev. / Dato / Rev. / Dato

Rev. 1
21.09.21

Rev. 2
21.09.21

Rev. 3
21.09.21

Rev. 4
21.09.21

Rev. 5
21.09.21

Rev. 6
21.09.21

Rev. 7
21.09.21

Rev. 8
21.09.21

Rev. 9
21.09.21

Rev. 10
21.09.21

Rev. 11
21.09.21

Rev. 12
21.09.21

Rev. 13
21.09.21

Rev. 14
21.09.21

Rev. 15
21.09.21

Rev. 16
21.09.21

Rev. 17
21.09.21

Rev. 18
21.09.21

Rev. 19
21.09.21

Rev. 20
21.09.21

Rev. 21
21.09.21

Rev. 22
21.09.21

Rev. 23
21.09.21

Rev. 24
21.09.21

Rev. 25
21.09.21

Rev. 26
21.09.21

Rev. 27
21.09.21

Rev. 28
21.09.21

Rev. 29
21.09.21

Rev. 30
21.09.21

Rev. 31
21.09.21

Rev. 32
21.09.21

Rev. 33
21.09.21

Rev. 34
21.09.21

Rev. 35
21.09.21

Rev. 36
21.09.21

Rev. 37
21.09.21

Rev. 38
21.09.21

Rev. 39
21.09.21

Rev. 40
21.09.21

Rev. 41
21.09.21

Rev. 42
21.09.21

Rev. 43
21.09.21

Rev. 44
21.09.21

Rev. 45
21.09.21

Rev. 46
21.09.21

Rev. 47
21.09.21

Rev. 48
21.09.21

Rev. 49
21.09.21

Rev. 50
21.09.21

Rev. 51
21.09.21

Rev. 52
21.09.21

Rev. 53
21.09.21

Rev. 54
21.09.21

Rev. 55
21.09.21

Rev. 56
21.09.21

Rev. 57
21.09.21

Rev. 58
21.09.21

Rev. 59
21.09.21

Rev. 60
21.09.21

Rev. 61
21.09.21

Rev. 62
21.09.21

Rev. 63
21.09.21

Rev. 64
21.09.21

Rev. 65
21.09.21

Rev. 66
21.09.21

Rev. 67
21.09.21

Rev. 68
21.09.21

Rev. 69
21.09.21

Rev. 70
21.09.21

Rev. 71
21.09.21

Rev. 72
21.09.21

Rev. 73
21.09.21

Rev. 74
21.09.21

Rev. 75
21.09.21

Rev. 76
21.09.21

Rev. 77
21.09.21

Rev. 78
21.09.21

Rev. 79
21.09.21

Rev. 80
21.09.21

Rev. 81
21.09.21

Rev. 82
21.09.21

Rev. 83
21.09.21

Rev. 84
21.09.21

Rev. 85
21.09.21

Rev. 86
21.09.21

Rev. 87
21.09.21

Rev. 88
21.09.21

Rev. 89
21.09.21

Rev. 90
21.09.21

Rev. 91
21.09.21

Rev. 92
21.09.21

Rev. 93
21.09.21

Rev. 94
21.09.21

Rev. 95
21.09.21

Rev. 96
21.09.21

Rev. 97
21.09.21

Rev. 98
21.09.21

Rev. 99
21.09.21

Rev. 100
21.09.21

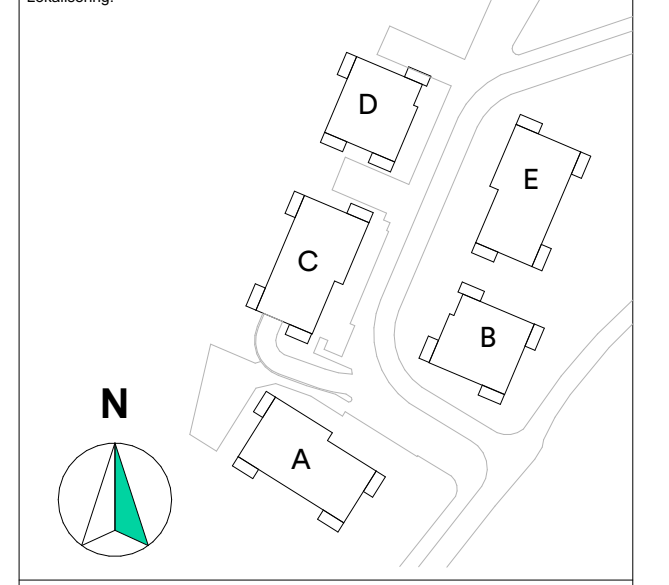


VEDLEGG

A3



Rev.	Nr.	Beskrivelse	Dato	Sign.	Kontroll



Fase
Forprosjekt

Arkitektur
verket

Titelskriver
Hersleth
Entreprenør AS

Godkjent
Kontroll prosjekt:
Sign. Kontroll
LE JEH

Prosjekt
Fånavn
21021_Semell.pjn

Dato
32.09.21

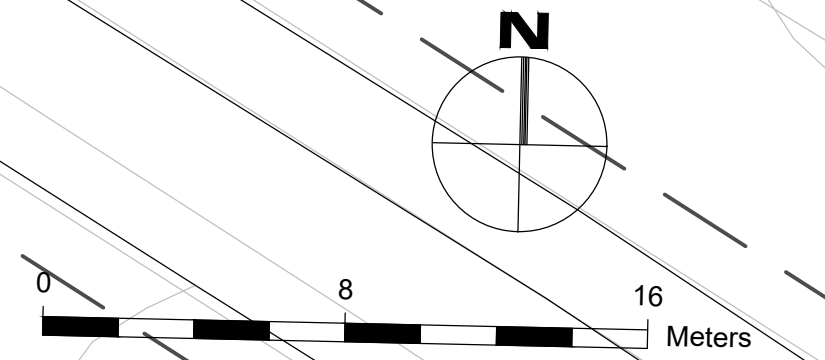
Målestokk
1:200 / A1

Kontroll utførende
Sign. Kontroll

Grv./brv./Festemr.:
8/551

Prosjektnr.: 21021 **Tegningsnr.:** A10-2 **Prosjekt nr. for projektføringsskema:**

Type tegning: Utomhus m Plan 1. Etasje



VEDLEGG

A4



1:100 1. Etasje



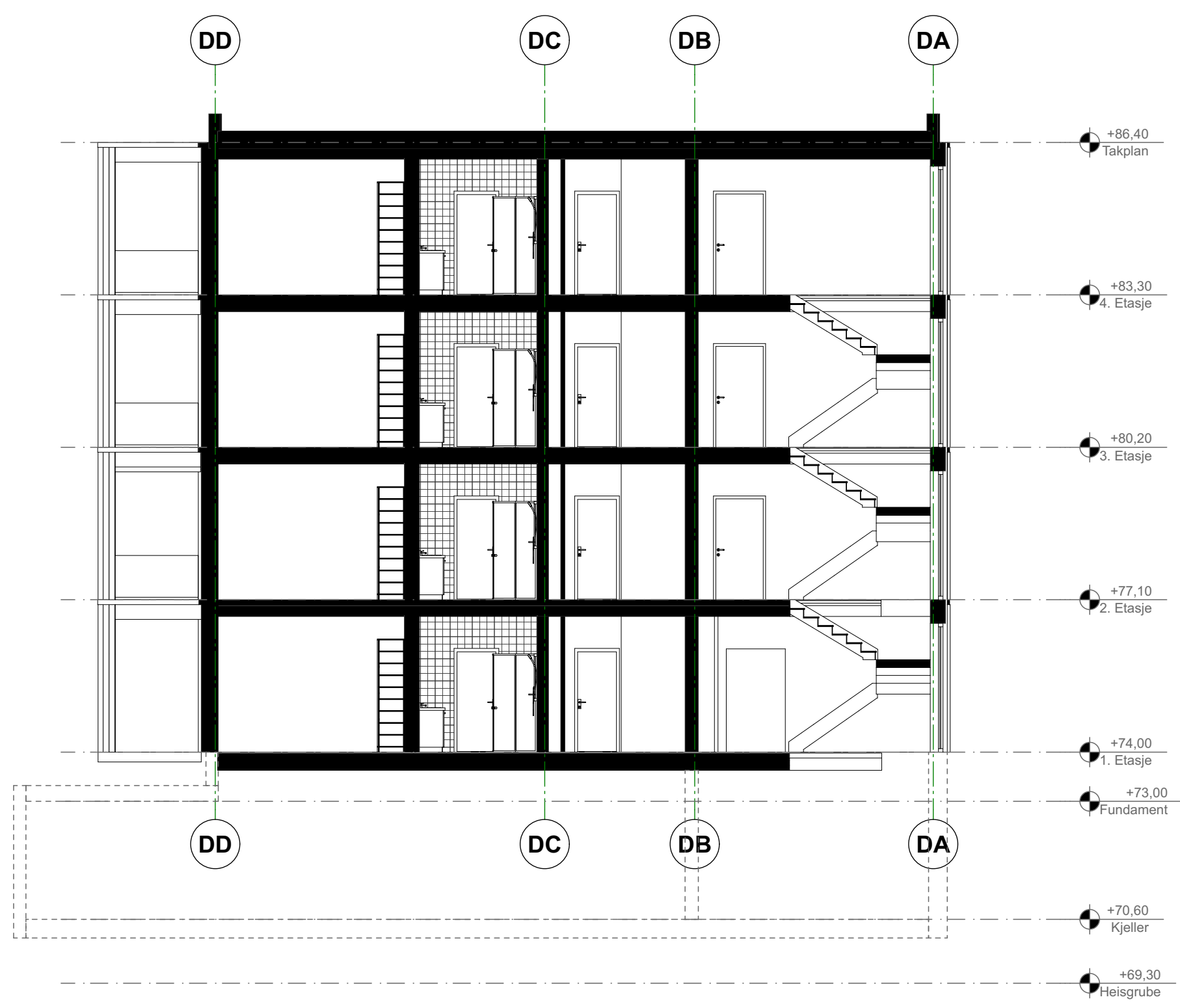
1:100 2. Etasje



1:100 3. Etasje

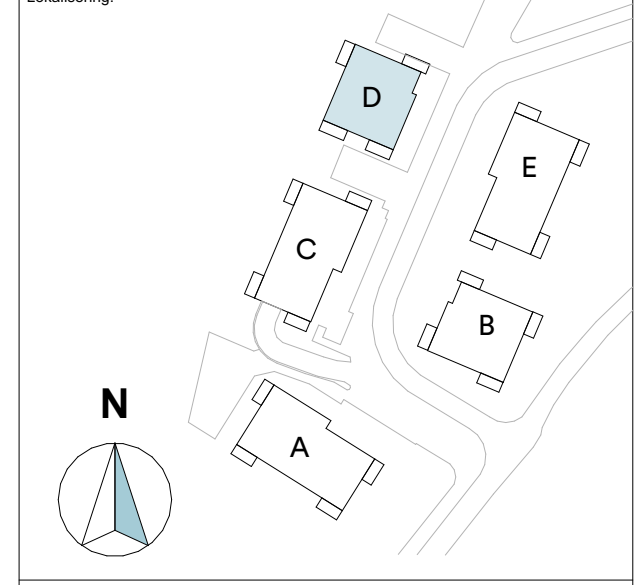


1:100 4. Etasje



1:100 Snitt A

Rev.	Nr.	Beskrivelse	Dato	Sign.	Kontroll



Forprosjekt
Arkitektur
verket

Hersleth
 Entreprenør AS

Prosjekt
Vestbyhagen III
 Casper Erlandsens vei 30
 1540 Vestby

Godkjent
 Kontroll prosjekt:
 Sign. **LE** **JEH**

Fåreavn
 21021_MUS D.pn

Dato
 23.09.21

Målestokk
 1:100 / A1

Kontroll utførende

Gr./Bnr./Festest.:
 8/551

Prosjekt nr.:
21021

Tegningsnr.:
A20-D-01

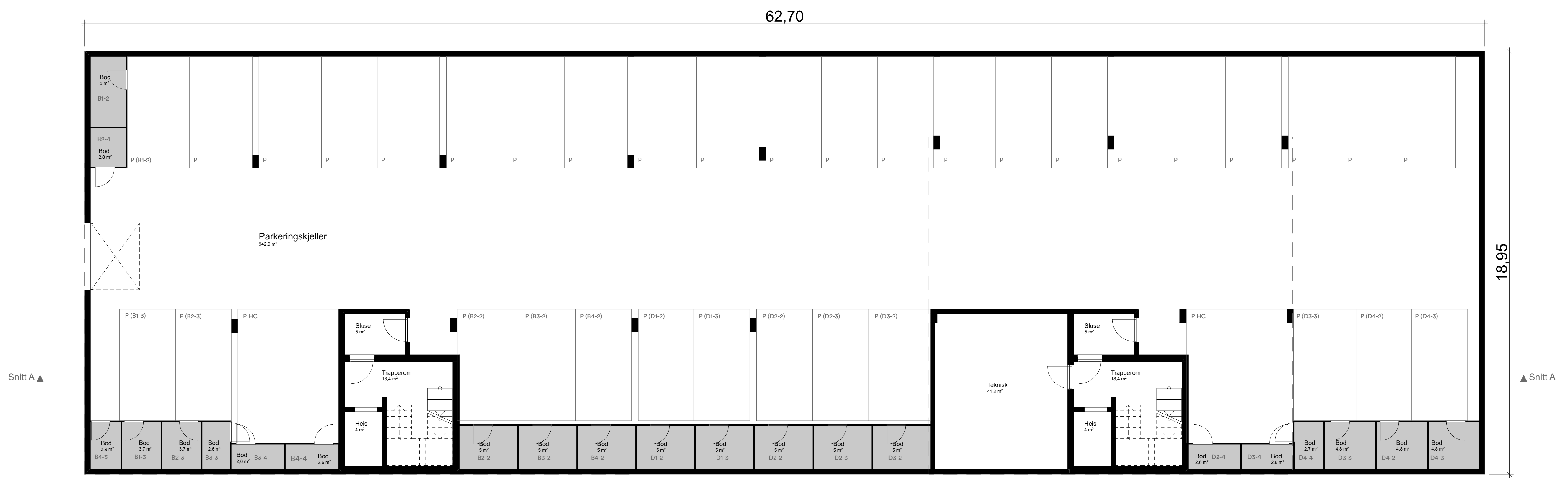
Prosjekt nr. for
 projektføring:

Type tegning:
Planer og snitt

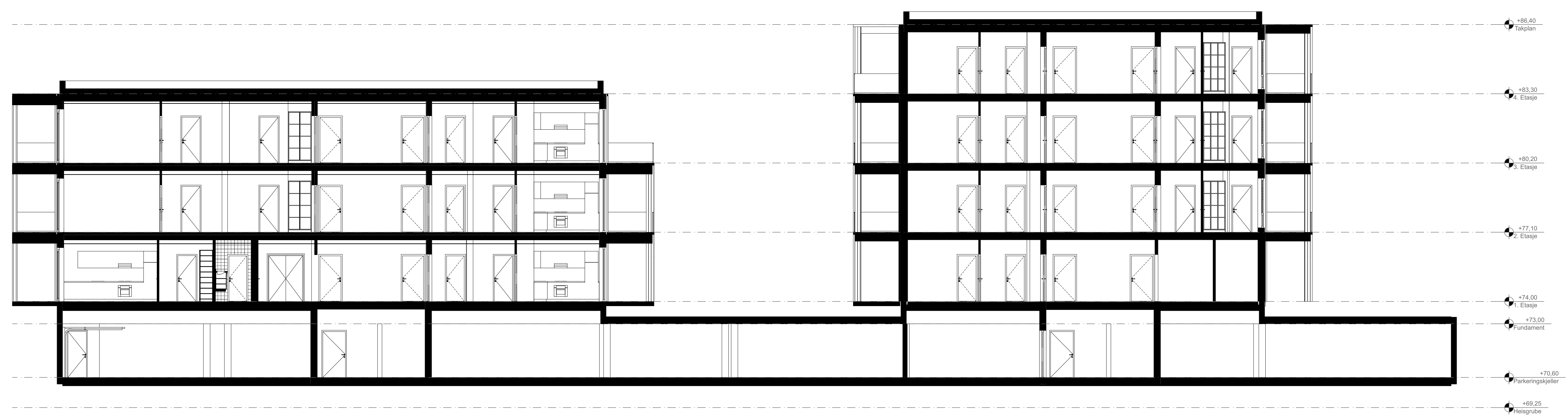
Sign. Kontroll

VEDLEGG

A5

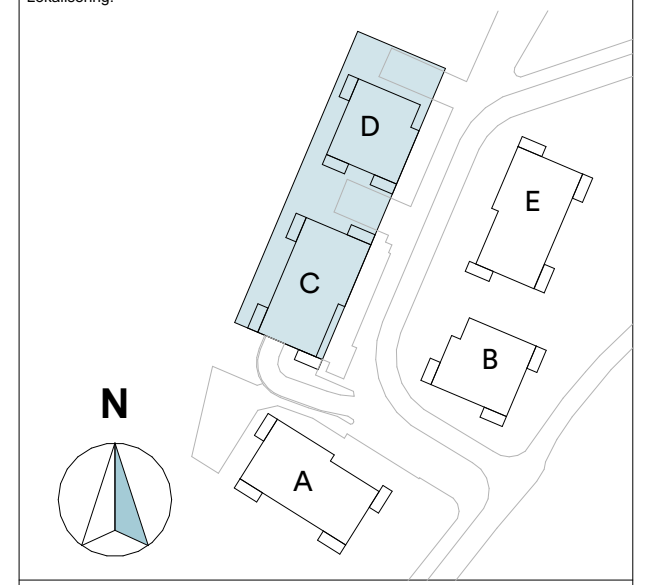


1:100 Parkeringskjeller



1:100 Snitt A

Rev.	Nr.	Beskrivelse	Dato	Sign.	Kont.



Fase: Forprosjekt

Arkitektur verket

Titel: Hersleth Entreprenør AS

Prosjekt: Vestbyhagen III
Casper Erlandsens vei 30
1540 Vestby

Godkjent: Hersleth Entreprenør AS

Kontroll prosjekt: LE JEH

Prosjekt: 21021_P-KJELLER.pln

Dato: 23.09.2021

Målestokk: 1:100

Kontroll utførende: 8/551

Sign.: LE JEH

Tegningsnr.: A20-U1

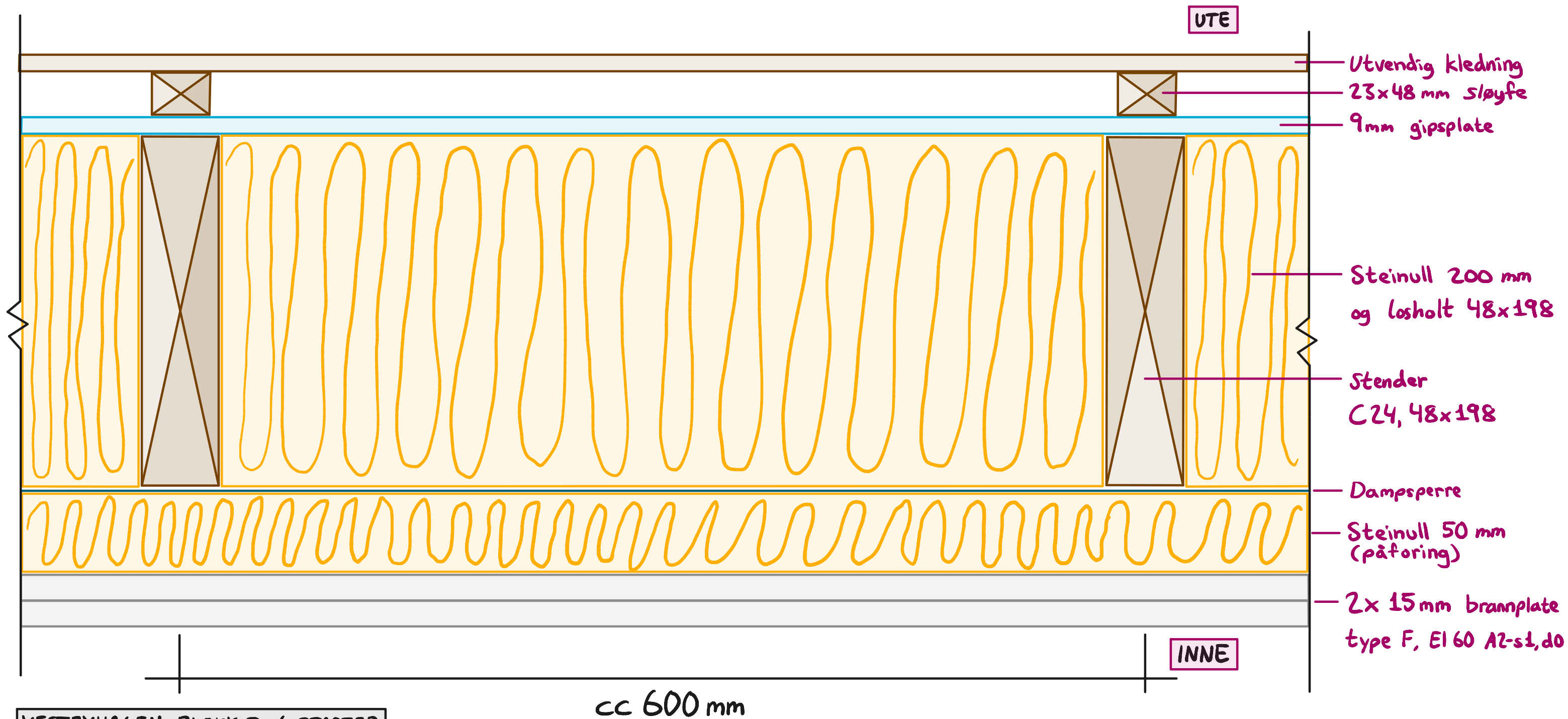
Type tegning: Plan og Snitt P-kjeller

VEDLEGG

A6

YTTERVEGG I TRESTENDER

R90, E160, A2-s1,d0



VESTBYHAGEN, BLOKK P, 6 ETASJER

UNIVERSITET: STORBYUNIVERSITETET I OSLO
SAMARBEIDSPARTNER: HERSLETH ENTREPRENØR AS
GRUPPE 7 (2022)
FORFATTERE: HASAN GÜVEN, ALI HUSSAIN, BRWA AURAHMAN

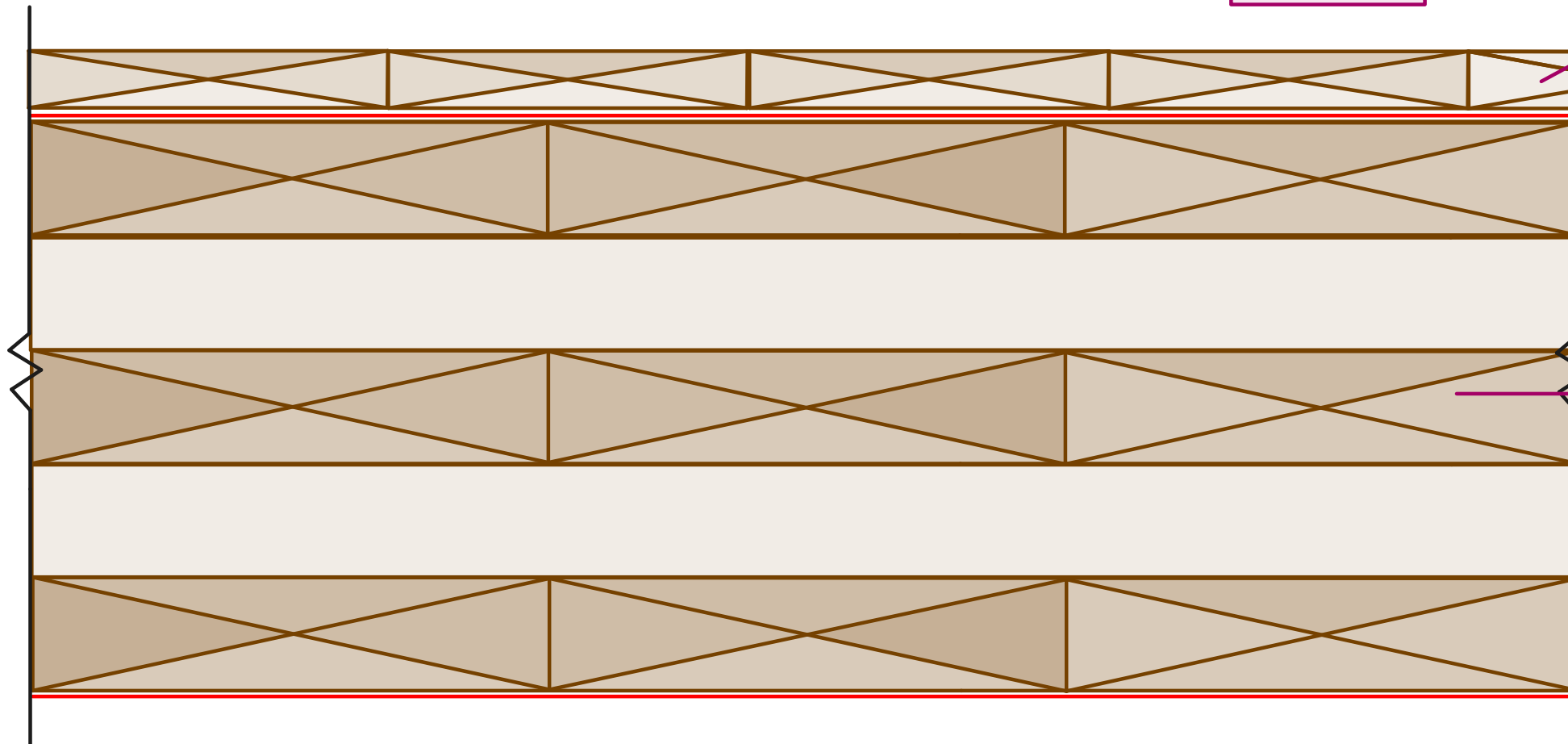
MÅLESTOKK

1:2

BALKONGDEKKE

R60, E160, A2-s1,d0

OVERSIDE



Eventuelt terassegulv

Membran A2-s1,d0

KL-tre 200 mm 5s

Membran A2-s1,d0

VESTBYHAGEN, BLOKK D, 6 ETASJER

UNDERSIDE

UNIVERSITET: STORBYUNIVERSITETET I OSLO

SAMARBEIDSPARTNER: HERSLETH ENTREPRENØR AS

GRUPPE 7 (2022)

FORFATTERE: HASAN GÜVEN, ALI HUSSAIN, BRWA AURAHMAN

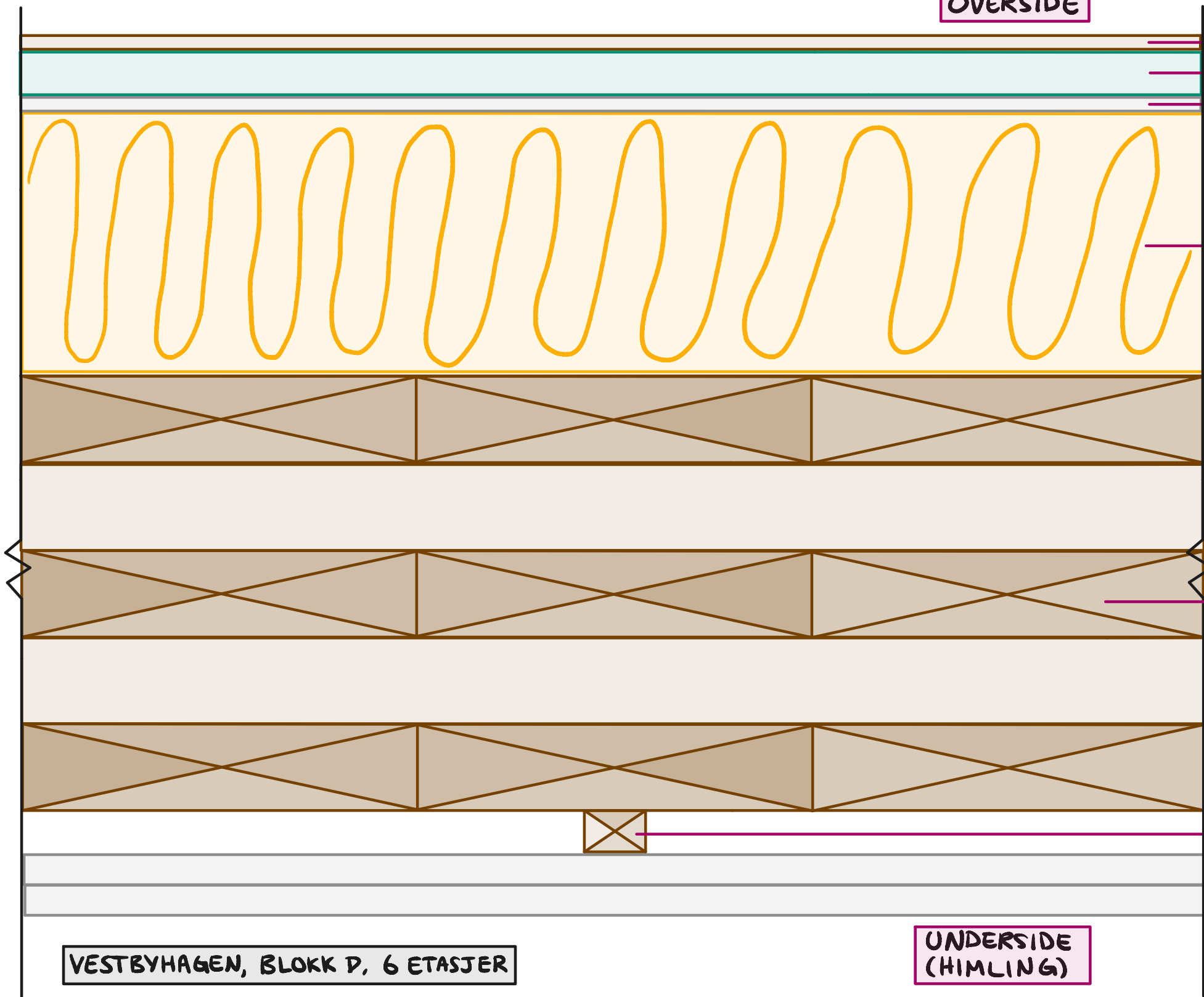
MÅLESTOKK

1:2

ETASJESKILLER

R60, E160, A2-s1,d0

OVERSIDE



Parkett
Trinnlydplate
Gulvplate

Steinull (A1-ubrennbar)
og bjelkelag

KL-tre 200 mm 5s

Påforing 20x30

2x 15 mm brannplate
type F, E160 A2-s1,d0

UNDERSIDE
(HIMLING)

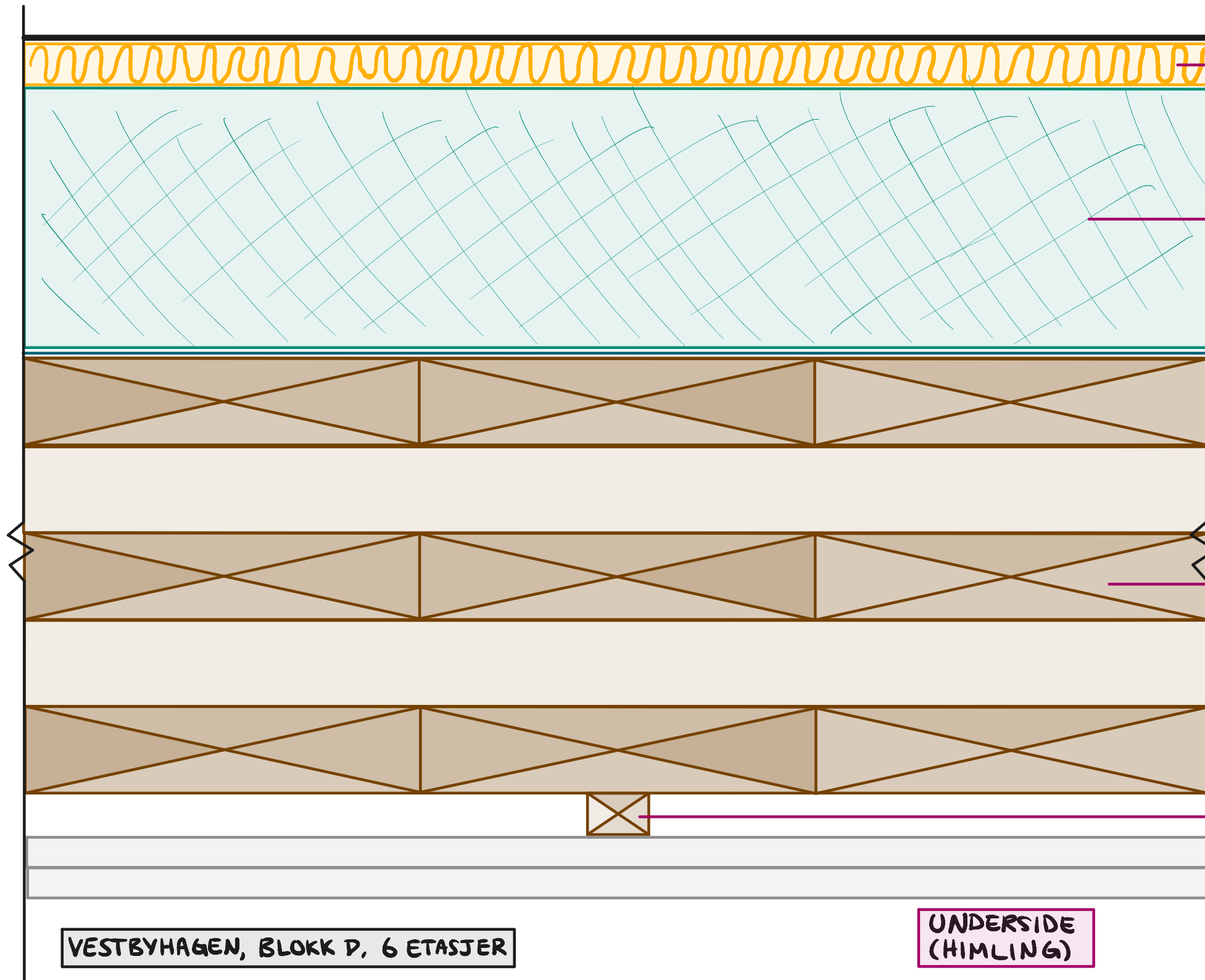
VESTBYHAGEN, BLOKK D, 6 ETASJER

UNIVERSITET: STORBYUNIVERSITETET I OSLO
SAMARBEIDSPARTNER: HERSLETH ENTREPRENØR AS
GRUPPE 7 (2022)
FORFATTERE: HASAN GÜVEN, ALI HUSSAIN, BRWA AURAHMAN

MÅLESTOKK
1:2

TAK

R60, EI60, A2-s1,d0



Taktekning BROOF (t2) [Ta]

Steinull (A1-ubrennbar)

brennbar isolasjon (trykkfast)

Dampsperre

KL-tre 200 mm L5s

Påforing 20x30

2x 15mm brannplate
type F, EI60 A2-s1,d0

VESTBYHAGEN, BLOKK D, 6 ETASJER

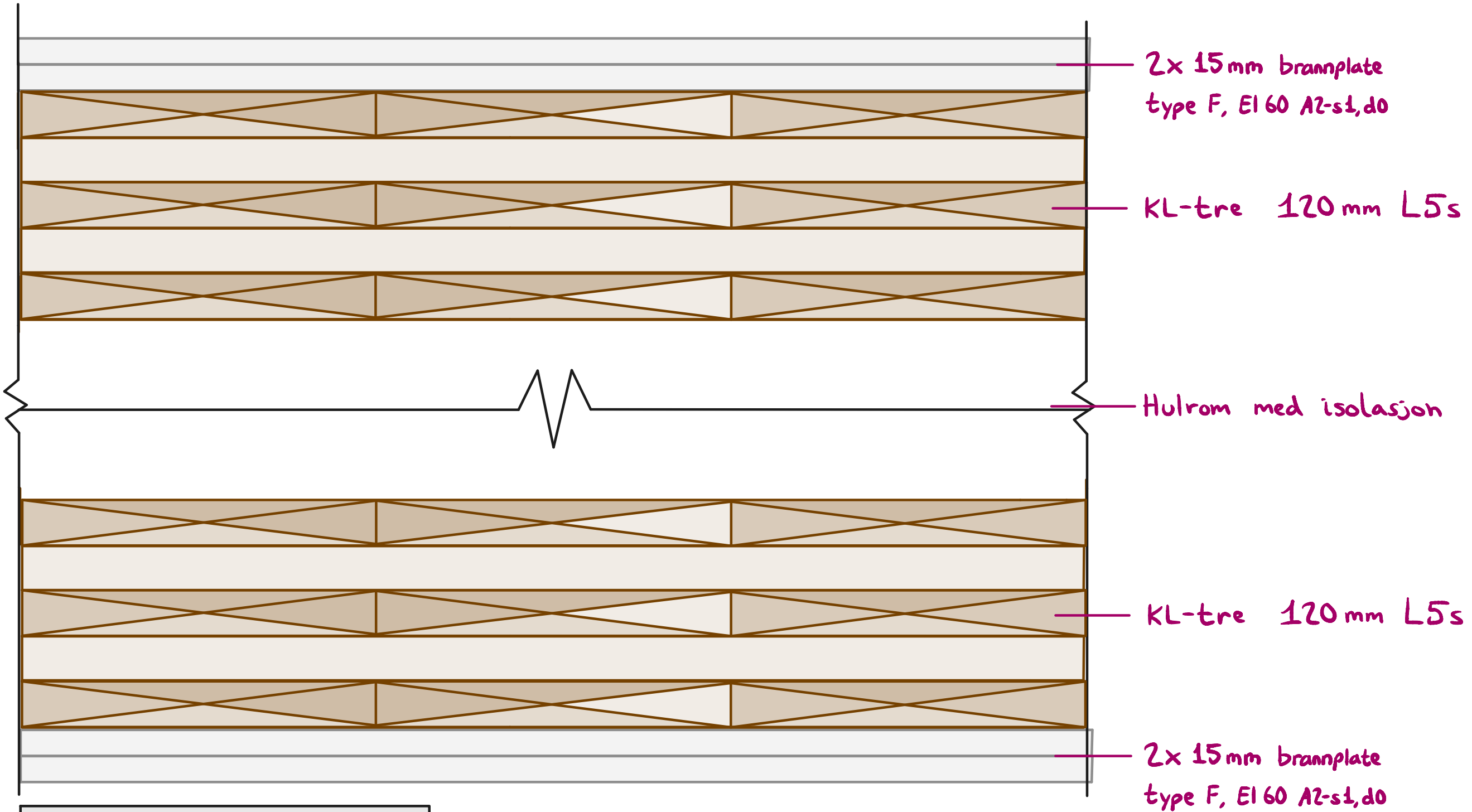
UNDERSIDE
(HIMLING)

UNIVERSITET: STORBYUNIVERSITETET I OSLO
SAMARBEIDSPARTNER: HERSLETH ENTREPRENØR AS
GRUPPE 7 (2022)
FORFATTERE: HASAN GÜVEN, ALI HUSSAIN, BRWA AURAHMAN

MÅLESTOKK
1:2

LEILIGHETSSKILLEVEGG

R90, EI60, A2-s1,d0



VESTBYHAGEN, BLOKK D, 6 ETASJER

UNIVERSITET: STORBYUNIVERSITETET I OSLO

SAMARBEIDSPARTNER: HERSLETH ENTREPRENØR AS

GRUPPE 7 (2022)

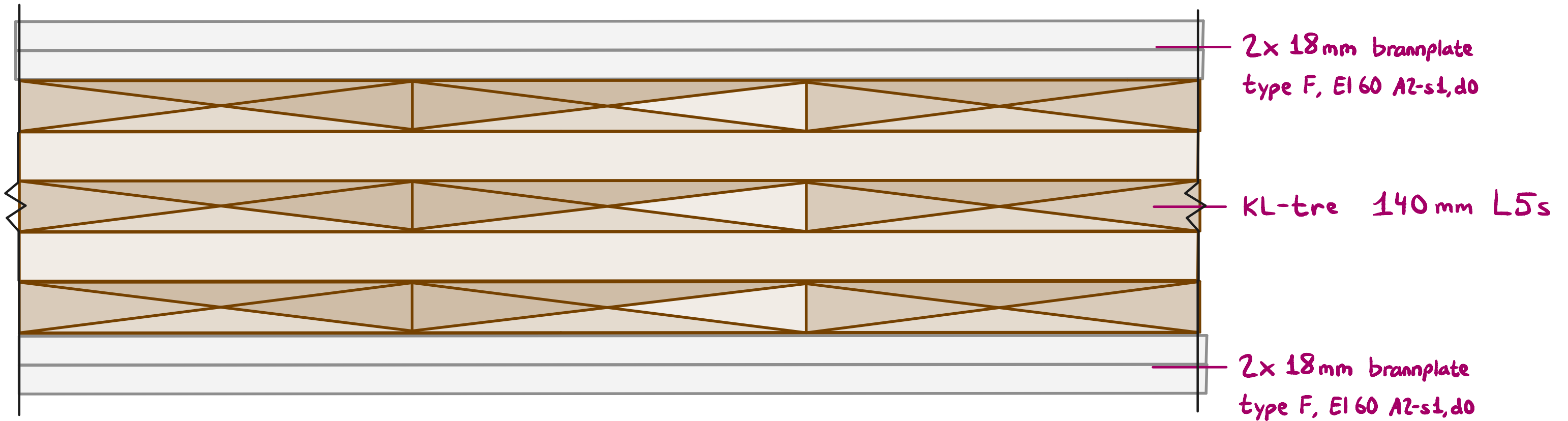
FORFATTERE: HASAN GÜVEN, ALI HUSSAIN, BRWA AURAHMAN

MÅLSTOKK

1:2

INNERVEGG

R90, EI60, A2-s1,d0



VESTBYHAGEN, BLOKK D, 6 ETASJER

UNIVERSITET: STORBYUNIVERSITETET I OSLO

SAMARBEIDSPARTNER: HERSLETH ENTREPRENØR AS

GRUPPE 7 (2022)

FORFATTERE: HASAN GÜVEN, ALI HUSSAIN, BRWA AURAHMAN

MÅLESTOKK

1:2

VEDLEGG

B0

Beregning av Valgte materialer	Dato 23. mai 2022	Side 1 av 9	Vedlegg B0
--	-----------------------------	-----------------------	----------------------

1. BENYTTETE VEDLEGG

Vestbyhagen – Blokk D Dimensjonene er hentet fra Revit filen gjeldende for 6 etasjer.

2. BJELKER

2.1 Limtre

Bruksområde **Balkong**

Hentet fra **NS-EN 14080:2013+NA:2016 (tabell 4)**

Fasthetsklasse GL 30 c

Tetthet $\rho_{mean} = 430 \text{ kg/m}^3$

Tetthet $F = 430 \cdot 10 = 4300 \text{ N/m}^3 = 4,3 \text{ kN/m}^3$

Produsent **Moelven [1]**

Produkt Gran, GL 30c

Materiale Gran

Dybde 0,350 m

Bredde 0,405 m

Lengde 5,200 m

Antall elementer 4 per etasje

antagelse

3. SØYLER

3.1 Limtre

Bruksområde **Balkong**

Hentet fra **NS-EN 14080:2013+NA:2016 (tabell 4)**

Fasthetsklasse GL 30 c

Tetthet $\rho_{mean} = 430 \text{ kg/m}^3$

Tetthet $F = 430 \cdot 10 = 4300 \text{ N/m}^3 = 4,3 \text{ kN/m}^3$

Produsent **Moelven [1]**

Produkt Gran, GL 30c

Materiale Gran

Dybde 0,350 m

Bredde 0,350 m

Høyde Høyde per etasje minus tykkelse på dekke og bjelkebredde

3,1 m – 0,200 m – 0,405 m = 2,495 m

Antall elementer 8 per etasje

antagelse

antagelse

Beregning av Valgte materialer	Dato 23. mai 2022	Side 2 av 9	Vedlegg B0
-----------------------------------	----------------------	----------------	---------------

4. ETASJESKILLERE

4.1 KL-tre (i bruksareal)

Bruksområde Hele dekke over 1. etasje og hvert dekke oppover til og med 6. etasje

Hentet fra NS-EN 338:2016 (tabell 1)

Fasthetsklasse C30

Tetthet $\rho_{mean} = 460 \text{ kg/m}^3$

Tetthet $F = 460 \cdot 10 = 4600 \text{ N/m}^3 = 4,6 \text{ kN/m}^3$

Produsent KLH

Produkt NVQ, 5s 200 TL, REI 60

Material Gran

antagelse

Tykkelse 0,200 m

4.1.1 OPPBYGGING AV GULV

Utelatt for forenkling i beregningene.

4.2 KL-tre (balkong)

Bruksområde Hver balkong dekke over 1. etasje og oppover

Hentet fra NS-EN 338:2016 (tabell 1)

Fasthetsklasse C30

Tetthet $\rho_{mean} = 460 \text{ kg/m}^3$

Tetthet $F = 460 \cdot 10 = 4600 \text{ N/m}^3 = 4,6 \text{ kN/m}^3$

Produsent KLH

Produkt NVQ, 5s 200 TL, REI 60

Material Gran

antagelse

Tykkelse 0,200 m

5. BÆRENDE VEGGER

5.1 Modul trevirke for yttervegg fra Hersleth Entreprenør

Bruksområde Yttervegger

Merknad Dimensjonene gjelder etter rute på cc600, 0,6 m x 2,9 m (lengde x høyde). Oppgitte produsenter er valgt tilfeldig for opplysninger som blant annet tetthet.

5.1.1 Innvendig kledning

Produsent Norgips [2]

Produkt Brannplate 18 (antatt)

Materiale Gips

Beregning av	Dato	Side	Vedlegg
Valgte materialer	23. mai 2022	3 av 9	B0

Tetthet $\rho = 720 \text{ kg/m}^3$
Tetthet $F = 720 \cdot 10 = 7200 \text{ N/m}^3 = 7,200 \text{ kN/m}^3$

Lengde 0,6 m
Dybde 0,015 m
Høyde 2,9 m
Antall elementer 1 lag

5.1.2 Dampsperre

Utelatt for forenkling i beregningene.

5.1.3 Trestender

Hentet fra **NS-EN 338:2016 (tabell 1)**
Fasthetsklasse C 24
Tetthet $\rho_{mean} = 460 \text{ kg/m}^3$
Tetthet $F = 460 \cdot 10 = 4600 \text{ N/m}^3 = 4,6 \text{ kN/m}^3$

Produsent **Moelven [3]**
Produkt Gran, C24
Materiale Gran
Høyde 0,048 m antagelse
Dybde 0,198 m antagelse
Lengde Høyde per etasje minus 3 ganger sville høyde
 $2,9 - (3 \cdot 0,048) = 2,756 \text{ m}$
Antall elementer 2 per rute (halvert på grunn av cc600)

5.1.4 Sviller

Hentet fra **NS-EN 338:2016 (tabell 1)**
Fasthetsklasse C 30
Tetthet $\rho_{mean} = 460 \text{ kg/m}^3$
Tetthet $F = 460 \cdot 10 = 4600 \text{ N/m}^3 = 4,6 \text{ kN/m}^3$

Produsent **Moelven [3]**
Produkt Gran, C30
Materiale Gran
Høyde 0,048 m antagelse
Dybde 0,198 m antagelse
Lengde 0,6 m
Antall elementer 2 toppsviller per rute
1 bunnsvill per rute

5.1.5 Isolasjon (200) ANTATT UBRENNBAR

Hentet fra **Byggeforskserien 573.430, høst 2003 (Tabell 21)**
Produkt Isolasjon
Materiale Mineralull

Beregning av	Dato	Side	Vedlegg
Valgte materialer	23. mai 2022	4 av 9	B0

Tetthet	$\rho = 15 \text{ kg/m}^3$
Tetthet	$F = 15 \cdot 10 = 150 \text{ N/m}^3 = 0,150 \text{ kN/m}^3$
Lengde	Senteravstand minus to trestender høyde $0,6 - (2 \cdot 0,048) = 0,504 \text{ m}$
Høyde	Høyde per etasje minus 3 ganger sville høyde $2,9 - (3 \cdot 0,048) = 2,756 \text{ m}$
Dybde	0,200 m

5.1.6 Trestender påføring

Hentet fra	NS-EN 338:2016 (tabell 1)	
Fasthetsklasse	C 30	
Tetthet	$\rho_{mean} = 460 \text{ kg/m}^3$	
Tetthet	$F = 460 \cdot 10 = 4600 \text{ N/m}^3 = 4,6 \text{ kN/m}^3$	
Produsent	Moelven [3]	
Produkt	Gran, C30	
Materiale	Gran	
Høyde	0,048 m	antagelse
Dybde	0,048 m	antagelse
Lengde	Høyde per etasje minus 3 ganger sville høyde $2,9 - (3 \cdot 0,048) = 2,756 \text{ m}$	
Antall elementer	2 per rute (halvert på grunn av cc600)	

5.1.7 Sviller påføring

Hentet fra	NS-EN 338:2016 (tabell 1)	
Fasthetsklasse	C 30	
Tetthet	$\rho_{mean} = 460 \text{ kg/m}^3$	
Tetthet	$F = 460 \cdot 10 = 4600 \text{ N/m}^3 = 4,6 \text{ kN/m}^3$	
Produsent	Moelven [3]	
Produkt	Gran, C30	
Materiale	Gran	
Høyde	0,048 m	antagelse
Dybde	0,048 m	antagelse
Lengde	0,6 m	
Antall elementer	2 toppsviller per rute 1 bunnsvill per rute	

5.1.8 Isolasjon påføring (50)

Hentet fra	Byggeforskserien 573.430, høst 2003 (Tabell 21)
Produkt	Isolasjon
Materiale	Mineralull
Tetthet	$\rho = 15 \text{ kg/m}^3$
Tetthet	$F = 15 \cdot 10 = 150 \text{ N/m}^3 = 0,150 \text{ kN/m}^3$

Beregning av Valgte materialer	Dato 23. mai 2022	Side 5 av 9	Vedlegg B0
--	-----------------------------	-----------------------	----------------------

Lengde	Senteravstand minus to trestender høyde $0,6 - (2 \cdot 0,048) = 0,504$ m
Høyde	Høyde per etasje minus 3 ganger sville høyde $2,9 - (3 \cdot 0,048) = 2,756$ m
Dybde	0,050 m

5.1.9 Vindsperre

Utelatt for forenkling i beregningene.

5.1.10 Sløyfe

Produsent	Moelven [4]
Produkt	Gran, sløyfe
Materiale	Gran
Tetthet	$\rho = 435 \text{ kg/m}^3$
Tetthet	$F = 435 \cdot 10 = 4350 \text{ N/m}^3 = 4,35 \text{ kN/m}^3$
Bredde	0,036 m
Dybde	0,011 m
Høyde	2,9 m

5.1.11 Lekter

Produsent	Moelven [4]
Produkt	gran, lekt
Material	Gran
Tetthet	$\rho = 435 \text{ kg/m}^3$
Tetthet	$F = 435 \cdot 10 = 4350 \text{ N/m}^3 = 4,35 \text{ kN/m}^3$
Dybde	0,048 m
Bredde	0,036 m
Lengde	0,6 m

5.1.12 Utvendig kledning

Produsent	Moelven [5]
Produkt	malm100, malmfuru
Material	Malmfuru
Tetthet	$\rho = 513,32 \text{ kg/m}^3$
Tetthet	$F = 513,32 \cdot 10 = 5133,2 \text{ N/m}^3 = 5,133 \text{ kN/m}^3$
Lengde	0,6 m
Dybde	0,016 m
Høyde	2,9 m

5.2 Innvendig skillevegg

Bruksområde	innvendig skillevegg bærende
-------------	------------------------------

Beregning av Valgte materialer	Dato 23. mai 2022	Side 6 av 9	Vedlegg B0
-----------------------------------	----------------------	----------------	---------------

5.2.1 KL-tre (130)

Hentet fra	NS-EN 338:2016 (tabell 1)
Fasthetsklasse	C30
Tetthet	$\rho_{mean} = 460 \text{ kg/m}^3$
Tetthet	$F = 460 \cdot 10 = 4600 \text{ N/m}^3 = 4,6 \text{ kN/m}^3$

Produsent	KLH	
Produkt	NVQ, 5s 130 TL, REI 90	antagelse
Material	Gran	antagelse
Tykkelse	0,130 m	

Per meter	
Lengde	1,000 m
Dybde	0,130 m
Høyde	2,9 m

5.2.2 OPPBYGGING AV SKILLEVEGGEN MED ISOLAASJON

Utelatt for forenkling i beregningene.

5.2.3 Innvendig kledning

Produsent	Norgips [2]
Produkt	Brannplate 18 (antatt)
Materiale	Gips
Tetthet	$\rho = 720 \text{ kg/m}^3$
Tetthet	$F = 720 \cdot 10 = 7200 \text{ N/m}^3 = 7,200 \text{ kN/m}^3$
Lengde	1,000 m
Dybde	0,015 m
Høyde	2,9 m
Antall elementer	2 lag

5.3 Innvednig vegg

5.3.1 KL-tre (110)

Bruksområde innervegg bærende

Hentet fra	NS-EN 338:2016 (tabell 1)
Fasthetsklasse	C30
Tetthet	$\rho_{mean} = 460 \text{ kg/m}^3$
Tetthet	$F = 460 \cdot 10 = 4600 \text{ N/m}^3 = 4,6 \text{ kN/m}^3$

Produsent	KLH	
Produkt	NVQ, 5s 110 TL, REI 90	antagelse
Material	Gran	antagelse
Tykkelse	0,110 m	

Beregning av Valgte materialer	Dato 23. mai 2022	Side 7 av 9	Vedlegg B0
--	-----------------------------	-----------------------	----------------------

Per meter

Lengde	1,000 m
Dybde	0,110 m
Høyde	2,9 m

5.3.2 Innvendig kledning

Produsent	Norgips [2]
Produkt	Brannplate 18 (antatt)
Materiale	Gips
Tetthet	$\rho = 720 \text{ kg/m}^3$
Tetthet	$F = 720 \cdot 10 = 7200 \text{ N/m}^3 = 7,200 \text{ kN/m}^3$

Lengde	1,000 m
Dybde	0,015 m
Høyde	2,900 m
Antall elementer	2 lag (1 på hver side)

6. IKKE BÆRENDE VEGGER

6.1 Trevirke for innervegger

Bruksområde	skillevegg inne
Merknad	Dimensjonene gjelder etter per rute på cc600, 0,6 m x 2,9 m (lengde x høyde)

6.1.1 Innvendig kledning

Produsent	Norgips [2]
Produkt	Brannplate 15
Materiale	Gips
Tetthet	$\rho = 720 \text{ kg/m}^3$
Tetthet	$F = 720 \cdot 10 = 7200 \text{ N/m}^3 = 7,200 \text{ kN/m}^3$

Lengde	0,6 m
Dybde	0,015 m
Høyde	2,9 m
Antall elementer	2 lag (1 på hver side)

6.1.2 Trestender

Hentet fra	NS-EN 338:2016 (tabell 1)
Fasthetsklasse	C 14
Tetthet	$\rho_{mean} = 350 \text{ kg/m}^3$
Tetthet	$F = 350 \cdot 10 = 3500 \text{ N/m}^3 = 3,5 \text{ kN/m}^3$

Produsent	Moelven [6]
Produkt	Gran, C14

Beregning av	Dato	Side	Vedlegg
Valgte materialer	23. mai 2022	8 av 9	B0

Høyde	0,073 m	antagelse
Dybde	0,198 m	antagelse
Lengde	Høyde per etasje minus 2 ganger sville høyde $2,9 - (2 \cdot 0,073) = 2,754$ m	
Antall elementer	2 per rute (halvert på grunn av cc600)	

6.1.3 Sviller

Hentet fra	NS-EN 338:2016 (tabell 1)
Fasthetsklasse	C 14
Tetthet	$\rho_{mean} = 350 \text{ kg/m}^3$
Tetthet	$F = 350 \cdot 10 = 3500 \text{ N/m}^3 = 3,5 \text{ kN/m}^3$

Produsent	Moelven [3]	
Produkt	Gran, C30	
Materiale	Gran	
Høyde	0,073 m	antagelse
Dybde	0,198 m	antagelse
Lengde	0,6 m	
Antall elementer	1 toppsviller per rute 1 bunnsvill per rute	

7. TAK

Bruksområde	Tak
-------------	------------

7.1 KL-tre (for tak)

Hentet fra	NS-EN 338:2016 (tabell 1)
Fasthetsklasse	C30
Tetthet	$\rho_{mean} = 460 \text{ kg/m}^3$
Tetthet	$F = 460 \cdot 10 = 4600 \text{ N/m}^3 = 4,6 \text{ kN/m}^3$

Produsent	KLH	
Produkt	NVQ, 5s 200 TL, REI 60	antagelse
Material	Gran	antagelse
Tykkelse	0,200 m	

7.2 Dampsperre

Utelatt for forenkling i beregningene.

7.3 Isolasjon

Hentet fra	Byggforskerien 573.430, høst 2003 (Tabell 21)
Produkt	Isolasjon
Materiale	Mineralull
Tetthet	$\rho = 15 \text{ kg/m}^3$

Beregning av Valgte materialer	Dato 23. mai 2022	Side 9 av 9	Vedlegg B0
-----------------------------------	----------------------	----------------	---------------

Tetthet $F = 15 \cdot 10 = 150 \text{ N/m}^3 = 0,150 \text{ kN/m}^3$

Tykkelse 0,300 m

7.4 Ubrennbar isolasjon

Tetthet $F = 15 \cdot 10 = 150 \text{ N/m}^3 = 0,150 \text{ kN/m}^3$ antagelse

Produsent Glava [7]
Produkt Glava Proff 34 Plate, A1 ubrennbart
Material Glassull
Tykkelse 0,05 m

7.5 Taktekning

Utelatt for forenkling i beregningene.

8. REFERANSER

- [1] "Standard limtre gran." Moelven. <https://www.moelven.com/no/no/limtre/standard-limtre/> (accessed 2022).
- [2] "Gips Brann." Norgips. <https://norgips.no/produkter/gipsplater/brannplate> (accessed 2022).
- [3] "Byggtre og konstruksjonsvirke." Moelven. <https://www.moelven.com/no/no/byggtre-og-konstruksjonsvirke/barende-konstruksjon/c24-73mm/> (accessed 2022).
- [4] "Gran lekt." Moelven. <https://www.moelven.com/no/no/byggtre-og-konstruksjonsvirke/ikke-barende-trelast/lekter/> (accessed 2022).
- [5] "Malm100." Moelven. <https://www.moelven.com/no/no/fasade-og-utemiljo/kledning/malm100/> (accessed 2022).
- [6] "C14 73mm." Moelven. <https://www.moelven.com/no/no/byggtre-og-konstruksjonsvirke/ikke-barende-trelast/c14-73mm/> (accessed 2022).
- [7] "Glava Proff 34 Plate." Glava. <https://www.glava.no/produkter/glava-proff-34-plate#dokumentasjon> (accessed 2022).

9. MERKNAD

Noen produkter/materialer har ikke oppgitt produsent.

VEDLEGG

B1

Beregning av
Egenlast

Dato
23. mai 2022

Side
1 av 7

Vedlegg
B1

1. BENYTTETE VEDLEGG

Vedlegg B0 Valgte materialer

2. VALGTE VARIABLER

Gravitasjon $g = 10 \text{ m/s}^2$
Høyde per etasje fra overkant gulv til overkant gulv
 $H = 3,1 \text{ m}$

3. VALGTE EGENLASTER

Merknad Alle egenlaster er beregnet fra dekke over 1. etasje og er gjeldende for hver etasje oppover.

4. BJELKER

4.1 Limtre

Egenlast per meter

$$(0,350 \text{ m} \cdot 0,405 \text{ m}) \cdot 4,3 \text{ kN/m}^3 = 0,610 \text{ kN/m}$$

Egenlast per kvadrat meter

$$0,350 \text{ m} \cdot 4,3 \text{ kN/m}^3 = 1,505 \text{ kN/m}^2$$

Egenlast per bjelke

Lengde 5,200 m
 $0,610 \text{ kN/m} \cdot 5,2 \text{ m} = 3,172 \text{ kN}$

Total egenlaster av alle bjelker per etasje

Antall bjelker 4
 $3,172 \text{ kN} \cdot 4 = 12,688 \text{ kN}$

5. SØYLER

5.1 Limtre

Egenlast per meter

$$(0,350 \text{ m} \cdot 0,350 \text{ m}) \cdot 4,3 \text{ kN/m}^3 = 0,527 \text{ kN/m}$$

Egenlast per kvadrat meter

Beregning av Egenlast	Dato 23. mai 2022	Side 2 av 7	Vedlegg B1
-----------------------	----------------------	----------------	---------------

$$0,350 \text{ m} \cdot 4,3 \text{ kN/m}^3 = 1,505 \text{ kN/m}^2$$

Egenlast per søyle

$$0,527 \text{ kN/m} \cdot 2,495 \text{ m} = 1,315 \text{ kN}$$

Total egenlaster av alle søyler per etasje

Antall søyler 8
 $1,315 \text{ kN} \cdot 8 = 10,520 \text{ kN}$

6. ETASJESKILLERE

6.1 KL-tre (i bruksareal)

Areal Dekke over 2. etasje og oppover
227,7 m²

Egenlast

Totalt $(227,7 \text{ m}^2 \cdot 0,200 \text{ m}) \cdot 4,6 \text{ kN/m}^3 = 209,484 \text{ kN}$
Per kvadrat meter $\frac{(227,7 \cdot 0,200) \cdot 4,6}{(227,7)} = 0,920 \text{ kN/m}^2$

6.1.1 OPPBYGGING AV GULV – SPØR HERSLETH ENTREPRENØR HVA DE BRUKER

Utelatt for forenkling i beregningene.

6.2 KL-tre (balkong)

Areal Balkong
11,9 m²

Egenlast

Antall elementer 4
Totalt $(11,9 \text{ m} \cdot 0,200 \text{ m}) \cdot 4,6 \text{ kN/m}^3 \cdot 4 = 43,792 \text{ kN}$
Per kvadrat meter $\frac{(11,9 \cdot 0,200) \cdot 4,6}{(11,9)} = 0,920 \text{ kN/m}^2$

7. BÆRENDE VEGGER

7.1 Modul trevirke for yttervegg fra Hersleth Entreprenør

Bruksområde Yttervegger

Rute dimensjon **0,6 · 2,9**
Senteravstand (cc) 0,6 m
Høyde Høyde per etasje minus høyde på dekke
 $3,1 \text{ m} - 0,200 \text{ m} = 2,9 \text{ m}$

Beregning av Egenlast	Dato 23. mai 2022	Side 3 av 7	Vedlegg B1
-----------------------	----------------------	----------------	---------------

7.1.1 Innvendig kledning

Egenlast

$$2 \cdot ((0,6 \text{ m} \cdot 0,018 \text{ m} \cdot 2,9 \text{ m}) \cdot 7,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}) = 0,452 \text{ kN}$$

7.1.2 Dampsperre

Utelatt for forenkling i beregningene.

7.1.3 Trestender

Egenlast

$$\left(\left(\frac{0,048 \text{ m}}{2} \cdot 0,198 \text{ m}\right) \cdot 4,6 \text{ kN/m}^3 \cdot 2,756 \text{ m} \cdot 2\right) = 0,120 \text{ kN}$$

7.1.4 Sviller

Egenlast

$$\left((0,048 \text{ m} \cdot 0,198 \text{ m}) \cdot 4,6 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,6 \text{ m}\right) \cdot 3 = 0,079 \text{ kN}$$

7.1.5 Isolasjon (200)

Egenlast

$$(0,504 \text{ m} \cdot 2,756 \text{ m} \cdot 0,200 \text{ m}) \cdot 0,150 \text{ kN/m}^3 = 0,042 \text{ kN}$$

7.1.6 Trestender påføring

Egenlast

$$\left(\left(\frac{0,048 \text{ m}}{2} \cdot 0,048 \text{ m}\right) \cdot 4,6 \text{ kN/m}^3 \cdot 2,756 \text{ m} \cdot 2\right) = 0,029 \text{ kN}$$

7.1.7 Sviller påføring

Egenlast

$$\left((0,048 \text{ m} \cdot 0,048 \text{ m}) \cdot 4,6 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,6 \text{ m}\right) \cdot 3 = 0,019 \text{ kN}$$

7.1.8 Isolasjon (50)

Egenlast

$$(0,504 \text{ m} \cdot 2,756 \text{ m} \cdot 0,050 \text{ m}) \cdot 0,150 \text{ kN/m}^3 = 0,010 \text{ kN}$$

7.1.9 Vindsperre

Utelatt for forenkling i beregningene.

7.1.10 Sløyfe

Egenlast

$$(0,036 \text{ m} \cdot 0,011 \text{ m} \cdot 2,9 \text{ m}) \cdot 4,35 \text{ kN/m}^3 = 0,005 \text{ kN}$$

Beregning av
Egenlast

Dato
23. mai 2022

Side
4 av 7

Vedlegg
B1

7.1.11 Lekter

Egenlast

$$(0,048 \text{ m} \cdot 0,036 \text{ m} \cdot 0,6 \text{ m}) \cdot 4,35 \text{ kN/m}^3 = 0,005 \text{ kN}$$

7.1.12 Utvendig kledning

Egenlast

$$(0,6 \text{ m} \cdot 0,016 \text{ m} \cdot 2,9 \text{ m}) \cdot 5,133 \text{ kN/m}^3 = 0,143 \text{ kN}$$

7.1.13 Egenlast per rute

Innvendig kledning

Gips	0,452 kN
Dampsperre	0 kN
Trestender	0,120 kN
Sviller	0,079 kN
Isolasjon (200)	0,042 kN
Trestender påforing	0,029 kN
Sviller påforing	0,019 kN
Isolasjon (50)	0,010 kN
Vindsperre	0 kN
Sløyfe	0,005 kN
Lekter	0,005 kN
Utvendig kledning	0,143 kN

utelatt

utelatt

Total egenlast per rute

$$0,904 \text{ kN}$$

Egenlast per kvadratmeter

$$\frac{0,904}{0,6 \cdot 2,9} = 0,520 \text{ kN/m}^2$$

Total egenlast per etasje

Bredde	14,996 m
Total runder	$\frac{14,996 \text{ m}}{0,6 \text{ m}} = 24,993 \approx 25 \text{ ruter}$
Egenlast	$25 \cdot 0,904 = 22,600 \text{ kN}$
Antall elementer	2 (1 på hver side)

Lengde	16,196 m
Total runder	$\frac{16,196 \text{ m}}{0,6 \text{ m}} = 26,993 \approx 27 \text{ ruter}$
Egenlast	$27 \cdot 0,904 = 24,408 \text{ kN}$
Antall elementer	2 (1 på hver side)

$$\text{Total egenlast} = (22,600 \cdot 2) + (24,408 \cdot 2) = 94,016 \text{ kN}$$

Beregning av Egenlast	Dato 23. mai 2022	Side 5 av 7	Vedlegg B1
-----------------------	----------------------	----------------	---------------

$$\frac{94,016}{2 \cdot 16,196 + 2 \cdot 14,996} = 1,507 \text{ kN/m}$$

7.2 KL-tre (130)

Innvendig kledning

Egenlast - Gips

$$((1\text{ m} \cdot 0,018 \text{ m} \cdot 2,9 \text{ m}) \cdot 7,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}) = 0,376 \text{ kN}$$

Egenlast per meter

$$(0,130 \text{ m} \cdot 1,000 \text{ m} \cdot 2,9 \text{ m}) \cdot \frac{4,6 \text{ kN}}{\text{m}^3} + 0,376 = 2,110 \text{ kN}$$

Egenlast per kvadrat meter

$$0,130 \text{ m} \cdot 4,6 \text{ kN/m}^3 = 0,598 \text{ kN/m}^2$$

Total egenlast per etasje

Total lengde $3,973 + 1,300 + 1,870 + 1,150 + 5,808 + 5,648 + 1,960 + 3,953 + 4,700 + 5,000 = 35,362 \text{ m}$

Antall elementer 2 (skilleveggen har 2 KL-tre vegger)

Total egenlast $35,362 \text{ m} \cdot 2,110 \text{ kN/m} \cdot 2 = 74,614 \text{ kN}$

7.2.1 OPPBYGGING AV SKILLEVEGGEN MED ISOLAASJON

Utelatt for forenkling i beregningene.

7.3 KL-tre (120)

Innvendig kledning

Egenlast - Gips

$$2 \cdot ((1\text{ m} \cdot 0,018 \text{ m} \cdot 2,9 \text{ m}) \cdot 7,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}) = 0,752 \text{ kN}$$

Egenlast per meter

$$(0,120 \text{ m} \cdot 1,000 \text{ m} \cdot 2,9 \text{ m}) \cdot \frac{4,6 \text{ kN}}{\text{m}^3} + 0,752 = 2,353 \text{ kN}$$

Egenlast per kvadrat meter

$$0,120 \text{ m} \cdot 4,6 \text{ kN/m}^3 = 0,552 \text{ kN/m}^2$$

Total egenlast per etasje

Total lengde $2,228 + 5,243 + 2,850 + 1,945 + 2,845 + 4,655 = 19,766 \text{ m}$

Total egenlast $19,766 \text{ m} \cdot 2,353 \text{ kN/m} = 46,490 \text{ kN}$

Beregning av
Egenlast

Dato
23. mai 2022

Side
6 av 7

Vedlegg
B1

8. IKKE BÆRENDE VEGGER

8.1 Trevirke for innvervegger

8.1.1 Innvendig kledning

Egenlast

$$(0,6 \text{ m} \cdot 0,015 \text{ m} \cdot 2,9 \text{ m}) \cdot 7,2 \text{ kN/m}^3 \cdot 2 = 0,376 \text{ kN}$$

8.1.2 Trestender

Egenlast

$$\left(\left(\frac{0,073 \text{ m}}{2} \cdot 0,198 \text{ m} \right) \cdot 3,5 \text{ kN/m}^3 \cdot 2,754 \text{ m} \cdot 2 \right) = 0,139 \text{ kN}$$

8.1.3 Sviller

Egenlast

$$\left((0,073 \text{ m} \cdot 0,198 \text{ m}) \cdot 3,5 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,6 \text{ m} \right) \cdot 2 = 0,061 \text{ kN}$$

8.1.4 Egenlast per rute

Innvendig kledning 0,376 kN
Trestendere 0,139 kN
Sviller 0,061 kN

Total egenlast per rute

0,576 kN

Egenlast per kvadratmeter

$$\frac{0,576 \text{ kN}}{0,6 \text{ m} \cdot 2,9 \text{ m}} = 0,331 \text{ kN/m}^2$$

Total egenlast per etasje

Total lengde 66 m
Total ruter 110
Total egenlast $110 \cdot 0,576 = 63,360 \text{ kN}$
 $\frac{63,360}{66} = 0,96 \text{ kN/m}$

antagelse

antagelse

9. TAK

Merknad

Det vil kreves åpninger på taket for sluk. For forenkling er disse åpningene utelatt fra beregningene i taket. Det vil derfor ikke bli gjort egne egenvekt beregninger av sluk.

9.1 KL-tre (for tak)

Areal Tak

Beregning av Egenlast	Dato 23. mai 2022	Side 7 av 7	Vedlegg B1
-----------------------	----------------------	----------------	---------------

240,8 m²

Egenlast

Totalt $(240,8 \text{ m} \cdot 0,200 \text{ m}) \cdot 4,6 \text{ kN/m}^3 = 221,536 \text{ kN}$

Per kvadrat meter $\frac{(240,8 \cdot 0,200) \cdot 4,6}{(240,8)} = 0,920 \text{ kN/m}^2$

9.2 Dampsperre

Utelatt for forenkling i beregningene.

9.3 Isolasjon

Egenlast

$(240,8 \text{ m}^2 \cdot 0,300 \text{ m}) \cdot 0,150 \text{ kN/m}^3 = 10,836 \text{ kN}$

9.4 Ubrennbar isolasjon

Egenlast

$(240,8 \text{ m}^2 \cdot 0,050 \text{ m}) \cdot 0,150 \text{ kN/m}^3 = 1,806 \text{ kN}$

9.5 Taktekning

Utelatt for forenkling i beregningene.

9.6 Egenlast

KL-tre 221,536 kN

Dampsperre 0 kN

utelatt

Isolasjon 10,836 kN

Ubrennb. iso. 1,806 kN

Taktekning 0 kN

utelatt

Egenlast

Totalt 234,178 kN

Per kvadrat meter $\frac{234,178}{240,8} = 0,973 \text{ kN/m}^2$

VEDLEGG

B2

Beregning av Nyttelast	Dato 23. mai 2022	Side 1 av 3	Vedlegg B2
---------------------------	----------------------	----------------	---------------

1. BENYTTETED VEDLEGG

Vedlegg B0 Valgte materialer
Vedlegg B1 Egenlast

2. VALGTE EGENLASTER

Merknad Alle nyttelaster er beregnet fra dekke over 1. etasje og er gjeldende for hver etasje oppover.

3. BRUKTE TABELLER

Merknad q står for flatelast og Q står for punktlast.

Kategori	Spesifikk bruk	Eksempel
A	Arealer for inneaktiviteter og hjemmeaktiviteter	Rom i boligbygg, sengerom og behandlingsrom i sykehus, soverom i hoteller og gjestgiverier, kjøkken og toaletter
B	Kontorarealer	
C	Arealer der personer kan samles (med unntak av arealer som er definert i kategori A, B og D) ¹⁾	C1 Arealer med bord osv., f.eks. i skoler, kafeer, restauranter, spisesaler, leserom, resepsjoner osv. C2 Arealer med faste seter, f.eks. arealer i kirker, teatre eller kinosaler, konferanserom, forelesningssaler, forsamlingsaler, venterom medregnet forhall på jernbanestasjon osv. C3 Arealer uten hindringer for personer i bevegelse, f.eks. arealer i museer, utstillingsrom osv. og ankomstråder i offentlige bygg og administrasjonsbygg, hoteller, sykehus, jernbanestasjonshaller C4 Arealer med mulighet for fysiske aktiviteter, f.eks. dansesaler, gymnastikkrom, scener osv. C5 Arealer som lett overfylles, f.eks. i bygg for offentlig bruk, som konsertsaler, idrettshaller medregnet tribuner og atkomstområder og jernbaneperronger
D	Forretningsarealer	D1 Arealer i vanlig detaljhandel D2 Arealer i varehus
¹⁾ Det gjøres oppmerksom på 6.3.1.1(2), særlig for C4 og C5. Se NS-EN 1990 når det må tas hensyn til dynamiske effekter. For kategori E, se tabell 6.3.		
MERKNAD 1 Oppdragsgiver kan fastsette at arealer som normalt kan settes i kategori C2, C3, C4, avhengig av bruk, kan settes i kategori C5.		
MERKNAD 2 Tabellen viser kategoriinndelingen som skal brukes.		
MERKNAD 3 Se 6.3.2 for lagring eller industrivirksomhet.		

Figur 3.1: NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019 (tabell NA.6.1), brukskategorier

Beregning av Nyttelast	Dato 23. mai 2022	Side 2 av 3	Vedlegg B2
---------------------------	----------------------	----------------	---------------

Kategorier for belastede områder	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategori A		
- Gulv	2,0	2,0
- Trapper	3,0	2,0
- Balkonger og verandaer ¹⁾	4,0	2,0
- Loft med liten takhøyde eller begrenset adgang	1,0	1,5
Kategori B	3,0	2,0
Kategori C		
- C1	3,0	4,0
- C2	4,0	4,0
- C3	5,0	4,0
- C4	5,0	7,0
- C5	5,0	4,0
Kategori D		
- D1	5,0	4,0
- D2	5,0	7,0

¹⁾ Takterrasse, se kategori I

Figur 3.2: NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019 (tabell NA.6.2), Nyttelast på gulv, balkonger og trapper i bygninger

Tak	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Takhelning < 20°	0,75	1,5
Takhelning > 40°	0,0	1,5

MERKNAD 1 For helninger mellom 20° og 40° kan verdien av q_k bestemmes ved lineær interpolasjon.
 MERKNAD 2 Belastet areal A er hele takets areal.
 MERKNAD 3 Se også 3.3.2(1).

Figur 3.3: NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019 (tabell 6.10), Nyttelaster på tak for kategori H

Beregning av Nyttelast	Dato 23. mai 2022	Side 3 av 3	Vedlegg B2
---------------------------	----------------------	----------------	---------------

4. TAK

Kategori	H
Flatelast	$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$
Punktlast	$Q_k = 1,5 \text{ kN}$

5. BALKONG

Kategori	A
Flatelast	$q_k = 4,0 \text{ kN/m}^2$
Punktlast	$Q_k = 2,0 \text{ kN}$

6. TRAPPER

Kategori	A
Flatelast	$q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$
Punktlast	$Q_k = 2,0 \text{ kN}$

7. GULV

Kategori	A
Flatelast	$q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$
Punktlast	$Q_k = 2,0 \text{ kN}$

VEDLEGG

B3

Beregning av Snølast	Dato 23. mai 2022	Side 1 av 3	Vedlegg B3
----------------------	----------------------	----------------	---------------

1. VALGTE VARIABLER

Byggverk	Boligbygg	
Borettslag	Vestbyhagen	
Kommune	Vestby	
Moh.	85 m	valgt

Hentet fra Byggteknisk forskrift (TEK17), 2022, §14-2 (Tabell: Energiltak)
 Tak U-verdi 0,13

2. BRUKTE TABELLER

Kommune	$S_{k,0}$ kN/m ²	H_g m	ΔS_k kN/m ²	$S_{k,max}$ kN/m ²
Østfold				
Aremark	3,0	250	0,5	–
Askim	3,0	250	0,5	–
Eidsberg	3,0	250	0,5	–
Fredrikstad	2,5	150	0,5	–
Halden	3,0	150	0,5	–
Hobøl	3,5	150	0,5	–
Hvaler	2,0	150	0,5	–
Marker	3,0	250	0,5	–
Moss	3,0	150	0,5	–
Rakkestad	3,0	250	0,5	–
Rygge	3,0	150	0,5	–
Rømskog	3,0	250	0,5	–
Råde	2,5	150	0,5	–
Sarpsborg	3,0	150	0,5	–
Skiptvedt	3,0	250	0,5	–
Spydeberg	3,0	250	0,5	–
Trøgstad	3,0	250	0,5	–
Våler	3,0	150	0,5	–
Akershus				
Asker	4,0	150	1,0	–
Aurskog-Høland	3,0	250	1,0	6,5
Bærum	3,5	150	1,0	–
Eidsvoll	4,5	250	1,0	6,5
Enebakk	4,0	250	1,0	6,5
Fet	4,0	250	1,0	6,5
Frogn	4,0	150	1,0	–
Gjerdrum	4,5	250	1,0	6,5

Kommune	$S_{k,0}$ kN/m ²	H_g m	ΔS_k kN/m ²	$S_{k,max}$ kN/m ²
Hurdal	5,0	250	1,0	6,5
Lørenskog	4,0	250	1,0	6,5
Nannestad	4,5	250	1,0	6,5
Nes	3,5	250	1,0	6,5
Nesodden	3,5	150	1,0	–
Nittedal	4,5	250	1,0	6,5
Oppegård	3,5	150	1,0	–
Rælingen	4,0	250	1,0	6,5
Skedsmo	4,0	250	1,0	6,5
Ski	3,5	250	1,0	6,5
Sørums	4,0	250	1,0	6,5
Ullensaker	4,5	350	1,0	6,5
Vestby	3,5	150	1,0	–
Ås	3,5	150	1,0	–
Oslo				
0–150 m.o.h.	3,5	–	–	–
151–250 m.o.h.	4,5	–	–	–
251–350 m.o.h.	5,5	–	–	–
> 350 m.o.h.	6,5	–	–	–
Hedmark				
Alvdal	4,0	650	1,0	6,5
Eidskog	3,5	250	1,0	6,5
Elverum	4,0	250	1,0	6,5
Engerdal	4,0	650	1,0	6,5
– nær Trøndelag	4,0	650	1,0	7,5
Folldal	4,0	850	1,0	6,5
– nær Trøndelag	4,0	850	1,0	7,5
Grue	3,5	250	1,0	6,5

Figur 2.1: NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018 (tabell NA.4.1(901)), Karakteristisk snølast på mark for kommuner og Svalbard


Beregning av
Snølast

Dato
23. mai 2022

Side
2 av 3

Vedlegg
B3

Takvinkel α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1(\alpha)$	$\mu_1(0^\circ) \geq 0,8$	$\mu_1(0^\circ) \frac{(60^\circ - \alpha)}{30^\circ}$	0,0
$\mu_2(\alpha)$	0,8	$0,8 \frac{(60^\circ - \alpha)}{30^\circ}$	0,0
$\mu_3(\alpha)$	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	--

MERKNAD Det kan angis verdi for $\mu_1(0^\circ)$ i det nasjonale tillegget. Anbefalt verdi er $\mu_1(0^\circ) = 0,8$. 

Figur 2.2: NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018 (tabell 5.2), Formfaktorer for snølast

Topografi	C_e
Særlig sterkt vindutsatt ^a	0,8 ^d
Normal ^b	1,0
Skjermet ^c	1,2

^a Særlig vindutsatt topografi: flate, frie områder der alle sidene er eksponert, og der terreng, høye trær eller byggverk ikke gir noen eller liten beskyttelse mot været.

^b Normal topografi: områder der vinden i liten grad fjerner snø fra byggverk pga. terreng, andre byggverk eller trær.

^c Skjermet topografi: områder der det aktuelle byggverket er betydelig lavere enn terrenget omkring, eller er omgitt av høye trær og/eller høyere byggverk.

^d Ved bruk av denne verdien forutsettes at normaltemperaturen for perioden januar-februar er lavere enn 0 °C samtidig som normalt minst 10 dager i samme periode har minst én forekomst av 10 minutters middelvind over 8 m/s, samt at takets lengste sidekant ikke overskrider 50 meter.

Figur 2.3: NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018 (tabell NA.5.1), Verdier for C_e for forskjellig topografi

Beregning av Snølast	Dato 23. mai 2022	Side 3 av 3	Vedlegg B3
-------------------------	----------------------	----------------	---------------

3. SNØLAST PÅ TAK

Merknad Høydekorreksjonsfaktor blir ikke benyttet da byggverket ligger under kravet for $h_g = 150 m$. Den termiske faktoren sett lik $C_t = 1,0$. Forskriften gir krav til maksimum U-verdi for tak lik 0,13. Kravene til å bruke $C_t = 1,0$ er U-verdier under 1,0.

Hentet fra NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018 (tabell 5.1)
Eksponeringsfaktor $C_e = 1,0$ valgt

Hentet fra NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018 (§5.2(8))
Termisk faktor $C_t = 1,0$

Hentet fra NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018 (tabell 5.2)
Formfaktor $\mu_1 = 0,8$

Hentet fra NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018 (tabell NA.4.1(901))
Snølast $s_k = s_{k,0} = 3,5 kN/m^2$ Vestby

Hentet fra NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018 (§5.2)
Snølast $s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3,5 = 2,8 kN/m^2$

Snølast på hele taket

Areal $240,8 m^2$
 $S = 240,8 \cdot 2,8 = 674,240 kN$

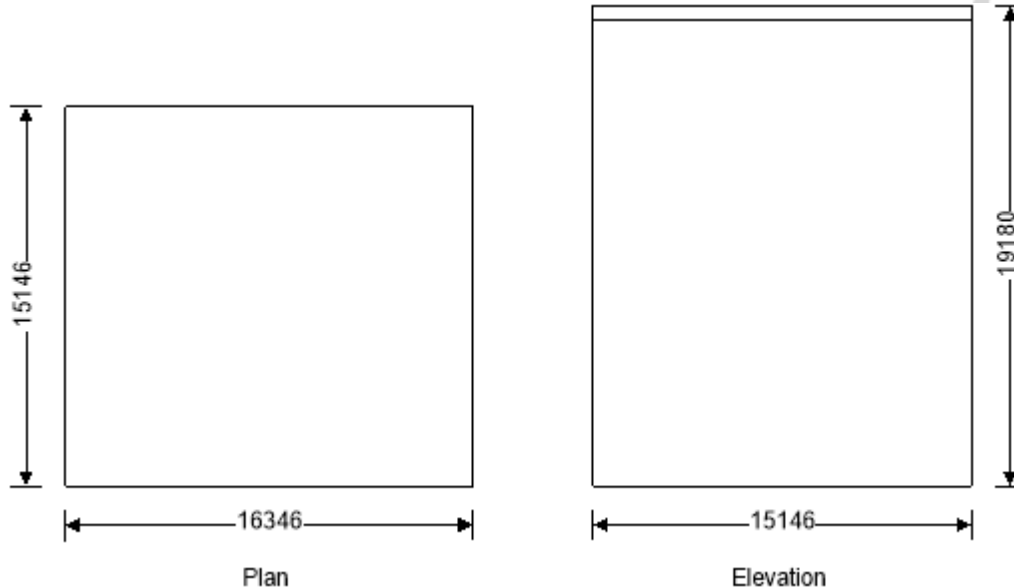
VEDLEGG

B4

WIND LOADING

In accordance with EN1991-1-4:2005+A1:2010 and the Norwegian national annex

Tedds calculation version 3.0.28



Building data

Type of roof	Flat
Length of building	L = 16346 mm
Width of building	W = 15146 mm
Height to eaves	H = 18600 mm
Eaves type	Parapet
Height of parapet	$h_p = 580$ mm
Total height	$h = 18600$ mm

Basic values

Fundamental basic wind velocity	$v_{b,0} = 24.0$ m/s
Region	Area 1
Altitude above sea level	$H_{alt} = 85$
Altitude where correction begins (Table NA.4)	$H_0 = 900$ m
Alt. where max. correction is reached (Table NA.4)	$H_{topp} = 1500$ m
Altitude correction factor	$C_{alt} = \max(1 + ((v_0 - v_{b,0}) \times (\min(H_{alt}, H_{topp}) - H_0) / (v_{b,0} \times (H_{topp} - H_0))), 1)$ = 1.000
Direction factor	$C_{dir} = 0.90$
Season factor	$C_{season} = 1.00$
Shape parameter K	$K = 0.2$
Exponent n	$n = 0.5$
Air density	$\rho = 1.250$ kg/m ³
Probability factor	$C_{prob} = [(1 - K \times \ln(-\ln(1-p)))/(1 - K \times \ln(-\ln(0.98)))]^n = 1.00$
Basic wind velocity (Exp. 4.1)	$v_b = C_{dir} \times C_{season} \times C_{alt} \times C_{prob} \times v_{b,0} = 21.6$ m/s
Reference mean velocity pressure	$q_b = 0.5 \times \rho \times v_b^2 = 0.292$ kN/m ²

Orography

Orography factor not significant	$c_o = 1.0$
----------------------------------	-------------

Terrain category III
 Displacement height (sheltering effect excluded) $h_{dis} = 0\text{ mm}$

The velocity pressure for the windward face of the building with a 0 degree wind is to be considered as 2 parts as the height h is greater than b but less than 2b (cl.7.2.2)

The velocity pressure for the windward face of the building with a 90 degree wind is to be considered as 2 parts as the height h is greater than b but less than 2b (cl.7.2.2)

Peak velocity pressure - windward wall (lower part) - Wind 0 deg

Reference height (at which q is sought) $z = 16346\text{ mm}$
 Displacement height (sheltering effects excluded) $h_{dis} = 0\text{ mm}$
 Roughness length (Table 4.1) $z_0 = 300\text{ mm}$
 Roughness length (Category II) $z_{0,II} = 50\text{ mm}$
 Minimum height (Table 4.1) $z_{min} = 8000\text{ mm}$
 Maximum height $z_{max} = 200000\text{ mm}$
 Terrain factor $k_r = 0.220$
 Roughness factor $C_r = k_r \times \ln(z / z_0) = 0.88$
 Mean wind $V_m = C_r \times C_o \times V_b = 19.0\text{ m/s}$
 Turbulence factor $k_l = 1.0$
 Turbulence intensity $I_v = k_l / (C_o \times \ln(z / z_0)) = 0.250$
 Peak velocity pressure $q_p = (1 + 2 \times k_p \times I_v) \times 0.5 \times \rho \times v_m^2 = 0.62\text{ kN/m}^2$

Structural factor

Structural factor $C_{sCd} = 1.000$

Peak velocity pressure - windward wall (upper part) - Wind 0 deg and roof

Reference height (at which q is sought) $z = 19180\text{ mm}$
 Displacement height (sheltering effects excluded) $h_{dis} = 0\text{ mm}$
 Terrain factor $k_r = 0.220$
 Roughness factor $C_r = k_r \times \ln(z / z_0) = 0.91$
 Mean wind $V_m = C_r \times C_o \times V_b = 19.8\text{ m/s}$
 Turbulence factor $k_l = 1.0$
 Turbulence intensity $I_v = k_l / (C_o \times \ln(z / z_0)) = 0.241$
 Peak velocity pressure $q_p = (1 + 2 \times k_p \times I_v) \times 0.5 \times \rho \times v_m^2 = 0.65\text{ kN/m}^2$

Peak velocity pressure - windward wall (lower part) - Wind 90 deg

Reference height (at which q is sought) $z = 15146\text{ mm}$
 Displacement height (sheltering effects excluded) $h_{dis} = 0\text{ mm}$
 Terrain factor $k_r = 0.220$
 Roughness factor $C_r = k_r \times \ln(z / z_0) = 0.86$
 Mean wind $V_m = C_r \times C_o \times V_b = 18.6\text{ m/s}$
 Turbulence factor $k_l = 1.0$
 Turbulence intensity $I_v = k_l / (C_o \times \ln(z / z_0)) = 0.255$
 Peak velocity pressure $q_p = (1 + 2 \times k_p \times I_v) \times 0.5 \times \rho \times v_m^2 = 0.60\text{ kN/m}^2$

Peak velocity pressure - windward wall (upper part) - Wind 90 deg and roof

Reference height (at which q is sought) $z = 19180\text{ mm}$
 Displacement height (sheltering effects excluded) $h_{dis} = 0\text{ mm}$
 Terrain factor $k_r = 0.220$
 Roughness factor $C_r = k_r \times \ln(z / z_0) = 0.91$
 Mean wind $V_m = C_r \times C_o \times V_b = 19.8\text{ m/s}$
 Turbulence factor $k_l = 1.0$

Turbulence intensity

$$I_v = k_l / (C_o \times \ln(z / z_0)) = \mathbf{0.241}$$

Peak velocity pressure

$$q_p = (1 + 2 \times k_p \times I_v) \times 0.5 \times \rho \times v_m^2 = \mathbf{0.65 \text{ kN/m}^2}$$

Peak velocity pressure for internal pressure

Peak velocity pressure – internal (as roof press.)

$$q_{p,i} = \mathbf{0.65 \text{ kN/m}^2}$$

Pressures and forces

Net pressure

$$p = C_{sCd} \times q_p \times C_{pe} - q_{p,i} \times C_{pi}$$

Net force

$$F_w = p_w \times A_{ref}$$

Roof load case 1 - Wind 0, C_{pi} 0.20, $-C_{pe}$

Zone	Ext pressure coefficient C_{pe}	Peak velocity pressure q_p , (kN/m ²)	Net pressure p (kN/m ²)	Area A_{ref} (m ²)	Net force F_w (kN)
F (-ve)	-2.15	0.65	-1.54	13.36	-20.56
G (-ve)	-1.05	0.65	-0.82	13.36	-10.94
H (-ve)	-0.70	0.65	-0.59	106.88	-62.98
I (-ve)	-0.20	0.65	-0.26	113.98	-29.85

Total vertical net force

$$F_{w,v} = \mathbf{-124.33 \text{ kN}}$$

Total horizontal net force

$$F_{w,h} = \mathbf{0.00 \text{ kN}}$$

Walls load case 1 - Wind 0, C_{pi} 0.20, $-C_{pe}$

Zone	Ext pressure coefficient C_{pe}	Peak velocity pressure q_p , (kN/m ²)	Net pressure p (kN/m ²)	Area A_{ref} (m ²)	Net force F_w (kN)
A	-1.20	0.65	-0.92	60.81	-55.74
B	-0.80	0.65	-0.65	220.91	-144.64
Db	0.80	0.62	0.37	267.19	97.66
Du	0.80	0.65	0.39	36.84	14.47
E	-0.51	0.65	-0.47	304.04	-141.62

Overall loading

Equiv leeward net force for upper section

$$F_l = F_{w,we} / A_{ref,we} \times A_{ref,wu} = \mathbf{-17.2 \text{ kN}}$$

Net windward force for upper section

$$F_w = F_{w,wu} = \mathbf{14.5 \text{ kN}}$$

Lack of correlation (cl.7.2.2(3) – Note)

$$f_{corr} = \mathbf{0.86}$$
 as h/W is 1.228

Overall loading upper section

$$F_{w,u} = f_{corr} \times (F_w - F_l) + F_{w,h} = \mathbf{27.2 \text{ kN}}$$

Equiv leeward net force for bottom section

$$F_l = F_{w,wb} / A_{ref,wb} \times A_{ref,wb} = \mathbf{-124.5 \text{ kN}}$$

Net windward force for bottom section

$$F_w = F_{w,wb} = \mathbf{97.7 \text{ kN}}$$

Lack of correlation (cl.7.2.2(3) – Note)

$$f_{corr} = \mathbf{0.86}$$
 as h/W is 1.228

Overall loading bottom section

$$F_{w,b} = f_{corr} \times (F_w - F_l) = \mathbf{190.7 \text{ kN}}$$

Roof load case 2 - Wind 0, C_{pi} -0.3, $+C_{pe}$

Zone	Ext pressure coefficient C_{pe}	Peak velocity pressure q_p , (kN/m ²)	Net pressure p (kN/m ²)	Area A_{ref} (m ²)	Net force F_w (kN)
F (+ve)	-2.15	0.65	-1.21	13.36	-16.19
G (+ve)	-1.05	0.65	-0.49	13.36	-6.57
H (+ve)	-0.70	0.65	-0.26	106.88	-27.99
I (+ve)	0.20	0.65	0.33	113.98	37.31

Total vertical net force

$$F_{w,v} = \mathbf{-13.43 \text{ kN}}$$

Total horizontal net force

$$F_{w,h} = 0.00 \text{ kN}$$

Walls load case 2 - Wind 0, $c_{pi} -0.3$, $+c_{pe}$

Zone	Ext pressure coefficient C_{pe}	Peak velocity pressure q_p , (kN/m ²)	Net pressure p (kN/m ²)	Area A_{ref} (m ²)	Net force F_w (kN)
A	-1.20	0.65	-0.59	60.81	-35.83
B	-0.80	0.65	-0.33	220.91	-72.32
D _b	0.80	0.62	0.69	267.19	185.13
D _u	0.80	0.65	0.72	36.84	26.54
E	-0.51	0.65	-0.14	304.04	-42.08

Overall loading

Equiv leeward net force for upper section

$$F_l = F_{w,we} / A_{ref,we} \times A_{ref,wu} = -5.1 \text{ kN}$$

Net windward force for upper section

$$F_w = F_{w,wu} = 26.5 \text{ kN}$$

Lack of correlation (cl.7.2.2(3) – Note)

$$f_{corr} = 0.86 \text{ as } h/W \text{ is } 1.228$$

Overall loading upper section

$$F_{w,u} = f_{corr} \times (F_w - F_l) + F_{w,h} = 27.2 \text{ kN}$$

Equiv leeward net force for bottom section

$$F_l = F_{w,wb} / A_{ref,wb} \times A_{ref,wb} = -37.0 \text{ kN}$$

Net windward force for bottom section

$$F_w = F_{w,wb} = 185.1 \text{ kN}$$

Lack of correlation (cl.7.2.2(3) – Note)

$$f_{corr} = 0.86 \text{ as } h/W \text{ is } 1.228$$

Overall loading bottom section

$$F_{w,b} = f_{corr} \times (F_w - F_l) = 190.7 \text{ kN}$$

Roof load case 3 - Wind 90, $c_{pi} 0.20$, $-c_{pe}$

Zone	Ext pressure coefficient C_{pe}	Peak velocity pressure q_p , (kN/m ²)	Net pressure p (kN/m ²)	Area A_{ref} (m ²)	Net force F_w (kN)
F (-ve)	-2.15	0.65	-1.54	11.47	-17.65
G (-ve)	-1.05	0.65	-0.82	11.47	-9.39
H (-ve)	-0.70	0.65	-0.59	91.76	-54.07
I (-ve)	-0.20	0.65	-0.26	132.88	-34.80

Total vertical net force

$$F_{w,v} = -115.92 \text{ kN}$$

Total horizontal net force

$$F_{w,h} = 0.00 \text{ kN}$$

Walls load case 3 - Wind 90, $c_{pi} 0.20$, $-c_{pe}$

Zone	Ext pressure coefficient C_{pe}	Peak velocity pressure q_p , (kN/m ²)	Net pressure p (kN/m ²)	Area A_{ref} (m ²)	Net force F_w (kN)
A	-1.20	0.65	-0.92	56.34	-51.65
B	-0.80	0.65	-0.65	225.37	-147.56
C	-0.50	0.65	-0.46	22.32	-10.23
D _b	0.80	0.60	0.35	229.40	80.90
D _u	0.80	0.65	0.39	52.31	20.55
E	-0.51	0.65	-0.46	281.72	-130.39

Overall loading

Equiv leeward net force for upper section

$$F_l = F_{w,we} / A_{ref,we} \times A_{ref,wu} = -24.2 \text{ kN}$$

Net windward force for upper section

$$F_w = F_{w,wu} = 20.6 \text{ kN}$$

Lack of correlation (cl.7.2.2(3) – Note)

$$f_{corr} = 0.86 \text{ as } h/L \text{ is } 1.138$$

Overall loading upper section

$$F_{w,u} = f_{corr} \times (F_w - F_l) + F_{w,h} = 38.3 \text{ kN}$$

Equiv leeward net force for bottom section

$$F_i = F_{w,we} / A_{ref,we} \times A_{ref,wb} = -106.2 \text{ kN}$$

Net windward force for bottom section

$$F_w = F_{w,wb} = 80.9 \text{ kN}$$

Lack of correlation (cl.7.2.2(3) – Note)

$$f_{corr} = 0.86 \text{ as } h/L \text{ is } 1.138$$

Overall loading bottom section

$$F_{w,b} = f_{corr} \times (F_w - F_i) = 160.0 \text{ kN}$$

Roof load case 4 - Wind 90, $c_{pi} -0.3$, $+c_{pe}$

Zone	Ext pressure coefficient c_{pe}	Peak velocity pressure q_p , (kN/m ²)	Net pressure p (kN/m ²)	Area A_{ref} (m ²)	Net force F_w (kN)
F (+ve)	-2.15	0.65	-1.21	11.47	-13.90
G (+ve)	-1.05	0.65	-0.49	11.47	-5.64
H (+ve)	-0.70	0.65	-0.26	91.76	-24.03
I (+ve)	0.20	0.65	0.33	132.88	43.50

Total vertical net force

$$F_{w,v} = -0.07 \text{ kN}$$

Total horizontal net force

$$F_{w,h} = 0.00 \text{ kN}$$

Walls load case 4 - Wind 90, $c_{pi} -0.3$, $+c_{pe}$

Zone	Ext pressure coefficient c_{pe}	Peak velocity pressure q_p , (kN/m ²)	Net pressure p (kN/m ²)	Area A_{ref} (m ²)	Net force F_w (kN)
A	-1.20	0.65	-0.59	56.34	-33.20
B	-0.80	0.65	-0.33	225.37	-73.78
C	-0.50	0.65	-0.13	22.32	-2.92
Db	0.80	0.60	0.68	229.40	156.00
Du	0.80	0.65	0.72	52.31	37.68
E	-0.51	0.65	-0.14	281.72	-38.16

Overall loading

Equiv leeward net force for upper section

$$F_i = F_{w,we} / A_{ref,we} \times A_{ref,wu} = -7.1 \text{ kN}$$

Net windward force for upper section

$$F_w = F_{w,wu} = 37.7 \text{ kN}$$

Lack of correlation (cl.7.2.2(3) – Note)

$$f_{corr} = 0.86 \text{ as } h/L \text{ is } 1.138$$

Overall loading upper section

$$F_{w,u} = f_{corr} \times (F_w - F_i) + F_{w,h} = 38.3 \text{ kN}$$

Equiv leeward net force for bottom section

$$F_i = F_{w,we} / A_{ref,we} \times A_{ref,wb} = -31.1 \text{ kN}$$

Net windward force for bottom section

$$F_w = F_{w,wb} = 156.0 \text{ kN}$$

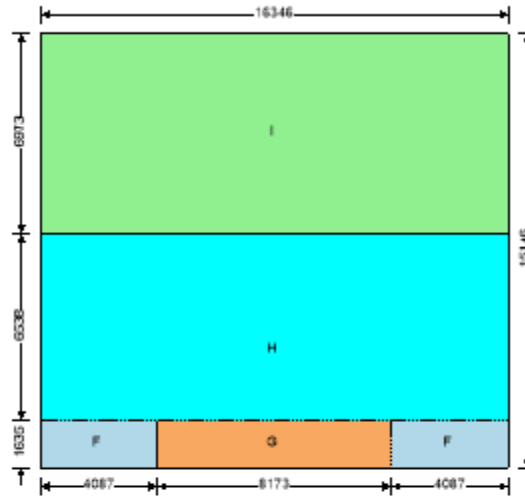
Lack of correlation (cl.7.2.2(3) – Note)

$$f_{corr} = 0.86 \text{ as } h/L \text{ is } 1.138$$

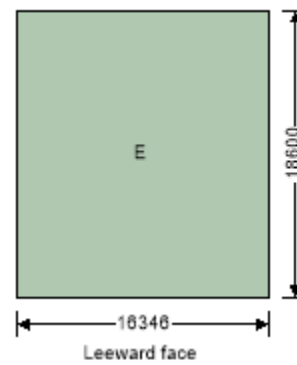
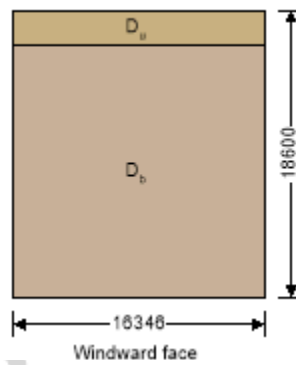
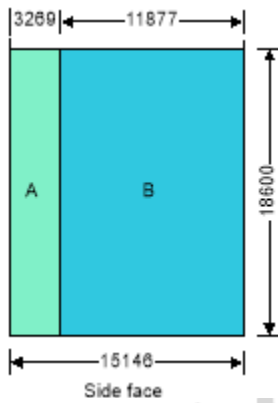
Overall loading bottom section

$$F_{w,b} = f_{corr} \times (F_w - F_i) = 160.0 \text{ kN}$$

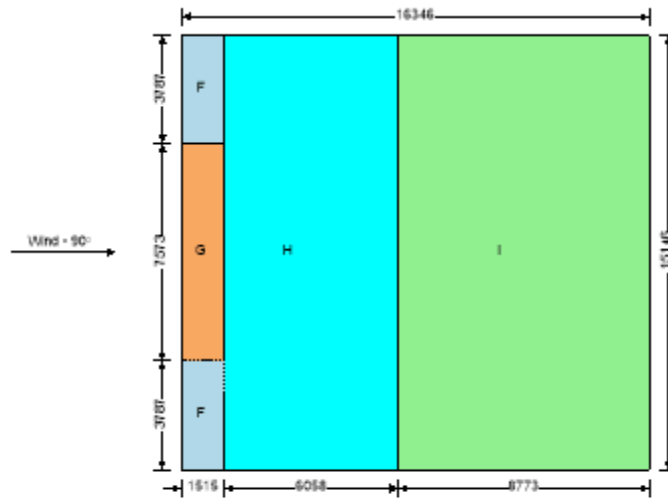
Tittel (gruppe 7) Tilfredsstille krav til brann og bæring av bygg i				Vedlegg B4	
Forfattere Hasan Güven, Ali Hussain, Brwa Aurahman				Start page no./Revision 6	
Calcs by	Calcs date 18.04.2022	Checked by	Checked date	Approved by	Approved date



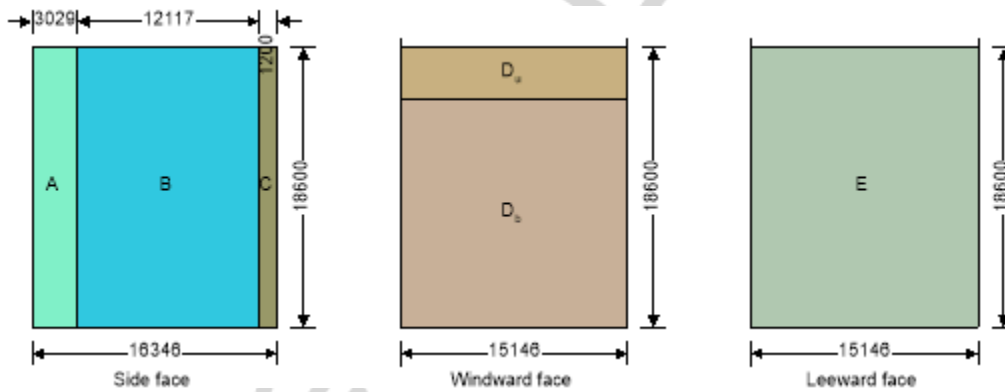
↑ Wind - D'
Plan view - Flat roof



Tittel (gruppe 7) Tilfredsstille krav til brann og bæring av bygg i				Vedlegg B4	
Forfattere Hasan Güven, Ali Hussain, Brwa Aurahman				Start page no./Revision 7	
Calcs by	Calcs date 18.04.2022	Checked by	Checked date	Approved by	Approved date



Plan view - Flat roof



Side face

Windward face

Leeward face

VEDLEGG

B5

Beregning av Skjevstillingslast	Dato 23. mai 2022	Side 1 av 1	Vedlegg B5
---	-----------------------------	-----------------------	----------------------

1. VERDIER

Merknad Det er ingen skjevstillingslast beregninger for KL-tre. For dette benyttes Eurokode 2 del 1-1 for betong.

Hentet fra NS-EN 1992-1-1:2004+A1:2014+NA:2021 (§5.2)

Helningsavvik $\theta_i = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$

Basis verdi $\theta_0 = \frac{1}{200}$

Reduksjonsfaktor for lengde $\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{l}}$
hvor $\frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1$

Reduksjonsfaktor for konstruksjonsdeler $\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)}$

Byggets høyde $l = 6 \cdot 3,1 = 18,6 \text{ m}$

Bærende vertikale elementer $m = 29$

Merknad Bærende vertikale elementer er gjennomgående fra og med fundament og opp til tak. Dette inkluderer søyler og bærende yttervegger i trestendere og KL-tre inne. Vertikalt gjelder elementene helt til endelig kant.

2. BEREGNING

Reduksjonsfaktor for lengde $\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{18,6}} = 0,464$

Reduksjonsfaktor for konstruksjonsdeler $\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{29}\right)} = 0,719$

Helningsavvik $\theta_i = \frac{1}{200} \cdot 0,464 \cdot 0,719 = 0,0017$

Merknad Den horisontale skjevstillingslasten er 0,17% av vertikale lasten fra egentlasten av bærende vertikale element. Da skjevstillingslasten utgjør en liten del av vindlasten vil skjevstillingslasten neglisjeres og erstattes av kun vindlast for forenkling i beregningene.

VEDLEGG

B6

Beregning av Dimensjonering - yttervegg	Dato 23. mai 2022	Side 1 av 11	Vedlegg B6
---	-----------------------------	------------------------	----------------------

1. BENYTTETE VEDLEGG

Vedlegg B0	Valgte materialer
Vedlegg B1	Egenlast
Vedlegg B2	Nyttelast
Vedlegg B3	Snølast
Vedlegg B4	Vindlast

1. GRENSETILSTANDER

Arealreduksjonsfaktor

Hentet fra NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019 (NA.6.3.1.2)

$$\alpha_A = \frac{5}{7} \psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1,0$$

Hentet fra NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (tabell NA.A1.1)

Merknad Faktoren bestemmes ut ifra boligbygg.

$$\psi_0 = 0,7$$

Areal

$$A_0 = 15 \text{ m}^2$$

Dekke areal+balkong

$$A = 240,8 + (11,9 \cdot 4) = 288,4 \text{ m}^2$$

$$\alpha_A = \frac{5}{7} \psi_0 + \frac{A_0}{A} = \frac{5}{7} \cdot 0,7 + \frac{15}{288,4} = 0,55$$

Benyttes for nyttelaster i dekke.

Senteravstand

cc 0,6 0,6 m

Laster

Merknad Flatelasten blir gjort om til linjelast ved multiplisering av 1m. Ved multiplisering av senteravstand blir linjelasten omgjort til punktlast.

Egenlast $35,639 \cdot 0,6 = 21,383 \text{ kN}$

Nyttelast $((0,55 \cdot 2,0 \cdot 3,0 \cdot 5) + 0,75) \cdot 0,6 = 10,350 \text{ kN}$

Arealreduksjonsfaktor inkludert. Gulv, trapp og tak.

Snølast $(2,800) \cdot 0,6 = 1,680 \text{ kN}$

Vindlast $(0,620) \cdot 0,6 = 0,372 \text{ kN}$

Dimensjonerende lastkombinasjoner ved brudd (ULS)

Hentet fra NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (6.10a, 6.10b, NA. A 1.1, NA.A1.2(B))

Bruddgrense STR: Største verdi av 6.10a eller 6.10b velges

$$6.10a \quad p_d = \Sigma(1,35 \cdot g_{egenlast}) + \Sigma(1,05 \cdot (q_{nyttelast} + q_{snølast})) + (0,9 \cdot q_{vindlast}) =$$

$$p_d = (1,35 \cdot 21,383) + (1,05 \cdot (10,350 + 1,680)) + (0,9 \cdot 0,372) = 41,833 \text{ kN}$$

Beregning av	Dato	Side	Vedlegg
Dimensjonering - yttervegg	23. mai 2022	2 av 11	B6

$$6.10b \quad p_d = \Sigma(1,2 \cdot g_{\text{egenlast}}) + (1,5 \cdot q_{\text{dominerende verdi}}) + (0,9 \cdot q_{\text{vindlast}}) + \Sigma(1,05 \cdot q_{\text{ikke dominerende verdi}}) =$$
$$p_d = (1,2 \cdot 21,383) + (1,5 \cdot 10,350) + (0,9 \cdot 0,372) + (1,05 \cdot 1,680) = 43,283 \text{ kN}$$

6.10a, $p_d = 41,833 \text{ kN} < 6.10b, p_d = 43,283 \text{ kN}$
Velger dimensjonerende last ved brudd på $p_d = 43,283 \text{ kN}$

Dimensjonerende lastkombinasjoner ved bruks (SLS)

Hentet fra NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (§6.5.3, tabell NA.A1.1)

Merknad lastfaktorene som skal multipliseres sette lik 1,0. Derfor er denne ikke tatt med i beregningene under.

Karakteristisk kombinasjon

$$6.14b \quad p_{\text{karakteristisk}} = g_k + q_{k,\text{dominerende verdi}} + \Sigma(\psi_0 \cdot q_{k,\text{ikke dominerende verdi}})$$

Ofte forekommende kombinasjon

$$6.15b \quad p_{\text{ofte}} = g_k + \psi_1 \cdot q_{k,\text{dominerende verdi}} + \Sigma(\psi_2 \cdot q_{k,\text{ikke dominerende verdi}})$$

Kvasi-permanent kombinasjon

$$6.16b \quad p_{\text{permanent}} = g_k + \Sigma(\psi_2 \cdot q_{k,\text{ikke dominerende verdi}})$$

Merknad Det velges permanent kombinasjon for å kontrollere langtidsnedbøyning forårsaket av lasten. Verdien ψ_2 velges fra tabell N1.A1.1 for boliger på 0,3. For bruksgrensetilstand inkluderes ikke senteravstand for trestendere.

$$\text{Dimensjonerende bruksgrense} \quad p_{\text{permanent}} = 35,639 + (0,3 \cdot 0,62) = 35,825 \text{ kN/m}$$

2. TRESTENDER

For trestender vil det bli gjort to analyser. Den første analysen vil gjort på overdekningen ved åpning av dør og vinduer. Den mest kritiske åpningen vil bli analysert under som bjelke. Den neste analysen vil gjøres på hver trestender i form av søyle påført en punktlast tilsvarende dimensjonerende last ved brudd.

2.1 Søyle

Karakteristisk materialfasthet

Hentet fra NS-EN 338:2016 (tabell 1)

C24

$$f_{c,0,k} = 21 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{m,0,k} = 7,4 \text{ kN/mm} = 7400 \text{ N/mm}$$

Materialkoeffisienten

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (tabell NA.2.3)

$$\gamma_M = 1,25$$

Beregning av Dimensjonering - yttervegg	Dato 23. mai 2022	Side 3 av 11	Vedlegg B6
---	-----------------------------	------------------------	----------------------

Klimaklasse

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (tabell NA.901)

Klimaklasse 1

Faktorer

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (tabell 3.1, §6.6)

Merknad k_{mod} verdien er satt til 0,8 for konstruksjonstre med mellom langtidslast og klimaklasse 1. Verdi lastfordelingsfaktor k_{sys} er valgt lik 1,0.

Dimensjonerende trykkfasthet

$$f_{c,0,d} = k_{sys} \cdot k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 13,440 \text{ N/mm}^2$$

Dimensjonerende trykkspenning

$$\sigma_{c,0,d} = \sigma_{c,90,d} = \frac{p_d}{A} = \frac{43283}{73 \cdot 198} = 2,995 \text{ N/mm}^2$$

2.1.1 Knekking om y-aksen

Relativ slankhet

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (§6.3.2))

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{59,462}{\pi} \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,008$$

$$\text{der } \lambda_y = \frac{L}{i_y} = \frac{2756}{46,349} = 59,462$$

$$\text{der } i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{31,050 \cdot 10^6}{73 \cdot 198}} = 46,349 \text{ mm}$$

$$\text{der } I_y = \frac{73 \cdot 198^3}{12} = 31,050 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Knekkfaktor

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (§6.3.2))

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,683$$

$$\text{der } k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 1,079$$

der $\beta_c = 0,2$ for konstruksjonstre

2.1.1.1 Knekkkontroll ved bruddgrense

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (§6.3.2))

Merknad kun den første brøken i likningen er tatt med som relater nedbøyning (knekking). De neste er bøyning og irrelevant for søyle.

Beregning av Dimensjonering - yttervegg	Dato 23. mai 2022	Side 4 av 11	Vedlegg B6
---	-----------------------------	------------------------	----------------------

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{2,995}{0,683 \cdot 13,440} = 0,326$$

$$0,326 \leq 1,0$$

Tilfredsstilt

2.1.2 Knekking om z-aksen

Merknad Det er anbefalt å bruke losholter fra midten av stenderen i denne aksen for å redusere knekkelengden. Dette gjør at trekonstruksjonen vil tåle påført dimensjonerende last i brudd i den svakeste aksen. For enda høyere lastpåkjenninger vil det anbefales å gå videre med andre alternativer, slikt som for eksempel økt bredde fra 48 til 73mm eller limtresøyler. Dette gjøres at ytterveggenes dimensjoner med tanke på tilfredsstillelse av andre krav kommer i betraktning og må avgjøres etter gjeldende kriterier.

Relativ slankhet

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (§6.3.2))

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{99,444}{\pi} \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,686$$

$$\text{der } \lambda_y = \frac{L}{i_z} = \frac{2756}{13,857} = 99,444$$

$$\text{der } i_y = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{1,825 \cdot 10^6}{198 \cdot 48}} = 13,857 \text{ mm}$$

$$\text{der } I_z = \frac{198 \cdot 48^3}{12} = 1,825 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Knekkfaktor

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (§6.3.2))

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,308$$

$$\text{der } k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 2,060$$

$$\text{der } \beta_c = 0,2 \text{ for konstruksjonstre}$$

2.1.2.1 Knekkkontroll ved bruddgrense

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (§6.3.2))

Merknad kun den første brøken i likningen er tatt med som relater nedbøyning (knekking). De neste er bøyning og irrelevant for søyle.

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{2,995}{0,308 \cdot 13,440} = 0,724$$

$$0,724 \leq 1,0$$

Beregning av Dimensjonering - yttervegg	Dato 23. mai 2022	Side 5 av 11	Vedlegg B6
---	-----------------------------	------------------------	----------------------

Tilfredsstilt

2.2 Bjelke (overdekning)

Merknad Den mest påkjente bjelken blir analysert. I dette tilfellet er den største åpningen fra vinduet fra trappesjakten. Åpningen er på hele 1916 mm. Inkludert trestendere med bredde på 48 mm på hver side vil bjelken ha en total lengde på 2012 mm. Da det gir resultater i bruksgrensetilstand (SLS) med deformasjoner som overskrider kravene er det valgt å redusere spennvidden, åpning av vindu, samt valgt å bytte ut trevirke med limtre bjelke. Bjelken får dermed total lengde på 1800 mm.

Karakteristisk materialfasthet

Hentet fra NS-EN 14080:2013+NA:2016 (tabell 5)

Gl 30 h

$$f_{m,g,k} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,g,k} = 3,5 \text{ N/mm}^2$$

Materialkoeffisienten

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (tabell NA.2.3)

$$\gamma_M = 1,15$$

Faktorer

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (tabell 3.1, §6.6)

Merknad k_{mod} verdien er satt til 0,8 for limtre med mellomlangtisdlast og klimaklasse 1. Verdi lastfordelingsfaktor k_{sys} er valgt lik 1,1 da vi har lastfordeling på hver side.

$$f_{m,d} = k_{sys} \cdot k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 22,957 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{sys} \cdot k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 2,678 \text{ N/mm}^2$$

Dimensjonerende krefter og spenninger

$$M_{Ed} = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{43,283 \cdot 1,800^2}{8} = 17,530 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \cdot M_{Ed}}{b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 17,530 \cdot 10^6}{198 \cdot 1800^2} = 0,164 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Ed} = \frac{q \cdot L}{2} = \frac{43,283 \cdot 1,800}{2} = 38,955 \text{ kN}$$

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (§6.5.2(2))

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V_{Ed}}{b \cdot h} = \frac{1,5 \cdot 38,955 \cdot 10^3}{198 \cdot 1800} = 0,164 \text{ N/mm}^2$$

Beregning av Dimensjonering - yttervegg	Dato 23. mai 2022	Side 6 av 11	Vedlegg B6
---	-----------------------------	------------------------	----------------------

2.2.1 Bøyekontroll ved bruddgrense

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (§6.3.3(3 og 5))

Merknad k_{crit} settes lik 1,0.

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d}$$

$$0,164 \text{ N/mm}^2 \leq 1,0 \cdot 22,957 = 22,957 \text{ N/mm}^2$$

Tilfredsstilt

2.2.2 Skjærkontroll ved bruddgrense

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (§6.1.7)

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

$$0,164 \text{ N/mm}^2 \leq 2,678 \text{ N/mm}^2$$

Tilfredsstilt

2.2.3 Nedbøyningskontroll ved bruksgrense

Karakteristisk materialfasthet

Hentet fra NS-EN 14080:2013+NA:2016 (tabell 5)

Gl 30 h

$$E_{0,g,mean} = 13600 \text{ N/mm}^2$$

Materialkoeffisienten

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (tabell NA.2.3)

Merknad materialkoeffisienten blir satt til 1,0 ved brukgrensetilstand.

$$\gamma_M = 1,0$$

Arealtreghetsmomenten

$$I_y = \frac{198 \cdot 198^3}{12} = 128,079 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Nedbøyning ved SLS

Merknad nedbøyning kontrolleres i henhold til statikk beregninger der nedbøyning skjer maks i midten på en fritt opplagt bjelke.

$$\Delta_{maks,egenlast} = \frac{5 \cdot p_{permanent,egenlast} \cdot l^4}{384 \cdot E_{m,0,mean} \cdot I_y} = \frac{5 \cdot 35,639 \cdot 1800^4}{384 \cdot 13600 \cdot 128,079 \cdot 10^6} = 2,797 \text{ mm}$$

Beregning av Dimensjonering - yttervegg	Dato 23. mai 2022	Side 7 av 11	Vedlegg B6
---	-----------------------------	------------------------	----------------------

$$\Delta_{maks,vindlast} = \frac{5 \cdot p_{permanent,ikke\ dominerende} \cdot l^4}{384 \cdot E_{m,0,mean} \cdot I_y} = \frac{5 \cdot (0,3 \cdot 0,62) \cdot 1800^4}{384 \cdot 13600 \cdot 128,079 \cdot 10^6} = 0,015 \text{ mm}$$

Deformasjonsfaktor

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (tabell 3.2 og tabell NA.901)

Merknad Faktoren bestemmes ut ifra klimaklasse 1 for utvendig trestender vegg.

$$k_{def} = 0,6$$

Hentet fra NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (tabell NA.A1.1)

Merknad Faktoren bestemmes ut ifra boligbygg.

$$\Psi_2 = 0,3$$

$$\Psi_0 = 0,7$$

Deformasjon

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (§2.2.3)

u_{inst} umiddelbar deformasjon også kalt for Δ_{maks} , i dette vedlegget

u_{fin} endelig deformasjon

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q_1} + \sum u_{fin,Q_i}$$

Der $u_{fin,G} = u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def})$ for en permanent last g

$u_{fin,Q_1} = u_{inst,Q_1} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def})$ for den dominerende lasten q

$u_{fin,Q_i} = u_{inst,Q_i} \cdot (\Psi_0 + \Psi_2 \cdot k_{def})$ for den ikke dominerende lasten q

Merknad for bruksgrensetilstand er det valgt å se for permanent last. Dette fører til det kun blir tatt hensyn til permanent last fra egenlasten og ikke dominerende last fra vindlasten.

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 2,797 \cdot (1 + 0,6) = 4,475 \text{ mm}$$

$$u_{fin,Q_i} = u_{inst,Q_i} \cdot (\Psi_0 + \Psi_2 \cdot k_{def}) = 0,015 \cdot (0,7 + 0,3 \cdot 0,6) = 0,013 \text{ mm}$$

Endelig deformasjon

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q_i} = 4,475 + 0,013 = 4,488 \text{ mm}$$

Nedbøyningskontroll

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (§ 7.2, tabell NA.7.2)

Merknad Kontrollen gjøres mot deformasjonen. Merk at i tabell NA.7.2 vil nedbøyningskontrollen skilles både for bjelke på to opplegg og utkragede bjelker. Det gjøres kontroll for bjelke på to opplegg.

W_{inst} umiddelbar nedbøyning

$W_{net,fin}$ netto endelig nedbøyning

W_{fin} endelig nedbøyning

Beregning av Dimensjonering - yttervegg	Dato 23. mai 2022	Side 8 av 11	Vedlegg B6
---	-----------------------------	------------------------	----------------------

$$W_{inst} = \frac{l}{300} = \frac{1800}{300} = 6 \text{ mm} \geq u_{fin} = 4,488 \text{ mm} \quad \text{tilfredsstilt}$$

$$W_{net,fin} = \frac{l}{250} = \frac{1800}{250} = 7,2 \text{ mm} \geq u_{fin} = 4,488 \text{ mm} \quad \text{tilfredsstilt}$$

$$W_{fin} = \frac{l}{150} = \frac{1800}{150} = 12 \text{ mm} \geq u_{fin} = 4,488 \text{ mm} \quad \text{tilfredsstilt}$$

Beregning av Dimensjonering - yttervegg	Dato 23. mai 2022	Side 9 av 11	Vedlegg B6
---	-----------------------------	------------------------	----------------------

3. BRANNDIMENSJONERING

Lastkombinasjon ved brann

Hentet fra NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (§6.4.3.3, tabell N1.A1.1)
Merknad lastfaktorene som skal multipliseres sette lik 1,0. Derfor er denne ikke tatt med i beregningene under.

Lastkombinasjoner for dimensjonerende ulykkessituasjoner (brann)

$$6.11b \quad p_{brann} = g_k + (\psi_2 \cdot q_{k, \text{dominerende verdi}}) + \Sigma(\psi_2 \cdot q_{k, \text{ikke dominerende verdi}}) =$$
$$p_{brann} = 21,639 + (0,3 \cdot 10,350) + (0,3 \cdot (1,680 + 0,372)) = 25,360 \text{ kN}$$

3.1 Effektiv forkullingsdybde

Nominell forkullingsdybde

Bestemme bruk av β_0 eller β_n

Hentet fra: NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 (§ 3.4.2(3))

$$b_{min} = \begin{cases} \frac{2 \cdot d_{char,0} + 80}{8,15 \cdot d_{char,0}} = \frac{197 \text{ mm}}{476,8 \text{ mm}} & \text{for } d_{char,0} \geq 13 \text{ mm} \\ & \text{for } d_{char,0} < 13 \text{ mm} \end{cases}$$

der

Hentet fra: NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 (§ 3.4.2(1))

$d_{char,0}$ er forkullingsdybde for én endimensjonal

$$d_{char,0} = \beta_0 \cdot t = 0,65 \cdot 90 = 58,5 \text{ mm}$$

Hentet fra: NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 (tabell 3.1)

$$\beta_0 = 0,65 \text{ mm/min}$$

Hentet fra: TEK 17 (2022), §11.4 (Brannklasse: 3)

$$t = 90 \text{ minutter}$$

Valgt dybde 198 mm > $b_{min} = 197 \text{ mm}$

β_0 verdier brukes

Hentet fra NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 (tabell 3.1)

$$\beta_0 = 0,65 \text{ mm/min}$$

Hentet fra NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 (§3.4.3.3(2 og 4))

Merknad det legges til to gipsplater/brannplater av type F i 15 mm tykkelse på den ene siden. h_p er tykkelsen på platen i mm.

$$t_{ch} = 2,8 \cdot h_p - 14 = 2,8 \cdot (15 + (0,8 \cdot 15)) - 14 = 61,6 \text{ min}$$

$$d_{char,n} = \beta_0 \cdot t = 0,65 \cdot (90 - 61,6) = 18,46 \text{ mm}$$

Hentet fra TEK 17 (2022), §11.4

Brannklasse 3

Krav til tid 90 minutter

$$t = 90$$

bærende vegg

Dybde av lag med antatt ingen styrke og stivhet

Hentet fra NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010, §4.2.2

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

Beregning av Dimensjonering - yttervegg	Dato 23. mai 2022	Side 10 av 11	Vedlegg B6
---	-----------------------------	-------------------------	----------------------

Koeffisient for ubeskyttede flater

Hentet fra NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 (tabell 4.1)

$$k_0 = 1,0$$

Effektiv forkullingsdybde

Hentet fra NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 (§4.2.2)

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 25,46 \text{ mm}$$

Kontroll

Valgt tykkelse 198 mm > effektiv forkullingsdybde 25,46 mm

Tilfredsstilt

3.2 Effektivt tverrsnitt

Merknad kun den ene siden blir utsatt for et brannforløp.

Bredde $b_{eff} = b = 48 \text{ mm}$

Dybde $h_{eff} = h - d_{ef} = 198 - 25,46 = 172,54 \text{ mm}$

3.3 Knekkkontroll om den svakeste aksene y

Karakteristisk materialfasthet

Hentet fra NS-EN 338:2016 (tabell 1)

C24

$$f_{c,0,k} = 21 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{m,0,k} = 7,4 \text{ kN/mm} = 7400 \text{ N/mm}$$

Materialkoeffisienten

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (tabell NA.2.3)

$$\gamma_M = 1,25$$

Klimaklasse

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (tabell NA.901)

Klimaklasse 1

Faktorer

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (tabell 3.1, §6.6)

Merknad k_{mod} verdien er satt til 0,8 for konstruksjonstre med mellom langtidslast og klimaklasse 1. Verdi lastfordelingsfaktor k_{sys} er valgt lik 1,0.

Dimensjonerende trykkfasthet

$$f_{c,0,d} = k_{sys} \cdot k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 13,440 \text{ N/mm}^2$$

Dimensjonerende trykkspenning

$$\sigma_{c,0,d} = \sigma_{c,90,d} = \frac{p_{brann}}{A} = \frac{25360}{48 \cdot 172,54} = 3,062 \text{ N/mm}^2$$

3.3.1 Knekking om y-aksen

Relativ slankhet

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (§6.3.2))

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{55,332}{\pi} \sqrt{\frac{21}{7400}} = 0,938$$

$$\text{der } \lambda_y = \frac{L}{i_y} = \frac{2756}{49,808} = 55,332$$

$$\text{der } i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{20,546 \cdot 10^6}{48 \cdot 172,54}} = 49,808 \text{ mm}$$

$$\text{der } I_y = \frac{48 \cdot 172,54^3}{12} = 20,546 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Knekkfaktor

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (§6.3.2))

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,734$$

$$\text{der } k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 1,004$$

$$\text{der } \beta_c = 0,2 \text{ for konstruksjonstre}$$

3.3.2 Knekkekontroll

Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (§6.3.2))

Merknad kun den første brøken i likningen er tatt med som relater nedbøyning (knekking). De neste er bøyning og irrelevant for søyle.

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{3,062}{0,734 \cdot 13,440} = 0,310$$

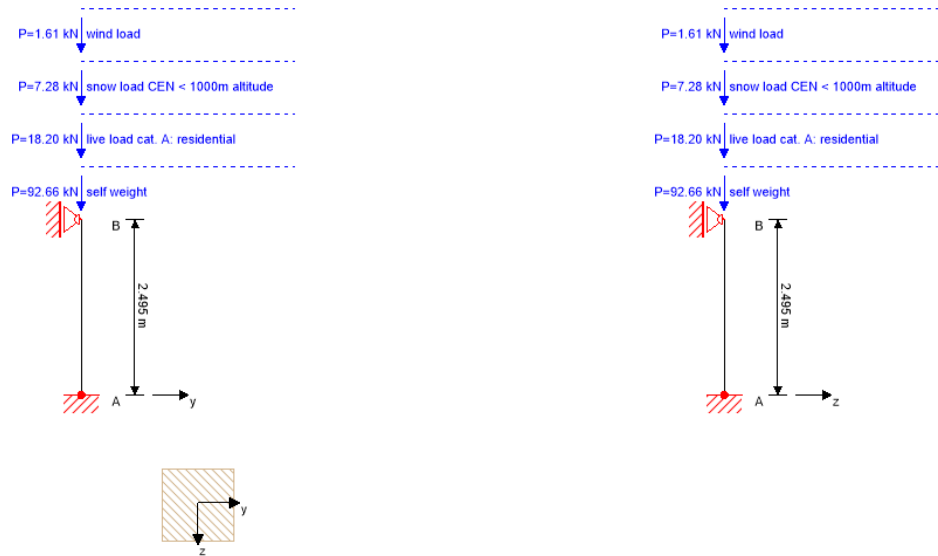
$$0,310 \leq 1,0$$

Tilfredsstilt

VEDLEGG

B7

system



global utilization ratio				9 %
ULS	9 %	ULS fire	6 %	

section: wooden beam 35/35

	section width	section height	area	ly	lz
	[cm]	[cm]	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm ⁴]
	35	35	122,500	1,250,521,000	1,250,521,000

section fire: wooden beam 35/35

	section width	section height	area	ly	lz			
	[cm]	[cm]	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm ⁴]			
	21	21	44,100	162,067,600	162,067,600			
fire resistance class:R 90			time 90 min					
fire protection layering : no additional fire protection			k ₀	d ₀	d _{char,0,h}	d _{ef,h}	d _{char,0,v}	d _{ef,v}
			[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
			1	7	63.0	140.0	63.0	140.0

material values

material	f _{m,k}	f _{t,0,k}	f _{t,90,k}	f _{c,0,k}	f _{c,90,k}	f _{v,k}	f _{r,k min}	E _{0,mean}	G _{mean}	E _{0,5}
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
GL 30h	30.00	24.00	0.50	30.00	2.50	2.50	1.20	13,600.00	650.00	11,300.00

load

load case groups

	load case category	type	duration	Kmod	γ _{inf}	γ _{sup}	Ψ ₀	Ψ ₁	Ψ ₂
LC1	self weight	G	permanent	0.5	1	1.35	1	1	1
LC2	live load cat. A: residential	Q	medium term	0.65	0	1.5	0.7	0.5	0.3
LC3	snow load CEN < 1000m altitude	Q	short term	0.7	0	1.5	0.5	0.2	0
LC4	wind load	Q	short term	0.7	0	1.5	0.6	0.2	0



LC1:self weight

vertical load		
P _k	ex. y	ex. z
[kN]	[m]	[m]
92.661	0.00	0.00

LC2:live load cat. A: residential

vertical load		
P _k	ex. y	ex. z
[kN]	[m]	[m]
18.2	0.00	0.00

LC3:snow load CEN < 1000m altitude

vertical load		
P _k	ex. y	ex. z
[kN]	[m]	[m]
7.28	0.00	0.00

LC4:wind load

vertical load		
P _k	ex. y	ex. z
[kN]	[m]	[m]
1.612	0.00	0.00

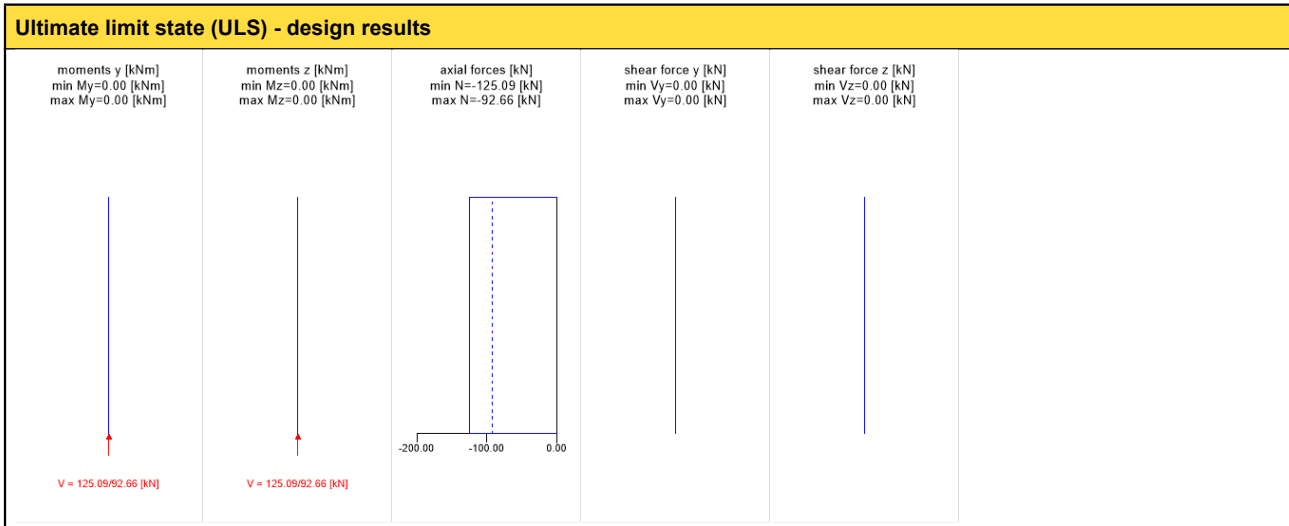
ULS combinations

	combination rule
LCO1	1.35/1.00 * LC1
LCO2	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2
LCO3	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3
LCO4	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC4
LCO5	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3
LCO6	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2
LCO7	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC4
LCO8	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4
LCO9	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2
LCO10	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3

ULS combinations fire

	combination rule
LCO1	1.00/1.00 * LC1
LCO2	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO3	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO4	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO5	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO6	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO7	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO8	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO9	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO10	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3





ULS flexural design

dist.	$f_{m,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{t,0,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,z}$	$k_{h,m,y}$	$k_{h,m,z}$	k_l	$f_{m,y,d}$	$f_{m,z,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$
[m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
0.0	30.00	30.00	24.00	1.25	0.50	1.00	1.06	1.06	1.00	12.66	12.66	9.60	12.00
$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{m,z,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	ratio					
[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]						
0.00	0.00	-125.09	0.00	0.00	0.00	1.02	0.00	9 %	LCO1				

ULS shear analysis Y

dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{h,v}$	$f_{v,d}$	V_d	$T_{v,d}$	ratio		
[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]			
2.5	2.50	1.25	0.70	1.00	1.40	0.00	0.00	0 %	LCO10	

ULS shear analysis Z

dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{h,v}$	$f_{v,d}$	V_d	$T_{v,d}$	ratio		
[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]			
2.5	2.50	1.25	0.70	1.00	1.40	0.00	0.00	0 %	LCO10	

flexural stress analysis

$M_{y,d} = 0.00$ kNm	$f_{m,k} = 30.00$ N/mm ²
$M_{z,d} = 0.00$ kNm	$f_{m,k,z} = 30.00$ N/mm ²
$N_{c,d} = -125.09$ kN	$\gamma_m = 1.25$ -
	$k_{mod} = 0.50$ -
	$k_{sys,y} = 1.00$ -
	$k_{h,m,y} = 1.06$ -
	$k_{h,m,z} = 1.06$ -
	$k_l = 1.00$ -
$\sigma_{c,d} = 1.02$ N/mm ²	$f_{c,0,d} = 12.00$ N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} = 0.00$ N/mm ²	$f_{m,y,d} = 12.66$ N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} = 0.00$ N/mm ² <	$f_{m,z,d} = 12.66$ N/mm ² ✓
utilization ratio	9 %

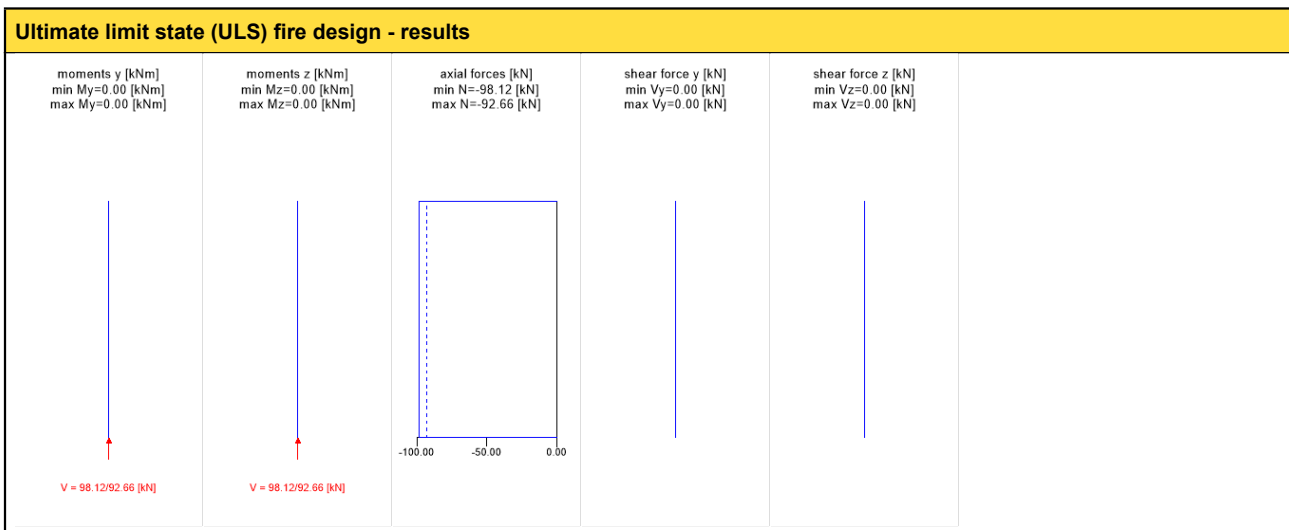
shear stress analysis Y

$V_d = 0.00$ kN	$f_{v,k} = 2.50$ N/mm ²
	$\gamma_m = 1.25$ -
	$k_{mod} = 0.70$ -
	$k_{h,v} = 1.00$ -
$T_{v,d} = 0.00$ N/mm ² <	$f_{v,d} = 1.40$ N/mm ² ✓
utilization ratio	0 %



shear stress analysis Z				
$V_d =$	0.00	kN	$f_{v,k} =$	2.50 N/mm ²
			$\gamma_m =$	1.25 -
			$k_{mod} =$	0.70 -
			$k_{h,v} =$	1.00 -
$\tau_{v,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{v,d} =$	1.40 N/mm ² ✓
utilization ratio				0 %

shear stress analysis				
$V_{y,d} =$	0.00	kN	$V_{z,d} =$	0.00 kN
$f_{v,k} =$	0.00	N/mm ²	$\gamma_m =$	1.25 -
$f_{v,d} =$	0.00	N/mm ²	$k_{mod} =$	0.00 -
$\tau_{v,y,d} =$	0.00	N/mm ²	$\tau_{v,z,d} =$	0.00 N/mm ²
utilization ratio				0 %



ULS fire flexural design

dist.	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	k_{fi}	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$
[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
0.0	1.25	0.50	1.00	1.00	30.00	12.66	9.60	12.00
$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	ratio		
[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			
0.00	-98.12	0.00	0.00	2.22	0.00	6 %		LCO2

ULS fire shear analysis Y

dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	k_{fi}	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	ratio	
[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
2.5	2.50	1.00	1.00	1.00	1.15	2.88	0.00	0.00	0 %	LCO10

ULS fire shear analysis Z

dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	k_{fi}	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	ratio	
[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
2.5	2.50	1.00	1.00	1.00	1.15	2.88	0.00	0.00	0 %	LCO10



flexural stress analysis fire			
$M_{y,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k} =$ 30.00 N/mm ²
$M_{z,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k,z} =$ 30.00 N/mm ²
$N_{c,d} =$	-98.12	kN	$\gamma_m =$ 1.00 -
			$k_{mod} =$ 1.00 -
			$k_{sys,y} =$ 1.00 -
			$k_{h,m,y} =$ 1.10 -
			$k_{h,m,z} =$ 1.10 -
			$k_{fi} =$ 1.00 -
			$k_{fi} =$ 1.15 -
$\sigma_{c,d} =$	2.22	N/mm ²	$f_{c,0,d} =$ 34.50 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{m,y,d} =$ 37.95 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{m,z,d} =$ 37.95 N/mm ²
		<	✓
utilization ratio			6 %

shear stress analysis Y fire			
$V_d =$	0.00	kN	$f_{v,k} =$ 2.50 N/mm ²
			$\gamma_m =$ 1.00 -
			$k_{mod} =$ 1.00 -
			$k_{h,v} =$ 1.00 -
			$k_{fi} =$ 1.15 -
$\tau_{v,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{v,d} =$ 2.88 N/mm ²
		<	✓
utilization ratio			0 %

shear stress analysis Z fire			
$V_d =$	0.00	kN	$f_{v,k} =$ 2.50 N/mm ²
			$\gamma_m =$ 1.00 -
			$k_{mod} =$ 1.00 -
			$k_{h,v} =$ 1.00 -
			$k_{fi} =$ 1.15 -
$\tau_{v,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{v,d} =$ 2.88 N/mm ²
		<	✓
utilization ratio			0 %

shear stress analysis fire			
$V_{y,d} =$	0.00	kN	$V_{z,d} =$ 0.00 kN
$f_{v,k} =$	0.00	N/mm ²	$\gamma_m =$ 1.00 -
			$k_{fi} =$ 1.15 -
$f_{v,d} =$	0.00	N/mm ²	$k_{mod} =$ 0.00 -
$\tau_{v,y,d} =$	0.00	N/mm ²	$\tau_{v,z,d} =$ 0.00 N/mm ²
utilization ratio			0 %

support reaction								
load case category	k_{mod}	A_y	A_z	B_x	B_y	B_z	B_{my}	B_{mz}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
self weight	0.5	0.00	0.00	92.66	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	92.66	0.00	0.00	0.00	0.00
live load cat. A: residential	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	18.20	0.00	0.00	0.00	0.00
snow load CEN < 1000m altitude	0.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	7.28	0.00	0.00	0.00	0.00
wind load	0.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	1.61	0.00	0.00	0.00	0.00

note

- Valg:
- Vegg: Den mest kritiske bærende søyle i 1. etasje.
 - Material: GL 30h
 - Safety class: SC3 (EC1990, tabell B1)
 - Service class: 3 (EC1995-1-1, NA.901)
 - Load combination factor: 2. (EC1990, §6.4.3.3, NA.A1.1)
 - Ksys: 1,0 (EC1995-1-1, §6.6(2))



reference documents for this analysis

English title	description
CERTIFICATE NO. EUFI29-20000564-C	Product certificate
LVL G by Stora Enso_Structural design manual column&beam_V01	Design manual
ETA 20_0291 LVL G by Stora Enso	ETA

Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

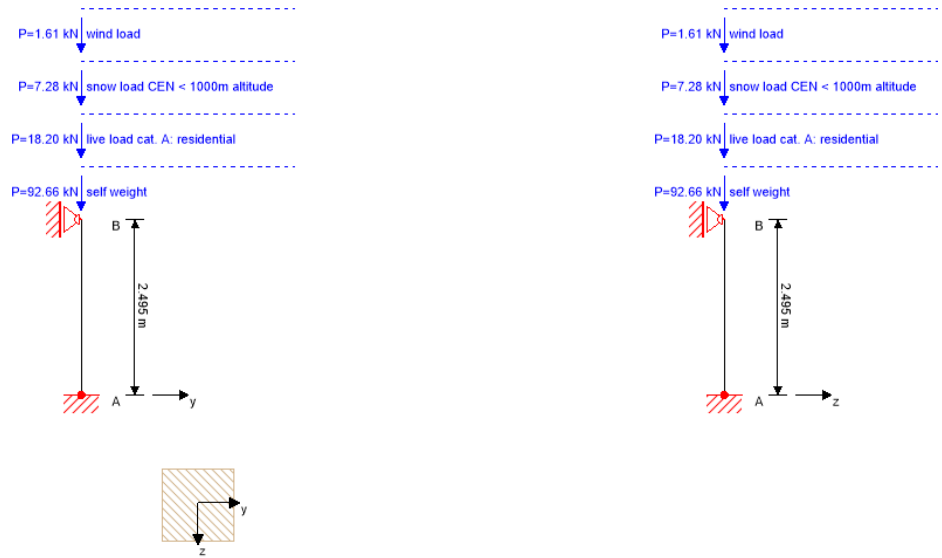
Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



VEDLEGG

B8

system



global utilization ratio		79 %
ULS	26 %	ULS fire 79 %

section: wooden beam 20/20

	section width	section height	area	ly	lz
	[cm]	[cm]	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm ⁴]
	20	20	40,000	133,333,300	133,333,300

section fire: wooden beam 20/20

	section width	section height	area	ly	lz
	[cm]	[cm]	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm ⁴]
	6	6	3,600	1,080,000	1,080,000

fire resistance class: R 90 time: **90 min**

fire protection layering : no additional fire protection

k ₀	d ₀	d _{char,0,h}	d _{ef,h}	d _{char,0,v}	d _{ef,v}
[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	7	63.0	140.0	63.0	140.0

material values

material	f _{m,k}	f _{t,0,k}	f _{t,90,k}	f _{c,0,k}	f _{c,90,k}	f _{v,k}	f _{r,k min}	E _{0,mean}	G _{mean}	E _{0,5}
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
GL 30h	30.00	24.00	0.50	30.00	2.50	2.50	1.20	13,600.00	650.00	11,300.00

load

load case groups

	load case category	type	duration	Kmod	γ _{inf}	γ _{sup}	Ψ ₀	Ψ ₁	Ψ ₂
LC1	self weight	G	permanent	0.5	1	1.35	1	1	1
LC2	live load cat. A: residential	Q	medium term	0.65	0	1.5	0.7	0.5	0.3
LC3	snow load CEN < 1000m altitude	Q	short term	0.7	0	1.5	0.5	0.2	0
LC4	wind load	Q	short term	0.7	0	1.5	0.6	0.2	0



LC1:self weight**vertical load**

P _k	ex. y	ex. z
[kN]	[m]	[m]
92.661	0.00	0.00

LC2:live load cat. A: residential**vertical load**

P _k	ex. y	ex. z
[kN]	[m]	[m]
18.2	0.00	0.00

LC3:snow load CEN < 1000m altitude**vertical load**

P _k	ex. y	ex. z
[kN]	[m]	[m]
7.28	0.00	0.00

LC4:wind load**vertical load**

P _k	ex. y	ex. z
[kN]	[m]	[m]
1.612	0.00	0.00

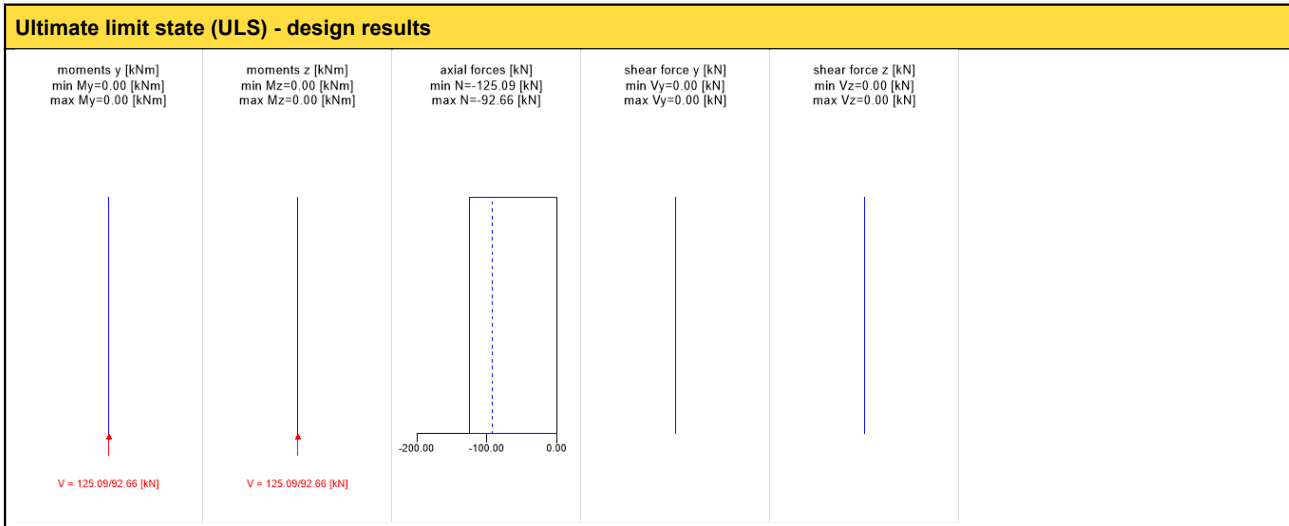
ULS combinations

	combination rule
LCO1	1.35/1.00 * LC1
LCO2	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2
LCO3	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3
LCO4	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC4
LCO5	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3
LCO6	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2
LCO7	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC4
LCO8	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4
LCO9	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2
LCO10	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3

ULS combinations fire

	combination rule
LCO1	1.00/1.00 * LC1
LCO2	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO3	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO4	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO5	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO6	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO7	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO8	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO9	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO10	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3





ULS flexural design

dist.	f _{m,k}	f _{c,0,k}	f _{t,0,k}	γ _m	k _{mod}	k _{sys,z}	k _{h,m,y}	k _{h,m,z}	k _i	f _{m,y,d}	f _{m,z,d}	f _{t,0,d}	f _{c,0,d}
[m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
0.0	30.00	30.00	24.00	1.25	0.50	1.00	1.10	1.10	1.00	13.20	13.20	9.60	12.00
M _{y,d}	M _{z,d}	N _{c,d}	N _{t,d}	σ _{m,y,d}	σ _{m,z,d}	σ _{c,d}	σ _{t,d}	ratio					
[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]						
0.00	0.00	-125.09	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00	26 %	LCO1				

ULS shear analysis Y

dist.	f _{v,k}	γ _m	k _{mod}	k _{h,v}	f _{v,d}	V _d	T _{v,d}	ratio		
[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]			
2.5	2.50	1.25	0.70	1.00	1.40	0.00	0.00	0 %	LCO10	

ULS shear analysis Z

dist.	f _{v,k}	γ _m	k _{mod}	k _{h,v}	f _{v,d}	V _d	T _{v,d}	ratio		
[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]			
2.5	2.50	1.25	0.70	1.00	1.40	0.00	0.00	0 %	LCO10	

flexural stress analysis

M _{y,d} = 0.00 kNm	f _{m,k} = 30.00 N/mm ²
M _{z,d} = 0.00 kNm	f _{m,k,z} = 30.00 N/mm ²
N _{c,d} = -125.09 kN	γ _m = 1.25 -
	k _{mod} = 0.50 -
	k _{sys,y} = 1.00 -
	k _{h,m,y} = 1.10 -
	k _{h,m,z} = 1.10 -
	k _i = 1.00 -
σ _{c,d} = 3.13 N/mm ²	f _{c,0,d} = 12.00 N/mm ²
σ _{m,y,d} = 0.00 N/mm ²	f _{m,y,d} = 13.20 N/mm ²
σ _{m,z,d} = 0.00 N/mm ² <	f _{m,z,d} = 13.20 N/mm ² ✓
utilization ratio	26 %

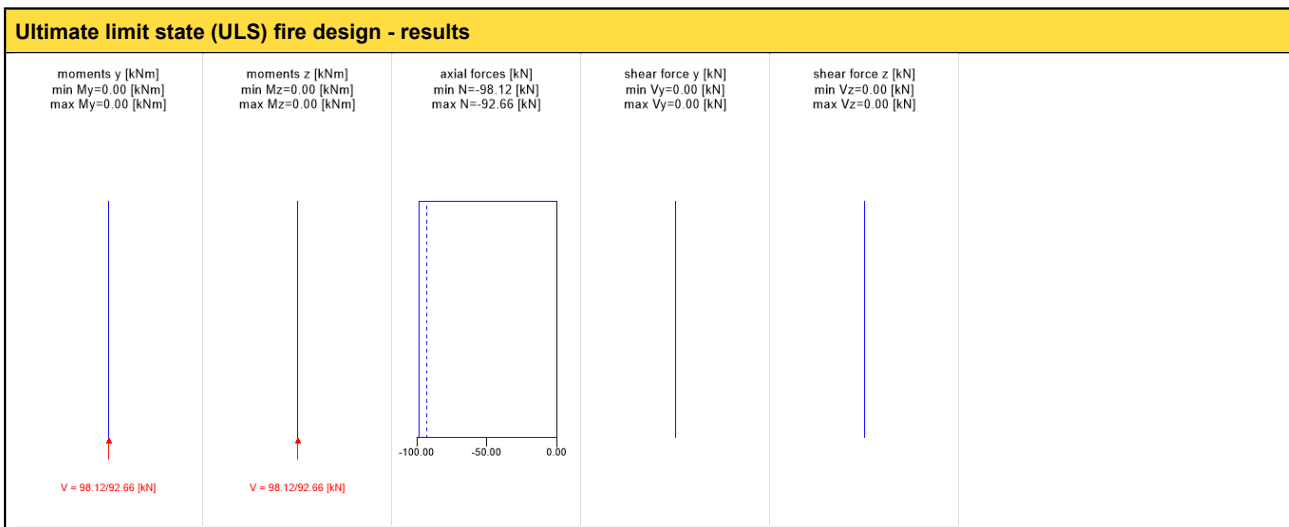
shear stress analysis Y

V _d = 0.00 kN	f _{v,k} = 2.50 N/mm ²
	γ _m = 1.25 -
	k _{mod} = 0.70 -
	k _{h,v} = 1.00 -
T _{v,d} = 0.00 N/mm ² <	f _{v,d} = 1.40 N/mm ² ✓
utilization ratio	0 %



shear stress analysis Z			
$V_d =$	0.00	kN	
			$f_{v,k} = 2.50$ N/mm ²
			$\gamma_m = 1.25$ -
			$k_{mod} = 0.70$ -
			$k_{h,v} = 1.00$ -
$\tau_{v,d} =$	0.00	N/mm ²	< $f_{v,d} = 1.40$ N/mm ² ✓
utilization ratio			0 %

shear stress analysis			
$V_{y,d} =$	0.00	kN	$V_{z,d} = 0.00$ kN
$f_{v,k} =$	0.00	N/mm ²	$\gamma_m = 1.25$ -
$f_{v,d} =$	0.00	N/mm ²	$k_{mod} = 0.00$ -
$\tau_{v,y,d} =$	0.00	N/mm ²	$\tau_{v,z,d} = 0.00$ N/mm ²
utilization ratio			0 %



ULS fire flexural design

dist.	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	k_{fi}	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$
[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
0.0	1.25	0.50	1.00	1.00	30.00	13.20	9.60	12.00
$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	ratio		
[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			
0.00	-98.12	0.00	0.00	27.26	0.00	79 %	LCO2	

ULS fire shear analysis Y

dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	k_{fi}	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	ratio	
[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
2.5	2.50	1.00	1.00	1.00	1.15	2.88	0.00	0.00	0 %	LCO10

ULS fire shear analysis Z

dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	k_{fi}	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	ratio	
[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
2.5	2.50	1.00	1.00	1.00	1.15	2.88	0.00	0.00	0 %	LCO10



flexural stress analysis fire			
$M_{y,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k} =$ 30.00 N/mm ²
$M_{z,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k,z} =$ 30.00 N/mm ²
$N_{c,d} =$	-98.12	kN	$\gamma_m =$ 1.00 -
			$k_{mod} =$ 1.00 -
			$k_{sys,y} =$ 1.00 -
			$k_{h,m,y} =$ 1.10 -
			$k_{h,m,z} =$ 1.10 -
			$k_{fi} =$ 1.00 -
			$k_{fi} =$ 1.15 -
$\sigma_{c,d} =$	27.26	N/mm ²	$f_{c,0,d} =$ 34.50 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{m,y,d} =$ 37.95 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{m,z,d} =$ 37.95 N/mm ²
		<	✓
utilization ratio			79 %

shear stress analysis Y fire			
$V_d =$	0.00	kN	$f_{v,k} =$ 2.50 N/mm ²
			$\gamma_m =$ 1.00 -
			$k_{mod} =$ 1.00 -
			$k_{h,v} =$ 1.00 -
			$k_{fi} =$ 1.15 -
$\tau_{v,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{v,d} =$ 2.88 N/mm ²
		<	✓
utilization ratio			0 %

shear stress analysis Z fire			
$V_d =$	0.00	kN	$f_{v,k} =$ 2.50 N/mm ²
			$\gamma_m =$ 1.00 -
			$k_{mod} =$ 1.00 -
			$k_{h,v} =$ 1.00 -
			$k_{fi} =$ 1.15 -
$\tau_{v,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{v,d} =$ 2.88 N/mm ²
		<	✓
utilization ratio			0 %

shear stress analysis fire			
$V_{y,d} =$	0.00	kN	$V_{z,d} =$ 0.00 kN
$f_{v,k} =$	0.00	N/mm ²	$\gamma_m =$ 1.00 -
			$k_{fi} =$ 1.15 -
$f_{v,d} =$	0.00	N/mm ²	$k_{mod} =$ 0.00 -
$\tau_{v,y,d} =$	0.00	N/mm ²	$\tau_{v,z,d} =$ 0.00 N/mm ²
utilization ratio			0 %

support reaction								
load case category	k_{mod}	A_y	A_z	B_x	B_y	B_z	B_{my}	B_{mz}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
self weight	0.5	0.00	0.00	92.66	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	92.66	0.00	0.00	0.00	0.00
live load cat. A: residential	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	18.20	0.00	0.00	0.00	0.00
snow load CEN < 1000m altitude	0.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	7.28	0.00	0.00	0.00	0.00
wind load	0.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	1.61	0.00	0.00	0.00	0.00

note

- Valg:
- Vegg: Den mest kritiske bærende søyle i 1. etasje.
 - Material: GL 30h
 - Safety class: SC3 (EC1990, tabell B1)
 - Service class: 3 (EC1995-1-1, NA.901)
 - Load combination factor: 2. (EC1990, §6.4.3.3, NA.A1.1)
 - Ksys: 1,0 (EC1995-1-1, §6.6(2))



reference documents for this analysis

English title	description
CERTIFICATE NO. EUFI29-20000564-C	Product certificate
LVL G by Stora Enso_Structural design manual column&beam_V01	Design manual
ETA 20_0291 LVL G by Stora Enso	ETA

Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

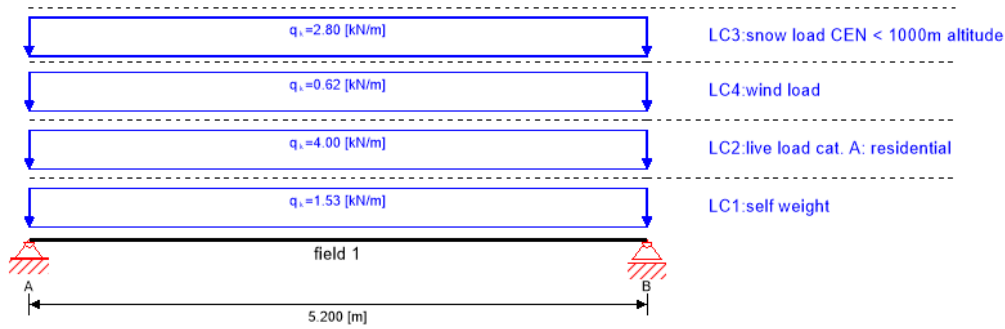
Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



VEDLEGG

B9

system



global utilization ratio							22 %				
ULS	22 %	ULS fire	6 %	SLS	16 %	SLS vibration	0 %	support	-1 %	void	-1 %

section: wooden beam 35/40.5

	section width	section height	area	ly	lz
	[cm]	[cm]	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm ⁴]
	35	40.5	141,750	1,937,545,000	1,447,031,000

section fire: wooden beam 35/40.5

	section width	section height	area	ly	lz
	[cm]	[cm]	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm ⁴]
	21	33.5	70,350	657,919,200	258,536,300

fire resistance class:R 90	time	90 min				
fire protection layering : no additional fire protection	k ₀	d ₀	d _{char,0,h}	d _{ef,h}	d _{char,0,v}	d _{ef,v}
	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
	1	7	63.0	70.0	63.0	140.0

material values

material	f _{m,k}	f _{t,0,k}	f _{t,90,k}	f _{c,0,k}	f _{c,90,k}	f _{v,k}	f _{r,k min}	E _{0,mean}	G _{mean}	E _{0,5}
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
GL 30h	30.00	24.00	0.50	30.00	2.50	2.50	1.20	13,600.00	650.00	11,300.00

load

load case groups

	load case category	type	duration	Kmod	γ _{inf}	γ _{sup}	Ψ ₀	Ψ ₁	Ψ ₂
LC1	self weight	G	permanent	0.5	1	1.35	1	1	1
LC2	live load cat. A: residential	Q	medium term	0.65	0	1.5	0.7	0.5	0.3
LC3	snow load CEN < 1000m altitude	Q	short term	0.7	0	1.5	0.5	0.2	0
LC4	wind load	Q	short term	0.7	0	1.5	0.6	0.2	0

LC1:self weight

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	1.53



LC2:live load cat. A: residential

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	4.00

LC3:snow load CEN < 1000m altitude

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	2.80

LC4:wind load

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	0.62

ULS combinations

	combination rule
LCO1	1.35/1.00 * LC1
LCO2	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2
LCO3	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3
LCO4	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC4
LCO5	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3
LCO6	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2
LCO7	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC4
LCO8	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4
LCO9	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2
LCO10	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3

ULS combinations fire

	combination rule
LCO11	1.00/1.00 * LC1
LCO12	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO13	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO14	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO15	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO16	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO17	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO18	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO19	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO20	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3

SLS characteristic combination

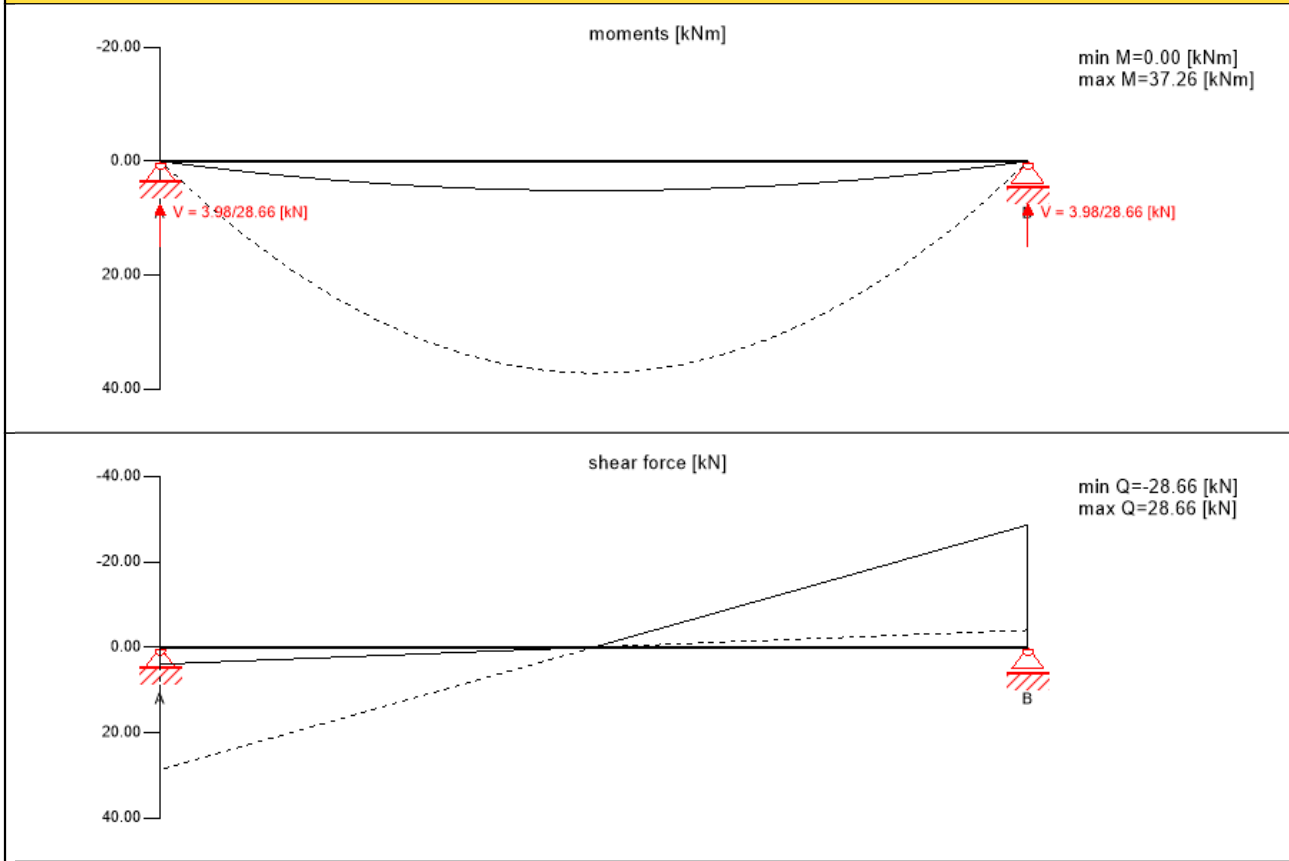
	combination rule
LCO21	1.00/1.00 * LC1
LCO22	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.50 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.60 * LC4
LCO23	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.60 * LC4
LCO24	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.50 * LC3

SLS quasi-permanent combination

	combination rule
LCO25	1.00/1.00 * LC1
LCO26	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO27	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO28	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3



Ultimate limit state (ULS) - design results



ULS flexural design

field	dist.	$f_{m,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{t,0,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,z}$	$k_{h,m,y}$	$k_{h,m,z}$	k_l	$f_{m,y,d}$	$f_{m,z,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$
	[m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
1	2.6	30.00	30.00	24.00	1.25	0.70	1.00	1.04	1.06	1.00	17.47	17.73	13.44	16.80
field	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{m,z,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	ratio					
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]						
1	37.26	0.00	0.00	0.00	3.89	0.00	0.00	0.00	22 %	LCO7				

ULS shear analysis

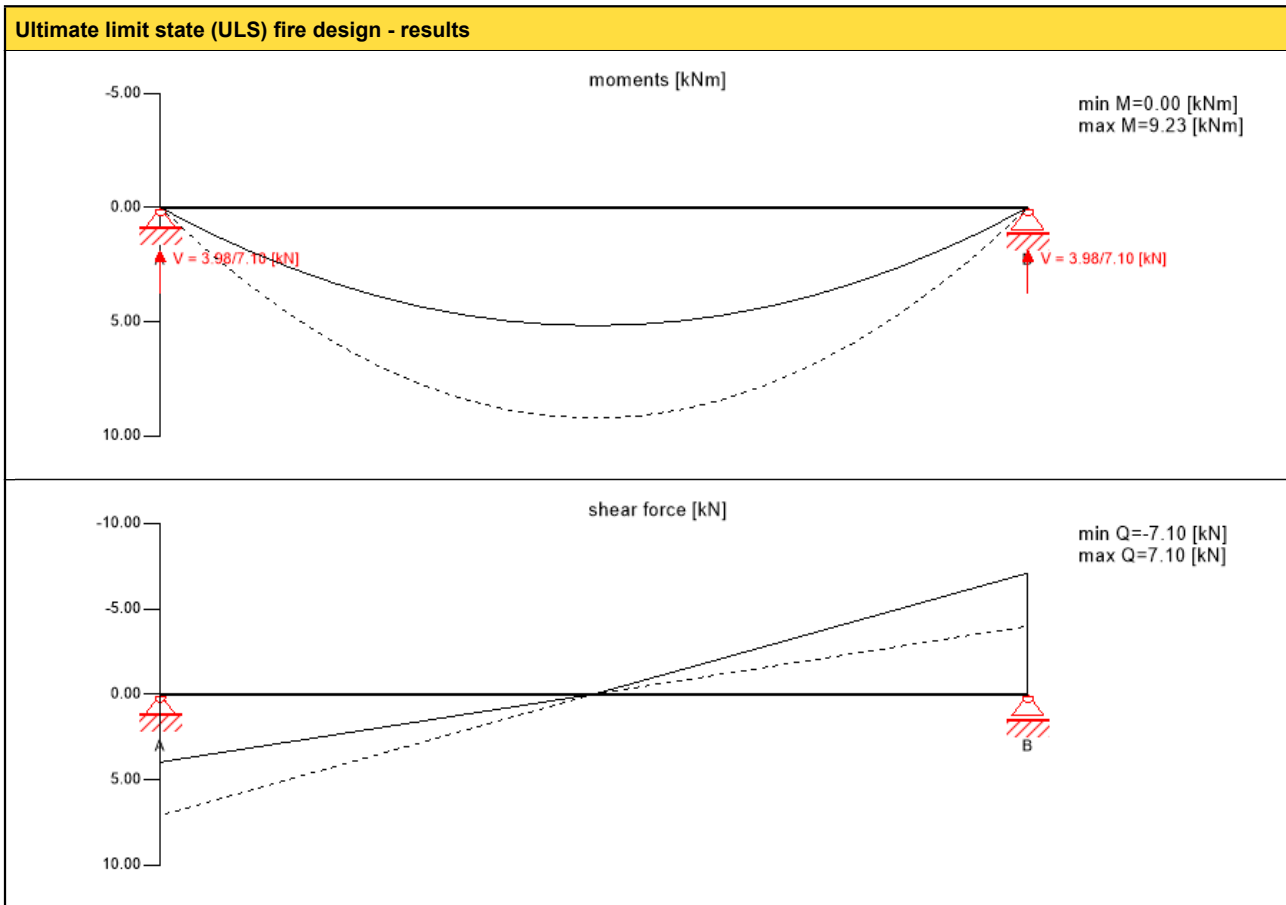
field	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{h,v}$	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	0.41	2.50	1.25	0.70	1.00	1.40	24.20	0.26	18 %	LCO7

flexural stress analysis

$M_{y,d} =$	37.26	kNm	$f_{m,k} =$	30.00	N/mm ²
$M_{z,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k,z} =$	30.00	N/mm ²
$N_{t,d} =$	0.00	kN	$\gamma_m =$	1.25	-
			$k_{mod} =$	0.70	-
			$k_{sys,y} =$	1.00	-
			$k_{h,m,y} =$	1.04	-
			$k_{h,m,z} =$	1.06	-
			$k_l =$	1.00	-
$\sigma_{t,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{t,0,d} =$	13.44	N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	3.89	N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	17.47	N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	17.73	N/mm ²
utilization ratio				22 %	



shear stress analysis					
$V_d =$	24.20	kN	$f_{v,k} =$	2.50	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1.25	-
			$k_{mod} =$	0.70	-
			$k_{h,v} =$	1.00	-
$T_{v,d} =$	0.26	N/mm ²	$f_{v,d} =$	1.40	N/mm ²
		<			✓
utilization ratio					18 %



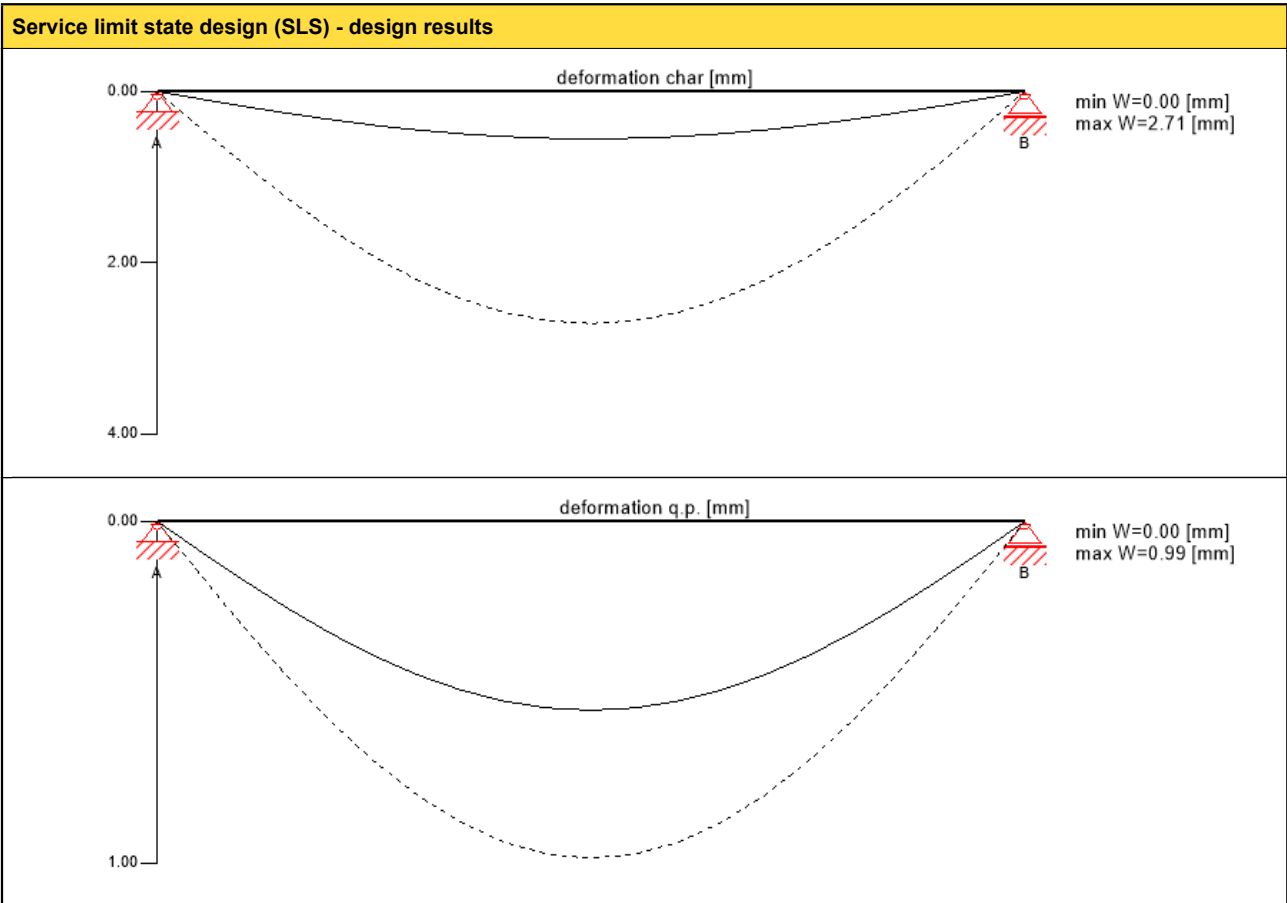
ULS fire flexural design															
field	dist.	$f_{m,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{t,0,k}$	γ_m	k_{mod}	k_{fi}	$k_{sys,z}$	$k_{h,m,y}$	$k_{h,m,z}$	k_l	$f_{m,y,d}$	$f_{m,z,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$
	[m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
1	2.6	30.00	30.00	24.00	1.25	0.70	1.00	1.00	1.04	1.06	1.00	17.47	17.73	13.44	16.80
field	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{m,z,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	ratio						
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]							
1	37.26	0.00	0.00	0.00	3.89	0.00	0.00	0.00	22 %	LCO7					

ULS fire shear analysis											
field	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{h,v}$	k_{fi}	$f_{v,d}$	V_d	$T_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	0.34	2.50	1.00	1.00	1.00	1.15	2.88	6.18	0.13	5 %	LCO12



flexural stress analysis fire					
$M_{y,d} =$	9.23	kNm	$f_{m,k} =$	30.00	N/mm ²
$M_{z,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k,z} =$	30.00	N/mm ²
$N_{t,d} =$	0.00	kN	$\gamma_m =$	1.00	-
			$k_{mod} =$	1.00	-
			$k_{sys,y} =$	1.00	-
			$k_{h,m,y} =$	1.06	-
			$k_{h,m,z} =$	1.10	-
			$k_i =$	1.00	-
			$k_{fi} =$	1.15	-
$\sigma_{t,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{t,0,d} =$	27.60	N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	2.35	N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	36.57	N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	37.95	N/mm ²
		<			✓
utilization ratio					6 %

shear stress analysis fire					
$V_d =$	6.18	kN	$f_{v,k} =$	2.50	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1.00	-
			$k_{mod} =$	1.00	-
			$k_{h,v} =$	1.00	-
			$k_{fi} =$	1.15	-
$\tau_{v,d} =$	0.13	N/mm ²	$f_{v,d} =$	2.88	N/mm ²
		<			✓
utilization ratio					5 %



$w_{inst} = w[char]$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	2	L/300	17.3	2.7	16 %

$w_{fin} = w[char] + w[q.p.]*k_{def}$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	2	L/150	34.7	4.7	14 %



$W_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$					
field	K_{def}	limit	W_{limit}	$W_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	2	L/250	20.8	3.0	14 %

support reaction			
load case category	k_{mod}	A_V	B_V
		[kN]	
self weight	0.5	3.98	3.98
		3.98	3.98
live load cat. A: residential	0.65	10.40	10.40
		0.00	0.00
snow load CEN < 1000m altitude	0.7	7.28	7.28
		0.00	0.00
wind load	0.7	1.61	1.61
		0.00	0.00

note

Valg:

- Vegg: Den mest kritiske bærende bjelke i 1. etasje.
- Material: GL 30h
- Safety class: SC3 (EC1990, tabell B1)
- Service class: 3 (EC1995-1-1, NA.901)
- Load combination factor: 2. (EC1990, §6.4.3.3, NA.A1.1)
- Ksys: 1,0 (EC1995-1-1, §6.6(2))
- Grenseverdier for nedbøyninger: W_{inst} , $W_{net,fin}$, W_{fin} (EC1995-1-1, tabell NA.7.2)

reference documents for this analysis

English title	description
CERTIFICATE NO. EUFI29-20000564-C	Product certificate
LVL G by Stora Enso_Structural design manual column&beam_V01	Design manual
ETA 20_0291 LVL G by Stora Enso	ETA

Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

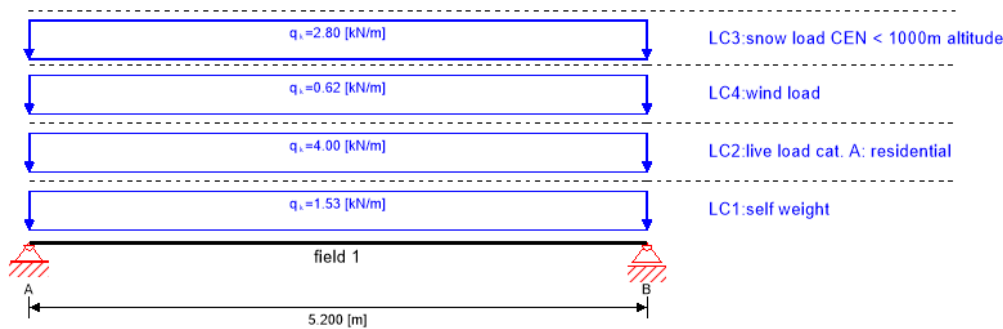
Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



VEDLEGG

B10

system



global utilization ratio							39 %				
ULS	39 %	ULS fire	22 %	SLS	27 %	SLS vibration	0 %	support	-1 %	void	-1 %

section: wooden beam 20/40.5

	section width	section height	area	ly	lz
	[cm]	[cm]	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm ⁴]
	20	40.5	81,000	1,107,169,000	270,000,000

section fire: wooden beam 20/40.5

	section width	section height	area	ly	lz
	[cm]	[cm]	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm ⁴]
	6	33.5	20,100	187,976,900	6,030,000

fire resistance class: R 90	time	90 min				
fire protection layering : no additional fire protection	k ₀	d ₀	d _{char,0,h}	d _{ef,h}	d _{char,0,v}	d _{ef,v}
	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
	1	7	63.0	70.0	63.0	140.0

material values

material	f _{m,k}	f _{t,0,k}	f _{t,90,k}	f _{c,0,k}	f _{c,90,k}	f _{v,k}	f _{r,k min}	E _{0,mean}	G _{mean}	E _{0,5}
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
GL 30h	30.00	24.00	0.50	30.00	2.50	2.50	1.20	13,600.00	650.00	11,300.00

load

load case groups

	load case category	type	duration	Kmod	γ _{inf}	γ _{sup}	Ψ ₀	Ψ ₁	Ψ ₂
LC1	self weight	G	permanent	0.5	1	1.35	1	1	1
LC2	live load cat. A: residential	Q	medium term	0.65	0	1.5	0.7	0.5	0.3
LC3	snow load CEN < 1000m altitude	Q	short term	0.7	0	1.5	0.5	0.2	0
LC4	wind load	Q	short term	0.7	0	1.5	0.6	0.2	0

LC1: self weight

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	1.53



LC2:live load cat. A: residential

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	4.00

LC3:snow load CEN < 1000m altitude

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	2.80

LC4:wind load

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	0.62

ULS combinations

	combination rule
LCO1	1.35/1.00 * LC1
LCO2	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2
LCO3	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3
LCO4	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC4
LCO5	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3
LCO6	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2
LCO7	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC4
LCO8	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4
LCO9	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2
LCO10	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3

ULS combinations fire

	combination rule
LCO11	1.00/1.00 * LC1
LCO12	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO13	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO14	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO15	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO16	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO17	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO18	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO19	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO20	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3

SLS characteristic combination

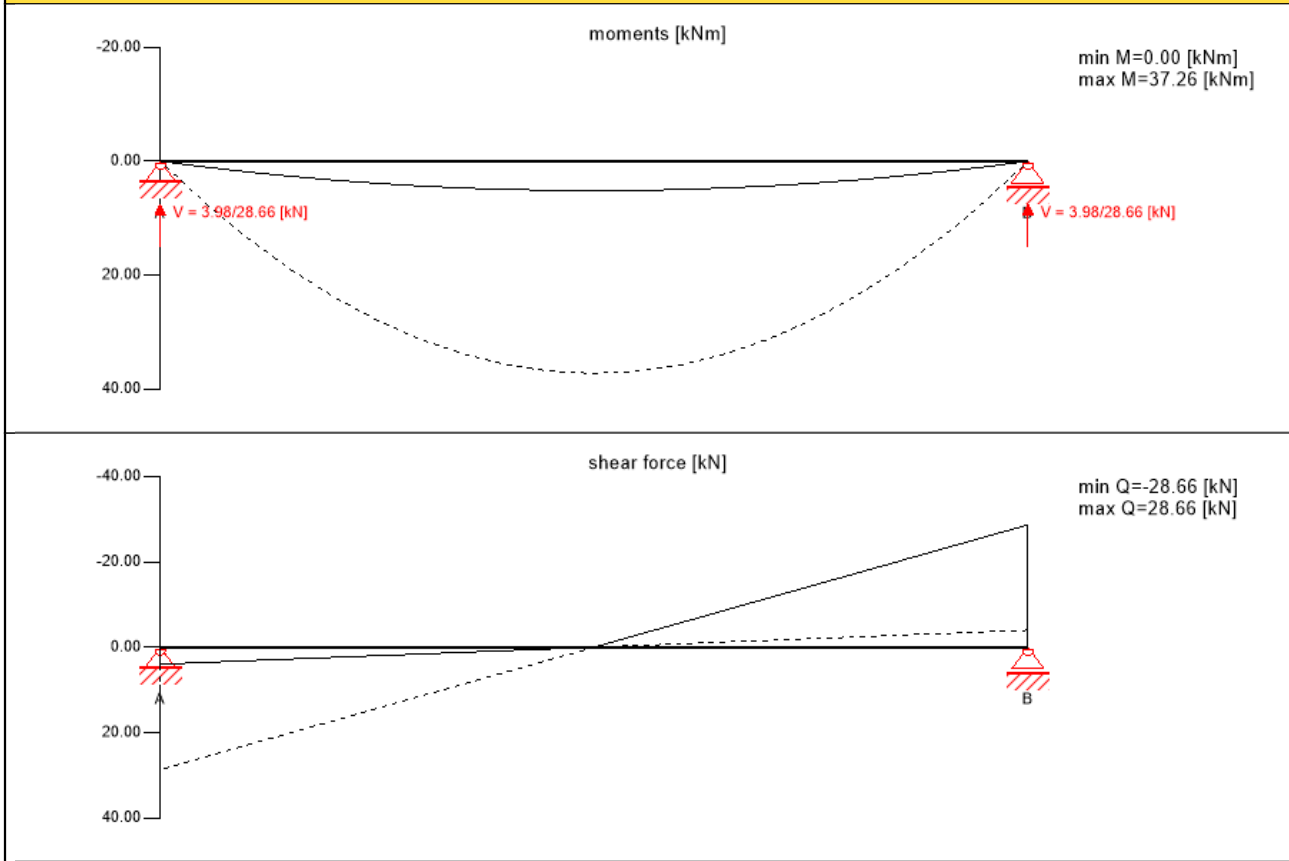
	combination rule
LCO21	1.00/1.00 * LC1
LCO22	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.50 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.60 * LC4
LCO23	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.60 * LC4
LCO24	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.50 * LC3

SLS quasi-permanent combination

	combination rule
LCO25	1.00/1.00 * LC1
LCO26	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO27	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO28	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3



Ultimate limit state (ULS) - design results



ULS flexural design

field	dist.	$f_{m,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{t,0,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,z}$	$k_{h,m,y}$	$k_{h,m,z}$	k_l	$f_{m,y,d}$	$f_{m,z,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$
	[m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
1	2.6	30.00	30.00	24.00	1.25	0.70	1.00	1.04	1.10	1.00	17.47	18.48	13.44	16.80
field	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{m,z,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	ratio					
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]						
1	37.26	0.00	0.00	0.00	6.81	0.00	0.00	0.00	39 %	LCO7				

ULS shear analysis

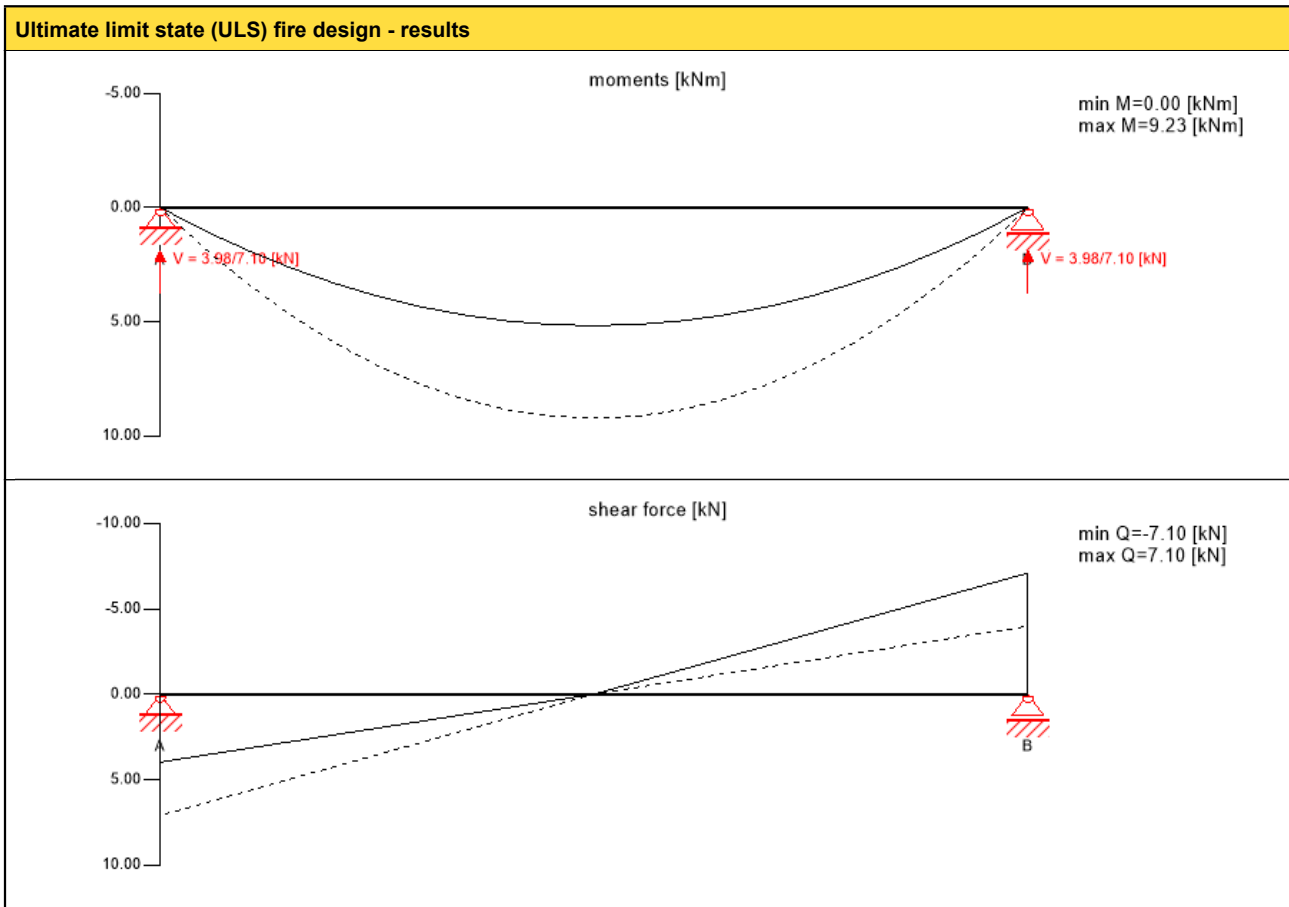
field	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{h,v}$	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	0.41	2.50	1.25	0.70	1.00	1.40	24.20	0.45	32 %	LCO7

flexural stress analysis

$M_{y,d} =$	37.26	kNm	$f_{m,k} =$	30.00	N/mm ²
$M_{z,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k,z} =$	30.00	N/mm ²
$N_{t,d} =$	0.00	kN	$\gamma_m =$	1.25	-
			$k_{mod} =$	0.70	-
			$k_{sys,y} =$	1.00	-
			$k_{h,m,y} =$	1.04	-
			$k_{h,m,z} =$	1.10	-
			$k_l =$	1.00	-
$\sigma_{t,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{t,0,d} =$	13.44	N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	6.81	N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	17.47	N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	18.48	N/mm ²
utilization ratio			39 %		



shear stress analysis					
$V_d =$	24.20	kN	$f_{v,k} =$	2.50	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1.25	-
			$k_{mod} =$	0.70	-
			$k_{h,v} =$	1.00	-
$T_{v,d} =$	0.45	N/mm ²	$f_{v,d} =$	1.40	N/mm ²
		<			✓
utilization ratio					32 %



ULS fire flexural design															
field	dist.	$f_{m,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{t,0,k}$	γ_m	k_{mod}	k_{fi}	$k_{sys,z}$	$k_{h,m,y}$	$k_{h,m,z}$	k_l	$f_{m,y,d}$	$f_{m,z,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$
	[m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
1	2.6	30.00	30.00	24.00	1.25	0.70	1.00	1.00	1.04	1.10	1.00	17.47	18.48	13.44	16.80
field	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{m,z,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	ratio						
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]							
1	37.26	0.00	0.00	0.00	6.81	0.00	0.00	0.00	39 %	LCO7					

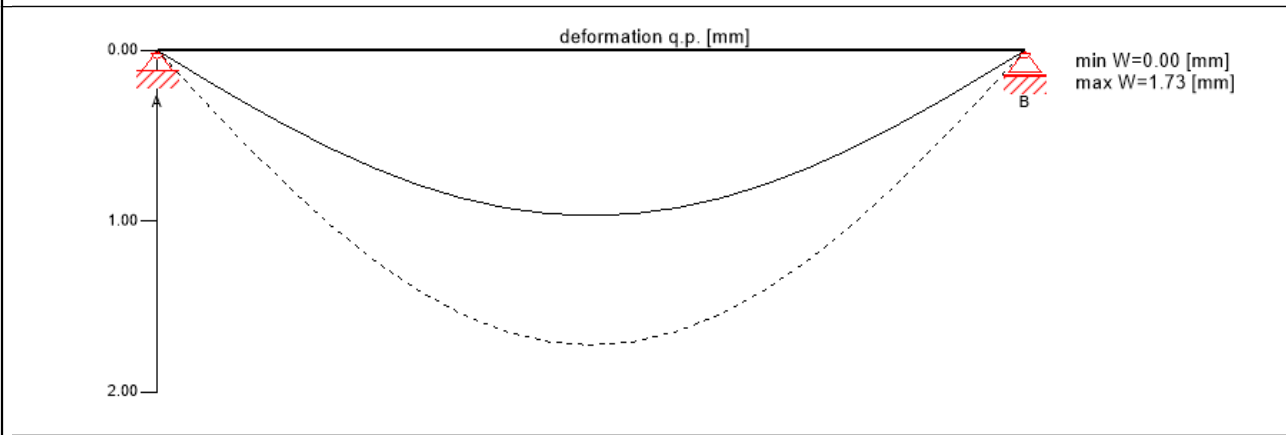
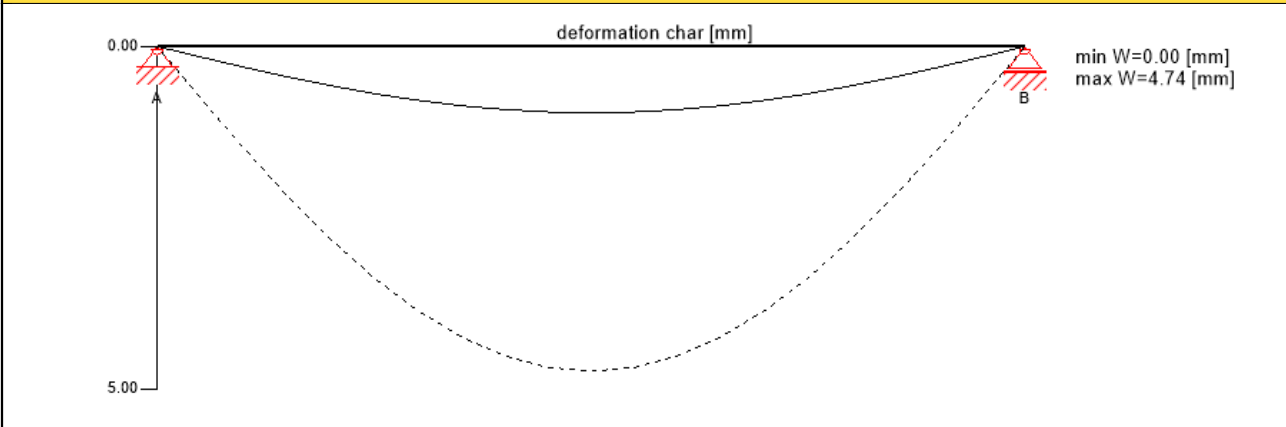
ULS fire shear analysis											
field	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{h,v}$	k_{fi}	$f_{v,d}$	V_d	$T_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	0.34	2.50	1.00	1.00	1.00	1.15	2.88	6.18	0.46	16 %	LCO12



flexural stress analysis fire					
$M_{y,d} =$	9.23	kNm	$f_{m,k} =$	30.00	N/mm ²
$M_{z,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k,z} =$	30.00	N/mm ²
$N_{t,d} =$	0.00	kN	$\gamma_m =$	1.00	-
			$k_{mod} =$	1.00	-
			$k_{sys,y} =$	1.00	-
			$k_{h,m,y} =$	1.06	-
			$k_{h,m,z} =$	1.10	-
			$k_{fi} =$	1.00	-
			$k_{fi} =$	1.15	-
$\sigma_{t,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{t,0,d} =$	27.60	N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	8.22	N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	36.57	N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	37.95	N/mm ²
		<			✓
utilization ratio					22 %

shear stress analysis fire					
$V_d =$	6.18	kN	$f_{v,k} =$	2.50	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1.00	-
			$k_{mod} =$	1.00	-
			$k_{h,v} =$	1.00	-
			$k_{fi} =$	1.15	-
$T_{v,d} =$	0.46	N/mm ²	$f_{v,d} =$	2.88	N/mm ²
		<			✓
utilization ratio					16 %

Service limit state design (SLS) - design results



$w_{inst} = w[char]$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	2	L/300	17.3	4.7	27 %

$w_{fin} = w[char] + w[q.p.] * k_{def}$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	2	L/150	34.7	8.2	24 %



$W_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$					
field	K_{def}	limit	W_{limit}	$W_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	2	L/250	20.8	5.2	25 %

support reaction			
load case category	k_{mod}	A_V	B_V
		[kN]	
self weight	0.5	3.98	3.98
		3.98	3.98
live load cat. A: residential	0.65	10.40	10.40
		0.00	0.00
snow load CEN < 1000m altitude	0.7	7.28	7.28
		0.00	0.00
wind load	0.7	1.61	1.61
		0.00	0.00

note

Valg:

- Vegg: Den mest kritiske bærende bjelke i 1. etasje.
- Material: GL 30h
- Safety class: SC3 (EC1990, tabell B1)
- Service class: 3 (EC1995-1-1, NA.901)
- Load combination factor: 2. (EC1990, §6.4.3.3, NA.A1.1)
- Ksys: 1,0 (EC1995-1-1, §6.6(2))
- Grenseverdier for nedbøyninger: W_{inst} , $W_{net,fin}$, W_{fin} (EC1995-1-1, tabell NA.7.2)

reference documents for this analysis

English title	description
CERTIFICATE NO. EUFI29-20000564-C	Product certificate
LVL G by Stora Enso_Structural design manual column&beam_V01	Design manual
ETA 20_0291 LVL G by Stora Enso	ETA

Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

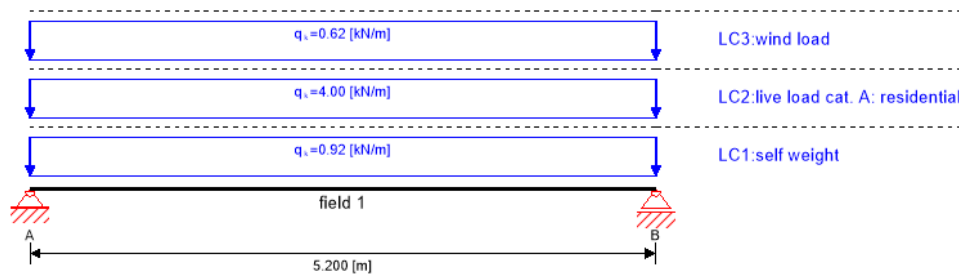
Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



VEDLEGG

B11

system



global utilization ratio						10 %			
ULS	5 %	ULS fire	2 %	SLS	10 %	SLS vibration	0 %	support	-1 %

section: CLT 200 L5s

	layer	thickness	orientation	material
	1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	2	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	3	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	4	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	5	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
t_{CLT}		200.0 mm		

section fire: CLT 200 L5s

	layer	thickness	orientation	material					
	1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)					
	2	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)					
	3	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)					
	4	34.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)					
t_{CLT}		154.0 mm							
fire resistance class: R 60		time		60 min					
fire protection layering : no additional fire protection		k ₀	d ₀	d _{char,0,h}	d _{ef,h}	d _{char,0,v}	d _{ef,v}		
	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
	1	7	39.0	46.0	0.0	0.0			

material values

material	f _{m,k}	f _{t,0,k}	f _{t,90,k}	f _{c,0,k}	f _{c,90,k}	f _{v,k}	f _{r,k min}	E _{0,mean}	G _{mean}	G _{r,mean}
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
C24 spruce ETA (2019)	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,000.00	690.00	50.00

load

load case groups

	load case category	type	duration	K _{mod}	γ _{inf}	γ _{sup}	Ψ ₀	Ψ ₁	Ψ ₂
LC1	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1
LC2	live load cat. A: residential	Q	medium term	0.8	0	1.5	0.7	0.5	0.3
LC3	wind load	Q	short term	0.9	0	1.5	0.6	0.2	0



LC1:self weight**continuous load**

field	load at start
	[kN/m]
1	0.92

LC2:live load cat. A: residential**continuous load**

field	load at start
	[kN/m]
1	4.00

LC3:wind load**continuous load**

field	load at start
	[kN/m]
1	0.62

ULS combinations

	combination rule
LCO1	$1.35/1.00 * LC1$
LCO2	$1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2$
LCO3	$1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC3$
LCO4	$1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3$
LCO5	$1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2$

ULS combinations fire

	combination rule
LCO6	$1.00/1.00 * LC1$
LCO7	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2$
LCO8	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3$
LCO9	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3$
LCO10	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2$

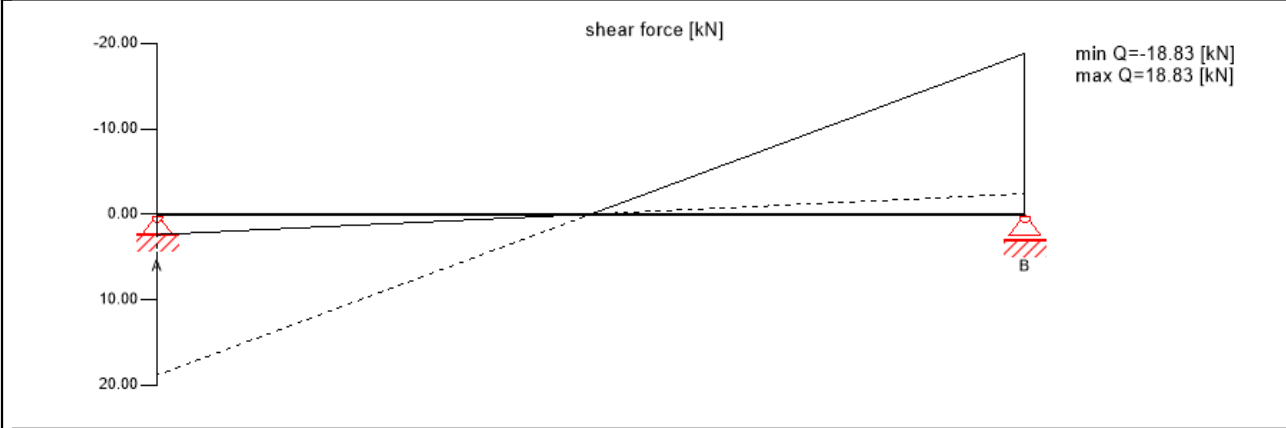
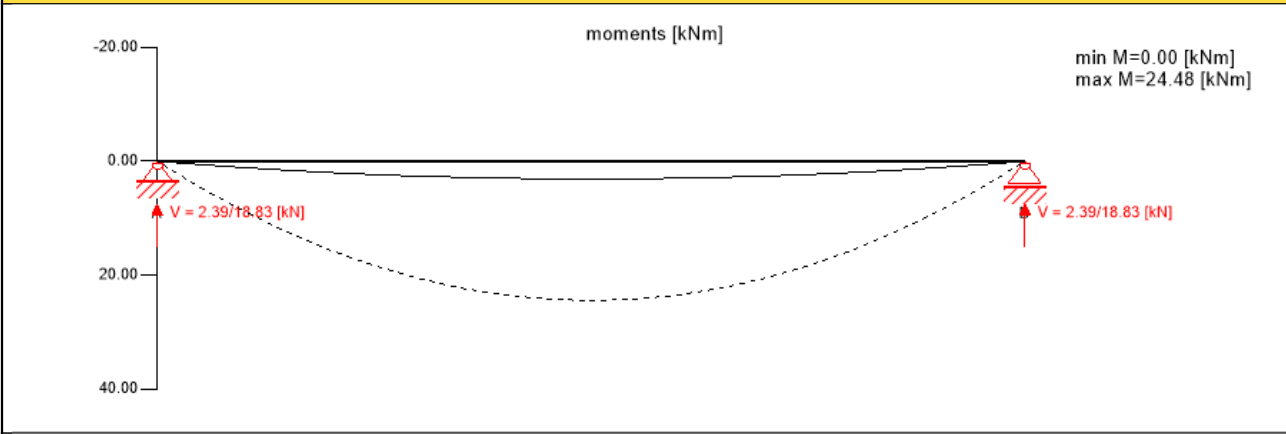
SLS characteristic combination

	combination rule
LCO11	$1.00/1.00 * LC1$
LCO12	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.60 * LC3$
LCO13	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.70 * LC2$

SLS quasi-permanent combination

	combination rule
LCO14	$1.00/1.00 * LC1$
LCO15	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3$
LCO16	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2$

Ultimate limit state (ULS) - design results



ULS flexural design

field	dist. [m]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	$k_{sys,y}$ [-]	$f_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$M_{y,d}$ [kNm]	$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm ²]	ratio	
1	2.6	24.00	1.25	0.80	1.10	16.90	24.48	-0.89	5 %	LCO2

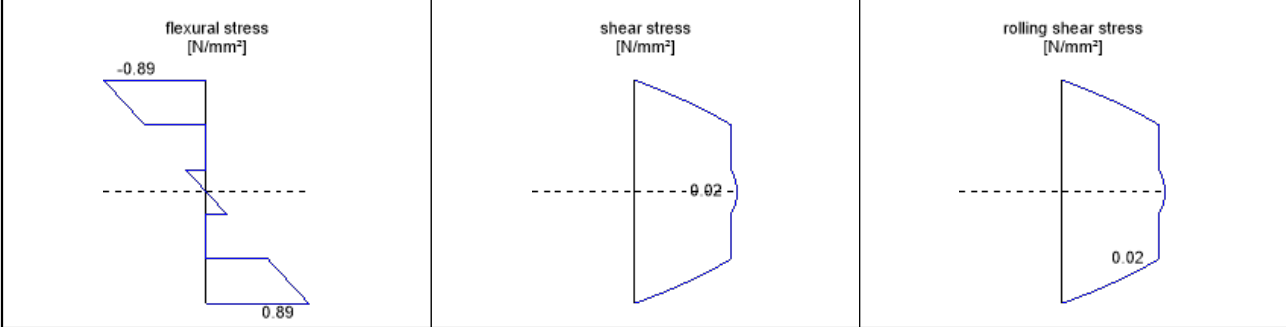
ULS shear analysis

field	dist. [m]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]	V_d [kN]	$\tau_{v,d}$ [N/mm ²]	ratio	
1	5.2	4.00	1.25	0.80	2.56	-18.83	0.02	1 %	LCO2

ULS rolling shear

field	dist. [m]	$f_{r,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	$f_{r,d}$ [N/mm ²]	V_d [kN]	$\tau_{r,d}$ [N/mm ²]	ratio	
1	5.2	1.05	1.25	0.80	0.67	-18.83	0.02	3 %	LCO2

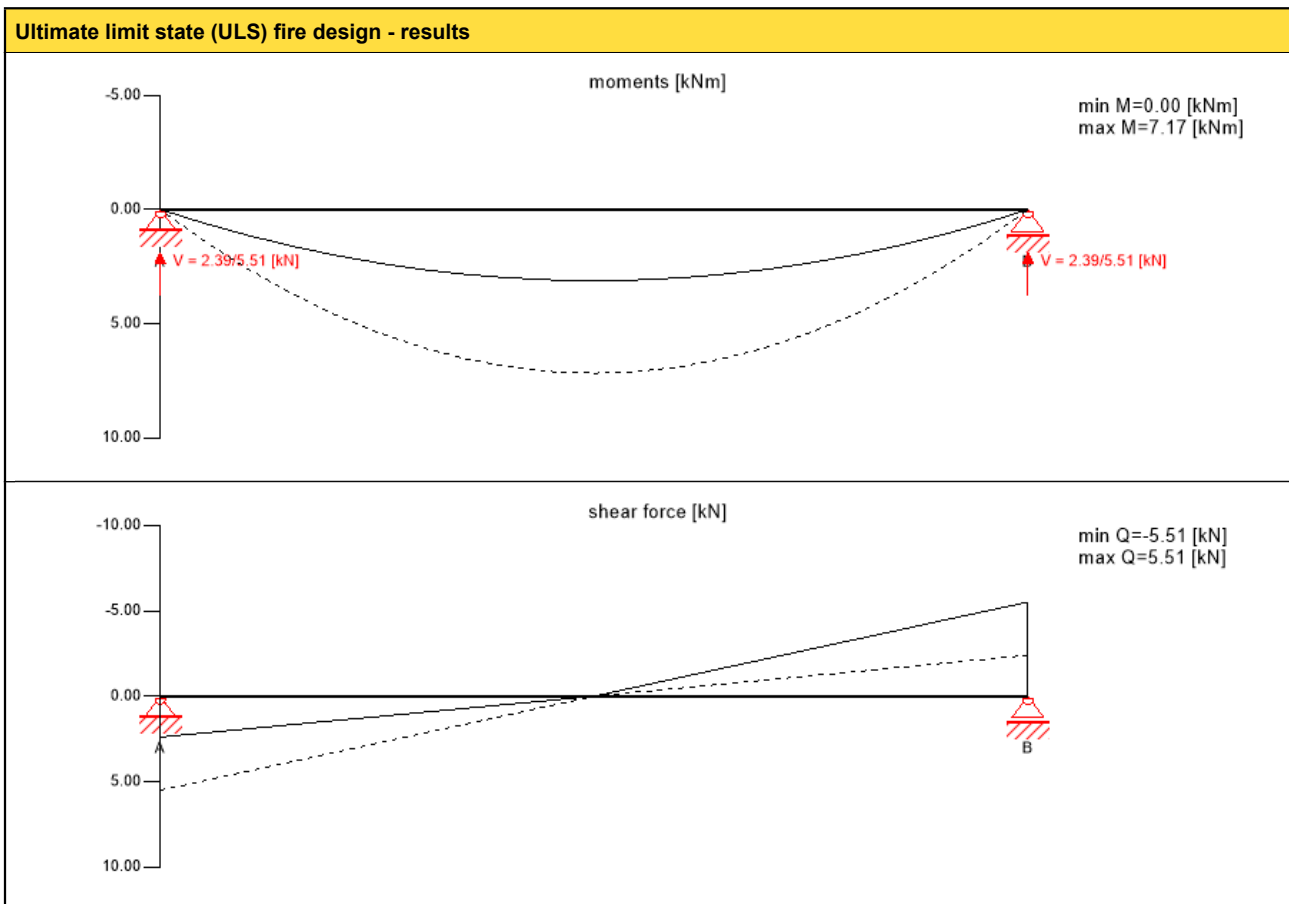
stress diagram



flexural stress analysis			
$M_{y,d} =$	24.48 kNm	$f_{m,k} =$	24.00 N/mm ²
$M_{z,d} =$	0.00 kNm	$f_{m,k,z} =$	24.00 N/mm ²
$N_{t,d} =$	0.00 kN	$\gamma_m =$	1.25 -
		$k_{mod} =$	0.80 -
		$k_{sys,y} =$	1.10 -
		$k_{h,m,y} =$	1.00 -
		$k_{h,m,z} =$	1.00 -
		$k_i =$	1.00 -
$\sigma_{t,d} =$	0.00 N/mm ²	$f_{t,0,d} =$	8.96 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	-0.89 N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	16.90 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00 N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	0.00 N/mm ²
			✓
utilization ratio			5 %

shear stress analysis			
$V_d =$	- kN	$f_{v,k} =$	4.00 N/mm ²
	18.83	$\gamma_m =$	1.25
		$k_{mod} =$	0.80
$T_{v,d} =$	0.02 N/mm ²	$f_{v,d} =$	2.56 N/mm ²
			✓
utilization ratio			1 %

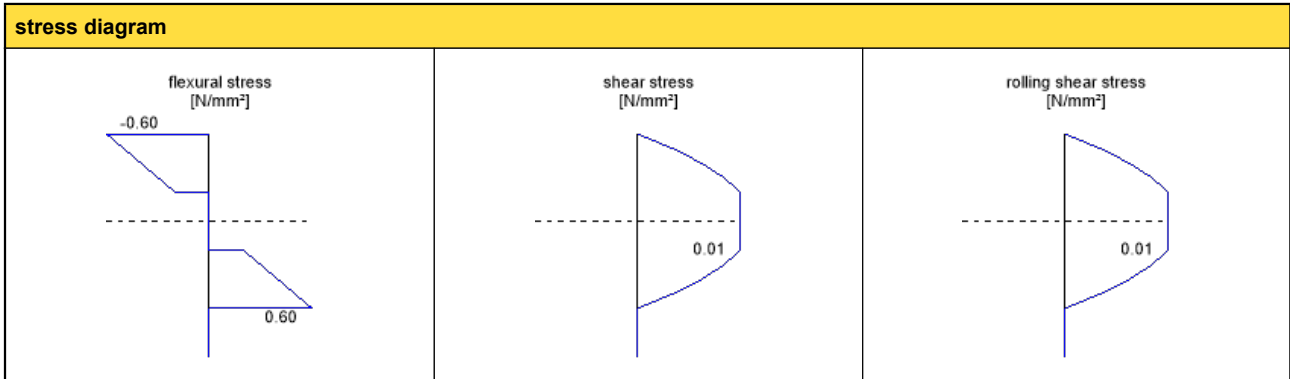
rolling shear analysis			
$V_d =$	-18.83 kN	$f_{r,k} =$	1.05 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1.25 -
		$k_{mod} =$	0.80 -
$T_{r,d} =$	0.02 N/mm ²	$f_{r,d} =$	0.67 N/mm ²
			✓
utilization ratio			3 %



ULS fire flexural design											
field	dist.	$f_{m,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	k_{fi}	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kNm]	[N/mm ²]		
1	2.6	24.00	1.00	1.00	1.10	1.15	30.36	7.17	-0.60	2 %	LCO7

ULS fire shear analysis										
field	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	k_{fi}	$f_{v,d}$	V_d	$T_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	5.2	4.00	1.00	1.00	1.15	4.60	-5.51	0.01	0 %	LCO7

ULS fire rolling shear										
field	dist.	$f_{r,k}$	γ_m	k_{mod}	k_{fi}	$f_{r,d}$	V_d	$T_{r,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	5.2	1.05	1.00	1.00	1.15	1.21	-5.51	0.01	1 %	LCO7



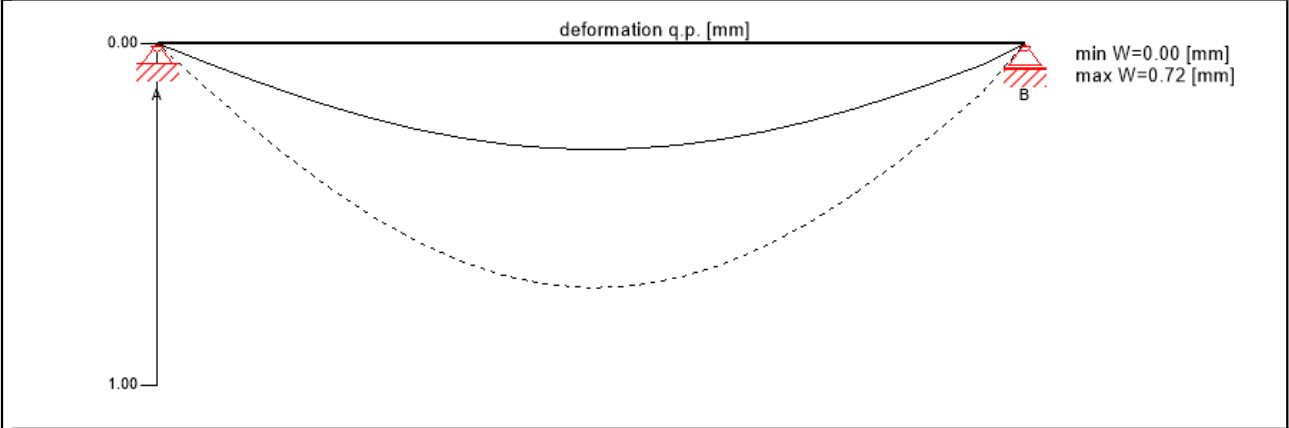
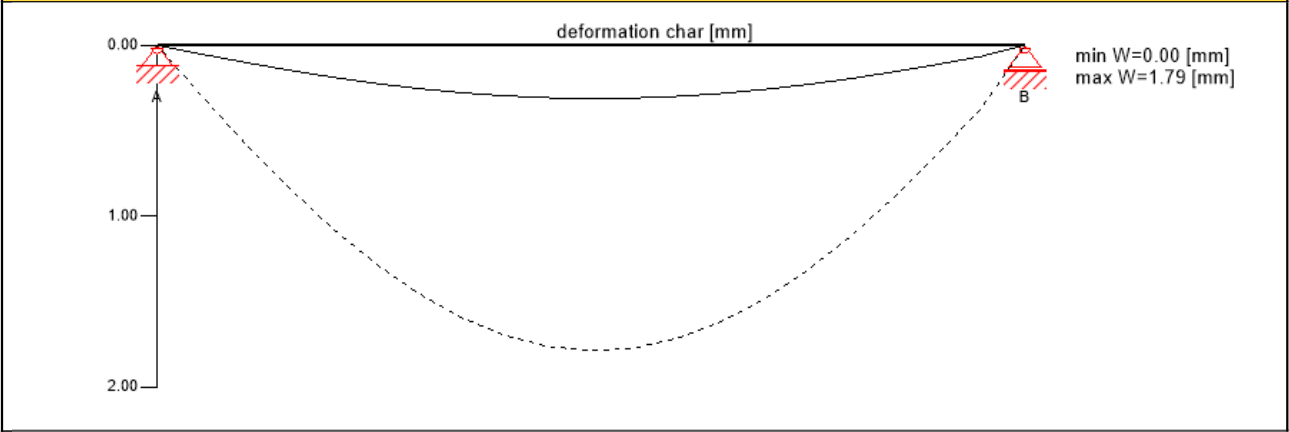
flexural stress analysis fire					
$M_{y,d} =$	7.17	kNm	$f_{m,k} =$	24.00	N/mm ²
$M_{z,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k,z} =$	24.00	N/mm ²
$N_{t,d} =$	0.00	kN	$\gamma_m =$	1.00	-
			$k_{mod} =$	1.00	-
			$k_{sys,y} =$	1.10	-
			$k_{fi,m,y} =$	1.00	-
			$k_{fi,m,z} =$	1.00	-
			$k_i =$	1.00	-
			$k_{fi} =$	1.15	-
$\sigma_{t,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{t,d} =$	16.10	N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	-0.60	N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	30.36	N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²
utilization ratio			2 %		

shear stress analysis fire					
$V_d =$	-5.51	kN	$f_{v,k} =$	4.00	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1.00	-
			$k_{mod} =$	1.00	-
			$k_{fi} =$	1.15	-
$T_{v,d} =$	0.01	N/mm ²	$f_{v,d} =$	4.60	N/mm ²
utilization ratio			0 %		

rolling shear analysis fire					
$V_d =$	-5.51	kN	$f_{r,k} =$	1.05	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1.00	-
			$k_{mod} =$	1.00	-
			$k_{fi} =$	1.15	-
$T_{r,d} =$	0.01	N/mm ²	$f_{r,d} =$	1.21	N/mm ²
utilization ratio			1 %		



Service limit state design (SLS) - design results



$w_{inst} = w[char]$

field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	1	L/300	17.3	1.8	10 %

$w_{fin} = w[char] + w[q.p.]*k_{def}$

field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	1	L/150	34.7	2.5	7 %

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$

field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	1	L/250	20.8	1.4	7 %

support reaction

load case category	K_{mod}	A_v	B_v
		[kN]	
self weight	0.6	2.39	2.39
		2.39	2.39
live load cat. A: residential	0.8	10.40	10.40
		0.00	0.00
wind load	0.9	1.61	1.61
		0.00	0.00

note

Valg:
 - Vegg: Den mest kritiske bærende dekke i 1. etasje.
 - Material: C24 gran
 - Safety class: SC3 (EC1990, tabell B1)



- Service class: 2 (EC1995-1-1, NA.901)
- Load combination factor: 2. (EC1990, §6.4.3.3, NA.A1.1)
- Grenseverdier for nedbøyninger: Winst, Wnet,fin, Wfin (EC1995-1-1, tabell NA.7.2)

Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

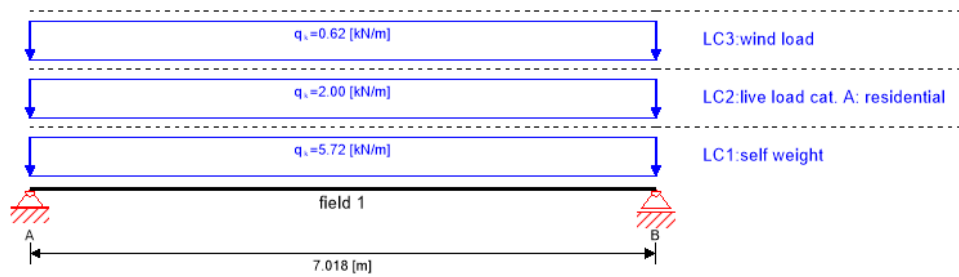
Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



VEDLEGG

B12

system



global utilization ratio						32 %			
ULS	11 %	ULS fire	8 %	SLS	32 %	SLS vibration	0 %	support	-1 %

section: CLT 200 L5s				
	layer	thickness	orientation	material
	1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	2	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	3	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	4	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	5	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
t _{CLT}	200.0 mm			

section fire: CLT 200 L5s						
	layer	thickness	orientation	material		
	1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
	2	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)		
	3	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
	4	34.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)		
	t _{CLT}	154.0 mm				
fire resistance class:R 60	time	60 min				
fire protection layering : no additional fire protection	k ₀	d ₀	d _{char,0,h}	d _{ef,h}	d _{char,0,v}	d _{ef,v}
	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
	1	7	39.0	46.0	0.0	0.0

material values										
material	f _{m,k}	f _{t,0,k}	f _{t,90,k}	f _{c,0,k}	f _{c,90,k}	f _{v,k}	f _{r,k min}	E _{0,mean}	G _{mean}	G _{r,mean}
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
C24 spruce ETA (2019)	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,000.00	690.00	50.00

load

load case groups										
	load case category	type	duration	Kmod	γ _{inf}	γ _{sup}	Ψ ₀	Ψ ₁	Ψ ₂	
LC1	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	
LC2	live load cat. A: residential	Q	medium term	0.8	0	1.5	0.7	0.5	0.3	
LC3	wind load	Q	short term	0.9	0	1.5	0.6	0.2	0	



LC1:self weight

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	5.72

LC2:live load cat. A: residential

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	2.00

LC3:wind load

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	0.62

ULS combinations

	combination rule
LCO1	1.35/1.00 * LC1
LCO2	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2
LCO3	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC3
LCO4	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3
LCO5	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2

ULS combinations fire

	combination rule
LCO6	1.00/1.00 * LC1
LCO7	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO8	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO9	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO10	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2

SLS characteristic combination

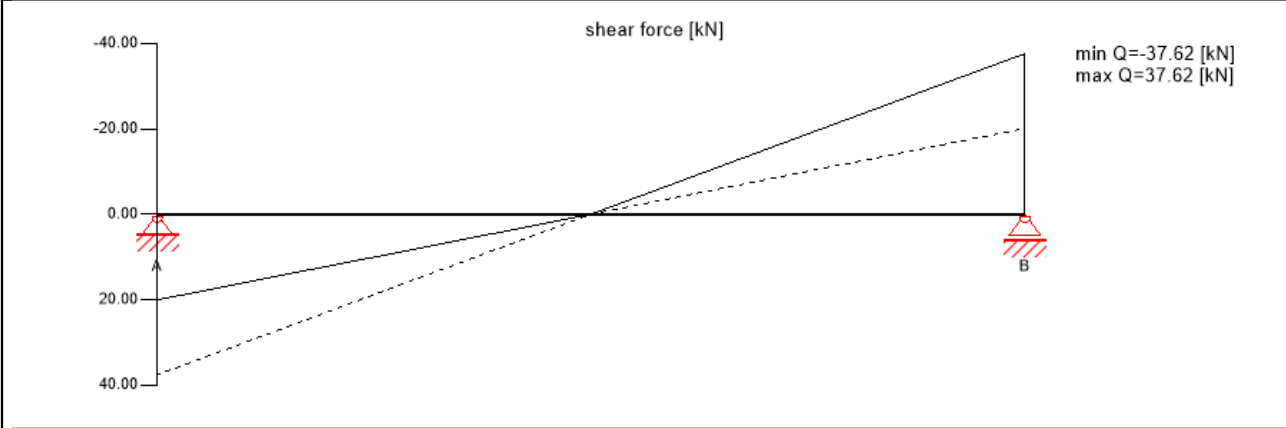
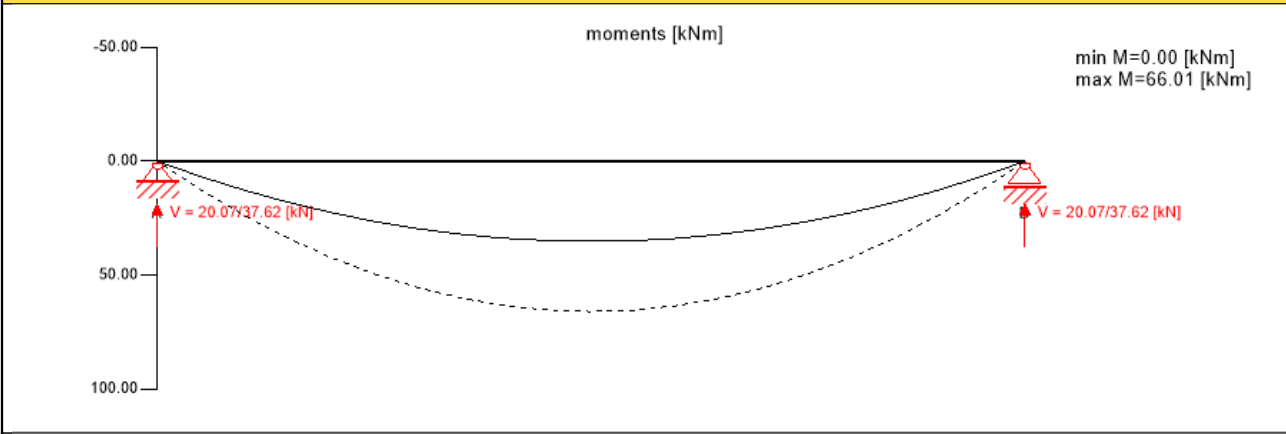
	combination rule
LCO11	1.00/1.00 * LC1
LCO12	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.60 * LC3
LCO13	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.70 * LC2

SLS quasi-permanent combination

	combination rule
LCO14	1.00/1.00 * LC1
LCO15	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO16	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2



Ultimate limit state (ULS) - design results



ULS flexural design

field	dist. [m]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	$k_{sys,y}$ [-]	$f_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$M_{y,d}$ [kNm]	$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm ²]	ratio	
1	3.51	24.00	1.25	0.80	1.10	16.90	66.01	-1.84	11 %	LCO2

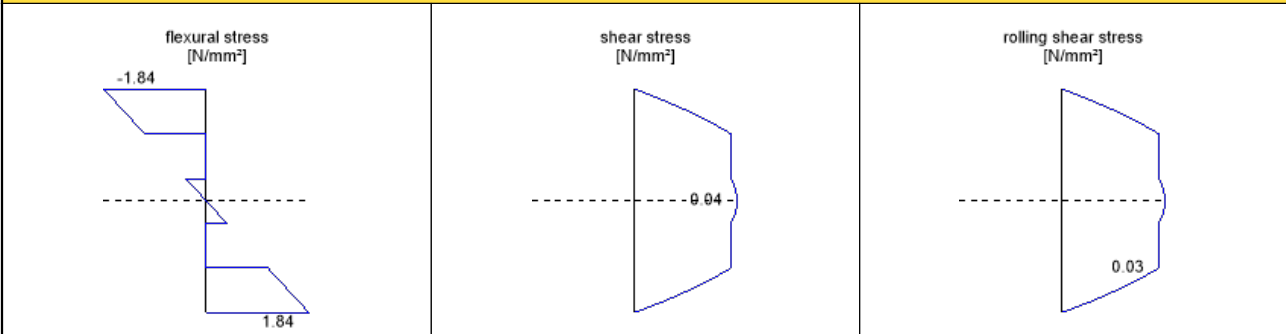
ULS shear analysis

field	dist. [m]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]	V_d [kN]	$\tau_{v,d}$ [N/mm ²]	ratio	
1	7.02	4.00	1.25	0.80	2.56	-37.62	0.04	1 %	LCO2

ULS rolling shear

field	dist. [m]	$f_{r,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	$f_{r,d}$ [N/mm ²]	V_d [kN]	$\tau_{r,d}$ [N/mm ²]	ratio	
1	7.02	1.05	1.25	0.80	0.67	-37.62	0.03	5 %	LCO2

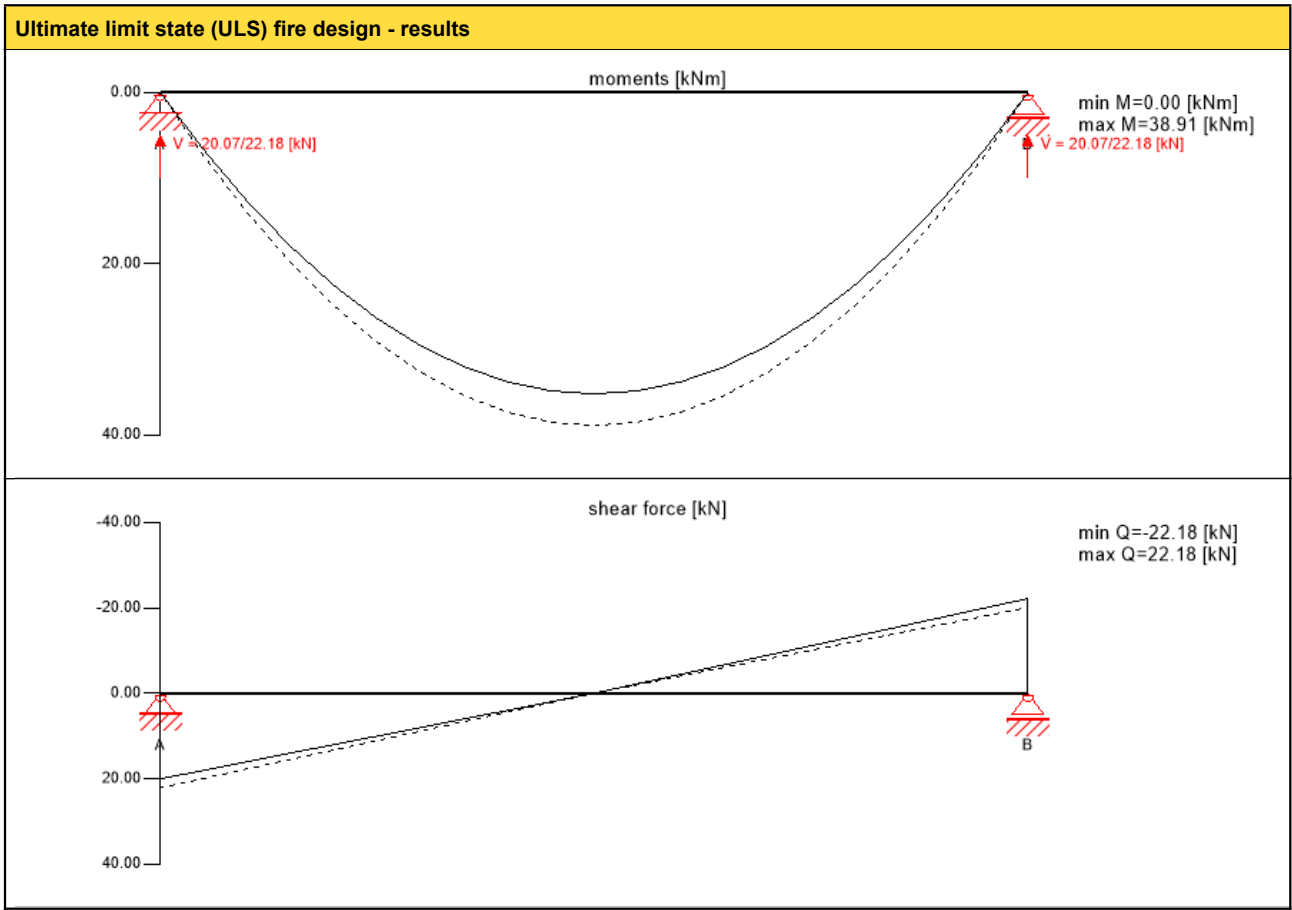
stress diagram



flexural stress analysis			
$M_{y,d} =$	66.01 kNm	$f_{m,k} =$	24.00 N/mm ²
$M_{z,d} =$	0.00 kNm	$f_{m,k,z} =$	24.00 N/mm ²
$N_{t,d} =$	0.00 kN	$\gamma_m =$	1.25 -
		$k_{mod} =$	0.80 -
		$k_{sys,y} =$	1.10 -
		$k_{h,m,y} =$	1.00 -
		$k_{h,m,z} =$	1.00 -
		$k_i =$	1.00 -
$\sigma_{t,d} =$	0.00 N/mm ²	$f_{t,0,d} =$	8.96 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	-1.84 N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	16.90 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00 N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	0.00 N/mm ²
			✓
utilization ratio			11 %

shear stress analysis			
$V_d =$	- kN	$f_{v,k} =$	4.00 N/mm ²
	37.62	$\gamma_m =$	1.25
		$k_{mod} =$	0.80
$T_{v,d} =$	0.04 N/mm ²	$f_{v,d} =$	2.56 N/mm ²
			✓
utilization ratio			1 %

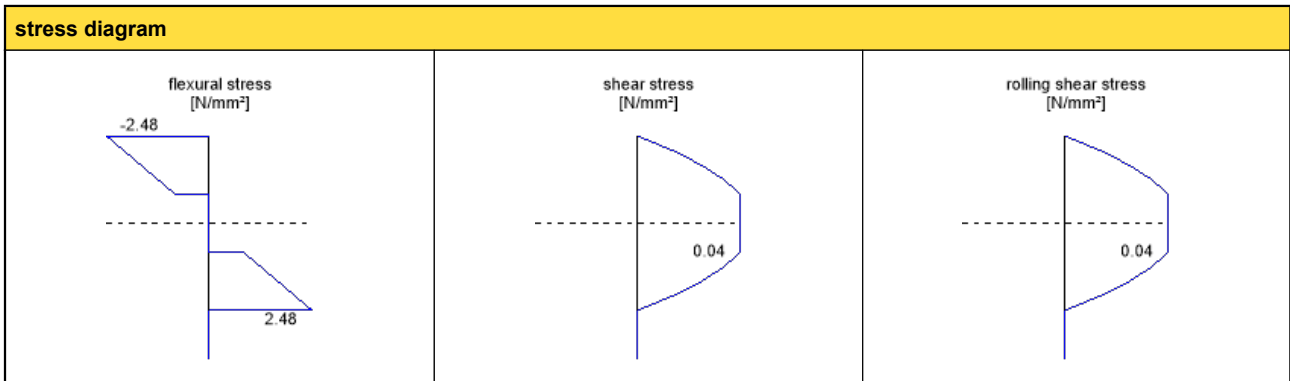
rolling shear analysis			
$V_d =$	-37.62 kN	$f_{r,k} =$	1.05 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1.25 -
		$k_{mod} =$	0.80 -
$T_{r,d} =$	0.03 N/mm ²	$f_{r,d} =$	0.67 N/mm ²
			✓
utilization ratio			5 %



ULS fire flexural design											
field	dist.	$f_{m,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	k_{fi}	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kNm]	[N/mm ²]		
1	3.51	24.00	1.00	1.00	1.10	1.15	30.36	38.91	2.48	8 %	LCO7

ULS fire shear analysis										
field	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	k_{fi}	$f_{v,d}$	V_d	$T_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	7.02	4.00	1.00	1.00	1.15	4.60	-22.18	0.04	1 %	LCO7

ULS fire rolling shear										
field	dist.	$f_{r,k}$	γ_m	k_{mod}	k_{fi}	$f_{r,d}$	V_d	$T_{r,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	7.02	1.05	1.00	1.00	1.15	1.21	-22.18	0.04	3 %	LCO7



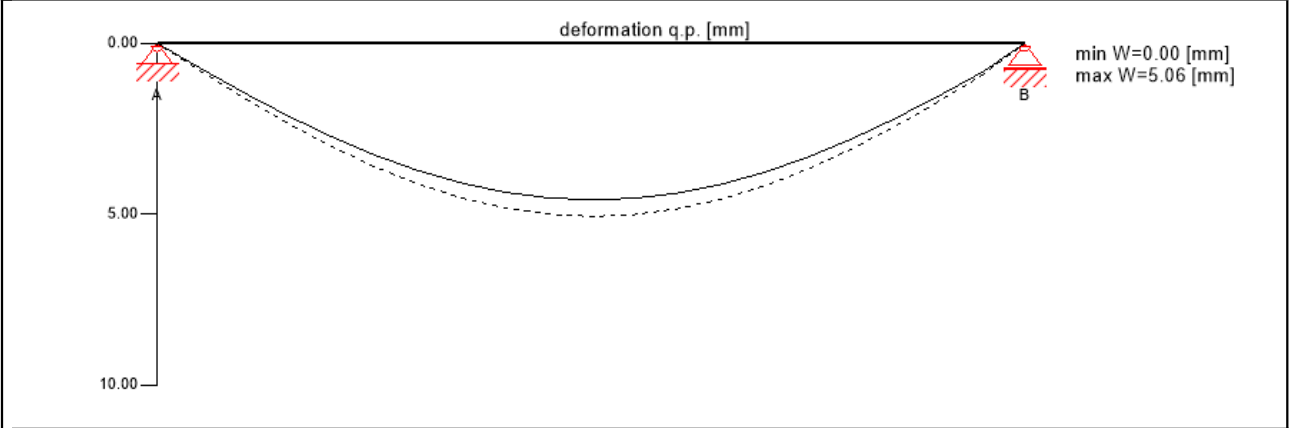
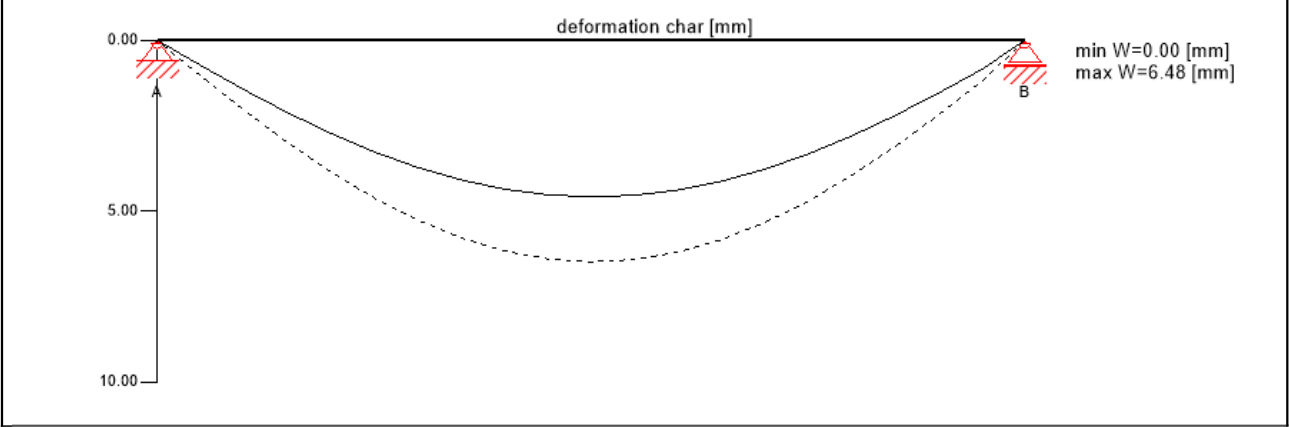
flexural stress analysis fire			
$M_{y,d} =$	38.91	kNm	$f_{m,k} =$ 24.00 N/mm ²
$M_{z,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k,z} =$ 24.00 N/mm ²
$N_{t,d} =$	0.00	kN	$\gamma_m =$ 1.00 -
			$k_{mod} =$ 1.00 -
			$k_{sys,y} =$ 1.10 -
			$k_{fi,m,y} =$ 1.00 -
			$k_{fi,m,z} =$ 1.00 -
			$k_i =$ 1.00 -
			$k_{fi} =$ 1.15 -
$\sigma_{t,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{t,d} =$ 16.10 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	2.48	N/mm ²	$f_{m,y,d} =$ 30.36 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{m,z,d} =$ 0.00 N/mm ² ✓
utilization ratio			8 %

shear stress analysis fire			
$V_d =$	- 22.18	kN	$f_{v,k} =$ 4.00 N/mm ²
			$\gamma_m =$ 1.00
			$k_{mod} =$ 1.00
			$k_{fi} =$ 1.15
$T_{v,d} =$	0.04	N/mm ²	$f_{v,d} =$ 4.60 N/mm ² ✓
utilization ratio			1 %

rolling shear analysis fire			
$V_d =$	-22.18	kN	$f_{r,k} =$ 1.05 N/mm ²
			$\gamma_m =$ 1.00 -
			$k_{mod} =$ 1.00 -
			$k_{fi} =$ 1.15 -
$T_{r,d} =$	0.04	N/mm ²	$f_{r,d} =$ 1.21 N/mm ² ✓
utilization ratio			3 %



Service limit state design (SLS) - design results



$w_{inst} = w[char]$

field	K_{def}	limit	W_{limit}	$W_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/300	23.4	6.5	28 %

$w_{fin} = w[char] + w[q.p.]*k_{def}$

field	K_{def}	limit	W_{limit}	$W_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/150	46.8	10.5	23 %

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$

field	K_{def}	limit	W_{limit}	$W_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/250	28.1	9.1	32 %

support reaction

load case category	K_{mod}	A_v	B_v
		[kN]	
self weight	0.6	20.07	20.07
		20.07	20.07
live load cat. A: residential	0.8	7.02	7.02
		0.00	0.00
wind load	0.9	2.18	2.18
		0.00	0.00

note

- Valg:
- Vegg: Den mest kritiske bærende dekke i 1. etasje.
 - Material: C24 gran
 - Safety class: SC3 (EC1990, tabell B1)



- Service class: 1 (EC1995-1-1, NA.901)
- Load combination factor: 2. (EC1990, §6.4.3.3, NA.A1.1)
- Grenseverdier for nedbøyninger: Winst, Wnet,fin, Wfin (EC1995-1-1, tabell NA.7.2)

Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

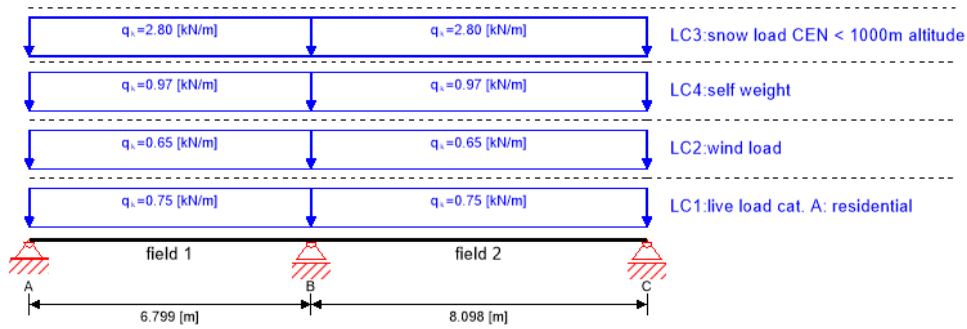
Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



VEDLEGG

B13

system



global utilization ratio							6 %		
ULS	3 %	ULS fire	1 %	SLS	6 %	SLS vibration	0 %	support	-1 %

section: CLT 200 L5s

	layer	thickness	orientation	material
	1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	2	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	3	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	4	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	5	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
t_{CLT}	200.0 mm			

section fire: CLT 200 L5s

	layer	thickness	orientation	material					
	1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)					
	2	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)					
	3	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)					
	4	36.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)					
t_{CLT}	156.0 mm								
fire resistance class: R 60	time		60 min						
fire protection layering : 12.5 mm gypsum plasterboard Type F	t _{ch,h}	t _{f,h}	t _{a,h}	d _{ta,h}	k ₀	d ₀	d _{char,0,h}	d _{ef,h}	
gypsum plasterboard Type A (acc. to EN 520)gypsum plasterboard Type F (acc. to EN 520)	[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	
	21	24	42	25	1	7	37.0	44.0	

material values

material	f _{m,k}	f _{t,0,k}	f _{t,90,k}	f _{c,0,k}	f _{c,90,k}	f _{v,k}	f _{r,k min}	E _{0,mean}	G _{mean}	G _{r,mean}
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
C24 spruce ETA (2019)	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,000.00	690.00	50.00

load

load case groups

	load case category	type	duration	Kmod	γ _{inf}	γ _{sup}	Ψ ₀	Ψ ₁	Ψ ₂
LC1	live load cat. A: residential	Q	medium term	0.8	0	1.5	0.7	0.5	0.3
LC2	wind load	Q	short term	0.9	0	1.5	0.6	0.2	0



load case groups										
	load case category	type	duration	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
LC3	snow load CEN < 1000m altitude	Q	short term	0.9	0	1.5	0.5	0.2	0	
LC4	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	

LC1:live load cat. A: residential	
continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	0.75
2	0.75

LC2:wind load	
continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	0.65
2	0.65

LC3:snow load CEN < 1000m altitude	
continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	2.80
2	2.80

LC4:self weight	
continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	0.97
2	0.97

ULS combinations	
	combination rule
LCO1	$1.35/1.00 * LC4$
LCO2	$1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC1$
LCO3	$1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC1 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC2$
LCO4	$1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC1 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3$
LCO5	$1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC2$
LCO6	$1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC1$
LCO7	$1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC1 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3$
LCO8	$1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC3$
LCO9	$1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC1$
LCO10	$1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC1 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC2$

ULS combinations fire	
	combination rule
LCO11	$1.00/1.00 * LC4$
LCO12	$1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1$
LCO13	$1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2$
LCO14	$1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3$
LCO15	$1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2$
LCO16	$1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1$
LCO17	$1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3$
LCO18	$1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3$



ULS combinations fire

	combination rule
LCO19	$1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1$
LCO20	$1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2$

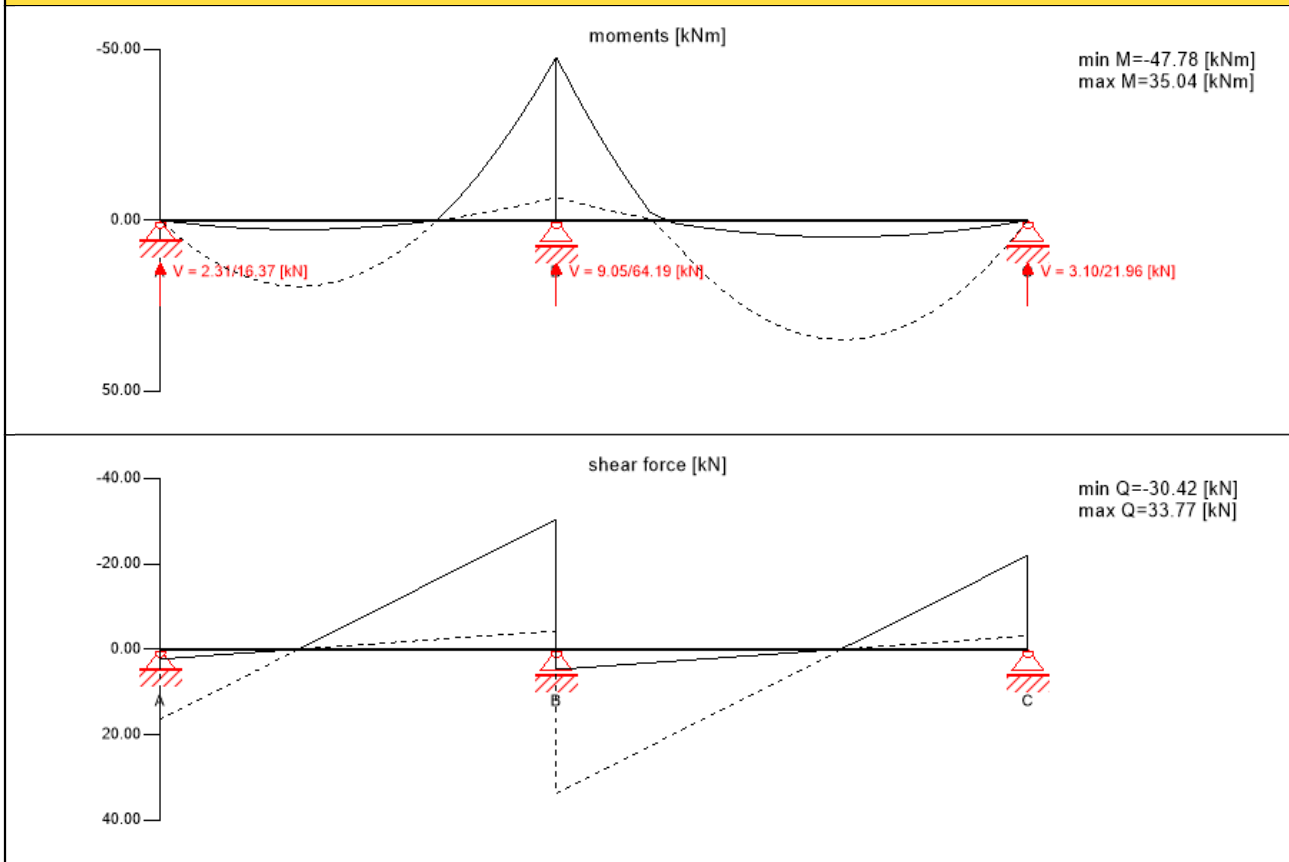
SLS characteristic combination

	combination rule
LCO21	$1.00/1.00 * LC4$
LCO22	$1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.60 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.50 * LC3$
LCO23	$1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.70 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.50 * LC3$
LCO24	$1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.70 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.60 * LC2$

SLS quasi-permanent combination

	combination rule
LCO25	$1.00/1.00 * LC4$
LCO26	$1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3$
LCO27	$1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3$
LCO28	$1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2$

Ultimate limit state (ULS) - design results



ULS flexural design

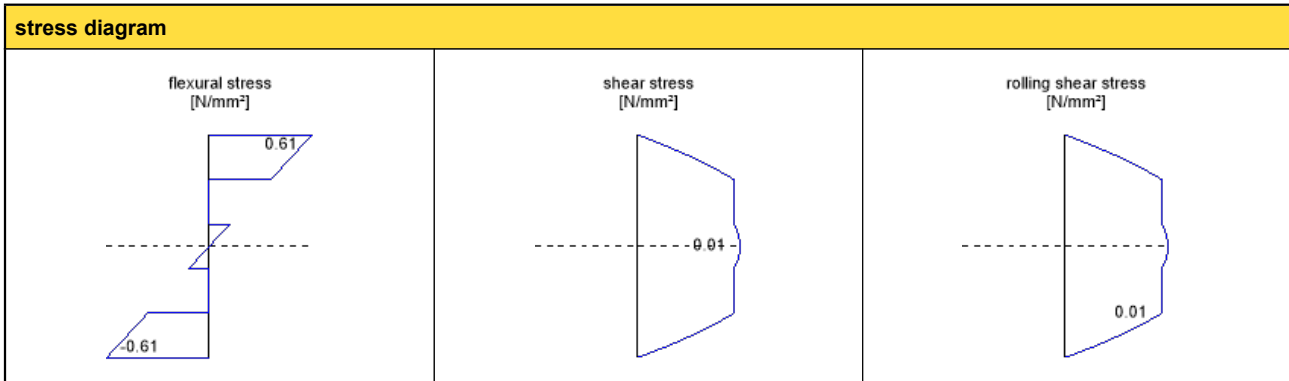
field	dist.	$f_{m,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kNm]	[N/mm ²]		
1	6.8	24.00	1.25	0.90	1.10	19.01	-47.78	0.61	3 %	LCO10
2	0.0	24.00	1.25	0.90	1.10	19.01	-47.78	0.61	3 %	LCO10

ULS shear analysis

field	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{v,d}$	V_d	$T_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	6.8	4.00	1.25	0.90	2.88	-30.42	0.01	0 %	LCO10
2	0.0	4.00	1.25	0.90	2.88	33.77	0.01	1 %	LCO10



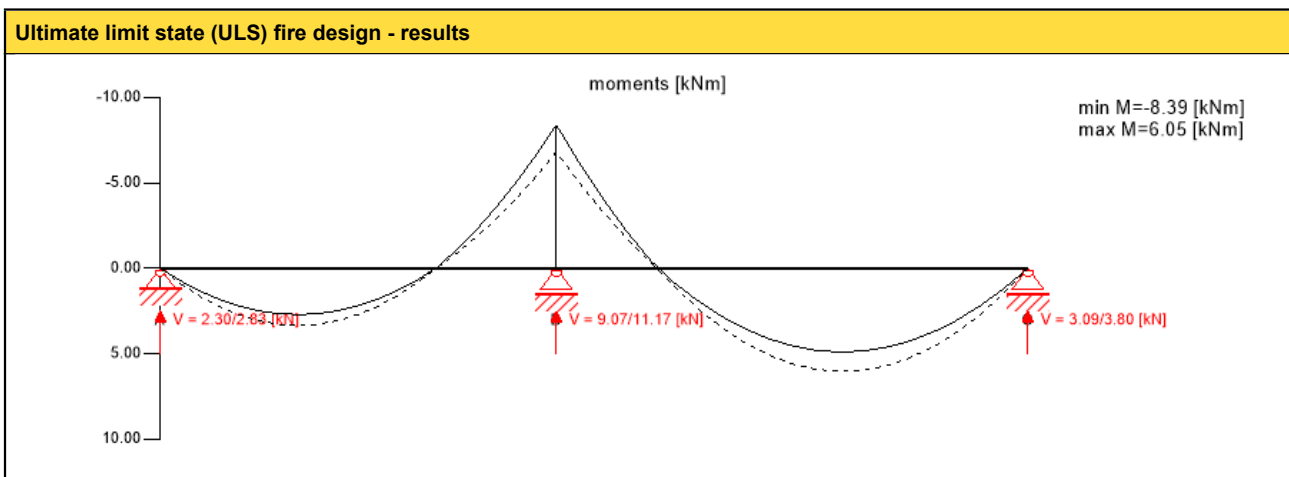
ULS rolling shear									
field	dist.	$f_{r,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{r,d}$	V_d	$T_{r,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	6.8	1.05	1.25	0.90	0.76	-30.42	0.01	2 %	LCO10
2	0.0	1.05	1.25	0.90	0.76	33.77	0.01	2 %	LCO10



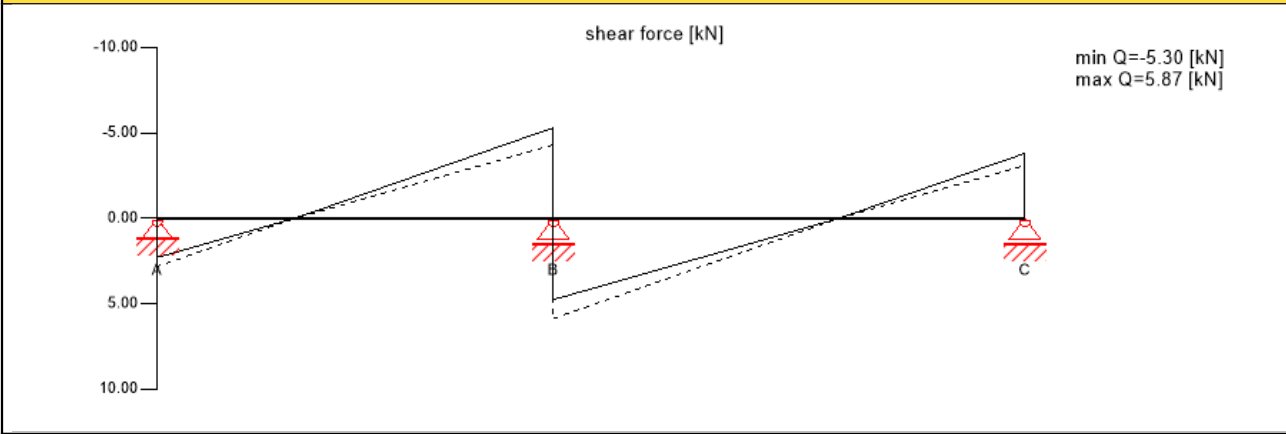
flexural stress analysis					
$M_{y,d} =$	-47.78	kNm	$f_{m,k} =$	24.00	N/mm ²
$M_{z,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k,z} =$	24.00	N/mm ²
$N_{t,d} =$	0.00	kN	$\gamma_m =$	1.25	-
			$k_{mod} =$	0.90	-
			$k_{sys,y} =$	1.10	-
			$k_{h,m,y} =$	1.00	-
			$k_{h,m,z} =$	1.00	-
			$k_l =$	1.00	-
$\sigma_{t,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{t,d} =$	10.08	N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	0.61	N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	19.01	N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²
					✓
utilization ratio					3 %

shear stress analysis					
$V_d =$	33.77	kN	$f_{v,k} =$	4.00	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1.25	-
$T_{v,d} =$	0.01	N/mm ²	$k_{mod} =$	0.90	-
			$f_{v,d} =$	2.88	N/mm ²
					✓
utilization ratio					1 %

rolling shear analysis					
$V_d =$	33.77	kN	$f_{r,k} =$	1.05	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1.25	-
$T_{r,d} =$	0.01	N/mm ²	$k_{mod} =$	0.90	-
			$f_{r,d} =$	0.76	N/mm ²
					✓
utilization ratio					2 %



Ultimate limit state (ULS) fire design - results



ULS fire flexural design

field	dist. [m]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	$k_{sys,y}$ [-]	k_{fi} [-]	$f_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$M_{y,d}$ [kNm]	$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm ²]	ratio	
1	6.8	24.00	1.00	1.00	1.10	1.15	30.36	-8.39	-0.24	1 %	LCO12
2	0.0	24.00	1.00	1.00	1.10	1.15	30.36	-8.39	-0.24	1 %	LCO12

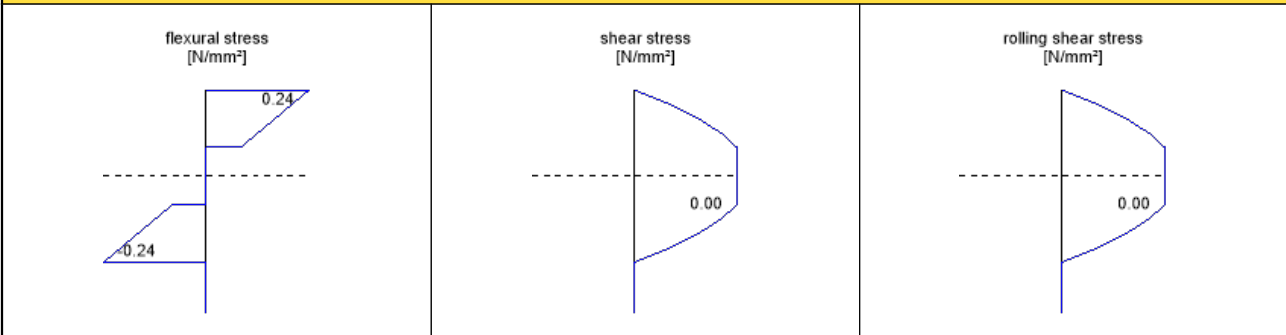
ULS fire shear analysis

field	dist. [m]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	k_{fi} [-]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]	V_d [kN]	$T_{v,d}$ [N/mm ²]	ratio	
1	6.8	4.00	1.00	1.00	1.15	4.60	-5.30	0.00	0 %	LCO20
2	0.0	4.00	1.00	1.00	1.15	4.60	5.87	0.00	0 %	LCO20

ULS fire rolling shear

field	dist. [m]	$f_{r,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	k_{fi} [-]	$f_{r,d}$ [N/mm ²]	V_d [kN]	$T_{r,d}$ [N/mm ²]	ratio	
1	6.8	1.05	1.00	1.00	1.15	1.21	-5.30	0.00	0 %	LCO12
2	0.0	1.05	1.00	1.00	1.15	1.21	5.87	0.00	0 %	LCO12

stress diagram



flexural stress analysis fire

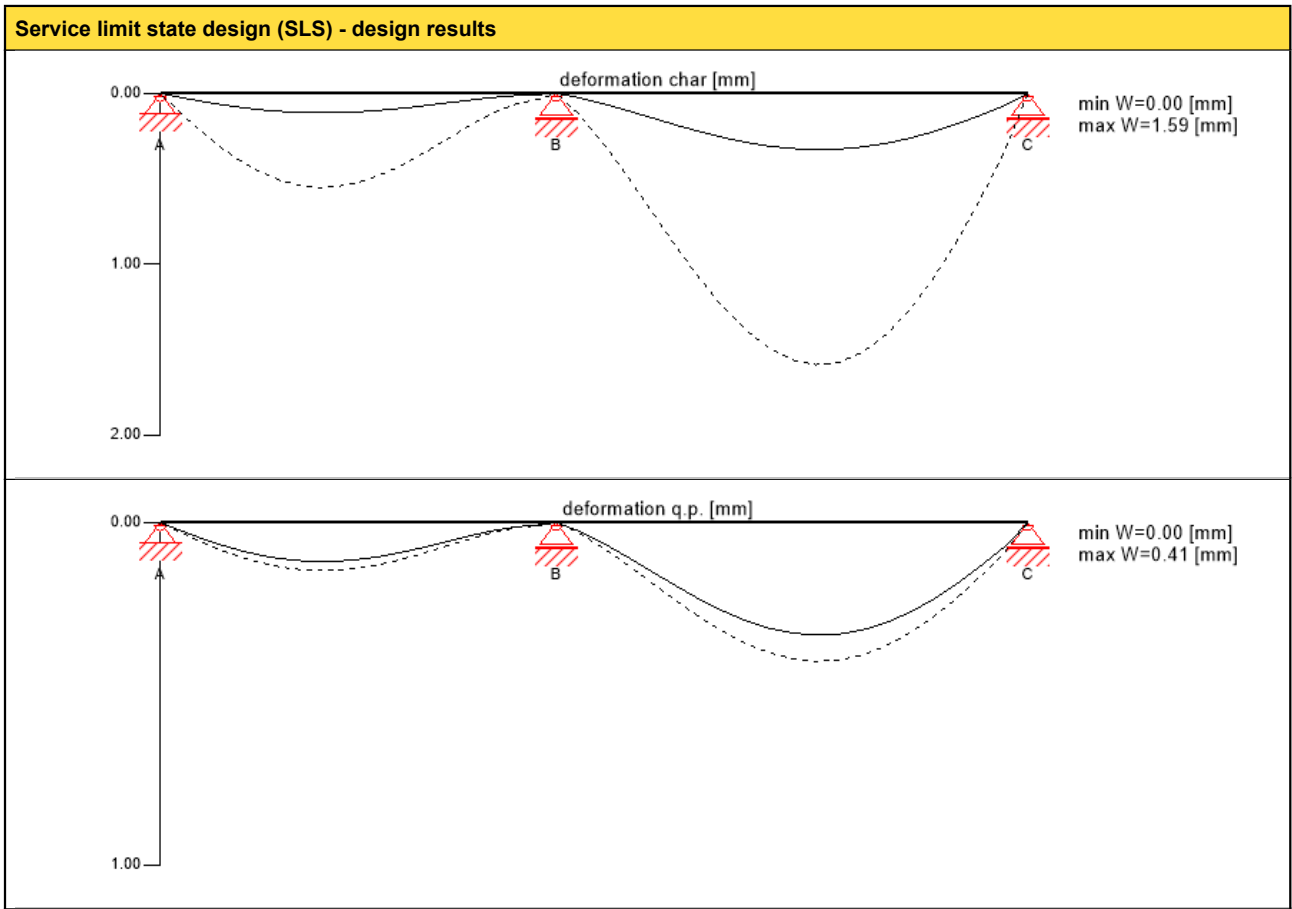
$M_{y,d} =$	-8.39	kNm	$f_{m,k} =$	24.00	N/mm ²
$M_{z,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k,z} =$	24.00	N/mm ²
$N_{t,d} =$	0.00	kN	$\gamma_m =$	1.00	-
			$k_{mod} =$	1.00	-
			$k_{sys,y} =$	1.10	-
			$k_{h,m,y} =$	1.00	-
			$k_{h,m,z} =$	1.00	-
			$k_i =$	1.00	-
			$k_{fi} =$	1.15	-
$\sigma_{t,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{t,0,d} =$	16.10	N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	-0.24	N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	30.36	N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²

utilization ratio 1 %



shear stress analysis fire					
$V_d =$	5.87	kN	$f_{v,k} =$	4.00	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1.00	
			$k_{mod} =$	1.00	
			$k_{fi} =$	1.15	
$T_{v,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{v,d} =$	4.60	N/mm ² ✓
utilization ratio					0 %

rolling shear analysis fire					
$V_d =$	5.87	kN	$f_{r,k} =$	1.05	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1.00	-
			$k_{mod} =$	1.00	-
			$k_{fi} =$	1.15	-
$T_{r,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{r,d} =$	1.21	N/mm ² ✓
utilization ratio					0 %



$w_{inst} = w[char]$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	1	L/300	22.7	0.6	2 %
2	1	L/300	27.0	1.6	6 %

$w_{fin} = w[char] + w[q.p.]*k_{def}$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	1	L/150	45.3	0.7	2 %
2	1	L/150	54.0	2.0	4 %



$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	1	L/250	27.2	0.3	1 %
2	1	L/250	32.4	0.8	3 %

support reaction				
load case category	k_{mod}	A_v	B_v	C_v
		[kN]		
live load cat. A: residential	0.8	1.78	7.00	2.39
		0.00	0.00	0.00
wind load	0.9	1.55	6.06	2.07
		0.00	0.00	0.00
snow load CEN < 1000m altitude	0.9	6.66	26.12	8.94
		0.00	0.00	0.00
self weight	0.6	2.31	9.05	3.10
		2.31	9.05	3.10

note

Valg:

- Vegg: Den mest kritiske bærende tak.
- Material: C24 gran
- Safety class: SC3 (EC1990, tabell B1)
- Service class: 2 (EC1995-1-1, NA.901)
- Load combination factor: 2. (EC1990, §6.4.3.3, NA.A1.1)
- Grenseverdier for nedbøyninger: W_{inst} , $W_{net,fin}$, W_{fin} (EC1995-1-1, tabell NA.7.2)

Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

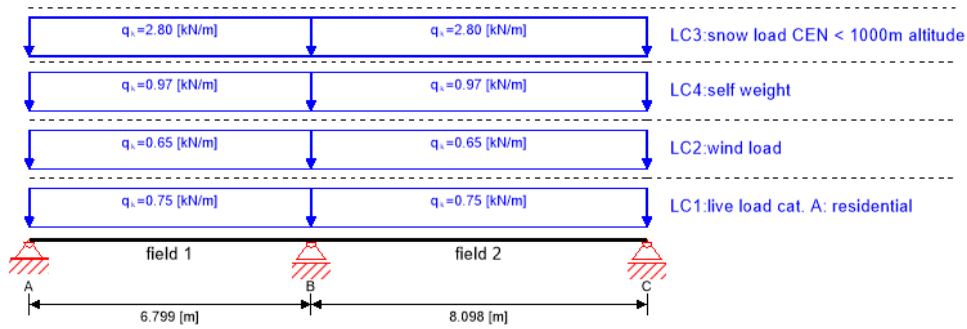
Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



VEDLEGG

B14

system



global utilization ratio						42 %			
ULS	13 %	ULS fire	4 %	SLS	42 %	SLS vibration	0 %	support	-1 %

section: CLT 100 L5s

	layer	thickness	orientation	material
	1	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	2	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	3	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	4	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	5	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
t_{CLT}		100.0 mm		

section fire: CLT 100 L5s

	layer	thickness	orientation	material						
	1	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)						
	2	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)						
	3	16.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)						
t_{CLT}		56.0 mm								
fire resistance class: R 60		time		60 min						
fire protection layering : 12.5 mm gypsum plasterboard Type F		t _{ch,h}	t _{f,h}	t _{a,h}	d _{ta,h}	k ₀	d ₀	d _{char,0,h}	d _{ef,h}	
gypsum plasterboard Type A (acc. to EN 520)gypsum plasterboard Type F (acc. to EN 520)		[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	
		21	24	42	25	1	7	37.0	44.0	

material values

material	f _{m,k}	f _{t,0,k}	f _{t,90,k}	f _{c,0,k}	f _{c,90,k}	f _{v,k}	f _{r,k min}	E _{0,mean}	G _{mean}	G _{r,mean}
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
C24 spruce ETA (2019)	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,000.00	690.00	50.00

load

load case groups

	load case category	type	duration	Kmod	γ _{inf}	γ _{sup}	Ψ ₀	Ψ ₁	Ψ ₂
LC1	live load cat. A: residential	Q	medium term	0.8	0	1.5	0.7	0.5	0.3
LC2	wind load	Q	short term	0.9	0	1.5	0.6	0.2	0
LC3	snow load CEN < 1000m altitude	Q	short term	0.9	0	1.5	0.5	0.2	0



load case groups

	load case category	type	duration	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
LC4	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1

LC1:live load cat. A: residential

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	0.75
2	0.75

LC2:wind load

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	0.65
2	0.65

LC3:snow load CEN < 1000m altitude

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	2.80
2	2.80

LC4:self weight

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	0.97
2	0.97

ULS combinations

	combination rule
LCO1	1.35/1.00 * LC4
LCO2	1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC1
LCO3	1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC1 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC2
LCO4	1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC1 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3
LCO5	1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC2
LCO6	1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC1
LCO7	1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC1 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3
LCO8	1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC3
LCO9	1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC1
LCO10	1.35/1.00 * LC4 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC1 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC2

ULS combinations fire

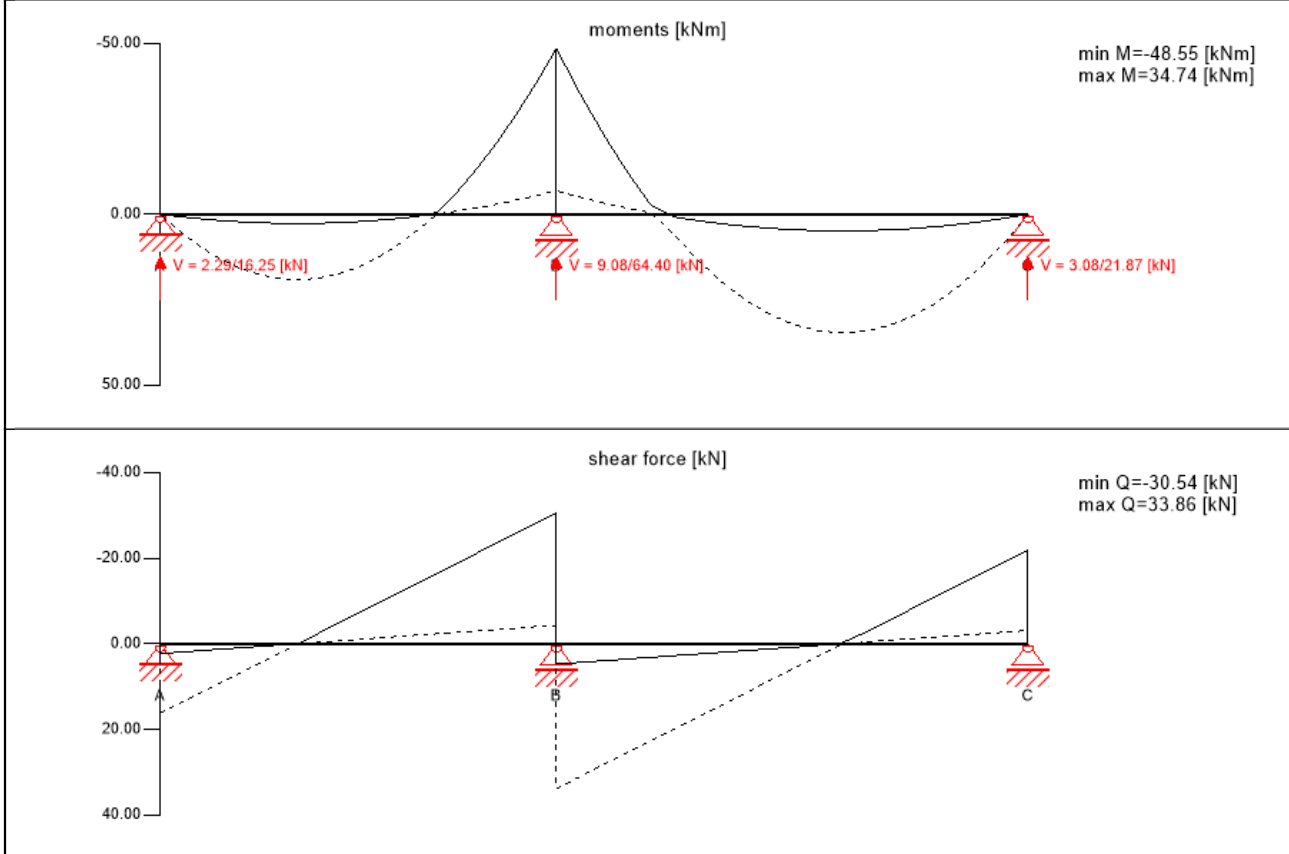
	combination rule
LCO11	1.00/1.00 * LC4
LCO12	1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1
LCO13	1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2
LCO14	1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO15	1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2
LCO16	1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1
LCO17	1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO18	1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO19	1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1
LCO20	1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2



SLS characteristic combination	
	combination rule
LCO21	1.00/1.00 * LC4
LCO22	1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.60 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.50 * LC3
LCO23	1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.70 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.50 * LC3
LCO24	1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.70 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.60 * LC2

SLS quasi-permanent combination	
	combination rule
LCO25	1.00/1.00 * LC4
LCO26	1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO27	1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO28	1.00/1.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2

Ultimate limit state (ULS) - design results



ULS flexural design

field	dist.	f _{m,k}	γ _m	k _{mod}	k _{sys,y}	f _{m,y,d}	M _{y,d}	σ _{m,y,d}	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kNm]	[N/mm ²]		
1	6.8	24.00	1.25	0.90	1.10	19.01	-48.55	2.47	13 %	LCO10
2	0.0	24.00	1.25	0.90	1.10	19.01	-48.55	2.47	13 %	LCO10

ULS shear analysis

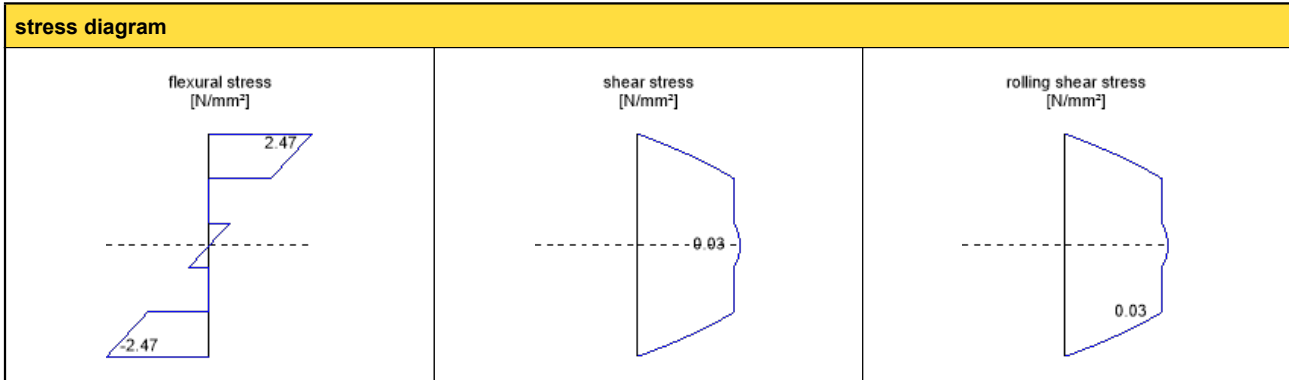
field	dist.	f _{v,k}	γ _m	k _{mod}	f _{v,d}	V _d	T _{v,d}	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	6.8	4.00	1.25	0.90	2.88	-30.54	0.03	1 %	LCO10
2	0.0	4.00	1.25	0.90	2.88	33.86	0.03	1 %	LCO10

ULS rolling shear

field	dist.	f _{r,k}	γ _m	k _{mod}	f _{r,d}	V _d	T _{r,d}	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	6.8	1.25	1.25	0.90	0.90	-30.54	0.02	3 %	LCO10



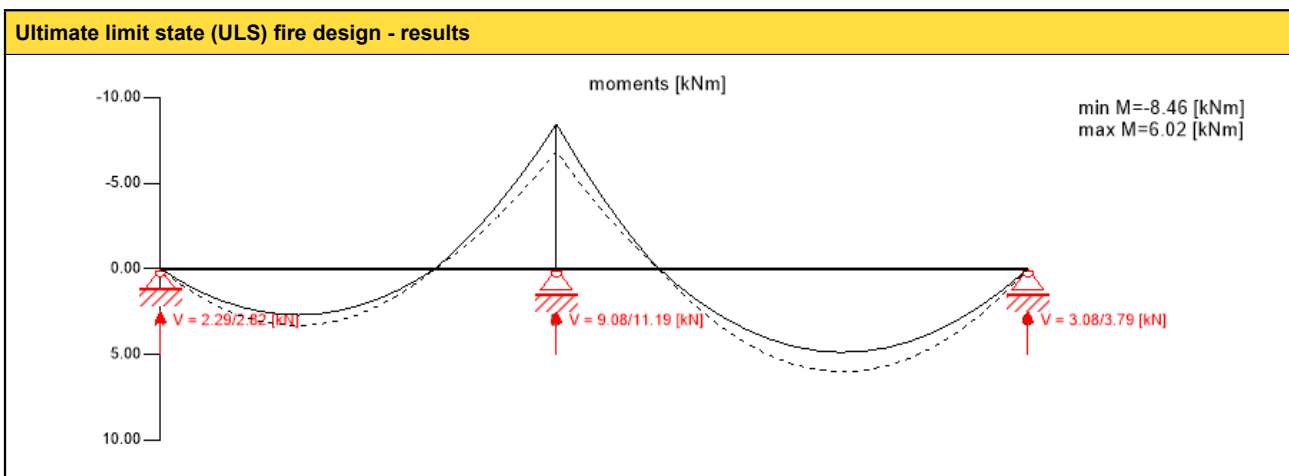
ULS rolling shear									
field	dist.	$f_{r,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{r,d}$	V_d	$T_{r,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
2	0.0	1.25	1.25	0.90	0.90	33.86	0.03	3 %	LCO10



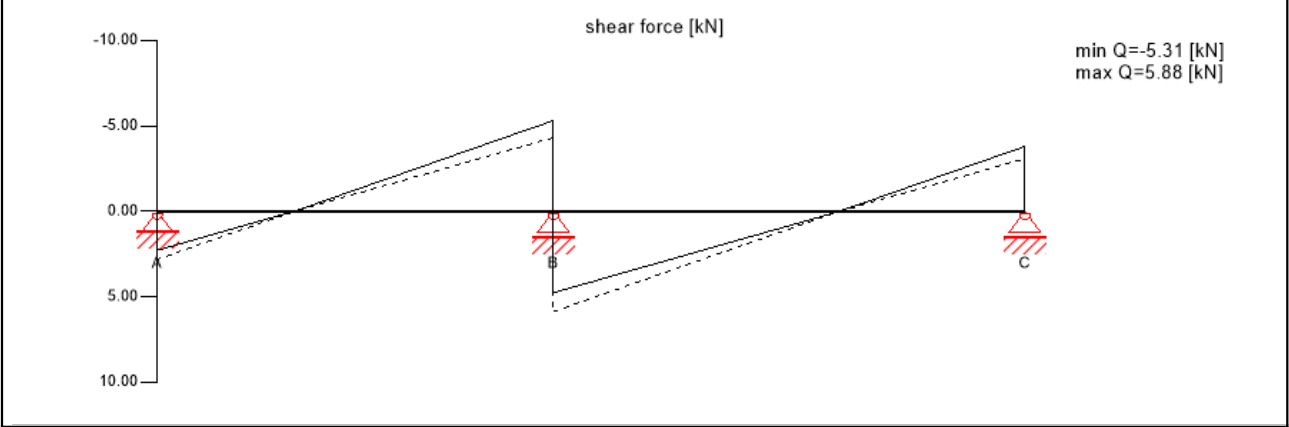
flexural stress analysis					
$M_{y,d} =$	-48.55	kNm	$f_{m,k} =$	24.00	N/mm ²
$M_{z,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k,z} =$	24.00	N/mm ²
$N_{t,d} =$	0.00	kN	$\gamma_m =$	1.25	-
			$k_{mod} =$	0.90	-
			$k_{sys,y} =$	1.10	-
			$k_{h,m,y} =$	1.00	-
			$k_{h,m,z} =$	1.00	-
			$k_i =$	1.00	-
$\sigma_{t,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{t,d} =$	10.08	N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	2.47	N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	19.01	N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	0.00	N/mm ²
					< ✓
utilization ratio					13 %

shear stress analysis					
$V_d =$	33.86	kN	$f_{v,k} =$	4.00	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1.25	-
			$k_{mod} =$	0.90	-
$T_{v,d} =$	0.03	N/mm ²	$f_{v,d} =$	2.88	N/mm ²
					< ✓
utilization ratio					1 %

rolling shear analysis					
$V_d =$	33.86	kN	$f_{r,k} =$	1.25	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1.25	-
			$k_{mod} =$	0.90	-
$T_{r,d} =$	0.03	N/mm ²	$f_{r,d} =$	0.90	N/mm ²
					< ✓
utilization ratio					3 %



Ultimate limit state (ULS) fire design - results



ULS fire flexural design

field	dist. [m]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	$k_{sys,y}$ [-]	k_{fi} [-]	$f_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$M_{y,d}$ [kNm]	$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm ²]	ratio	
1	6.8	24.00	1.00	1.00	1.10	1.15	30.36	-8.46	-1.19	4 %	LCO12
2	0.0	24.00	1.00	1.00	1.10	1.15	30.36	-8.46	-1.19	4 %	LCO12

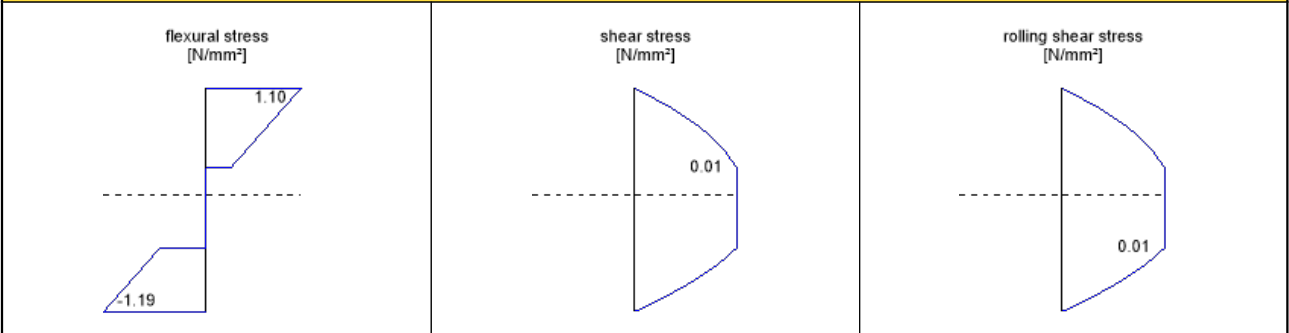
ULS fire shear analysis

field	dist. [m]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	k_{fi} [-]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]	V_d [kN]	$T_{v,d}$ [N/mm ²]	ratio	
1	6.8	4.00	1.00	1.00	1.15	4.60	-5.31	0.01	0 %	LCO12
2	0.0	4.00	1.00	1.00	1.15	4.60	5.88	0.01	0 %	LCO12

ULS fire rolling shear

field	dist. [m]	$f_{r,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	k_{fi} [-]	$f_{r,d}$ [N/mm ²]	V_d [kN]	$T_{r,d}$ [N/mm ²]	ratio	
1	6.8	1.25	1.00	1.00	1.15	1.44	-5.31	0.01	1 %	LCO12
2	0.0	1.25	1.00	1.00	1.15	1.44	5.88	0.01	1 %	LCO12

stress diagram



flexural stress analysis fire

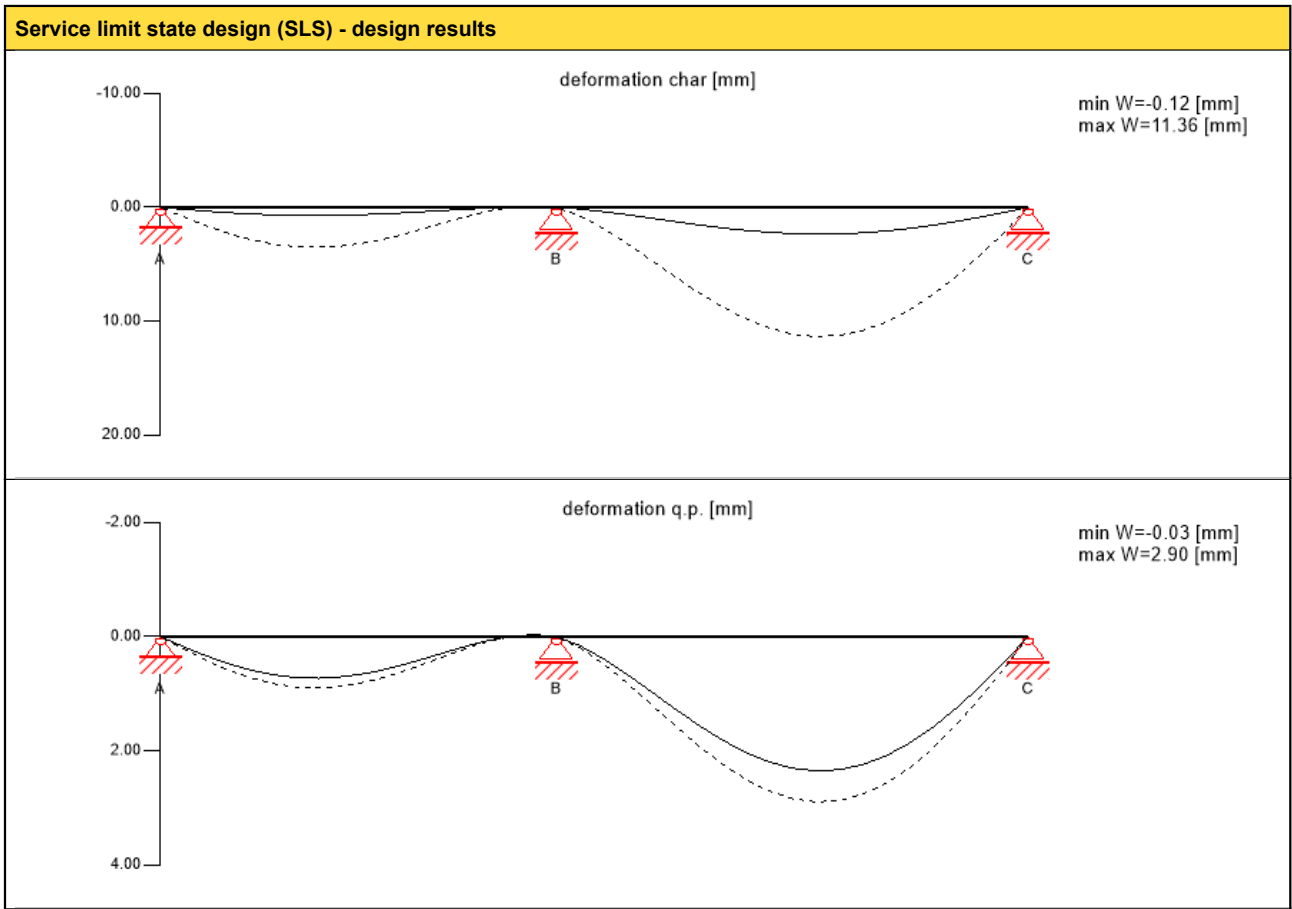
$M_{y,d} =$ -8.46 kNm	$f_{m,k} =$ 24.00 N/mm ²
$M_{z,d} =$ 0.00 kNm	$f_{m,k,z} =$ 24.00 N/mm ²
$N_{t,d} =$ 0.00 kN	$\gamma_m =$ 1.00 -
	$k_{mod} =$ 1.00 -
	$k_{sys,y} =$ 1.10 -
	$k_{h,m,y} =$ 1.00 -
	$k_{h,m,z} =$ 1.00 -
	$k_i =$ 1.00 -
	$k_{fi} =$ 1.15 -
$\sigma_{t,d} =$ 0.00 N/mm ²	$f_{t,0,d} =$ 16.10 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$ -1.19 N/mm ²	$f_{m,y,d} =$ 30.36 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$ 0.00 N/mm ²	$f_{m,z,d} =$ 0.00 N/mm ²

utilization ratio 4 %



shear stress analysis fire					
$V_d =$	5.88	kN	$f_{v,k} =$	4.00	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1.00	
			$k_{mod} =$	1.00	
			$k_{fi} =$	1.15	
$\tau_{v,d} =$	0.01	N/mm ²	$f_{v,d} =$	4.60	N/mm ² ✓
utilization ratio					0 %

rolling shear analysis fire					
$V_d =$	5.88	kN	$f_{r,k} =$	1.25	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1.00	-
			$k_{mod} =$	1.00	-
			$k_{fi} =$	1.15	-
$\tau_{r,d} =$	0.01	N/mm ²	$f_{r,d} =$	1.44	N/mm ² ✓
utilization ratio					1 %



$w_{inst} = w[char]$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	1	L/300	22.7	3.5	16 %
2	1	L/300	27.0	11.4	42 %

$w_{fin} = w[char] + w[q.p.] * k_{def}$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	1	L/150	45.3	4.4	10 %
2	1	L/150	54.0	14.3	26 %



$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$					
field	K_{def}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	1	L/250	27.2	1.8	7 %
2	1	L/250	32.4	5.8	18 %

support reaction				
load case category	k_{mod}	A_v	B_v	C_v
		[kN]		
live load cat. A: residential	0.8	1.77	7.02	2.38
		0.00	0.00	0.00
wind load	0.9	1.54	6.08	2.07
		0.00	0.00	0.00
snow load CEN < 1000m altitude	0.9	6.61	26.20	8.90
		0.00	0.00	0.00
self weight	0.6	2.29	9.08	3.08
		2.29	9.08	3.08

note

Valg:

- Vegg: Den mest kritiske bærende tak.
- Material: C24 gran
- Safety class: SC3 (EC1990, tabell B1)
- Service class: 2 (EC1995-1-1, NA.901)
- Load combination factor: 2. (EC1990, §6.4.3.3, NA.A1.1)
- Grenseverdier for nedbøyninger: W_{inst} , $W_{net,fin}$, W_{fin} (EC1995-1-1, tabell NA.7.2)

Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

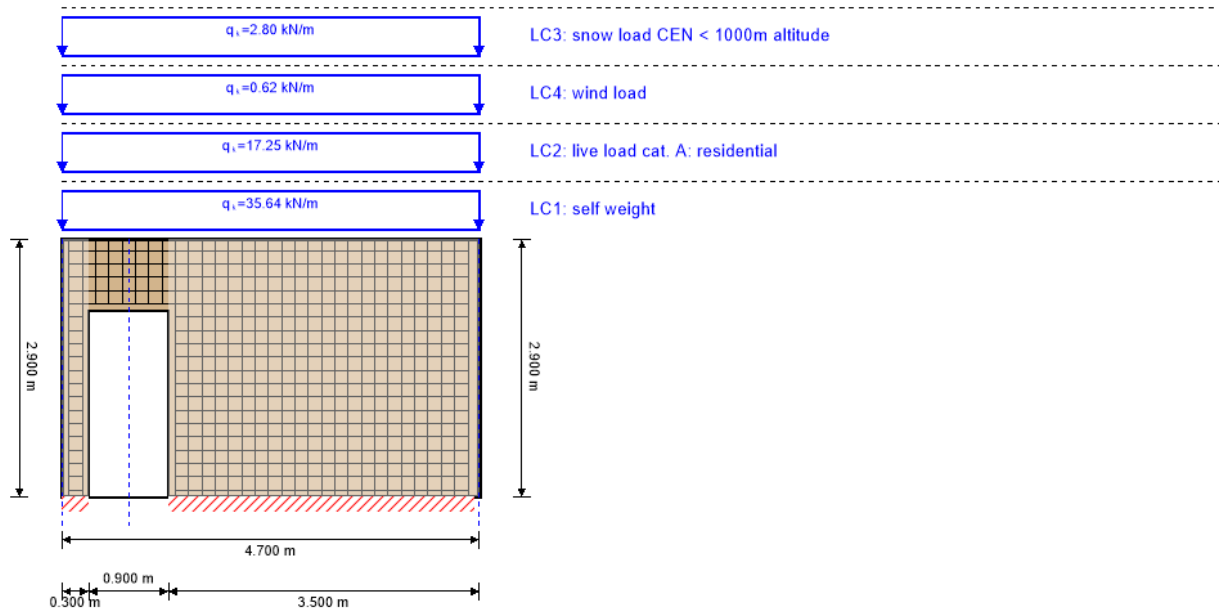
Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



VEDLEGG

B15

system



global utilization ratio				46 %	
ULS	38 %	ULS fire	46 %	SLS	5 %

section: CLT 120 L5s				
	layer	thickness	orientation	material
	1	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	2	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	3	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	4	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	5	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
t_{CLT}		120.0 mm		

section fire: CLT 120 L5s							
	layer	thickness	orientation	material			
	1	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
	2	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)			
	3	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
	4	13.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)			
t_{CLT}		83.0 mm					
fire resistance class: R 90		time 90 min					
fire protection layering : 2 x 15.0 mm gypsum plasterboard Type F							
gypsum plasterboard Type A (acc. to EN 520)gypsum plasterboard Type F (acc. to EN 520)							
$t_{ch,h}$	$t_{f,h}$	$t_{a,h}$	$d_{ia,h}$	k_0	d_0	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$
[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]
62	63	83	25	1	7	30.0	37.0



material values										
material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \min}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{r,mean}$
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
C24 spruce ETA (2019)	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,000.00	690.00	50.00

load

load case groups										
	load case category	type	duration	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	
LC1	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	
LC2	live load cat. A: residential	Q	medium term	0.8	0	1.5	0.7	0.5	0.3	
LC3	snow load CEN < 1000m altitude	Q	short term	0.9	0	1.5	0.5	0.2	0	
LC4	wind load	Q	short term	0.9	0	1.5	0.6	0.2	0	

LC1:self weight

continuous load	
q_k	
[kN/m]	
	35.639

LC2:live load cat. A: residential

continuous load	
q_k	
[kN/m]	
	17.25

LC3:snow load CEN < 1000m altitude

continuous load	
q_k	
[kN/m]	
	2.8

LC4:wind load

continuous load	
q_k	
[kN/m]	
	0.62

ULS combinations

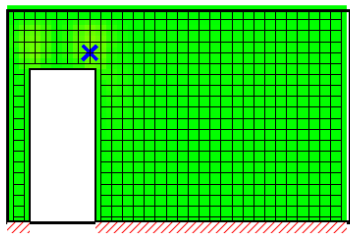
	combination rule
LCO1	1.35/1.00 * LC1
LCO2	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2
LCO3	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3
LCO4	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC4
LCO5	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3
LCO6	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2
LCO7	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC4
LCO8	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4
LCO9	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2
LCO10	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3



ULS combinations fire	
	combination rule
LCO1	1.00/1.00 * LC1
LCO2	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO3	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO4	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO5	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO6	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO7	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO8	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO9	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO10	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3

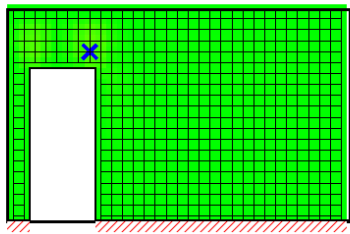
Ultimate limit state (ULS) - design results

utilization rate of shear stress in plane on net section



LCO2							
Id	X	Z	k _{mod}	f _{IP,Netto,k}	Q	T _{IP,Net,d}	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
504	1.125	2.325	0.8	3.9	-7.73	0.64	26 %

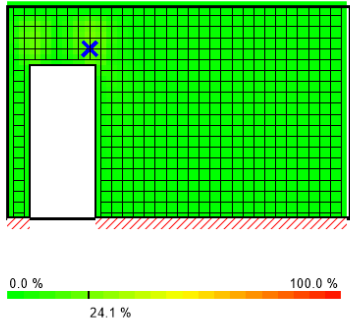
utilization rate of shear stress in plane of gross section



LCO2							
Id	X	Z	k _{mod}	f _{v,IP,Brutto,k}	Q	τ _{IP,Gross,d}	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
504	1.125	2.325	0.8	3.5	-7.73	0.43	19 %

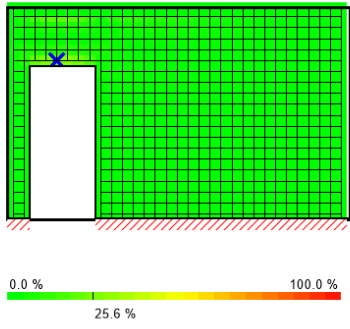


utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces



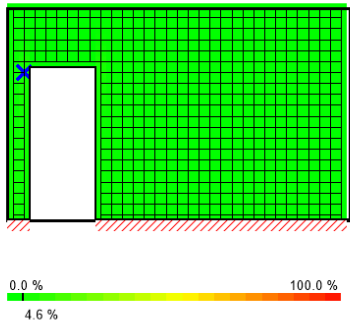
LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$T_{T,Node,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
504	1.125	2.325	0.8	2.5	-7.73	0.39	24 %

utilization rate of axial force horizontal



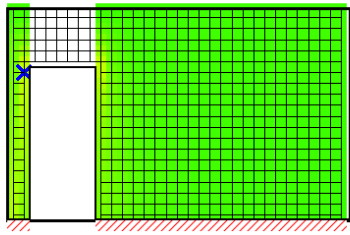
LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{h,max}$	$\sigma_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
470	0.675	2.175	0.8	8.96	13.75	2.29	26 %

utilization rate of axial force vertical



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{c,0,d}$	$N_{v,max}$	$\sigma_{v,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
436	0.225	2.025	0.8	13.44	-34.41	-2.87	5 %

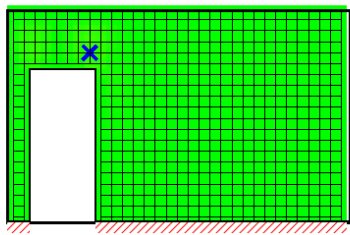
utilization rate for buckling



LCO2										
Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]
436	0.225	2.025	2.9	73	0.2	0.555	13.44	-	0.00	38 %

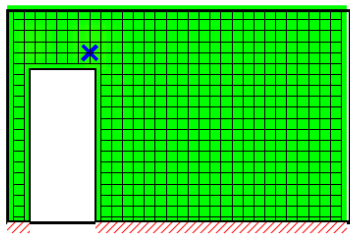
Ultimate limit state (ULS) fire design - results

utilization rate of shear stress in plane on net section



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$T_{IP,Net,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
504	1.125	2.325	1	3.9	-4.40	0.59	13 %

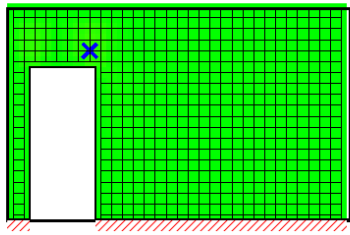
utilization rate of shear stress in plane of gross section



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,Brutto,k}$	Q	$\tau_{IP,Gross,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
504	1.125	2.325	1	3.5	-4.40	0.35	9 %

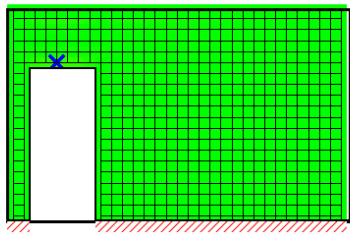


utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces



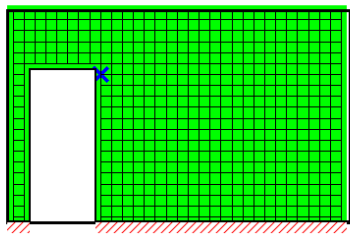
LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$T_{T,Node,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
504	1.125	2.325	1	2.5	-4.40	0.35	12 %

utilization rate of axial force horizontal



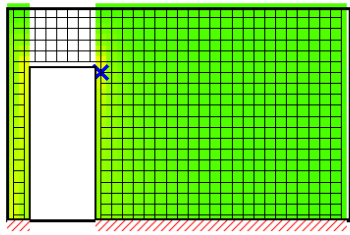
LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{h,max}$	$\sigma_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
470	0.675	2.175	1	16.1	7.63	1.54	10 %

utilization rate of axial force vertical



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{c,0,d}$	$N_{v,max}$	$\sigma_{v,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
443	1.275	2.025	1	24.15	-18.20	-2.43	1 %

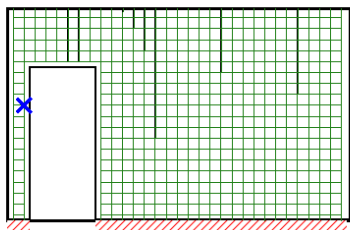
utilization rate for buckling



LCO2										
Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]
443	1.275	2.025	2.9	124	0.2	0.221	24.15	-	0.00	46 %

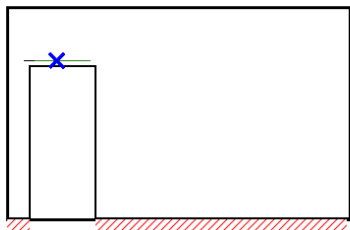
Service limit state design (SLS) - design results

horizontal deformation



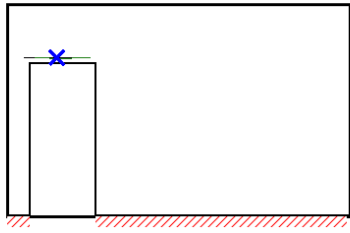
LCO2						
Id	X	Z	w_{limit}	limit	$v_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
343	0.225	1.575	14.5	L/200 = 14.5	0.1854	1.3 %

$w_{inst} = w[char]$



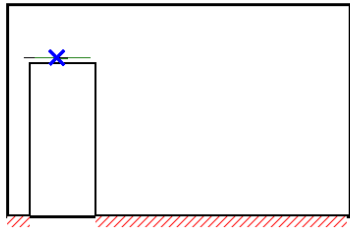
LCO2								
Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
470	0.675	2.175	0.8	0.9	1/300	3.0	0.1	4 %

$w_{fin} = w[char] + w[q.p.] * k_{def}$



Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	limit	w _{limit}	w _{calc.}	ratio
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
470	0.675	2.175	0.8	0.9	1/150	6.0	0.2	3 %

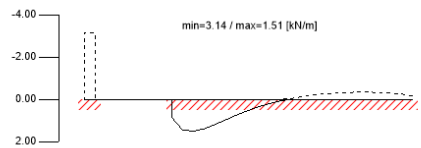
$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.] * k_{def}$



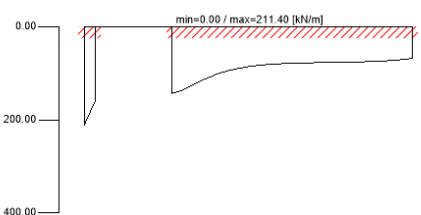
Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	limit	w _{limit}	w _{calc.}	ratio
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[m]	[mm]	
470	0.675	2.175	0.8	0.9	L/250	3.6	0.2	5 %

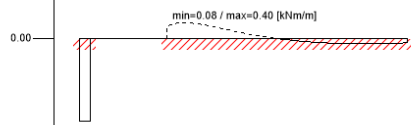
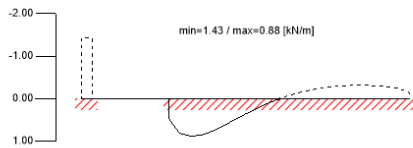
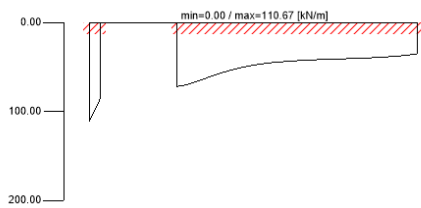
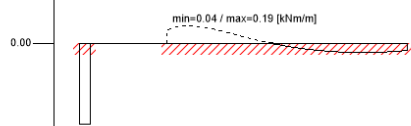
support reaction

support reaction horizontal min/max



support reaction vertical min/max



support reaction moment min/max**fire support reaction****fire support reaction horizontal min/max****fire support reaction vertical min/max****fire support reaction moment min/max****note**

Valg:

- Vegg: Den mest kritiske bærende leilighetsskillevegg i 1. etasje.
- Material: C24 gran
- Safety class: SC3 (EC1990, tabell B1)
- Load combination factor: 2. (EC1990, §6.4.3.3, NA.A1.1)
- Wh: L/250 (EC1990, tabell NA.A1(904))
- Grenseverdier for nedbøyninger: Winst, Wnet,fin, Wfin (EC1995-1-1, tabell NA.7.2)

Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

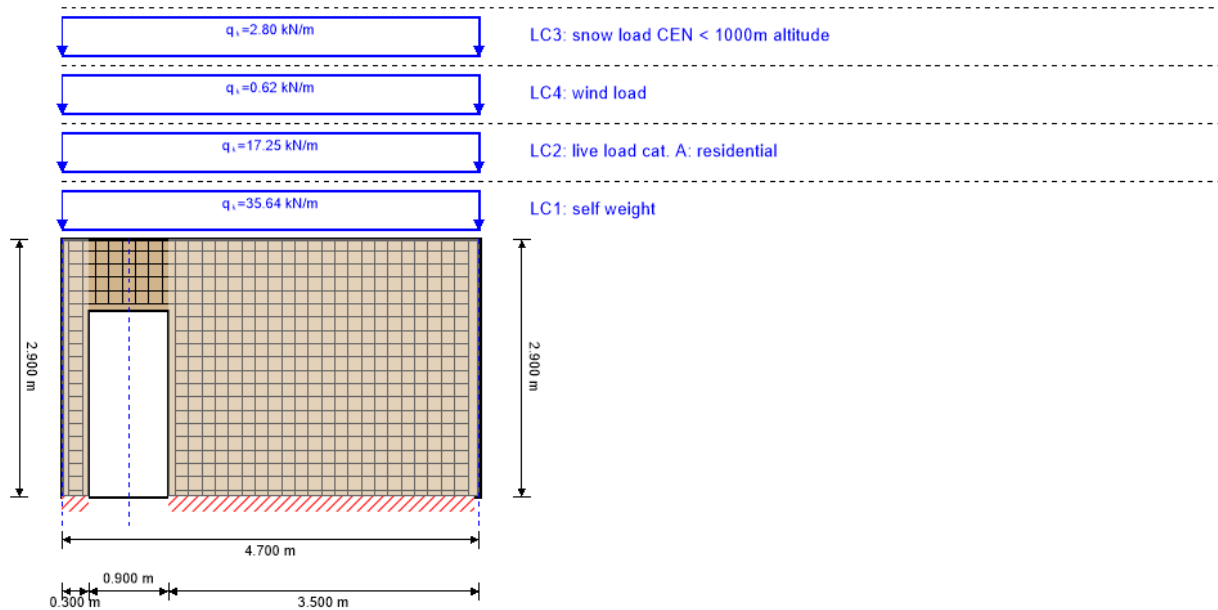
Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



VEDLEGG

B16

system



global utilization ratio				71 %	
ULS	67 %	ULS fire	71 %	SLS	5 %

section: CLT 100 L5s				
	layer	thickness	orientation	material
	1	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	2	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	3	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	4	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	5	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
t_{CLT}		100.0 mm		

section fire: CLT 100 L5s							
	layer	thickness	orientation	material			
	1	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
	2	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)			
	3	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
t_{CLT}		60.0 mm					
fire resistance class: R 90		time	90 min				
fire protection layering : 2 x 15.0 mm gypsum plasterboard Type F							
gypsum plasterboard Type A (acc. to EN 520)gypsum plasterboard Type F (acc. to EN 520)							
$t_{ch,h}$	$t_{f,h}$	$t_{a,h}$	$d_{ta,h}$	k_0	d_0	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$
[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]
62	63	83	25	1	7	30.0	37.0



material values										
material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \min}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{r,mean}$
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
C24 spruce ETA (2019)	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,000.00	690.00	50.00

load

load case groups										
	load case category	type	duration	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	
LC1	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	
LC2	live load cat. A: residential	Q	medium term	0.8	0	1.5	0.7	0.5	0.3	
LC3	snow load CEN < 1000m altitude	Q	short term	0.9	0	1.5	0.5	0.2	0	
LC4	wind load	Q	short term	0.9	0	1.5	0.6	0.2	0	

LC1:self weight

continuous load	
q_k	
[kN/m]	
	35.639

LC2:live load cat. A: residential

continuous load	
q_k	
[kN/m]	
	17.25

LC3:snow load CEN < 1000m altitude

continuous load	
q_k	
[kN/m]	
	2.8

LC4:wind load

continuous load	
q_k	
[kN/m]	
	0.62

ULS combinations

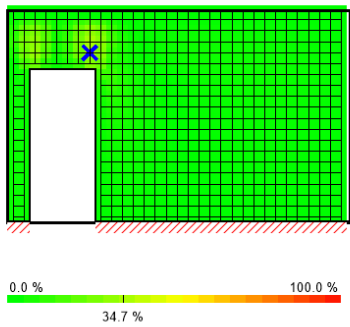
	combination rule
LCO1	1.35/1.00 * LC1
LCO2	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2
LCO3	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3
LCO4	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC4
LCO5	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3
LCO6	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2
LCO7	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC4
LCO8	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4
LCO9	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2
LCO10	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3



ULS combinations fire	
	combination rule
LCO1	1.00/1.00 * LC1
LCO2	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO3	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO4	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO5	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO6	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO7	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO8	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO9	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO10	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3

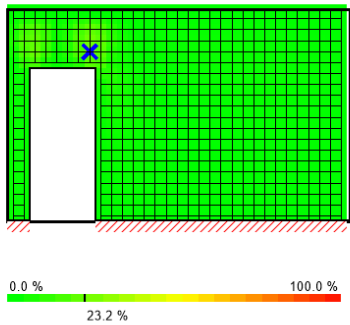
Ultimate limit state (ULS) - design results

utilization rate of shear stress in plane on net section



LCO2							
Id	X	Z	k _{mod}	f _{IP,Netto,k}	Q	T _{IP,Net,d}	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
504	1.125	2.325	0.8	3.9	-7.80	0.87	35 %

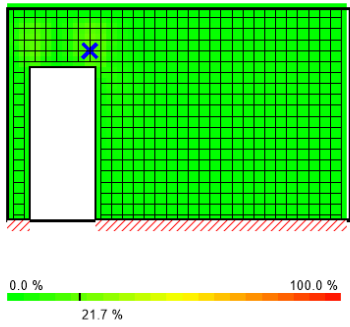
utilization rate of shear stress in plane of gross section



LCO2							
Id	X	Z	k _{mod}	f _{v,IP,Brutto,k}	Q	τ _{IP,Gross,d}	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
504	1.125	2.325	0.8	3.5	-7.80	0.52	23 %

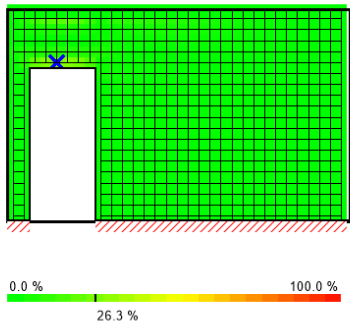


utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces



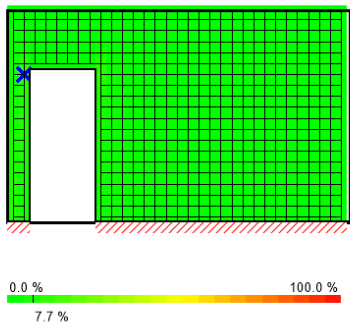
LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$T_{T,Node,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
504	1.125	2.325	0.8	2.5	-7.80	0.35	22 %

utilization rate of axial force horizontal



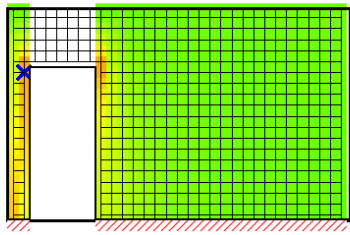
LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{h,max}$	$\sigma_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
470	0.675	2.175	0.8	8.96	14.13	2.36	26 %

utilization rate of axial force vertical



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{c,0,d}$	$N_{v,max}$	$\sigma_{v,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
436	0.225	2.025	0.8	13.44	-33.48	-3.72	8 %

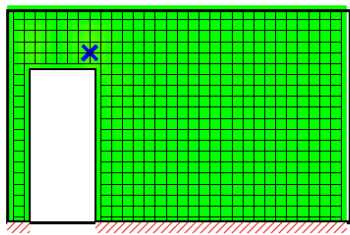
utilization rate for buckling



LCO2										
Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]
436	0.225	2.025	2.9	87	0.2	0.415	13.44	-	0.00	67 %

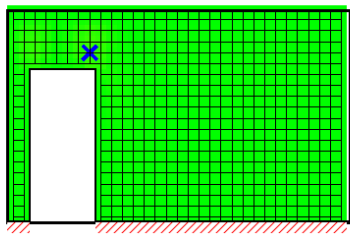
Ultimate limit state (ULS) fire design - results

utilization rate of shear stress in plane on net section



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$T_{IP,Net,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
504	1.125	2.325	1	3.9	-4.45	0.74	17 %

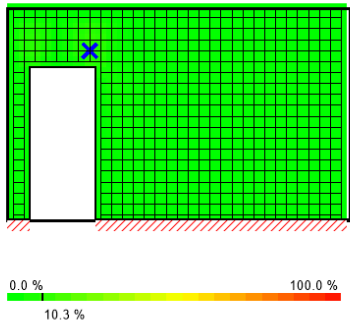
utilization rate of shear stress in plane of gross section



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,Brutto,k}$	Q	$\tau_{IP,Gross,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
504	1.125	2.325	1	3.5	-4.45	0.49	12 %

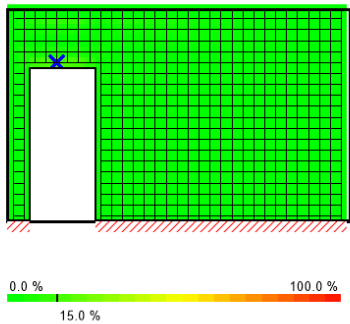


utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces



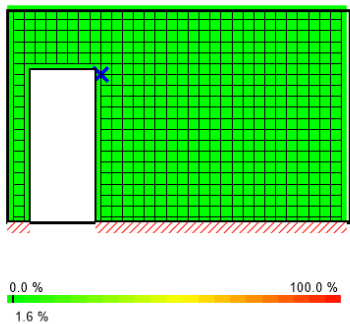
LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$T_{T,Node,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
504	1.125	2.325	1	2.5	-4.45	0.30	10 %

utilization rate of axial force horizontal



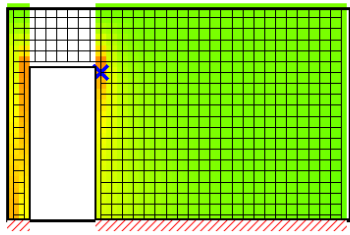
LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{h,max}$	$\sigma_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
470	0.675	2.175	1	16.1	7.23	2.41	15 %

utilization rate of axial force vertical



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{c,0,d}$	$N_{v,max}$	$\sigma_{v,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
443	1.275	2.025	1	24.15	-18.42	-3.07	2 %

utilization rate for buckling

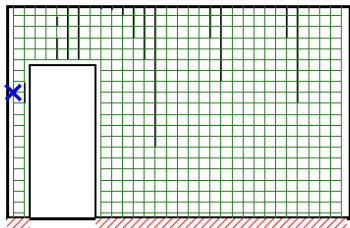


LCO2

Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]
443	1.275	2.025	2.9	139	0.2	0.178	24.15	-	3.07	71 %

Service limit state design (SLS) - design results

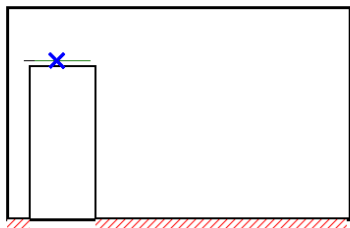
horizontal deformation



LCO2

Id	X	Z	w_{limit}	limit	$v_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
373	0.075	1.725	14.5	$L/200 = 14.5$	0.2104	1.5 %

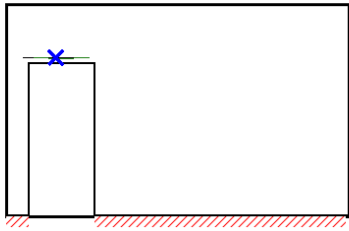
$w_{inst} = w[char]$



LCO2

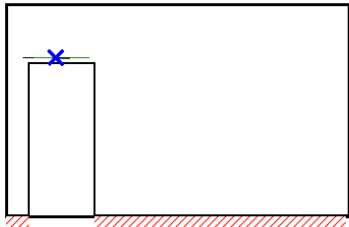
Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
470	0.675	2.175	0.8	0.9	1/300	3.0	0.1	5 %

$w_{fin} = w[char] + w[q.p.] * k_{def}$



Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	limit	w _{limit}	w _{calc.}	ratio
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
470	0.675	2.175	0.8	0.9	1/150	6.0	0.2	4 %

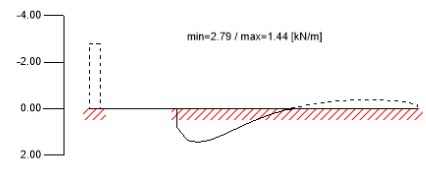
$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.] * k_{def}$



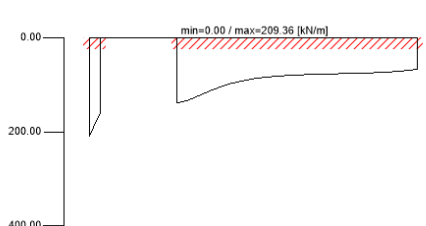
Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	limit	w _{limit}	w _{calc.}	ratio
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[m]	[mm]	
470	0.675	2.175	0.8	0.9	L/250	3.6	0.2	5 %

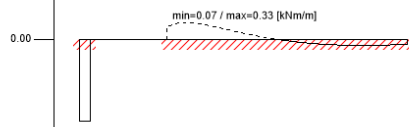
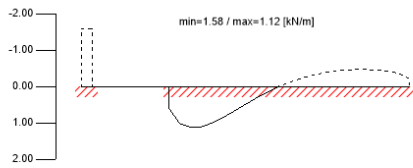
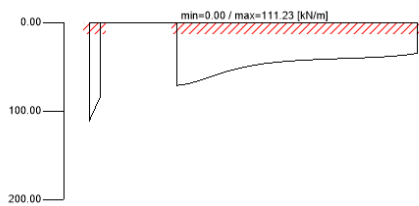
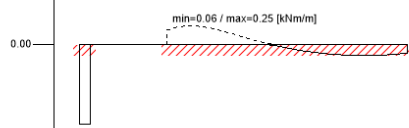
support reaction

support reaction horizontal min/max



support reaction vertical min/max



support reaction moment min/max**fire support reaction****fire support reaction horizontal min/max****fire support reaction vertical min/max****fire support reaction moment min/max****note**

Valg:

- Vegg: Den mest kritiske bærende leilighetsskillevegg i 1. etasje.
- Material: C24 gran
- Safety class: SC3 (EC1990, tabell B1)
- Load combination factor: 2. (EC1990, §6.4.3.3, NA.A1.1)
- Wh: L/250 (EC1990, tabell NA.A1(904))
- Grenseverdier for nedbøyninger: Winst, Wnet,fin, Wfin (EC1995-1-1, tabell NA.7.2)

Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

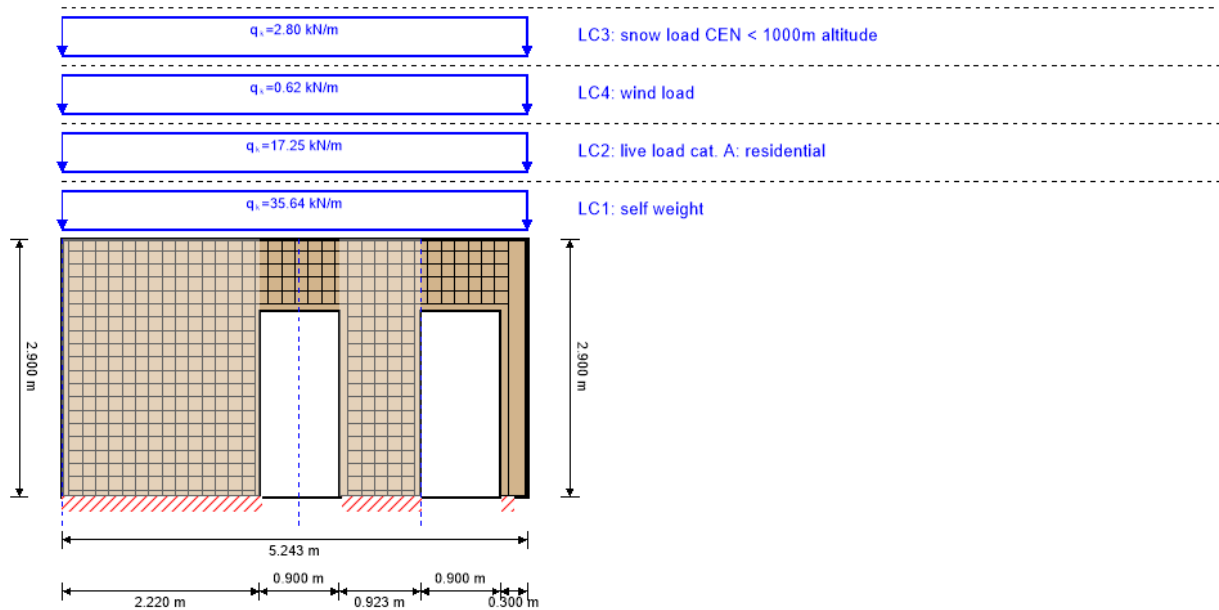
Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



VEDLEGG

B17

system



global utilization ratio				34 %	
ULS	28 %	ULS fire	34 %	SLS	4 %

section: CLT 140 L5s

	layer	thickness	orientation	material
	1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	2	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	3	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	4	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	5	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
t_{CLT}		140.0 mm		

section fire: CLT 140 L5s

	layer	thickness	orientation	material			
	1	14.5 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
	2	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)			
	3	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
	4	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)			
	5	14.5 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
t_{CLT}		89.0 mm					
fire resistance class:R 90		time		90 min			
fire protection layering : 2 x 18.0 mm gypsum plasterboard Type F							
gypsum plasterboard Type A (acc. to EN 520)gypsum plasterboard Type F (acc. to EN 520)							
t _{ch,h}	t _{f,h}	t _{a,h}	d _{la,h}	k ₀	d ₀	d _{char,0,h}	d _{ef,h}
[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]
75	75	95	19	1	7	18.5	25.5



material values										
material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \min}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{r,mean}$
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
C24 spruce ETA (2019)	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,000.00	690.00	50.00

load

load case groups										
	load case category	type	duration	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	
LC1	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	
LC2	live load cat. A: residential	Q	medium term	0.8	0	1.5	0.7	0.5	0.3	
LC3	snow load CEN < 1000m altitude	Q	short term	0.9	0	1.5	0.5	0.2	0	
LC4	wind load	Q	short term	0.9	0	1.5	0.6	0.2	0	

LC1:self weight

continuous load	
q_k	
[kN/m]	
	35.639

LC2:live load cat. A: residential

continuous load	
q_k	
[kN/m]	
	17.25

LC3:snow load CEN < 1000m altitude

continuous load	
q_k	
[kN/m]	
	2.8

LC4:wind load

continuous load	
q_k	
[kN/m]	
	0.62

ULS combinations

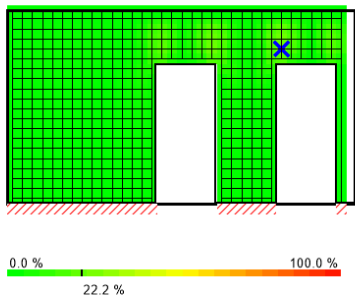
	combination rule
LCO1	1.35/1.00 * LC1
LCO2	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2
LCO3	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3
LCO4	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC4
LCO5	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3
LCO6	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2
LCO7	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.60 * LC4
LCO8	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4
LCO9	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2
LCO10	1.35/1.00 * LC1 + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC2 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC3



ULS combinations fire	
	combination rule
LCO1	1.00/1.00 * LC1
LCO2	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO3	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO4	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO5	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO6	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO7	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO8	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4
LCO9	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2
LCO10	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3

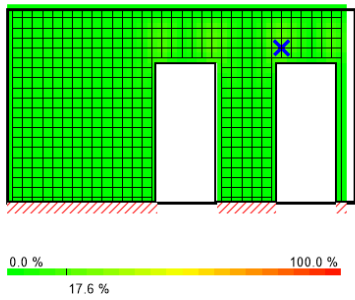
Ultimate limit state (ULS) - design results

utilization rate of shear stress in plane on net section



LCO2							
Id	X	Z	k _{mod}	f _{IP,Netto,k}	Q	T _{IP,Net,d}	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
572	4.125	2.325	0.8	3.9	8.30	0.55	22 %

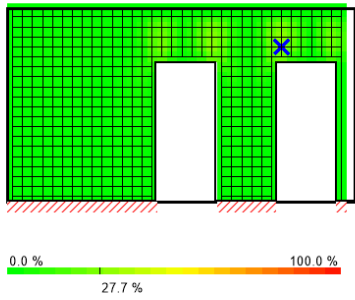
utilization rate of shear stress in plane of gross section



LCO2							
Id	X	Z	k _{mod}	f _{v,IP,Brutto,k}	Q	τ _{IP,Gross,d}	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
572	4.125	2.325	0.8	3.5	8.30	0.40	18 %

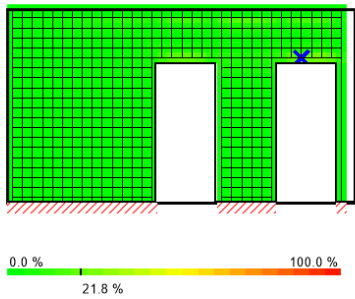


utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces



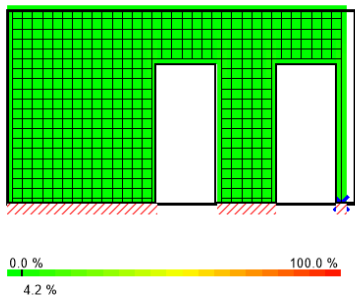
LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$T_{T,Node,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
572	4.125	2.325	0.8	2.5	8.30	0.44	28 %

utilization rate of axial force horizontal



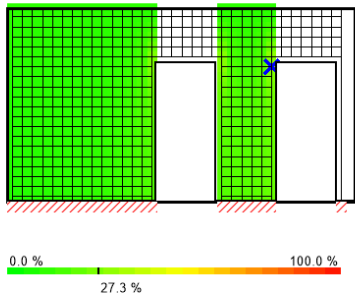
LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{h,max}$	$\sigma_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
540	4.425	2.175	0.8	8.96	11.74	1.96	22 %

utilization rate of axial force vertical



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{c,0,d}$	$N_{v,max}$	$\sigma_{v,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
34	5.025	0	0.8	13.44	-41.23	-2.75	4 %

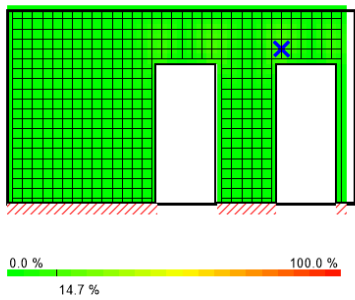
utilization rate for buckling



LCO2											
Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]	
503	3.975	2.025	2.9	63	0.2	0.67	13.44	-	0.00	27 %	

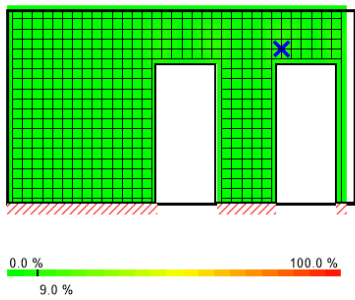
Ultimate limit state (ULS) fire design - results

utilization rate of shear stress in plane on net section



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$T_{IP,Net,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
572	4.125	2.325	1	3.9	4.85	0.66	15 %

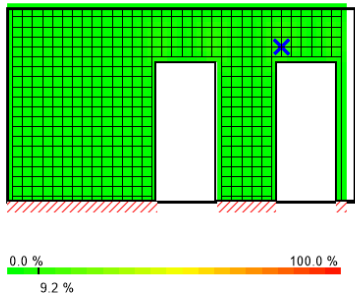
utilization rate of shear stress in plane of gross section



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,Brutto,k}$	Q	$\tau_{IP,Gross,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
572	4.125	2.325	1	3.5	4.85	0.36	9 %

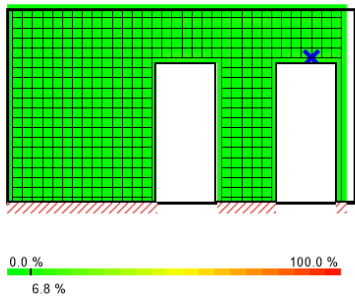


utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces



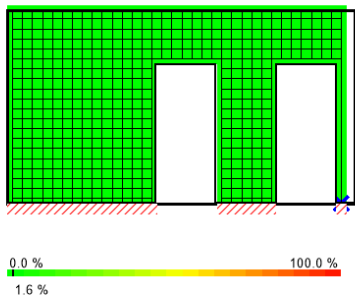
LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$T_{T,Node,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
572	4.125	2.325	1	2.5	4.85	0.26	9 %

utilization rate of axial force horizontal



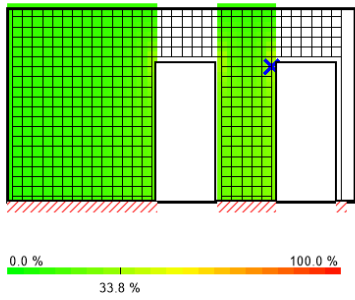
LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{h,max}$	$\sigma_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
541	4.575	2.175	1	16.1	6.58	1.10	7 %

utilization rate of axial force vertical



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{c,0,d}$	$N_{v,max}$	$\sigma_{v,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
34	5.025	0	1	24.15	-22.21	-3.02	2 %

utilization rate for buckling

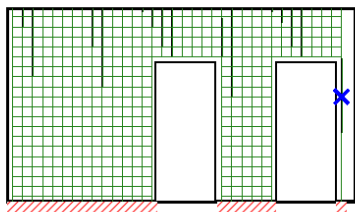


LCO2

Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]
503	3.975	2.025	2.9	100	0.2	0.33	24.15	-	0.00	34 %

Service limit state design (SLS) - design results

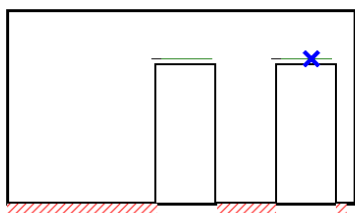
horizontal deformation



LCO2

Id	X	Z	w_{limit}	limit	$v_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
408	5.025	1.575	14.5	$L/200 = 14.5$	0.2274	1.6 %

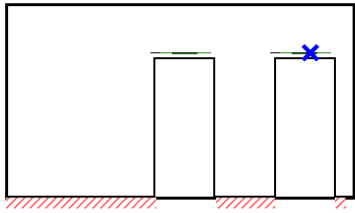
$w_{inst} = w[char]$



LCO2

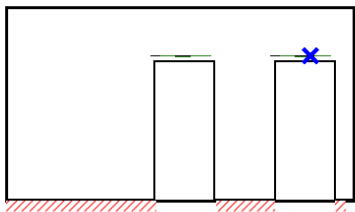
Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
541	4.575	2.175	0.8	0.9	1/300	3.0	0.1	4 %

$w_{fin} = w[char] + w[q.p.]*kdef$



Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	limit	w _{limit}	w _{calc.}	ratio
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
541	4.575	2.175	0.8	0.9	1/150	6.0	0.2	3 %

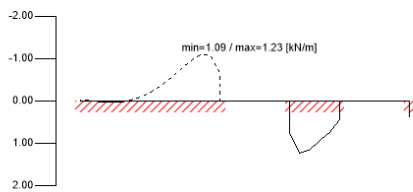
$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*kdef$



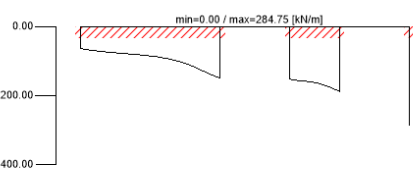
Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	limit	w _{limit}	w _{calc.}	ratio
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[m]	[mm]	
541	4.575	2.175	0.8	0.9	L/250	3.6	0.2	4 %

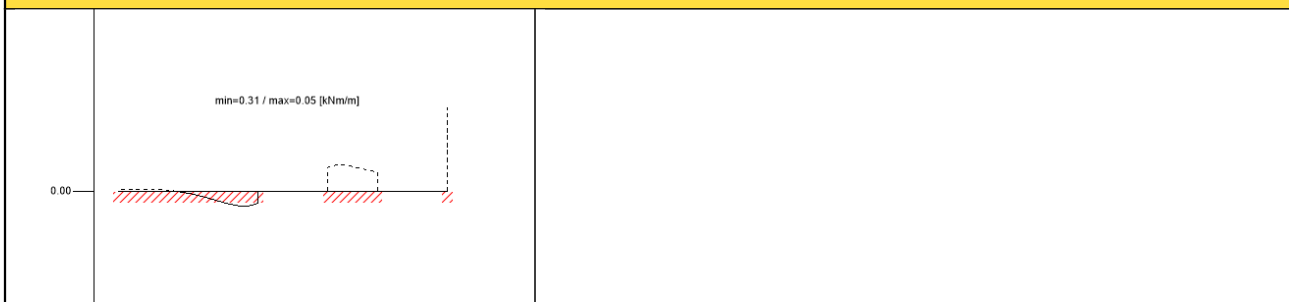
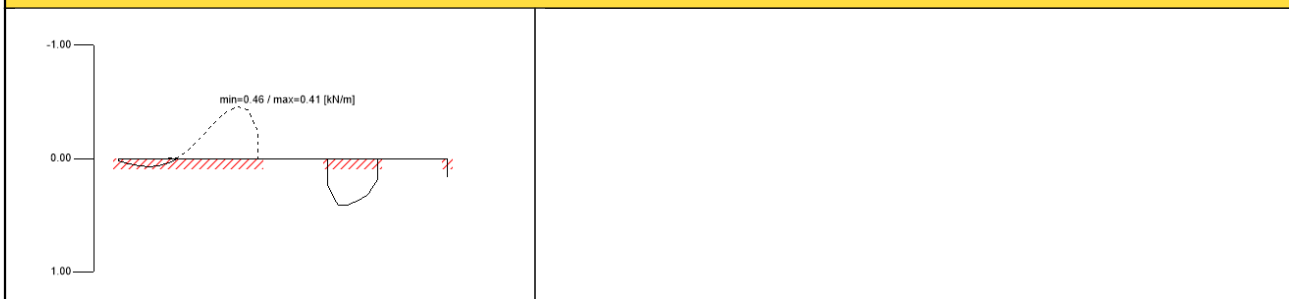
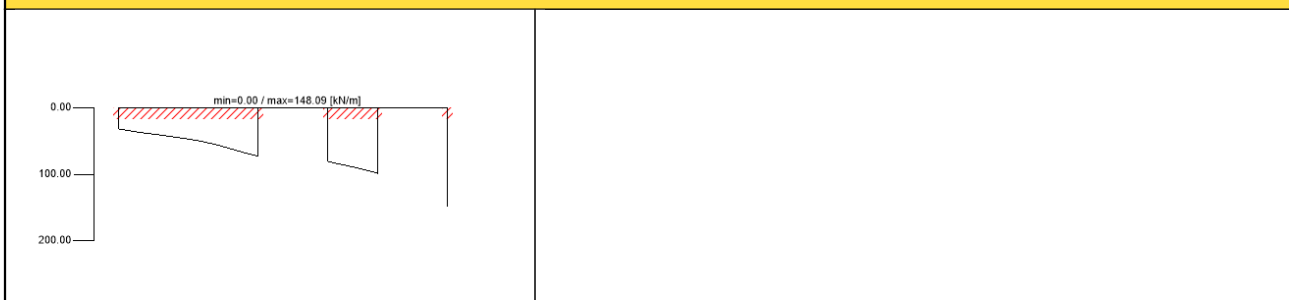
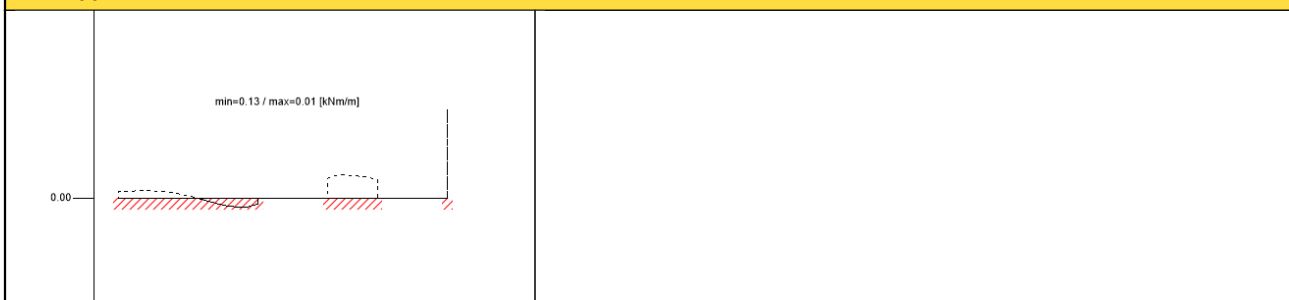
support reaction

support reaction horizontal min/max



support reaction vertical min/max



support reaction moment min/max**fire support reaction****fire support reaction horizontal min/max****fire support reaction vertical min/max****fire support reaction moment min/max****note**

Valg:

- Vegg: Den mest kritiske bærende innervegg i 1. etasje.
- Material: C24 gran
- Safety class: SC3 (EC1990, tabell B1)
- Load combination factor: 2. (EC1990, §6.4.3.3, NA.A1.1)
- Wh: L/250 (EC1990, tabell NA.A1(904))
- Grenseverdier for nedbøyninger: Winst, Wnet,fin, Wfin (EC1995-1-1, tabell NA.7.2)

Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



VEDLEGG

C1

Navn	Stasjon	Tid(norsk	Nedbør (mnd)	Høyeste middelvind	Gjennomsnittlig snødybd	Middeltemperatur (mnd)
Ås	SN17850	01.1985	41,3	6,7	18	-9,7
Ås	SN17850	02.1985	33,8	4,6	43	-10,7
Ås	SN17850	03.1985	74,4	15,4	55	-0,8
Ås	SN17850	04.1985	57,3	9,8	27	2,2
Ås	SN17850	05.1985	24	9,8	0	11,3
Ås	SN17850	06.1985	96,1	9,8	0	13,8
Ås	SN17850	07.1985	114,2	6,7	0	15,8
Ås	SN17850	08.1985	186	9,8	0	14,2
Ås	SN17850	09.1985	105,2	12,3	0	8,8
Ås	SN17850	10.1985	49,1	15,4	0	7,1
Ås	SN17850	11.1985	52,3	9,8	1	-1,9
Ås	SN17850	12.1985	72,3	6,7	12	-7
Ås	SN17850	01.1986	61,5	6,7	30	-7,7
Ås	SN17850	02.1986	0,2	9,8	41	-8,7
Ås	SN17850	03.1986	83,1	15,4	28	0
Ås	SN17850	04.1986	20,8	12,3	2	2,1
Ås	SN17850	05.1986	78,2	12,3	0	10,4
Ås	SN17850	06.1986	19,3	12,3	0	16,3
Ås	SN17850	07.1986	67,5	12,3	0	15,9
Ås	SN17850	08.1986	108,4	12,3	0	13
Ås	SN17850	09.1986	15,7	9,8	0	8,4
Ås	SN17850	10.1986	108,1	15,4	0	6,6
Ås	SN17850	11.1986	100	12,3	0	4,2
Ås	SN17850	12.1986	81,3	12,3	13	-2
Ås	SN17850	01.1987	25,3	12,3	42	-11,7
Ås	SN17850	02.1987	36,7	9,8	47	-5,5
Ås	SN17850	03.1987	96,6	9,8	58	-5,3
Ås	SN17850	04.1987	26,8	6,7	30	4,5
Ås	SN17850	05.1987	60,2	9,8	0	9
Ås	SN17850	06.1987	114,4	14,9	0	11,5
Ås	SN17850	07.1987	78,6	12,3	0	16,1
Ås	SN17850	08.1987	109,3	6,7	0	12,7
Ås	SN17850	09.1987	115,3	12,3	0	9,4
Ås	SN17850	10.1987	243	22,6	0	7,4
Ås	SN17850	11.1987	111,1	6,7	0	0,3
Ås	SN17850	12.1987	30	9,8	2	-2,7
Ås	SN17850	01.1988	144,4	12,3	7	0,6
Ås	SN17850	02.1988	96,1	12,3	19	-1,5
Ås	SN17850	03.1988	103,4	9,8	34	-2,1
Ås	SN17850	04.1988	36,3	9,8	11	2,6
Ås	SN17850	05.1988	31 -	-	-	-
Ås	SN17850	06.1988	44,8 -	-	-	-
Ås	SN17850	07.1988	165,6 -	-	-	-
Ås	SN17850	08.1988	181,7 -	-	-	-
Ås	SN17850	09.1988	86,3 -	-	-	-
Ås	SN17850	10.1988	91,7 -	-	-	-
Ås	SN17850	11.1988	21,4 -	-	-	-
Ås	SN17850	12.1988	25,8 -	-	-	-
Ås	SN17850	01.1989	11,3 -	-	-	-
Ås	SN17850	02.1989	57,9 -	-	-	-
Ås	SN17850	03.1989	91,5 -	-	-	3,3
Ås	SN17850	04.1989	79,5 -	-	-	-
Ås	SN17850	05.1989	17,6 -	-	-	-

Ås	SN17850	06.1989	65,9	-	-	-
Ås	SN17850	07.1989	65,8	-	-	-
Ås	SN17850	08.1989	127,8	-	-	-
Ås	SN17850	09.1989	50,9	-	-	-
Ås	SN17850	10.1989	61,9	-	-	-
Ås	SN17850	11.1989	72,9	-	-	-
Ås	SN17850	12.1989	39,2	-	-	-2,9
Ås	SN17850	01.1990	94,4	-	-	1,3
Ås	SN17850	02.1990	138,4	-	-	-
Ås	SN17850	03.1990	20,4	-	-	-
Ås	SN17850	04.1990	72,2	-	-	-
Ås	SN17850	05.1990	11,6	-	-	11,9
Ås	SN17850	06.1990	94,1	-	-	-
Ås	SN17850	07.1990	63,8	-	-	16
Ås	SN17850	08.1990	96,7	-	-	15,7
Ås	SN17850	09.1990	53	-	-	9,9
Ås	SN17850	10.1990	99,1	-	-	-
Ås	SN17850	11.1990	43,4	-	-	-
Ås	SN17850	12.1990	102,5	-	-	-
Ås	SN17850	01.1991	74,2	-	-	-
Ås	SN17850	02.1991	23,3	-	-	-4,7
Ås	SN17850	03.1991	70,1	-	-	-
Ås	SN17850	04.1991	21	-	-	-
Ås	SN17850	05.1991	0,3	-	-	10,3
Ås	SN17850	06.1991	93,6	-	-	-
Ås	SN17850	07.1991	55,8	-	-	-
Ås	SN17850	08.1991	30	-	-	-
Ås	SN17850	09.1991	79,2	-	-	-
Ås	SN17850	10.1991	105,4	-	-	6,1
Ås	SN17850	11.1991	162,5	-	-	2,6
Ås	SN17850	12.1991	29,4	-	-	-
Ås	SN17850	01.1992	15,4	-	-	-
Ås	SN17850	02.1992	19,2	-	-	-
Ås	SN17850	03.1992	66,4	-	-	-
Ås	SN17850	04.1992	66,4	-	-	3,8
Ås	SN17850	05.1992	49,1	-	-	12,8
Ås	SN17850	06.1992	16,7	-	-	-
Ås	SN17850	07.1992	88,4	-	-	-
Ås	SN17850	08.1992	153,5	-	-	-
Ås	SN17850	09.1992	55,4	-	-	-
Ås	SN17850	10.1992	31,4	-	-	2,7
Ås	SN17850	11.1992	167,5	-	-	-
Ås	SN17850	12.1992	72,9	-	-	-
Ås	SN17850	01.1993	49,4	-	-	-
Ås	SN17850	02.1993	20,1	-	-	-
Ås	SN17850	03.1993	5,5	-	-	-
Ås	SN17850	04.1993	32,2	-	-	-
Ås	SN17850	05.1993	51,9	-	-	-
Ås	SN17850	06.1993	34,6	-	-	-
Ås	SN17850	07.1993	86,2	-	-	14,6
Ås	SN17850	08.1993	109,1	-	-	-
Ås	SN17850	09.1993	30,9	-	-	-
Ås	SN17850	10.1993	151,4	-	-	-
Ås	SN17850	11.1993	82,9	-	-	-

Ås	SN17850	12.1993	74,2 -	-	-	-
Ås	SN17850	01.1994	102,6 -	-	-	-
Ås	SN17850	02.1994	19,8 -	-	-	-
Ås	SN17850	03.1994	65,8 -	-	-	0,1
Ås	SN17850	04.1994	81,5 -	-	-	-
Ås	SN17850	05.1994	4,9	12,4 -	-	10,7
Ås	SN17850	06.1994	49,2	11,4 -	-	13,5
Ås	SN17850	07.1994	4,3 -	-	-	-
Ås	SN17850	08.1994	158,3 -	-	-	-
Ås	SN17850	09.1994	115,7 -	-	-	-
Ås	SN17850	10.1994	48,7 -	-	-	-
Ås	SN17850	11.1994	48,6	9,9 -	-	1,8
Ås	SN17850	12.1994	135,6	11 -	-	0,3
Ås	SN17850	01.1995	83	10,9 -	-	-3,4
Ås	SN17850	02.1995	86,9 -	-	-	0
Ås	SN17850	03.1995	62,8	10,9 -	-	1
Ås	SN17850	04.1995	52	13,1 -	-	3,7
Ås	SN17850	05.1995	47,2 -	-	-	9,4
Ås	SN17850	06.1995	133,7	9,7 -	-	14,5
Ås	SN17850	07.1995	157,9	7,6 -	-	-
Ås	SN17850	08.1995	23,5	7,9 -	-	-
Ås	SN17850	09.1995	97,9	10,7 -	-	11
Ås	SN17850	10.1995	55,6 -	-	-	-
Ås	SN17850	11.1995	31,7	12,8 -	-	-0,6
Ås	SN17850	12.1995	18,7	8,6 -	-	-8,1
Ås	SN17850	01.1996	36	5,6 -	-	-5,5
Ås	SN17850	02.1996	33,8	13 -	-	-7,3
Ås	SN17850	03.1996	0,2	9,2 -	-	-1,7
Ås	SN17850	04.1996	15,1	7,3 -	-	4,3
Ås	SN17850	05.1996	65,5	9,7 -	-	8,3
Ås	SN17850	06.1996	48,5	9,8 -	-	-
Ås	SN17850	07.1996	29,6	9 -	-	15
Ås	SN17850	08.1996	73,9	7,7 -	-	17,1
Ås	SN17850	09.1996	85,5	9,4 -	-	9,3
Ås	SN17850	10.1996	147,5 -	-	-	7,7
Ås	SN17850	11.1996	112,2	9,2 -	-	0,1
Ås	SN17850	12.1996	44,9 -	-	-	-5,3
Ås	SN17850	01.1997	11,9	9,7 -	-	-4,8
Ås	SN17850	02.1997	74,1	11,6 -	-	-0,1
Ås	SN17850	03.1997	13,2	13,1 -	-	2,3
Ås	SN17850	04.1997	6,5 -	-	-	4,5
Ås	SN17850	05.1997	56,5	10 -	-	9,1
Ås	SN17850	06.1997	53,3	10 -	-	15,8
Ås	SN17850	07.1997	53,4	10 -	-	18,4
Ås	SN17850	08.1997	63,4	9,3 -	-	19,9
Ås	SN17850	09.1997	82,4	9,9 -	-	-
Ås	SN17850	10.1997	87,5	8,5 -	-	4,2
Ås	SN17850	11.1997	77,4	7,6 -	-	1,2
Ås	SN17850	12.1997	71,2	10,1 -	-	-1,2
Ås	SN17850	01.1998	43,1	20 -	-	-1,5
Ås	SN17850	02.1998	25,7	11,8 -	-	1,5
Ås	SN17850	03.1998	33,9	9,7 -	-	0,2
Ås	SN17850	04.1998	81,3	7,1 -	-	4
Ås	SN17850	05.1998	20,9	9,7 -	-	11,1

Ås	SN17850	06.1998	123,5	10 -	12,9
Ås	SN17850	07.1998	60,7	8,2 -	15,1
Ås	SN17850	08.1998	95,6	7,5 -	13,6
Ås	SN17850	09.1998	96,3	7,6 -	11,9
Ås	SN17850	10.1998	109,9	10,5 -	5,1
Ås	SN17850	11.1998	45,8	9,5 -	-1,7
Ås	SN17850	12.1998	49,3	10,9 -	-0,6
Ås	SN17850	01.1999	105,9	10,1 -	-2,6
Ås	SN17850	02.1999	41	20 -	-2,6
Ås	SN17850	03.1999	125,4	12,2 -	0
Ås	SN17850	04.1999	66	12,1 -	6,1
Ås	SN17850	05.1999	57,6	9 -	8,9
Ås	SN17850	06.1999	143,5	8,9 -	13,4
Ås	SN17850	07.1999	63,9	15,1 -	16,7
Ås	SN17850	08.1999	47,4	7,3 -	15
Ås	SN17850	09.1999	175,5	9,7 -	13,7
Ås	SN17850	10.1999	92,2	9,4 -	6,2
Ås	SN17850	11.1999	30,9	13,3 -	3,8
Ås	SN17850	12.1999	108,5	28,7 -	-3,1
Ås	SN17850	01.2000	40,1	30 -	-0,9
Ås	SN17850	02.2000	44,3	12,1 -	-0,5
Ås	SN17850	03.2000	30,6	11 -	1,4
Ås	SN17850	04.2000	88,7	8,1 -	5,7
Ås	SN17850	05.2000	87,6	12,2 -	11,7
Ås	SN17850	06.2000	47,5	10,7 -	13,1
Ås	SN17850	07.2000	82,6	7,1 -	15,4
Ås	SN17850	08.2000	67,2	7,8 -	14,6
Ås	SN17850	09.2000	57,5	15 -	10,4
Ås	SN17850	10.2000	231,7	11,1 -	9,2
Ås	SN17850	11.2000	310,7	6,5 -	5,6
Ås	SN17850	12.2000	103,5	8 -	0,6
Ås	SN17850	01.2001	125,9 -	-	-3,9
Ås	SN17850	02.2001	37,4	9,3 -	-5,7
Ås	SN17850	03.2001	51,3	11,8 -	-2,7
Ås	SN17850	04.2001	101,6	11,2 -	3,7
Ås	SN17850	05.2001	51,5	8,1 -	11,1
Ås	SN17850	06.2001	49,7	9,5 -	13,8
Ås	SN17850	07.2001	75,7	8,4 -	16,9
Ås	SN17850	08.2001	87,6	9 -	15,4
Ås	SN17850	09.2001	104	8,1 -	11
Ås	SN17850	10.2001	143,1	10,8 -	8,7
Ås	SN17850	11.2001	25,1	13,7 -	1,6
Ås	SN17850	12.2001	38,4	29,9 -	-4,6
Ås	SN17850	01.2002	76,3 -	-	-3,1
Ås	SN17850	02.2002	59,6	14,1 -	0,5
Ås	SN17850	03.2002	31,4	11,3 -	1,9
Ås	SN17850	04.2002	36,3	9,7 -	6,2
Ås	SN17850	05.2002	92,8	8,4 -	12
Ås	SN17850	06.2002	81,2	15 -	15,4
Ås	SN17850	07.2002	181	15 -	16,6
Ås	SN17850	08.2002	66,3 -	-	-
Ås	SN17850	09.2002	44,4	8,6 -	-
Ås	SN17850	10.2002	105,8	9,6 -	3,2
Ås	SN17850	11.2002	91,5	11,9 -	-1,9

Ås	SN17850	12.2002	42,4 -	-	-7,6
Ås	SN17850	01.2003	53,4 -	-	-
Ås	SN17850	02.2003	53,8	10,7 -	-3,3
Ås	SN17850	03.2003	23,9	15 -	1
Ås	SN17850	04.2003	59	10,5 -	5
Ås	SN17850	05.2003	94,4	8,4 -	9,5
Ås	SN17850	06.2003	76,4	7,6 -	15,3
Ås	SN17850	07.2003	90,6	7 -	17,9
Ås	SN17850	08.2003	73,8	8,5 -	16,2
Ås	SN17850	09.2003	53,3	11,1 -	12
Ås	SN17850	10.2003	31,6	8,5 -	2,8
Ås	SN17850	11.2003	95,3	7,7 -	2,5
Ås	SN17850	12.2003	53	13,1 -	-
Ås	SN17850	01.2004	92,6	17,1 -	-4,1
Ås	SN17850	02.2004	32,3 -	-	-2,2
Ås	SN17850	03.2004	50,5	9,6 -	1,2
Ås	SN17850	04.2004	56,1	8,1 -	6,6
Ås	SN17850	05.2004	33,8	15 -	11,9
Ås	SN17850	06.2004	101,1	9,2 -	13,7
Ås	SN17850	07.2004	49,4	7 -	15,1
Ås	SN17850	08.2004	95	9,4 -	16,9
Ås	SN17850	09.2004	104,9	10,4 -	11,9
Ås	SN17850	10.2004	127,3	9,5 -	6,1
Ås	SN17850	11.2004	58,8	11 -	0,2
Ås	SN17850	12.2004	39,4	15,1 -	-
Ås	SN17850	01.2005	42,4 -	-	1,5
Ås	SN17850	02.2005	19,7	10 -	-1,5
Ås	SN17850	03.2005	18	8,8 -	-1,3
Ås	SN17850	04.2005	27,5	10,3 -	6,1
Ås	SN17850	05.2005	66,1	8,9 -	9,2
Ås	SN17850	06.2005	54,7	8 -	13,8
Ås	SN17850	07.2005	83,5	7,2 -	17,8
Ås	SN17850	08.2005	68,9	9,6 -	15,3
Ås	SN17850	09.2005	44,5	9,4 -	12,2
Ås	SN17850	10.2005	103,7	8,5 -	7
Ås	SN17850	11.2005	112,3	12,9 -	3,9
Ås	SN17850	12.2005	39,7	30 -	-1,9
Ås	SN17850	01.2006	35,5	14,2 -	-3,4
Ås	SN17850	02.2006	75,5	8,4 -	-5
Ås	SN17850	03.2006	29,9	7,2 -	-5
Ås	SN17850	04.2006	62,5	8,9 -	4,3
Ås	SN17850	05.2006	84,3	8,3 -	11,1
Ås	SN17850	06.2006	58,8	8,7 -	15,2
Ås	SN17850	07.2006	45,8	15 -	19,1
Ås	SN17850	08.2006	87,2 -	-	-
Ås	SN17850	09.2006	120,2	8,5 -	14,4
Ås	SN17850	10.2006	156,6	8,2 -	8,2
Ås	SN17850	11.2006	185,1	12,2 -	4,1
Ås	SN17850	12.2006	111,8	30 -	2,5
Ås	SN17850	01.2007	82	30 -	-1,4
Ås	SN17850	02.2007	41,5	7,8 -	-3,6
Ås	SN17850	03.2007	47,5	9,6 -	3,7
Ås	SN17850	04.2007	40	10,6 -	7,1
Ås	SN17850	05.2007	76,1	10,8 -	10,1

Ås	SN17850	06.2007	129,2	9,5 -	16,1
Ås	SN17850	07.2007	142,2	9,1 -	15,4
Ås	SN17850	08.2007	75,2	8,7 -	15,7
Ås	SN17850	09.2007	71,7 -	-	10,7
Ås	SN17850	10.2007	30,7	9,7 -	6,7
Ås	SN17850	11.2007	96,6	11 -	1
Ås	SN17850	12.2007	87,9	24,8 -	-1,3
Ås	SN17850	01.2008 -		10 -	1,1
Ås	SN17850	02.2008 -		10,9 -	1,9
Ås	SN17850	03.2008 -		9,3 -	0,7
Ås	SN17850	04.2008 -		7,7 -	6,1
Ås	SN17850	05.2008 -		7,3 -	11,2
Ås	SN17850	06.2008 -		8,6 -	15
Ås	SN17850	07.2008 -		8,1 -	17,2
Ås	SN17850	08.2008 -		7,6 -	14,5
Ås	SN17850	09.2008 -		8,1 -	10,3
Ås	SN17850	10.2008 -		12,6 -	6,8
Ås	SN17850	11.2008 -		29 -	1,8
Ås	SN17850	12.2008 -		30 -	-1,8
Ås	SN17850	01.2009 -	-	-	-2,6
Ås	SN17850	02.2009 -	-	-	-6,1
Ås	SN17850	03.2009 -	-	-	0,6
Ås	SN17850	04.2009 -	-	-	7
Ås	SN17850	05.2009 -	-	-	11,1
Ås	SN17850	06.2009 -	-	-	14,8
Ås	SN17850	07.2009 -	-	-	16,4
Ås	SN17850	08.2009 -	-	-	15,5
Ås	SN17850	09.2009 -	-	-	12,2
Ås	SN17850	10.2009 -	-	-	3,5
Ås	SN17850	11.2009 -	-	-	3,7
Ås	SN17850	12.2009 -	-	-	-4,8
Ås	SN17850	01.2010 -	-	-	-9,5
Ås	SN17850	02.2010 -	-	-	-7,7
Ås	SN17850	03.2010	33,7 -	-	-1,3
Ås	SN17850	04.2010	52,4 -	-	5,3
Ås	SN17850	05.2010	98,6 -	-	9,8
Ås	SN17850	06.2010	51,9 -	-	14,2
Ås	SN17850	07.2010	99,9 -	-	16,9
Ås	SN17850	08.2010	118,2 -	-	15,4
Ås	SN17850	09.2010	89,5 -	-	10,5
Ås	SN17850	10.2010	82,5 -	-	5
Ås	SN17850	11.2010	46,6 -	-	-3
Ås	SN17850	12.2010	28,7 -	-	-11,2
Ås	SN17850	01.2011	60,6 -	-	-5,1
Ås	SN17850	02.2011	42,4 -	-	-5,8
Ås	SN17850	03.2011	16,6 -	-	-0,2
Ås	SN17850	04.2011	41,1 -	-	8,4
Ås	SN17850	05.2011	63,2 -	-	10,5
Ås	SN17850	06.2011	136,2 -	-	15
Ås	SN17850	07.2011	89 -	-	17
Ås	SN17850	08.2011	175,4 -	-	15,2
Ås	SN17850	09.2011	158 -	-	12,3
Ås	SN17850	10.2011	76,4 -	-	7,5
Ås	SN17850	11.2011	17,5 -	-	4,5

Ås	SN17850	12.2011	97	-	-	0,4
Ås	SN17850	01.2012	52,9	-	-	-2,8
Ås	SN17850	02.2012	12,3	-	-	-3
Ås	SN17850	03.2012	12	-	-	4,9
Ås	SN17850	04.2012	73,3	-	-	4,2
Ås	SN17850	05.2012	-	-	-	11,4
Ås	SN17850	06.2012	84,1	-	-	12,9
Ås	SN17850	07.2012	109,6	-	-	15,5
Ås	SN17850	08.2012	83,4	-	-	15,4
Ås	SN17850	09.2012	109,9	-	-	10,4
Ås	SN17850	10.2012	143,2	-	-	4,7
Ås	SN17850	11.2012	124,2	-	-	3,1
Ås	SN17850	12.2012	54,7	-	-	-5,6
Ås	SN17850	01.2013	38	-	-	-5,2
Ås	SN17850	02.2013	22,7	-	-	-4,3
Ås	SN17850	03.2013	6,5	-	-	-3,5
Ås	SN17850	04.2013	57,9	-	-	3,6
Ås	SN17850	05.2013	116	-	-	12,1
Ås	SN17850	06.2013	-	-	-	14,3
Ås	SN17850	07.2013	20,2	-	-	17,5
Ås	SN17850	08.2013	57,1	-	-	15,5
Ås	SN17850	09.2013	56,5	-	-	11,1
Ås	SN17850	10.2013	93,3	-	-	7
Ås	SN17850	11.2013	54,2	-	-	1,9
Ås	SN17850	12.2013	150,6	-	-	2,4
Ås	SN17850	01.2014	84,2	-	-	-2,6
Ås	SN17850	02.2014	132,3	-	-	1,8
Ås	SN17850	03.2014	44,5	-	-	3,9
Ås	SN17850	04.2014	62,8	-	-	6,9
Ås	SN17850	05.2014	39,8	-	-	11,2
Ås	SN17850	06.2014	25,2	-	-	15
Ås	SN17850	07.2014	46,2	-	-	20
Ås	SN17850	08.2014	122,8	-	-	15,1
Ås	SN17850	09.2014	31,1	-	-	12,2
Ås	SN17850	10.2014	252	-	-	8,9
Ås	SN17850	11.2014	116,2	-	-	3,8
Ås	SN17850	12.2014	37,6	-	-	-2,6
Ås	SN17850	01.2015	115,4	-	-	0,1
Ås	SN17850	02.2015	33,5	-	-	0,1
Ås	SN17850	03.2015	71,8	-	-	2,8
Ås	SN17850	04.2015	11,4	-	-	6,4
Ås	SN17850	05.2015	97,7	-	-	8,5
Ås	SN17850	06.2015	59,9	-	-	13,4
Ås	SN17850	07.2015	151,7	-	-	15,4
Ås	SN17850	08.2015	137,3	-	-	15,6
Ås	SN17850	09.2015	181	-	-	11,6
Ås	SN17850	10.2015	13,5	-	-	6,7
Ås	SN17850	11.2015	96,4	-	-	3,2
Ås	SN17850	12.2015	65,2	-	-	1,9
Ås	SN17850	01.2016	58,6	-	-	-6,8
Ås	SN17850	02.2016	77,7	-	2	-1,3
Ås	SN17850	03.2016	56,9	-	7	2,1
Ås	SN17850	04.2016	68,9	-	0	5,5
Ås	SN17850	05.2016	71,7	-	-	11,8

Ås	SN17850	06.2016	79,7 -	-		15,9
Ås	SN17850	07.2016	69,4 -	-		16,4
Ås	SN17850	08.2016	134,7 -	-		14,8
Ås	SN17850	09.2016	37,2 -	-		14,3
Ås	SN17850	10.2016	25,3 -	-		5,4
Ås	SN17850	11.2016	78,5 -		0	0,5
Ås	SN17850	12.2016	25,5 -		1	0,7
Ås	SN17850	01.2017	60,7 -		1	-1,4
Ås	SN17850	02.2017	62,9 -		7	-1,9
Ås	SN17850	03.2017	42,5 -	-		2,1
Ås	SN17850	04.2017	44,3 -		0	4,6
Ås	SN17850	05.2017	66,7 -		0	11,1
Ås	SN17850	06.2017	94,9 -	-		14,5
Ås	SN17850	07.2017	40,9 -	-		16,1
Ås	SN17850	08.2017	133,3 -	-		14,6
Ås	SN17850	09.2017	121,5 -	-		11,6
Ås	SN17850	10.2017	138,8 -	-		6,7
Ås	SN17850	11.2017	101 -		0	1,3
Ås	SN17850	12.2017	66 -		0	-2
Ås	SN17850	01.2018	87,7 -	-		-2,3
Ås	SN17850	02.2018	56,7 -		24	-4,7
Ås	SN17850	03.2018	23,2 -		30	-3,5
Ås	SN17850	04.2018	30,3 -		6	5,2
Ås	SN17850	05.2018	34,2 -		0	15,1
Ås	SN17850	06.2018	85,8 -	-		17
Ås	SN17850	07.2018	29,4 -	-		20,5
Ås	SN17850	08.2018	55,4 -	-		15,5
Ås	SN17850	09.2018	128,8 -	-		12,2
Ås	SN17850	10.2018	44,3 -		0	6,8
Ås	SN17850	11.2018	134 -		0	3
Ås	SN17850	12.2018	84,8 -		11	-1,8
Ås	SN17850	01.2019	25,6 -		13	-4,2
Ås	SN17850	02.2019	97,4 -		15	0,2
Ås	SN17850	03.2019	83,7 -		6	1,8
Ås	SN17850	04.2019	19,3 -		0	7,7
Ås	SN17850	05.2019	111,1 -		0	9,7
Ås	SN17850	06.2019	126,3 -		0	14,5
Ås	SN17850	07.2019	52,2 -	-		17
Ås	SN17850	08.2019	101,2 -	-		16,2
Ås	SN17850	09.2019	184,3 -	-		11
Ås	SN17850	10.2019	128,2 -	-		5
Ås	SN17850	11.2019	133,5 -		3	0,2
Ås	SN17850	12.2019	70,5 -		1	0
Ås	SN17850	01.2020	73,6 -		0	3,2
Ås	SN17850	02.2020	79 -	-		1,7
Ås	SN17850	03.2020	64 -	-		2,6
Ås	SN17850	04.2020	29,1 -	-		6,6
Ås	SN17850	05.2020	45,4 -	-		9,5
Ås	SN17850	06.2020	98,4 -	-		17,6
Ås	SN17850	07.2020	132,9 -	-		14,4
Ås	SN17850	08.2020	51,3 -	-		16,2
Ås	SN17850	09.2020	86,9 -	-		12,3
Ås	SN17850	10.2020	194,6 -		0	7,5
Ås	SN17850	11.2020	98,7 -	-		5,1

Ås	SN17850	12.2020	217,2	-	0	2
Ås	SN17850	01.2021	62,4	-	4	-5,5
Ås	SN17850	02.2021	32,3	-	5	-4,1
Ås	SN17850	03.2021	34,7	-	2	2,7
Ås	SN17850	04.2021	15,9	-	0	4,9
Ås	SN17850	05.2021	86,5	-	0	9,9
Ås	SN17850	06.2021	31,7	-	0	16,2
Ås	SN17850	07.2021	88,4	-	0	18,9
Ås	SN17850	08.2021	6,6	-	0	15,5
Ås	SN17850	09.2021	65,1	-	0	12,8
Ås	SN17850	10.2021	157	-		8,8
Ås	SN17850	11.2021	40,5	-	0	2,4
Ås	SN17850	12.2021	27,6	-	4	-3,8
Ås	SN17850	01.2022	24,1	-	5	0,1
Ås	SN17850	02.2022	71	-		0,6

	Nedbør (mnd)	Høyeste middelvind	Gjennomsnittlig snødybd	Middeltemperatur (mnd)
Gjennomsnitt:	73,2	11,2	8,2	6,0
	mm	m/s	cm	oC

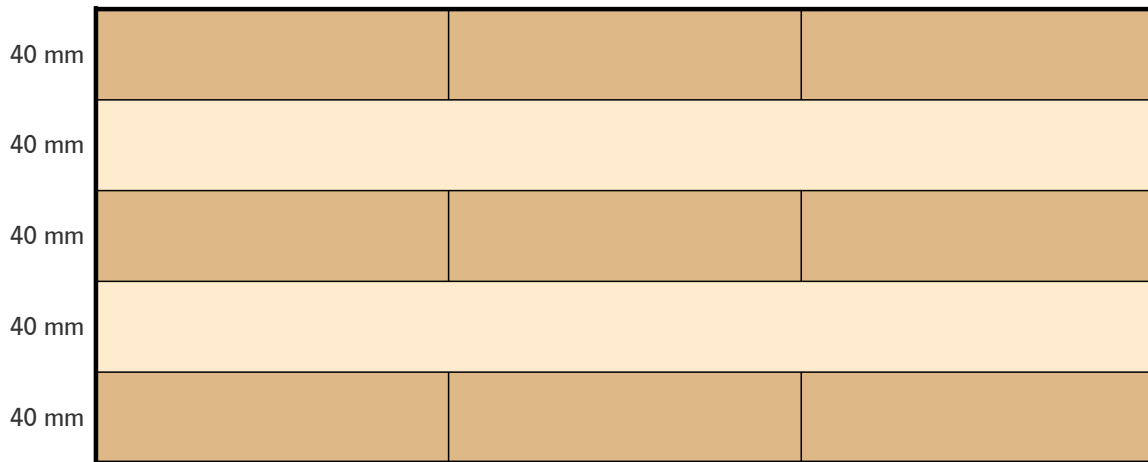
Data er gyldig per 08.03.2022 (CC BY 4.0), Meteorologisk institutt (MET)

Kilde: <https://seklima.met.no/observations>, Norsk Klimaservicesenter

VEDLEGG

C2

KLH 5s 200 TL



PARAMETRE FOR BRUK I PROGRAMVARE

STIVHETSMATRICE KOMPLETT (3D-FEM)

FULLSTENDIG			
$D_{11}(EJ_x)$	6 340	kNm^2/m	Bøyestivhet - X
$D_{22}(EJ_y)$	1 660	kNm^2/m	Bøyestivhet - Y
$D_{33}(GJ_{xy})$	270	kNm^2/m	Torsjonsstivhet
$D_{44}(GA_x)$	16 000	kN/m	Skjærstivhet - X
$D_{55}(GA_y)$	8 840	kN/m	Skjærstivhet - Y
$D_{66}(EA_x)$	1.44e+06	kN/m	Aksialstivhet - X
$D_{77}(EA_y)$	960 000	kN/m	Aksialstivhet - Y
$D_{88}(GA_{xy})$	67 500	kN/m	Skjærstivhet i planet

ORTOTROP FLATE (2D-FEM)

PLATE			
t_{red}	185	118	mm Redusert platetykkelse
G_{mean}	90		N/mm^2 G-modul for plateberegning (skjærmodul) ^{1,2}
E_{mean}	12 000		N/mm^2 E-modul for plateberegning (elastisitesmodul)

SKIVE			
t_{red}	120	80	mm Redusert skivetykkelse
G_{mean}	675		N/mm^2 G-modul for skiveberegning (skjærmodul) ^{1,3}
E_{mean}	12 000		N/mm^2 E-modul for skiveberegning (elastisitesmodul)

PROGRAMVARE FOR FAGVERK (GITERRAMME)

PLATE			
b_{red}	792	963	mm Ekvivalent bjelkebredde
	200	120	mm Bjelkehøyde
G_{mean}	121	92	N/mm^2 G-modul for plateberegning (skjærmodul) ¹
E_{mean}	12 000		N/mm^2 E-modul for plateberegning (elastisitesmodul)

SKIVE			
b_{red}	120	80	mm Ekvivalent bjelkebredde
G_{mean}	675	1 013	N/mm^2 G-modul for skiveberegning (skjærmodul) ¹
E_{mean}	12 000		N/mm^2 E-modul for skiveberegning (elastisitesmodul)

TVERRSNITTSVERDIER

$J_{net,t}$	52 800	13 867	cm^4 Netto treghetsmoment (strekkside)
$J_{net,c}$	52 800	13 867	cm^4 Netto treghetsmoment (trykkside)
A_{net}	1 200	800	cm^2 Netto tverrsnittsareal
A_{eff}	2 000	1 200	cm^2 Effektivt tverrsnittsareal
i_{net}	66	42	mm Netto treghetsradius
$e_{s,Ra1}$	100	60	mm Avstand fra tyngdepunkt til kant 1
$W_{net,Ra1}$	5 280	2 311	cm^3 Motstandsmoment for kant 1

Alle oppgitte verdier relaterer seg til en platestripe med 1 m bredde.

- 1) The shear modulus applies to the equivalent rectangular cross section and has been adapted accordingly (i.e. increased by a factor of 6/5), since the current FE programs generally do not allow any further specifications.
- 2) The shear modulus for the plate action specified here represents the less favourable value for the X and Y directions.
- 3) The shear modulus for the membrane action specified here represents the less favourable value for the X and Y directions.

KLH 5s 200 TL

KARAKTERISTISKE VERDIER I HENHOLD TIL ETA-06/0138:2021

De oppgitte verdiene er å forstå som karakteristiske verdier for tverrsnittets bæreevne basert på snittets størrelse. De baserer seg på en platestripe med 1 m bredde.

SKIVEBELASTNING (TAB. A)

		X	Y		
1	$N_{t,0,Rk}$	1 980	1 320	kN	Strekraft – Konstant forløp
2	$N_{t,0,m,Rk}$	2 880	1 920	kN	Strekraft – Variabelt forløp
3	$N_{c,0,Rk}$	2 880	1 920	kN	Trykkraft – Uten stabilitetsfare
4	$N_{c,loc,Rk}$	4 320	2 880	kN	Trykkraft – Kortende – Lokal belastning
5	$N_{c,90,Rk}$	1 188	713	kN	Trykkraft – Kortende – Tverrbelastning
6	$N_{c,2.73,Rk}$	2 588	1 242	kN	Trykkraft – Stabilitetsfare – Knekk lengde: 2.73 m
7	$N_{c,2.95,Rk}$	2 531	1 126	kN	Trykkraft – Stabilitetsfare – Knekk lengde: 2.95 m
8	$N_{c,3.50,Rk}$	2 334	879	kN	Trykkraft – Stabilitetsfare – Knekk lengde: 3.50 m
9	$N_{c,5.00,Rk}$	1 589	0	kN	Trykkraft – Stabilitetsfare – Knekk lengde: 5.00 m
10	$N_{xy,KF,Rk}$	360		kN	Skjærkraft i planet – Generell belastning
11	$V_{TR,Rk}$	393	294	kN	Skjærkraft i planet – Bjelkelignende element (H = 1 m)

PLATEBELASTNING (TAB. B)

		X	Y		
1	$M_{c,Rk}$	12 672	5 547	kNcm	Bøyemoment – Trykkside
2	$M_{t,Rk}$	12 672	5 547	kNcm	Bøyemoment – strekkside
3	$dM_{EL,Rk}$	-22	-14,44	kNcm/kN	Reduksjon av bøyemoment - på grunn av enkeltlast (SL)
4	V_{Rk}	198	104	kN	Skjærkraft
5	$V_{RD,Rk}$	68,6	104	kN	Skjærkraft – Ved fri kant (FE)

KLH 5s 200 TL

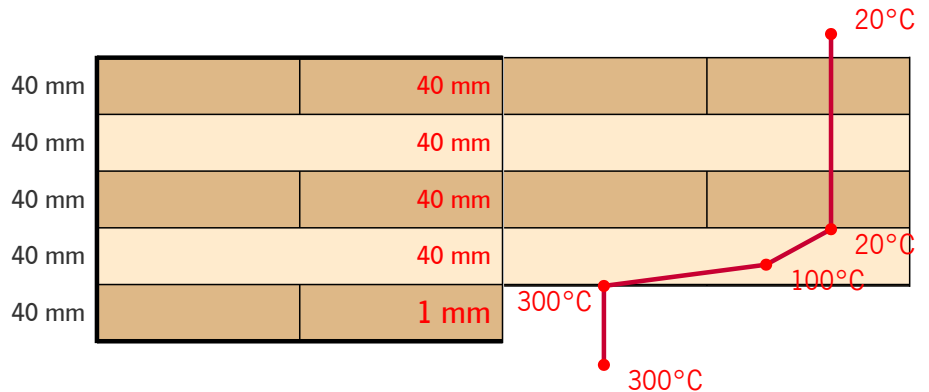
GULV

TID FOR BRANNPÅVIRKNING

60 minutter

OVERFLATE

Treoverflate



SKIVEBELASTNING (TAB. A)

	1	5		6		7	8	9
		b = 1m						
		X	Y	X	Y			
1	$N_{t,0,Rk}$	1 518	1 165	129,66	93,46	kN		
2	$N_{t,0,m,Rk}$	2 429	1 634	142,62	124,51	kN		
3	$N_{c,0,Rk}$	2 208	1 634	129,66	93,46	kN		
4	$N_{c,loc,Rk}$	2 881	2 372	256,35	123,06	kN		
5	$N_{c,90,Rk}$	1 188	713	118,8	71,28	kN		
6	$N_{c,2,73,Rk}$	1 070	672	88,12	48,24	kN		
7	$N_{c,2,95,Rk}$	1 028	642	84,52	46,11	kN		
8	$N_{c,3,50,Rk}$	934	577	76,69	41,52	kN		
9	$N_{c,5,00,Rk}$	551	0	52,37	0	kN		
10	$N_{xy,KF,Rk}$	311		31,05		kN		
11	$V_{TR,Rk}$	310	308	31	29,12	kN		

PLATEBELASTNING (TAB. B)

	1	5		6		7	8	9
		b = 1m						
		X	Y	X	Y			
1	$M_{c,Rk}$	6 379	3 509	512	284	kNcm		
2	$M_{t,Rk}$	6 379	3 827	515	344	kNcm		
3	$dM_{EL,Rk}$	-13,31	-3,79	-0,06	-0,03	kNcm/kN		
4	V_{Rk}	119,74	113,26	10,36	10,89	kN		
5	$V_{RD,Rk}$	112,2	121,78	13,7	11,3	kN		
6	%(EJ)	30	87	30	69	%		

Betegnelsene på variablene samsvarer med definisjonene for de karakteristiske verdiene for normaltillfelle.

Verdiene for en referansebredde på $b = 1$ m referer til normale, globale forkullingsrater.

Verdiene for en referansebredde på $b = 10$ cm referer til økte, lokale forkullingsrater.

INSTALLATION GUIDELINES SYSTEM KLH

Please note the installation guidelines for the fixing of the selected cladding under:

[click here](#)

TVERRSNITTSVERDIER

	D_i	$D_{i,fi,glo}$	$D_{i,fi,loc}$		ORL_i
1	40	40	40	mm	0
2	40	40	40	mm	90
3	40	40	40	mm	0
4	40	40	32,7	mm	90
5	40	1	0	mm	0
6	200	161	152,7	mm	

KRITERIER E OG I FOR KLH PANELET

- Kriterium E (Integritet)
- Kriterium I (Isolasjon)

Temperatur (ikke-eksponert side): 20 °C

TEMPERATURFORDELING I ELEMENTET (GLOBALT)

	SIDE 1	SIDE 2	
d_{300}	39	0	mm
d_{100}	15	0	mm
d_{20}	25	0	mm
beta	0,65	0	mm/min

TVERRSNITTSVERDIER

	1	5		6		7	8	9
		b = 1m						
		X	Y	X	Y			
1	$J_{net,t}$	13 867	10 456	1 378	830	cm ⁴		
2	$J_{net,c}$	13 867	9 644	1 361	739	cm ⁴		
3	A_{net}	800	659	79	60	cm ²		
4	A_{eff}	1 610	1 200	120	113	cm ²		
5	i_{net}	42	38	41	35	mm		
6	$e_{s,Ra1}$	101	68	93	67	mm		
7	$e_{s,Ra2}$	60	52	60	46	mm		

VEDLEGG

D1

A YV 01-11

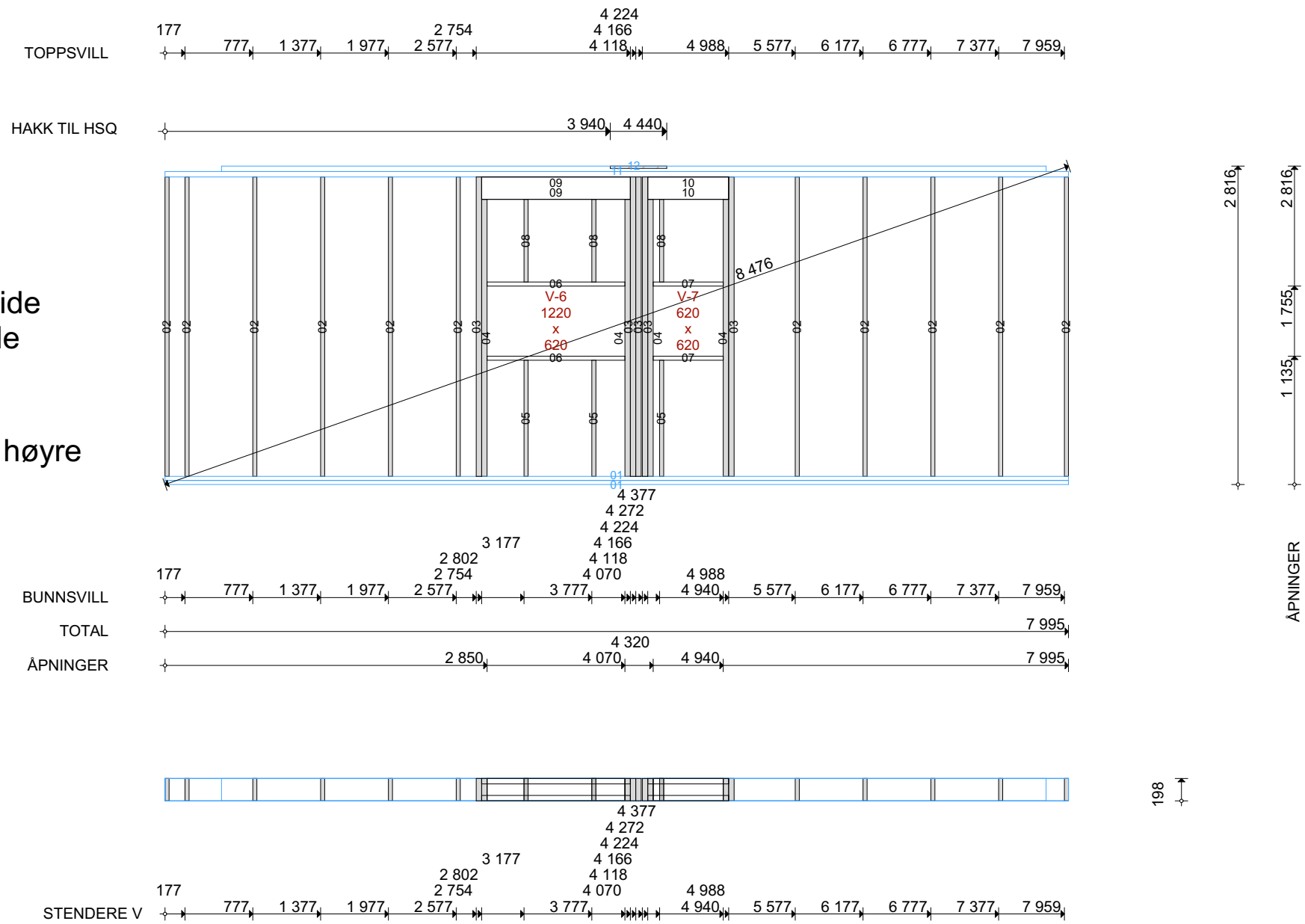
48x198		
7995	1	11
7297	1	12
2648	5	03
2450	4	04
1316	2	09
716	2	10

36x198		
7995	2	01
2648	11	02
1220	2	06
1027	3	05
731	3	08
620	2	07

Kledning
20mm inn venstre side
255mm ut høyre side

Solskjerming
Tomrør teipes opp i høyre hjørne

Det skal hakkes ut
500mm til HSQ 20mm
ned i toppsvill



Tiltakshaver: Kjærnes AS		Tiltakshavers adresse: Hobølveien 4, 1550 Hølen	
Byggeplass: Kjærnes		Gnr / Bnr:	Kommune: Moss

REV.	DATO:	REVISJONSTEKST	SIGN.	KONTR.
------	-------	----------------	-------	--------

Prosjekt: 887 - Kjærnes Hus A	Utskriftsdato: 08.09.2021
Tegning: A YV 01-11	Målestokk: 1:50 (A3)
Tegn: Kontroll: ToH KAAB/LJ	Tegningsnr.: A YV 01-11



VEDLEGG

D2

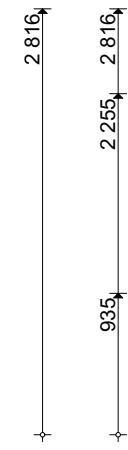
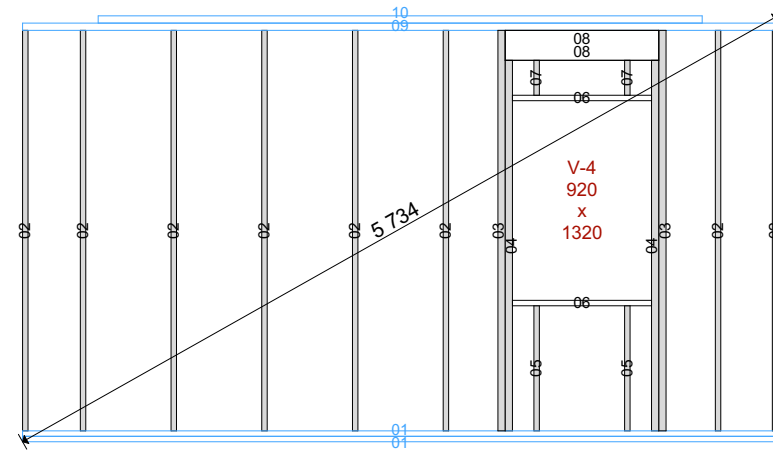
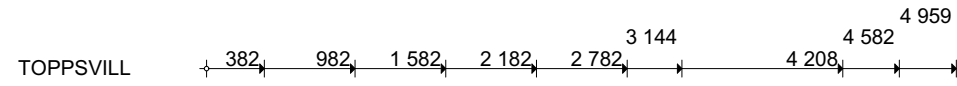
A YV 01-10

48x198
 4995 1 09
 3995 1 10
 2648 2 03
 2450 2 04
 1016 2 08

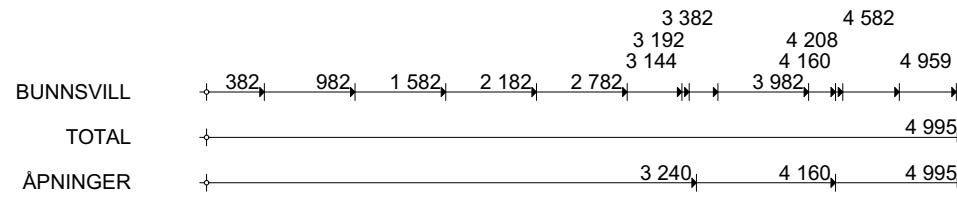
36x198
 4995 2 01
 2648 8 02
 920 2 06
 827 2 05
 231 2 07

Kledning
 255mm ut venstre side
 20mm inn høyre side

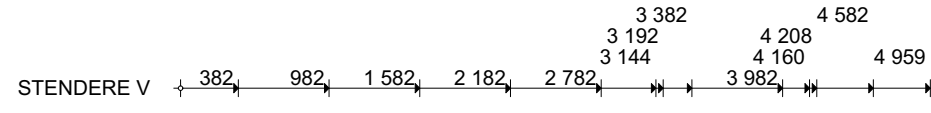
Solskjerming
 Tomrør teipes opp i høyre hjørne



ÅPNINGER



198



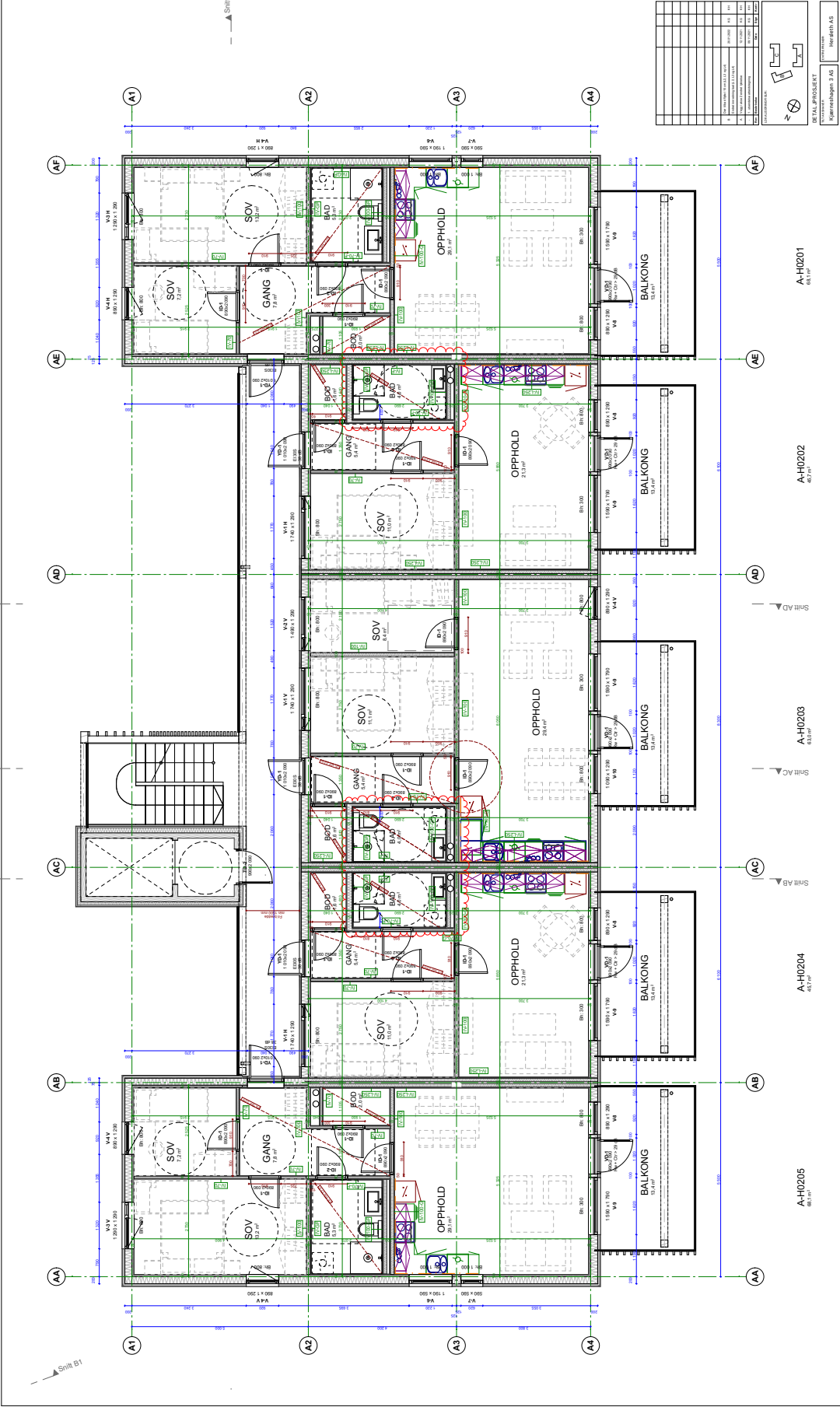
Tiltakshaver: Kjærnes AS		Tiltakshavers adresse: Hobølveien 4, 1550 Hølen	
Byggeplass: Kjærnes		Gnr / Bnr:	Kommune: Moss

REV.	DATO:	REVISJONSTEKST	SIGN.	KONTR.

Prosjekt: 887 - Kjærnes Hus A	Utskriftsdato: 16.08.2021
Tegning: A YV 01-10	Målestokk: 1:50 (A3)
Tegn: Kontroll: ToH KAAB/LJ	Tegningsnr.: A YV 01-10

VEDLEGG

D3



BYGG A PLAN 02

Kjenneshaugen 3
Kjenneshaugen 3 AS

Byggher: Huset AS

Prosjekt: A22-A02

Rev. 1: 15.01.22

Rev. 2: 09.11.21

Rev. 3: 20.02.22

OSTAVIND
ARKITEKTER

A-H0201
65 m²

A-H0202
65 m²

A-H0203
65 m²

A-H0204
65 m²

A-H0205
65 m²

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

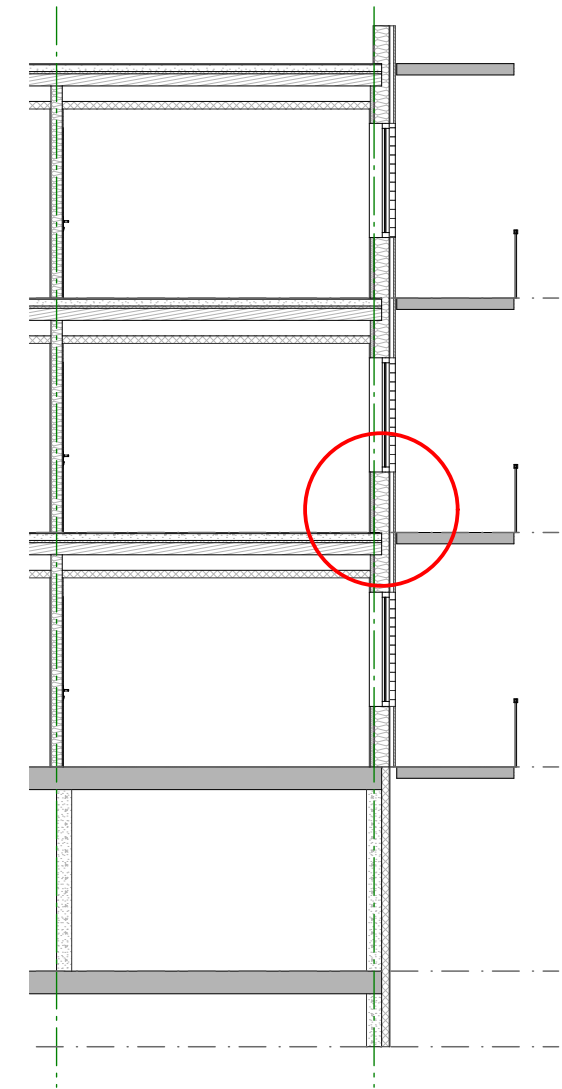
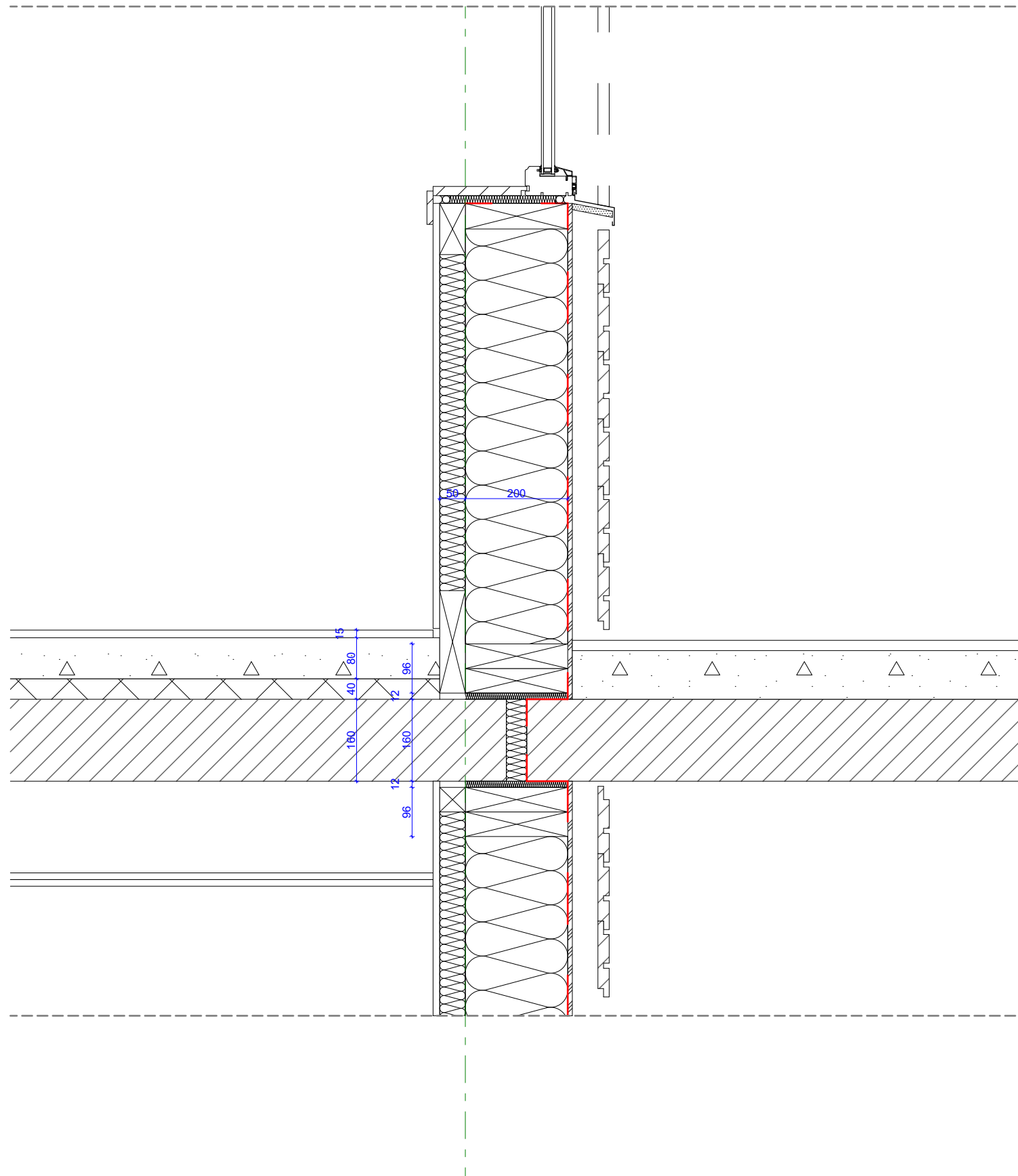
Architectural details and section drawings showing window and door profiles, and a scale bar.



© 2022 OSTAVIND ARKITEKTER. Alle rettigheter reservert. Dette er et teknisk dokument og skal ikke brukes uten tillatelse fra OSTAVIND ARKITEKTER.

VEDLEGG

D4



DETALJPROSJEKT

PROSJEKT
Kjærnesneshagen 3
 Kjærnesneshagen 3, 1580 Rygge

PROSJEKT NR 12 10 19	GNR/BNR: 101/4	SIGN.	KONTROLL
-------------------------	-------------------	-------	----------

TEGNINGSNAVN
**V. DETALJ YTTERVEGG
 SVALGANG**

TEGN.NR. A51-33	REV:
--------------------	------

MÅLESTOKK 1:10	FORMAT A3	1. UTS. ###	UTSKR. DATO 18.06.21
-------------------	--------------	----------------	-------------------------

OSTAVIND
 ARKITEKTER

VEDLEGG

E1

Continuous support from Cross laminated timber - Stora Enso

Full Version

Design following [EN] EN 1995-1-1:2014, "ETA 08/0271"

WallnerMild

General

Service Class **NKL** **1**
Members in closed, heated areas

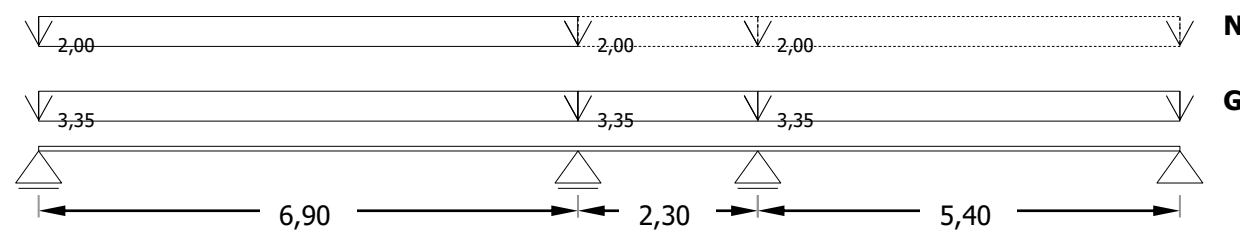
Serviceability **Full** g2 wird für die Schadensvermeidung berücksichtigt
Include cant.upward defl. **no**

Fire **R 60**
1 single sided t ch 0,00 min
β f 0,47 mm/min
t f 0,00 min

kdef 0,80
k sys 1,10

Serviceability	irreversible
allow.w,inst	ℓ / 300
allow.w,fin	ℓ / 200

β 0 0,65 mm/min
β 1a 1,30 mm/min (25mm)
β 1b 0,65 mm/min
ρ 500 kg/m³



Design Results

Total	54 %
Moment	35 %
Transverse force	27 %
Deflection	
Appearance	54 %
Avoid Damages	45 %
Vibration	fulfilled
Fire	
Moment	33 %
Transverse force	17 %

System

span	Lengths Li [m]	Uniform loads				
		g 2,k [kN/m]	g 1,k + g 2,k [kN/m]	n k [kN/m]	s k [kN/m]	w k [kN/m]
		G		N	S	W
		g 1,k =	1,10			
cantilever Li						
span 1	6,90	2,25	3,35	2,00		
span 2	2,30	2,25	3,35	2,00		
span 3	5,40	2,25	3,35	2,00		
span 4						
span 5						
span 6						
span 7						
cantilever Re						

cross section

Producer: Stora Enso
Type: L

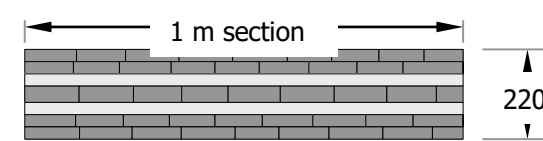


Element: 220 L7s - 2

Coverlayer perp. to span axis

layer	thickness	orientation	material
i	di [mm]	°	
1	30	0	C24 (S10)
2	30	0	C24 (S10)
3	30	90	C24 (S10)
4	40	0	C24 (S10)
5	30	90	C24 (S10)
6	30	0	C24 (S10)
7	30	0	C24 (S10)
8			
9			
d	220	7	C24 (S10)

span	Loadgroup	First single load		Second single load	
		x _F [m]	F _k [kN]	x _F [m]	F _k [kN]
cantilever Re					
span 1					
span 2					
span 3					
span 4					
span 5					
span 6					
span 7					
cantilever Re					



Load definitions

	Loadgroup	Loadtype		Loadapp.
Selfweight	G	G	Permanent loads	full
Liveload	N	NA	A: Residential areas	spanwise
Snow	S	S1	Places above 1000 m Sealevel	full
Wind	W	W	Windloads	full

Vibration design

DKL II fulfilled

0

Bygg D, etasjeskiller

Continuous support from Cross laminated timber - Stora Enso

Full Version

Design following [EN] EN 1995-1-1:2014, "ETA 08/0271"

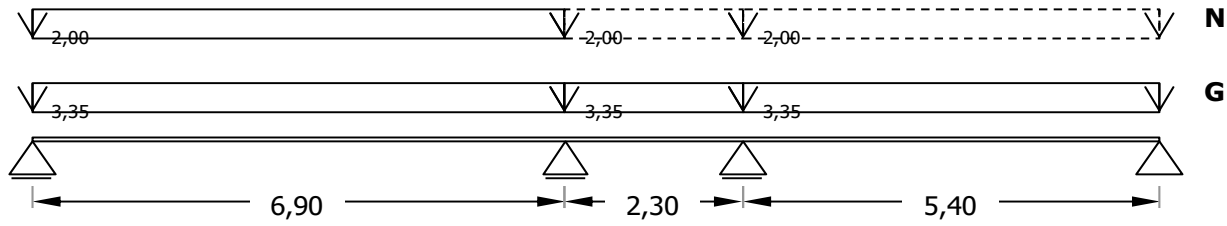
WallnerMild

General

Service Class 1
 Members in closed, heated areas
 Fire R 60 1
 Serviceability Full

Standards referenced
EN 1995-1-1:2009
[EN] EN 1995-1-1:2014
"ETA 08/0271"

System



Loadgroup	Loadtype	Safety γ	Loadduration		Combination Values		
			kled	kmod	ψ_0	ψ_1	ψ_2
G	G	1,35	permanent	0,60	-	-	-
N	NA	1,50	medium-term	0,80	0,70	0,50	0,30
S	S1	1,50	medium-term	0,80	0,70	0,50	0,20
W	W	1,50	term / instanta	1,00	0,60	0,20	-

cross section

Stora Enso	L	220 L7s - 2
------------	---	--------------------

layer i	thickness di [mm]	burned di [mm]	orientation °	material
1	30,0	30,0	0	C24 (S10)
2	30,0	30,0	0	C24 (S10)
3	30,0	30,0	90	C24 (S10)
4	40,0	40,0	0	C24 (S10)
5	30,0	30,0	90	C24 (S10)
6	30,0	5,0	0	C24 (S10)
7	30,0	0,0	0	C24 (S10)
8				
9				
d	220,0	165,0	7 s	C24 (S10)

Design values of actions

ULS		Value	span	position x/l	k-mod	Length
V d [kN]	maximum values	23,62	span 3	0,00	0,80	5,40
	min	-30,85	span 1	1,00	0,80	6,90
M d [kNm]	maximum values	30,01	span 1	0,40	0,80	6,90
	min	-33,82	span 2	0,00	0,80	2,30

SLS	$k_{def} = 0,80$	span				cantilever			
		Value	span	position x/l	Length	Value	span	position x/l	Length
quasi-permanent (guarantee useability and appearance)									
EJ·w _{fin}	maximum values	117,94	span 1	0,50	6,90	0,00	0	0,00	0,00
	min	-12,89	span 2	0,50	2,30	0,00	0	0,00	0,00
Characteristic situation (avoid damage at members below)									
EJ·w _{Q,inst}	maximum values	71,07	span 1	0,50	6,90	0,00	0	0,00	0,00
	min	-8,06	span 2	0,50	2,30	0,00	0	0,00	0,00
w _{fin} - w _{G,inst}	maximum values	123,49	span 1	0,50	6,90	0,00	0	0,00	0,00
	min	-13,79	span 2	0,50	2,30	0,00	0	0,00	0,00

0

Bygg D, etasjeskiller

Continuous support from Cross laminated timber - Stora Enso

Full Version

Design following [EN] EN 1995-1-1:2014, "ETA 08/0271"

WallnerMild

Cross-section Values

Reference length for cross-section values in beams over three spans : $l^* = 4/5 \cdot l$

	Ref.length	XS-Values		Comp.to full cross-section
A eff	1,00 m	1 600 cm ²	73% of	A tot 2 200 cm ²
I eff,F	5,52 m	72 202 cm ⁴	81% of	I tot,F 88 733 cm ⁴
I eff,K	0,00 m	- cm ⁴		I tot,K 88 733 cm ⁴
W eff	1,84 m	5 926 cm ³	73% of	W tot 8 067 cm ³

Calculation as semi-rigid composite

Verification of Ultimate Limit States

Bending		span 2, x/l = 0,00			
M d	-33,82 kNm	f m,k	24,00 N/mm ²		
		γM	1,3 [EN]		
		k mod	0,8		
		k sys	1,1 system value		
35 %	$\sigma_{m,y,d}$	5,71 N/mm ²	f m,y,d	16,25 N/mm ²	
Shear stress		span 1, x/l = 1,00			
V d	-30,85 kN	f v,k	2,00 N/mm ²		
I*	5,52 m	f v,d	1,23 N/mm ²		
S eff	5 000 cm ³				
17%	$\tau_{v,d}$	0,21 N/mm ²			
Rolling Shear					
S R,eff	4 800 cm ³	f v,R,k	1,25 N/mm ²		
27%	$\tau_{R,d}$	0,21 N/mm ²	f v,R,d	0,77 N/mm ²	

Verification of Serviceability Limit States

Displacements				Cantilever upward deflection not included	
54 %	E 0,mean	11 000 N/mm ²			
	γM	1,0			

		J _{eff} [cm ⁴]	w [mm]	L* [m]	zul f	W _{max} [mm]	
54 %	Appearance w _{net,fin}	72 202	14,8	6,90	l / 250	27,6	54 %
	span 1, x/l = 0,50	-	0,0	0,00	l / 125	0,0	0 %
45 %	Avoid Damages w _{inst}	72 202	8,9	6,90	l / 300	23,0	39 %
	span 1, x/l = 0,50	-	0,0	0,00	l / 150	0,0	0 %
45 %	w _{fin}	72 202	15,5	6,90	l / 200	34,5	45 %
	span 1, x/l = 0,50	-	0,0	0,00	l / 100	0,0	0 %

fire design

β_0 R 60 1
0,65 mm/min

Accidental Situation	Value	span	position x/l	k-mod	Length
V fi [kN]	max	13,56	span 3	0,00	5,40
	min	-17,81	span 1	1,00	6,90
M fi [kNm]	max	17,31	span 1	0,40	6,90
	min	-19,32	span 2	0,00	2,30

Bending					
M fi	-19,32 kNm	f m,k	24,00 N/mm ²		
l*	1,84 m	k fi	1,15		
W eff,fi	2 115 cm ³	γM_{fi}	1,00		
		k mod,fi	1,00		
33 %	$\sigma_{m,y,fi}$	9,13 N/mm ²	f d,fi	27,60 N/mm ²	
Shear stress					
17 %	V fi	-17,81 kN			
	I eff,fi	15 954,66 cm ⁴			
	S eff,fi	2 207,14 cm ³	f v,k	2,00 N/mm ²	
	S R,eff,fi	2 207,14 cm ³	f v,R,k	1,25 N/mm ²	
11%	$\tau_{v,fi}$	0,25 N/mm ²	f v,fi	2,30 N/mm ²	
17 %	$\tau_{v,R,fi}$	0,25 N/mm ²	f v,R,fi	1,44 N/mm ²	

Vibrations in residential floors

SANN

proof of human induced vibrations in floors according to ÖNORM B 1995-1-1:2014

floor-vibration-class (DKL)

DKL II fulfilled

medium requirement

Floors within a utilisation unit, floors in normally used single-family houses.

dimensions

OK

l 6,90 m Span des maßgebenden Feldes (ohne Kragarm)
b 8,28 m Floor width

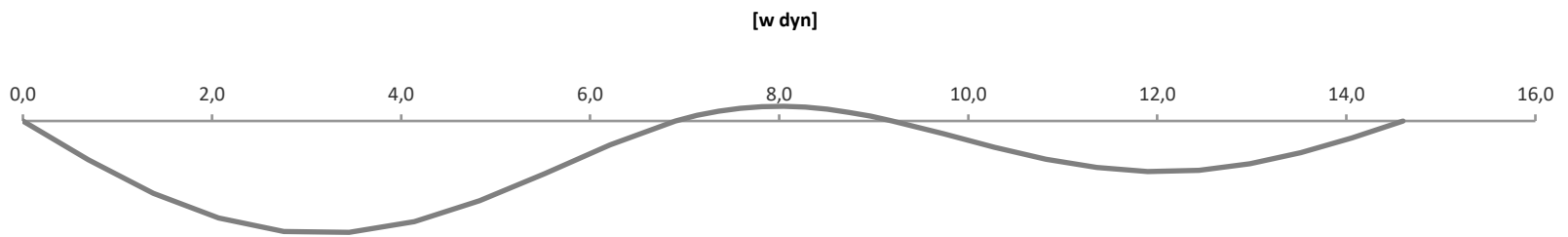
Construction:

Brettsperrholzdecken mit schwimmendem Estrich und schwerem Fußbodenaufbau
D 4,00 % damping

Stiffness

$(EI)_{1,l}$ 7,942 MNm² / m float in main span direction
 $(EI)_{2,l}$ 0,743 MNm² / m screed (stiff layer) in main span direction
 $(EI)_l$ 8,685 MNm² / m
 $(EI)_{1,b}$ - MNm² / m floor across main span direction
 $(EI)_{2,b}$ 0,743 MNm² / m screed (stiff layer) across main span direction
 $(EI)_b$ 0,743 MNm² / m

Eigenmode



1.1 Frequency Requirement

$(f1)_l$ 7,24 Hz first eigenfrequency for general beams without lateral distribution
 k_{fb} 1,020 improvement by lateral distribution
 f_1 7,38 Hz first eigenfrequency of the floor with lateral distribution
 f_{gr} 6,00 Hz limit

OK

Requirement met: clause 1.2 not required

1.2. Acceleration requirement for low frequencies $f1 \leq 6$ Hz

f_{min} 4,50 Hz Frequency limit against resonance (Requirement not met)
 b_F 3,39 m effective with in vibration modes
 $(M^*)_l$ 1 324 kg modal mass for general beams without lateral distribution
 M^* 4 490 kg modal mass of the floor with lateral distribution
 F_0 700 N wight-force of a person walking on the floor
 α 0,052 impact factor for given frequency
 a_{rms} 0,041 m/s² existing accelleration
 a_{gr} 0,100 m/s² limit

OK

2. Stiffness criterion

$(w_{stat})_l$ 0,49 mm deflection from unit load $F = 1$ kN without lateral distribution
 b_F 3,39 m effective with in vibration modes
 w_{stat} 0,14 mm deflection from unit load $F = 1$ kN with lateral distribution
 w_{grenz} 0,50 mm limit

OK

Informativ: Eigenfrequenz für Einfeldträger laut EN 1995-1-1 mit quasi-ständigen Lasten

L 6,90 m
 $m_{q,perm}$ 403 kg/m² $\Sigma g_i + \Sigma \psi_2 \cdot q_i$
 $f_{1,EN}$ 4,85 Hz

Informativ: Kriterium nach Hu, Chui

108 %

Support forces for load transmission

Support	Dsgn.Value	char.Wert	Loadcode	Dsgn.Value	char.Wert	Loadcode
	Maximalwerte			Minimalwerte		
A G,k		9,44 G		A G,k	9,44 G	
A N,k		5,68 NA		A N,k	-0,04 NA	
A d	21,25			A d	12,68	
B G,k		20,83 G		B G,k	20,83 G	
B N,k		15,08 NA		B N,k	-2,64 NA	
B d	50,73			B d	24,15	
C G,k		10,90 G		C G,k	10,90 G	
C N,k		11,31 NA		C N,k	-4,80 NA	
C d	31,68			C d	7,52	
D G,k		7,74 G		D G,k	7,74 G	
D N,k		4,69 NA		D N,k	-0,07 NA	
D d	17,48			D d	10,35	

VEDLEGG

E2

Continuous support from Cross laminated timber - Stora Enso

Full Version

Design following [EN] EN 1995-1-1:2014, "ETA 08/0271"

WallnerMild

General

Service Class **NKL** **1**
Members in closed, heated areas

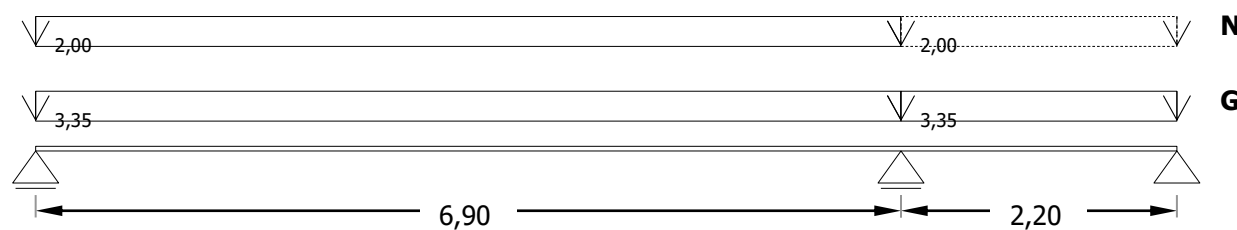
Serviceability **Full** g2 wird für die Schadensvermeidung berücksichtigt
Include cant.upward defl. **no**

Fire **R 60**
1 single sided t ch 0,00 min
β f 0,47 mm/min
t f 0,00 min

kdef 0,80
k sys 1,10

Serviceability	irreversible
allow.w,inst	ℓ / 300
allow.w,fin	ℓ / 200

β 0 0,65 mm/min
β 1a 1,30 mm/min (25mm)
β 1b 0,65 mm/min
ρ 500 kg/m³



Design Results

Total	51 %
Moment	37 %
Transverse force	27 %
Deflection	
Appearance	51 %
Avoid Damages	43 %
Vibration	fulfilled
Fire	
Moment	35 %
Transverse force	18 %

System

span	Lengths Li [m]	Uniform loads				
		g 2,k [kN/m]	g 1,k + g 2,k [kN/m]	n k [kN/m]	s k [kN/m]	w k [kN/m]
		G		N	S	W
		g 1,k =	1,10			
cantilever Li						
span 1	6,90	2,25	3,35	2,00		
span 2	2,20	2,25	3,35	2,00		
span 3						
span 4						
span 5						
span 6						
span 7						
cantilever Re						

cross section

Producer: Stora Enso
Type: L

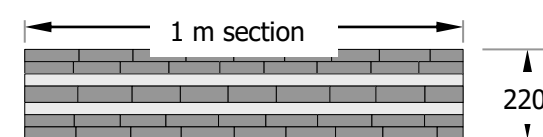


Element: 220 L7s - 2

Coverlayer perp. to span axis

layer	thickness	orientation	material
i	di [mm]	°	
1	30	0	C24 (S10)
2	30	0	C24 (S10)
3	30	90	C24 (S10)
4	40	0	C24 (S10)
5	30	90	C24 (S10)
6	30	0	C24 (S10)
7	30	0	C24 (S10)
8			
9			
d	220	7	C24 (S10)

span	Loadgroup	First single load		Second single load	
		x _F [m]	F _k [kN]	x _F [m]	F _k [kN]
cantilever Re					
span 1					
span 2					
span 3					
span 4					
span 5					
span 6					
span 7					
cantilever Re					



Load definitions

	Loadgroup	Loadtype		Loadapp.
Selfweight	G	G	Permanent loads	full
Liveload	N	NA	A: Residential areas	spanwise
Snow	S	S1	Places above 1000 m Sealevel	full
Wind	W	W	Windloads	full

Vibration design

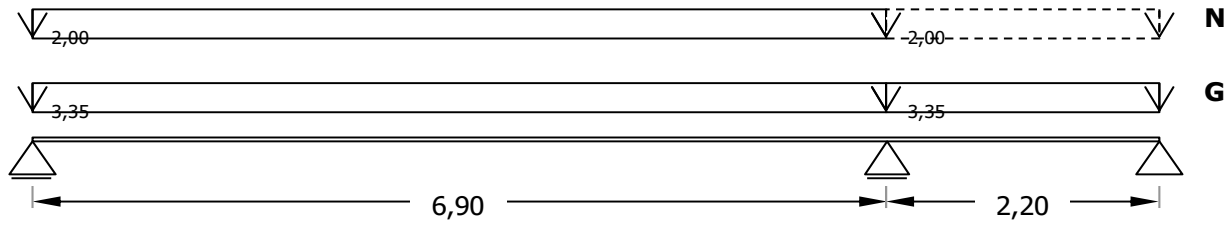
DKL II fulfilled

General

Service Class 1
Members in closed, heated areas
Fire R 60 1
Serviceability Full

Standards referenced
EN 1995-1-1:2009
[EN] EN 1995-1-1:2014
"ETA 08/0271"

System



Loadgroup	Loadtype	Safety γ	Loadduration		Combination Values		
			kled	kmod	ψ_0	ψ_1	ψ_2
G	G	1,35	permanent	0,60	-	-	-
N	NA	1,50	medium-term	0,80	0,70	0,50	0,30
S	S1	1,50	medium-term	0,80	0,70	0,50	0,20
W	W	1,50	term / instantan	1,00	0,60	0,20	-

cross section

Stora Enso	L	220 L7s - 2
------------	---	-------------

layer i	thickness di [mm]	burned di [mm]	orientation °	material
1	30,0	30,0	0	C24 (S10)
2	30,0	30,0	0	C24 (S10)
3	30,0	30,0	90	C24 (S10)
4	40,0	40,0	0	C24 (S10)
5	30,0	30,0	90	C24 (S10)
6	30,0	5,0	0	C24 (S10)
7	30,0	0,0	0	C24 (S10)
8				
9				
d	220,0	165,0	7 s	C24 (S10)

Design values of actions

ULS		Value	span	position x/l	k-mod	Length
V d [kN]	maximum values	24,20	span 2	0,00	0,80	2,20
	min	-31,03	span 1	1,00	0,80	6,90
M d [kNm]	maximum values	29,13	span 1	0,40	0,80	6,90
	min	-35,05	span 2	0,00	0,80	2,20

SLS	$k_{def} = 0,80$	span				cantilever			
		Value	span	position x/l	Length	Value	span	position x/l	Length
quasi-permanent (guarantee useability and appearance)									
EJ·w _{fin}	maximum values	111,95	span 1	0,40	6,90	0,00	0	0,00	0,00
	min	-8,46	span 2	0,40	2,20	0,00	0	0,00	0,00
Characteristic situation (avoid damage at members below)									
EJ·w _{Q,inst}	maximum values	67,45	span 1	0,40	6,90	0,00	0	0,00	0,00
	min	-5,39	span 2	0,40	2,20	0,00	0	0,00	0,00
w _{fin} - w _{G,inst}	maximum values	117,20	span 1	0,40	6,90	0,00	0	0,00	0,00
	min	-9,15	span 2	0,40	2,20	0,00	0	0,00	0,00

Cross-section Values Reference length for cross-section values in beams over two spans : $l^* = 4/5 \cdot l$

	Ref.length	XS-Values		Comp.to full cross-section
A eff	1,00 m	1 600 cm ²	73% of	A tot 2 200 cm ²
I eff,F	5,52 m	72 202 cm ⁴	81% of	I tot,F 88 733 cm ⁴
I eff,K	0,00 m	- cm ⁴		I tot,K 88 733 cm ⁴
W eff	1,76 m	5 827 cm ³	72% of	W tot 8 067 cm ³

Calculation as semi-rigid composite

Verification of Ultimate Limit States

Bending		span 2, x/l = 0,00			
M d	-35,05 kNm	f m,k	24,00 N/mm ²		
		γ M	1,3 [EN]		
		k mod	0,8		
		k sys	1,1 system value		
37 %	σ m,y,d	6,01 N/mm ²	f m,y,d	16,25 N/mm ²	
Shear stress		span 1, x/l = 1,00			
V d	-31,03 kN	f v,k	2,00 N/mm ²		
I*	5,52 m	f v,d	1,23 N/mm ²		
S eff	5 000 cm ³				
17 %	τ v,d	0,21 N/mm ²			
Rolling Shear					
S R,eff	4 800 cm ³	f v,R,k	1,25 N/mm ²		
27 %	τ R,d	0,21 N/mm ²	f v,R,d	0,77 N/mm ²	

Verification of Serviceability Limit States

Displacements		Cantilever upward deflection not included	
51 %	E 0,mean	11 000 N/mm ²	
	γ M	1,0	

	J _{eff} [cm ⁴]	w [mm]	L* [m]	zul f	W _{max} [mm]		
51 %	Appearance w _{net,fin}	72 202	14,1	6,90	l / 250	27,6	51 %
	span 1, x/l = 0,40	-	0,0	0,00	l / 125	0,0	0 %
37 %	Avoid Damages w _{inst}	72 202	8,5	6,90	l / 300	23,0	37 %
	span 1, x/l = 0,40	-	0,0	0,00	l / 150	0,0	0 %
43 %	w _{fin}	72 202	14,8	6,90	l / 200	34,5	43 %
	span 1, x/l = 0,40	-	0,0	0,00	l / 100	0,0	0 %

fire design

β₀ R 60 1
0,65 mm/min

Accidental Situation	Value	span	position x/l	k-mod	Length	
V fi [kN]	max	14,00	span 2	0,00	-	2,20
	min	-17,94	span 1	1,00	-	6,90
M fi [kNm]	max	16,80	span 1	0,40	-	6,90
	min	-20,27	span 2	0,00	-	2,20

Bending					
M fi	-20,27 kNm	f m,k	24,00 N/mm ²		
l*	1,76 m	k fi	1,15		
W eff,fi	2 102 cm ³	γ M,fi	1,00		
		k mod,fi	1,00		
35 %	σ m,y,fi	9,64 N/mm ²	f d,fi	27,60 N/mm ²	
Shear stress					
18 %	V fi	-17,94 kN			
	I eff,fi	15 560,03 cm ⁴			
	S eff,fi	2 207,14 cm ³	f v,k	2,00 N/mm ²	
	S R,eff,fi	2 207,14 cm ³	f v,R,k	1,25 N/mm ²	
11 %	τ v,fi	0,25 N/mm ²	f v,fi	2,30 N/mm ²	
18 %	τ v,R,fi	0,25 N/mm ²	f v,R,fi	1,44 N/mm ²	

Vibrations in residential floors

SANN

proof of human induced vibrations in floors according to ÖNORM B 1995-1-1:2014

floor-vibration-class (DKL)

DKL II fulfilled

medium requirement

Floors within a utilisation unit, floors in normally used single-family houses.

dimensions

OK

l 6,90 m Span des maßgebenden Feldes (ohne Kragarm)
b 8,28 m Floor width

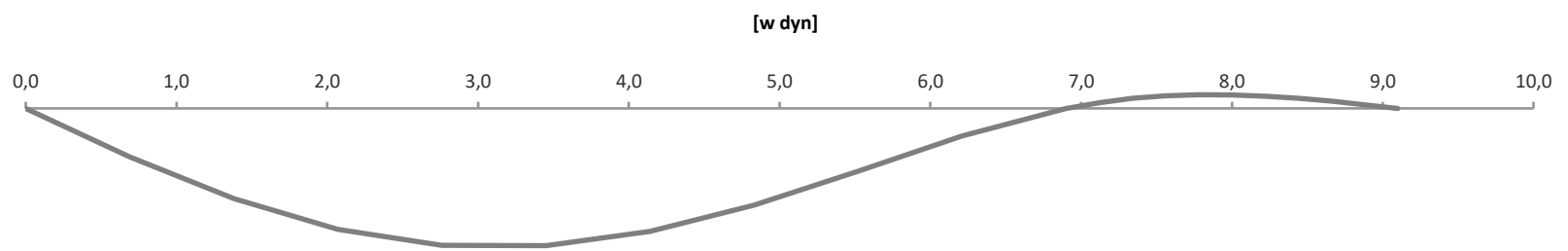
Construction:

Brettsperrholzdecken mit schwimmendem Estrich und schwerem Fußbodenaufbau
D 4,00 % damping

Stiffness

$(EI)_{1,l}$	7,942 MNm ² / m	floor in main span direction
$(EI)_{2,l}$	0,743 MNm ² / m	screed (stiff layer) in main span direction
$(EI)_l$	8,685 MNm ² / m	
$(EI)_{1,b}$	- MNm ² / m	floor across main span direction
$(EI)_{2,b}$	0,743 MNm ² / m	screed (stiff layer) across main span direction
$(EI)_b$	0,743 MNm ² / m	

Eigenmode



1.1 Frequency Requirement

$(f1)_l$	6,86 Hz	first eigenfrequency for general beams without lateral distribution
k_{fb}	1,020	improvement by lateral distribution
f_1	7,00 Hz	first eigenfrequency of the floor with lateral distribution
f_{gr}	6,00 Hz	limit

OK

Requirement met: clause 1.2 not required

1.2. Acceleration requirement for low frequencies $f1 \leq 6$ Hz

f_{min}	4,50 Hz	Frequency limit against resonance (Requirement not met)
b_F	3,39 m	effective width in vibration modes
$(M^*)_l$	1 133 kg	modal mass for general beams without lateral distribution
M^*	3 843 kg	modal mass of the floor with lateral distribution
F_0	700 N	weight-force of a person walking on the floor
α	0,061	impact factor for given frequency
a_{rms}	0,055 m/s ²	existing acceleration
a_{gr}	0,100 m/s ²	limit

OK

2. Stiffness criterion

$(w_{stat})_l$	0,49 mm	deflection from unit load $F = 1$ kN without lateral distribution
b_F	3,39 m	effective width in vibration modes
w_{stat}	0,15 mm	deflection from unit load $F = 1$ kN with lateral distribution
w_{grenz}	0,50 mm	limit

OK

Informativ: Eigenfrequenz für Einfeldträger laut EN 1995-1-1 mit quasi-ständigen Lasten

L	6,90 m	
$m_{q,perm}$	403 kg/m ²	$\sum g_i + \sum \psi_2 \cdot q_i$
$f_{1,EN}$	4,85 Hz	

Informativ: Kriterium nach Hu, Chui

114 %

Support forces for load transmission

Support	Dsgn.Value	char.Wert	Loadcode	Dsgn.Value	char.Wert	Loadcode
	Maximalwerte			Minimalwerte		
A G,k		9,30 G		A G,k	9,30 G	
A N,k		5,59 NA		A N,k	-0,04 NA	
A d	20,94			A d	12,49	
B G,k		24,60 G		B G,k	24,60 G	
B N,k		14,69 NA		B N,k	0,00 NA	
B d	55,24			B d	33,21	
C G,k		-3,41 G		C G,k	-3,41 G	
C N,k		2,07 NA		C N,k	-4,10 NA	
C d	-1,50			C d	-10,76	

VEDLEGG

E3

Continuous support from Cross laminated timber - Stora Enso

Full Version

Design following [EN] EN 1995-1-1:2014, "ETA 08/0271"

WallnerMild

General

Service Class **NKL** **1**
Members in closed, heated areas

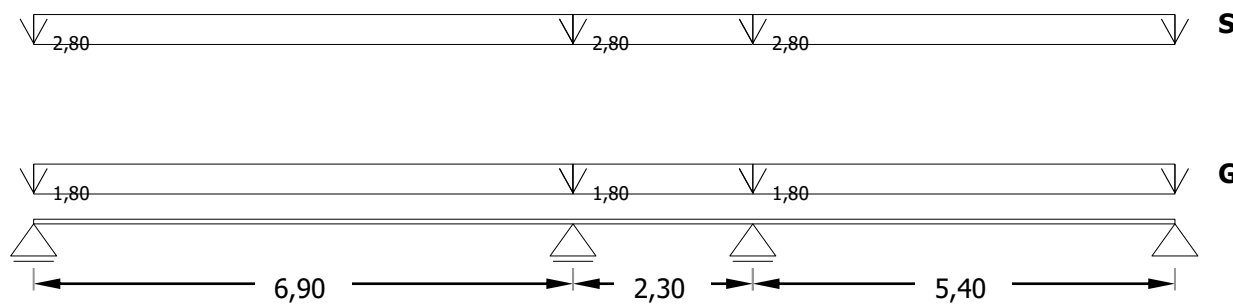
Serviceability **Full** g2 wird für die Schadensvermeidung berücksichtigt
Include cant.upward defl. **no**

Fire **R 60**
1 single sided t ch **0,00** min
β f **0,47** mm/min
t f **0,00** min

kdef **0,80**
k sys **1,10**

Serviceability	irreversible
allow.w,inst	ℓ / 300
allow.w,fin	ℓ / 200

β 0 **0,65** mm/min
β 1a **1,30** mm/min (25mm)
β 1b **0,65** mm/min
ρ **500** kg/m³



Design Results

Total	86 %
Moment	52 %
Transverse force	29 %
Deflection	
Appearance	80 %
Avoid Damages	86 %
Vibration	keine Anforderun
Fire	
Moment	33 %
Transverse force	16 %

System

span	Lengths Li [m]	Uniform loads				
		g 2,k [kN/m]	g 1,k + g 2,k [kN/m]	n k [kN/m]	s k [kN/m]	w k [kN/m]
		G	N	S	W	
cantilever Li		g 1,k =	0,80			
span 1	6,90	1,00	1,80	0,00	2,80	
span 2	2,30	1,00	1,80	0,00	2,80	
span 3	5,40	1,00	1,80		2,80	
span 4						
span 5						
span 6						
span 7						
cantilever Re						

cross section

Producer: Stora Enso
Type: L

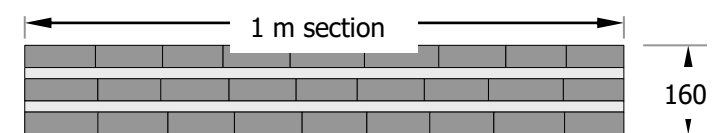


Element: 160 L5s

Coverlayer perp. to span axis

layer	thickness	orientation	material
i	di [mm]	°	
1	40	0	C24 (S10)
2	20	90	C24 (S10)
3	40	0	C24 (S10)
4	20	90	C24 (S10)
5	40	0	C24 (S10)
6			
7			
8			
9			
d	160	5	C24 (S10)

span	Loadgroup	First single load		Second single load	
		x _F [m]	F _k [kN]	x _F [m]	F _k [kN]
cantilever Re					
span 1					
span 2					
span 3					
span 4					
span 5					
span 6					
span 7					
cantilever Re					



Load definitions

	Loadgroup	Loadtype		Loadapp.
Selfweight	G	G	Permanent loads	full
Liveload	N	NA	A: Residential areas	spanwise
Snow	S	S1	Places above 1000 m Sealevel	full
Wind	W	W	Windloads	full

Vibration design

DKL III keine Anforderung

0

Bygg D, tak

Continuous support from Cross laminated timber - Stora Enso

Full Version

Design following [EN] EN 1995-1-1:2014, "ETA 08/0271"

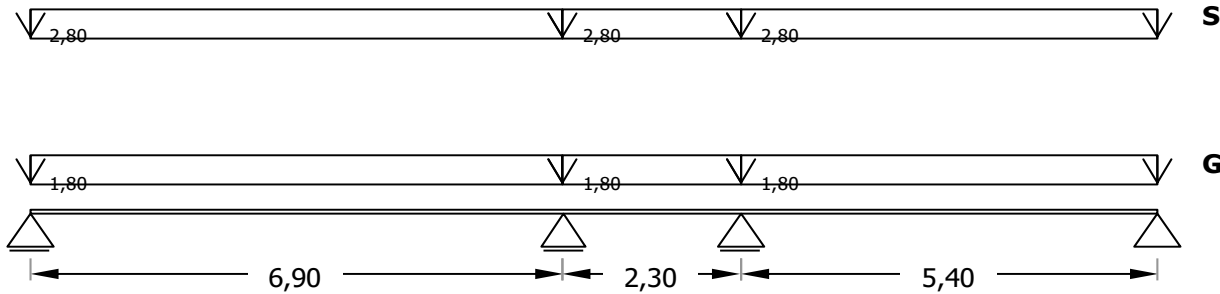
WallnerMild

General

Service Class 1
 Members in closed, heated areas
 Fire R 60 1
 Serviceability Full

Standards referenced
EN 1995-1-1:2009
[EN] EN 1995-1-1:2014
"ETA 08/0271"

System



Loadgroup	Loadtype	Safety γ	Loadduration		Combination Values		
			kled	kmod	ψ_0	ψ_1	ψ_2
G	G	1,35	permanent	0,60	-	-	-
N	NA	1,50	medium-term	0,80	0,70	0,50	0,30
S	S1	1,50	medium-term	0,80	0,70	0,50	0,20
W	W	1,50	term / instantan	1,00	0,60	0,20	-

cross section

Stora Enso	L	160 L5s
------------	---	----------------

layer i	thickness di [mm]	burned di [mm]	orientation °	material
1	40,0	40,0	0	C24 (S10)
2	20,0	20,0	90	C24 (S10)
3	40,0	40,0	0	C24 (S10)
4	20,0	14,0	90	C24 (S10)
5	40,0	0,0	0	C24 (S10)
6				
7				
8				
9				
d	160,0	114,0	5 s	C24 (S10)

Design values of actions

ULS		Value	span	position x/l	k-mod	Length
V d [kN]	maximum values	20,48	span 3	0,00	0,80	5,40
	min	-27,07	span 1	1,00	0,80	6,90
M d [kNm]	maximum values	26,30	span 1	0,40	0,80	6,90
	min	-28,95	span 2	0,00	0,80	2,30

SLS	$k_{def} = 0,80$	span				cantilever			
		Value	span	position x/l	Length	Value	span	position x/l	Length
quasi-permanent (guarantee useability and appearance)									
EJ·w _{fin}	maximum values	70,19	span 1	0,50	6,90	0,00	0	0,00	0,00
	min	-7,54	span 2	0,50	2,30	0,00	0	0,00	0,00
Characteristic situation (avoid damage at members below)									
EJ·w _{Q,inst}	maximum values	62,79	span 1	0,50	6,90	0,00	0	0,00	0,00
	min	-6,74	span 2	0,50	2,30	0,00	0	0,00	0,00
w _{fin} - w _{G,inst}	maximum values	93,98	span 1	0,50	6,90	0,00	0	0,00	0,00
	min	-10,09	span 2	0,50	2,30	0,00	0	0,00	0,00

0

Bygg D, tak

Continuous support from Cross laminated timber - Stora Enso

Full Version

Design following [EN] EN 1995-1-1:2014, "ETA 08/0271"

WallnerMild

Cross-section Values

Reference length for cross-section values in beams over three spans : $l^* = 4/5 \cdot l$

	Ref.length	XS-Values		Comp.to full cross-section
A eff	1,00 m	1 200 cm ²	75% of	A tot 1 600 cm ²
I eff,F	5,52 m	28 847 cm ⁴	85% of	I tot,F 34 133 cm ⁴
I eff,K	0,00 m	- cm ⁴		I tot,K 34 133 cm ⁴
W eff	1,84 m	3 459 cm ³	81% of	W tot 4 267 cm ³

Calculation as semi-rigid composite

Verification of Ultimate Limit States

Bending		span 2, x/l = 0,00			
M d	-28,95 kNm	f m,k	24,00 N/mm ²		
		γ M	1,3 [EN]		
		k mod	0,8		
		k sys	1,1 system value		
52 %	σ m,y,d	8,37 N/mm ²	f m,y,d	16,25 N/mm ²	
Shear stress		span 1, x/l = 1,00			
V d	-27,07 kN	f v,k	2,00 N/mm ²		
I*	5,52 m	f v,d	1,23 N/mm ²		
S eff	2 600 cm ³				
20%	τ v,d	0,24 N/mm ²			
Rolling Shear					
S R,eff	2 400 cm ³	f v,R,k	1,25 N/mm ²		
29%	τ R,d	0,23 N/mm ²	f v,R,d	0,77 N/mm ²	

Verification of Serviceability Limit States

Displacements		Cantilever upward deflection not included	
86 %	E 0,mean	11 000 N/mm ²	
	γ M	1,0	

	J _{eff} [cm ⁴]	w [mm]	L* [m]	zul f	W _{max} [mm]	
80 %	Appearance w _{net,fin}	28 847	22,1	6,90	27,6	80 %
	span 1, x/l = 0,50	-	0,0	0,00	0,0	0 %
86 %	Avoid Damages w _{inst}	28 847	19,8	6,90	23,0	86 %
	span 1, x/l = 0,50	-	0,0	0,00	0,0	0 %
86 %	w _{fin}	28 847	29,6	6,90	34,5	86 %
	span 1, x/l = 0,50	-	0,0	0,00	0,0	0 %

fire design

β₀ R 60 1
0,65 mm/min

Accidental Situation	Value	span	position x/l	k-mod	Length
V fi [kN]	max	9,89	span 3	0,00	5,40
	min	-13,06	span 1	1,00	6,90
M fi [kNm]	max	12,69	span 1	0,40	6,90
	min	-13,97	span 2	0,00	2,30

Bending					
M fi	-13,97 kNm	f m,k	24,00 N/mm ²		
l*	1,84 m	k fi	1,15		
W eff,fi	1 549 cm ³	γ M,fi	1,00		
		k mod,fi	1,00		
33 %	σ m,y,fi	9,02 N/mm ²	f d,fi	27,60 N/mm ²	
Shear stress					
16 %	V fi	-13,06 kN			
	I eff,fi	6 796,71 cm ⁴			
	S eff,fi	1 200,00 cm ³	f v,k	2,00 N/mm ²	
	S R,eff,fi	1 200,00 cm ³	f v,R,k	1,25 N/mm ²	
10%	τ v,fi	0,23 N/mm ²	f v,fi	2,30 N/mm ²	
16 %	τ v,R,fi	0,23 N/mm ²	f v,R,fi	1,44 N/mm ²	

Vibrations in residential floors

SANN

proof of human induced vibrations in floors according to ÖNORM B 1995-1-1:2014

floor-vibration-class (DKL)

DKL III keine Anforderung

no requirement

Floors without vibration requirements, floors of non-residential rooms or undeveloped attics.

dimensions

OK

l 6,90 m Span des maßgebenden Feldes (ohne Kragarm)
b 8,28 m Floor width

Construction:

Brettsperrholzdecken mit schwimmendem Estrich und schwerem Fußbodenaufbau
D 4,00 % damping

Stiffness

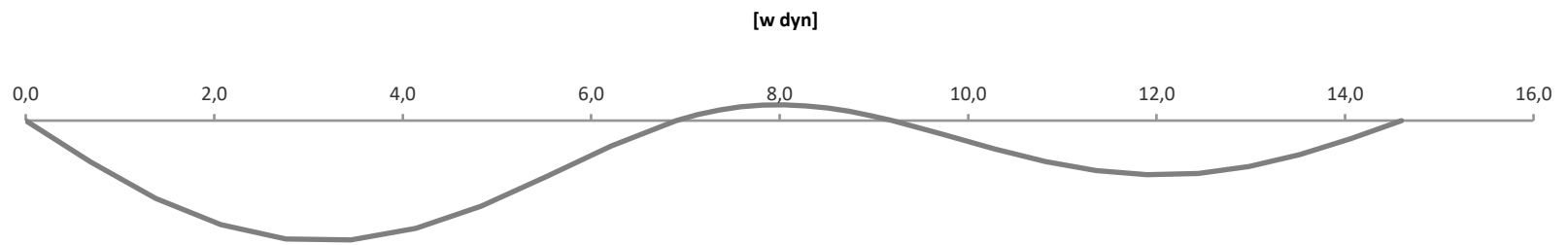
(EI)_{1,l} 3,173 MNm² / m float in main span direction
(EI)_{2,l} 0,743 MNm² / m screed (stiff layer) in main span direction

(EI)_l 3,916 MNm² / m

(EI)_{1,b} - MNm² / m floor across main span direction
(EI)_{2,b} 0,743 MNm² / m screed (stiff layer) across main span direction

(EI)_b 0,743 MNm² / m

Eigenmode



1.1 Frequency Requirement

(f1)_l 6,24 Hz first eigenfrequency for general beams without lateral distribution
k_{fb} 1,045 improvement by lateral distribution
f₁ 6,52 Hz first eigenfrequency of the floor with lateral distribution
f_{gr} - Hz limit

- Requirement not met: continue with clause 1.2

1.2. Acceleration requirement for low frequencies f1 ≤ - Hz

f_{min} 4,50 Hz Frequency limit against resonance (Requirement not met)
b_F 4,14 m effective with in vibration modes
(M*)_l 711 kg modal mass for general beams without lateral distribution
M* 2 944 kg modal mass of the floor with lateral distribution
F₀ 700 N wight-force of a person walking on the floor
α 0,074 impact factor for given frequency
a_{rms} 0,088 m/s² existing accelleration
a_{gr} - m/s² limit

2. Stiffness criterion

(w_{stat})_l 1,23 mm deflection from unit load F = 1 kN without lateral distribution
b_F 4,14 m effective with in vibration modes
w_{stat} 0,30 mm deflection from unit load F = 1 kN with lateral distribution
w_{grenz} - mm limit

Informativ: Eigenfrequenz für Einfeldträger laut EN 1995-1-1 mit quasi-ständigen Lasten

L 6,90 m
m_{q,perm} 241 kg/m² Σ g i + Σ ψ 2 · q i
f_{1,EN} 4,21 Hz

Informativ: Kriterium nach Hu, Chui

168 %

0

Bygg D, tak

Continuous support from Cross laminated timber - Stora Enso

Full Version

Design following [EN] EN 1995-1-1:2014, "ETA 08/0271"

WallnerMild

Support forces for load transmission

Support	Dsgn.Value	char.Wert	Loadcode	Dsgn.Value	char.Wert	Loadcode
	Maximalwerte			Minimalwerte		
A G,k		5,07 G		A G,k	5,07 G	
A S,k		7,89 S1		A S,k	7,89 S1	
A d	18,68			A d	6,85	
B G,k		11,19 G		B G,k	11,19 G	
B S,k		17,41 S1		B S,k	17,41 S1	
B d	41,22			B d	15,11	
C G,k		5,86 G		C G,k	5,86 G	
C S,k		9,11 S1		C S,k	9,11 S1	
C d	21,58			C d	7,91	
D G,k		4,16 G		D G,k	4,16 G	
D S,k		6,47 S1		D S,k	6,47 S1	
D d	15,32			D d	5,62	

VEDLEGG

E4

Walls from Cross laminated timber - Stora Enso

Design following [EN] EN 1995-1-1:2014, "ETA 08/0271"

General

Service Class:	1	Fire:	R 60	1	single sided
Members in closed, heated areas		t ch	0,00	min	
		β f	0,46	mm/min	
		t f	0,00	min	

k def	0,80	
β 0	0,65	mm/min
β 1a	0,86	mm/min (Inner)
β 1b	0,86	mm/min (Inner)
ρ	500	kg/m ³

System

Element height	h	3,30	m
Buckling length	l k	3,30	m
Systemic Load exzentricity	e q	0,00	m

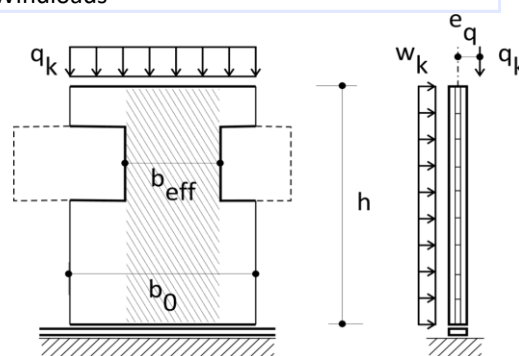
Include additional exzentricity in burned XS

Element Buildup

Type: Stora Enso
L
120 L5s
 Coverlayer horizontal

Loads	qk kN/m	Loadcode	Coefficients
Selfweight	g0,k	1,98	
Deadloads	g1,k	70,90	G Permanent loads
Liveload	nk	45,30	NA A: Residential areas
Snow	sk	17,40	S2 Places below 1000 m Sealevel
Wind	wk	0,00	W Windloads

Load perpendicular	kN/m ²	
Wind	wk	±0,10 W



layer i	thickness di [mm]	orientation °
1	30,0	0
2	20,0	90
3	20,0	0
4	20,0	90
5	30,0	0
6		
7		
8		
9		
d	120,0	5 s

Total
Buckling and Bending
Fire

Wall openings

Width of load applicat	b 0	1,00	m
Net width	b eff	0,51	m
Increase factor	f b	1,96 = b 0 / b eff	

Sleeper

ilage 25 mm)
ilage rest)



opt

material
C24 (S10)
C24 (S10)
C24 (S10)
C24 (S10)
C24 (S10)
C24 (S10)

98 %
77 %
98 %

Walls from Cross laminated timber - Stora Enso
Design following [EN] EN 1995-1-1:2014

System

Service Class: 1
Members in closed, heated areas

Element height h 3,30 m
Buckling length l_k 3,30 m
 e_q 0,00 m Systemic Load exzentricity
 $e_{z,fi}$ 0,00 cm Additional exzentricity from burning not included

Vertical Loads	qk		Safety γ	Loadduration kled	Combination Values			
	kN/m				kmod	ψ_0	ψ_1	ψ_2
gk	72,88	G	1,35	permanent	0,60	-	-	-
nk	45,30	NA	1,50	medium-term	0,80	0,70	0,50	0,30
sk	17,40	S2	1,50	short-term	0,90	0,50	0,20	-
wk	-	W	1,50	term / instanta	1,00	0,60	0,20	-
Load perpendicular	kN/m ²							
wqk	0,10	W	1,50	term / instanta	1,00	0,60	0,20	-

Wall openings

Width of load appli b_0 1,00 m
Net width b_{eff} 0,51 m
Increase factor f_b 1,96 = b_0 / b_{eff}

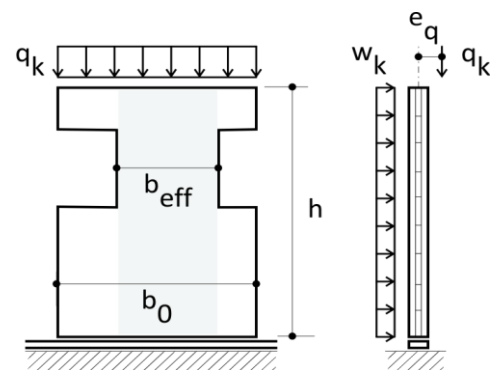
Requirement Fire

R 60 single sided
0,65 mm/min
Charring Rate

cross section

L - 120 L5s

layer i	thickness d_i [mm]	burned d_i [mm]	orientation °	material
1	30,0	30,0	0	C24 (S10)
2	20,0	20,0	90	C24 (S10)
3	20,0	20,0	0	C24 (S10)
4	20,0	0,0	90	C24 (S10)
5	30,0	0,0	0	C24 (S10)
6				
7				
8				
9				
d	120,0	70,0	5 s	C24 (S10)



Verification of Ultimate Limit States

Permant Situation

	qd	qk	kmod	Composition
q	166,34	118,18	0,80	$\gamma \cdot gk + \gamma \cdot nk$
$q \cdot b_0$	166,34	118,18	0,80	$\gamma \cdot gk + \gamma \cdot nk$
w q	0,15	0,10	1,00	$\gamma \cdot wqk$
Σ				$\gamma \cdot gk + \gamma \cdot nk$

Walls from Cross laminated timber - Stora Enso
Design following [EN] EN 1995-1-1:2014

internal forces for b 0 = 1,00 m		Crossection Values for b eff = 0,51 m		
N_d	-166,34 kN	A_{eff}	408 cm ²	
$M_{w,d}$	±0,12 kNm	J_{eff}	5 798 cm ⁴	
$M_{Ne,d}$	0,00 kNm	W_{eff}	1 051 cm ³	
M_d	0,12 kNm	i	3,77 cm	radius of inertia
l_k	3,30 m	λ	88	Slenderness
		$\lambda_{rel,c}$	1,49	rel.slenderness
		k	1,67	factor
		β_c	0,10	factor
		$k_{c,y}$	0,41	Bucklingfact.
γ_M	1,30 [EN]	$f_{c,0,k}$	21,00 N/mm ²	
k_{mod}	0,80	$f_{m,k}$	24,00 N/mm ²	
		$E_{0,05}$	7 333 N/mm ²	
77 % $\sigma_{c,0,d}$	4,08 N/mm ²	$f_{c,0,d}$	12,92 N/mm ²	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 100\%$
1 % $\sigma_{m,y,d}$	0,12 N/mm ²	$k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}$	5,33 N/mm ²	
77 %		k_{sys}	1,10	
		$f_{m,y,d}$	16,25 N/mm ²	

Verification of Serviceability Limit States

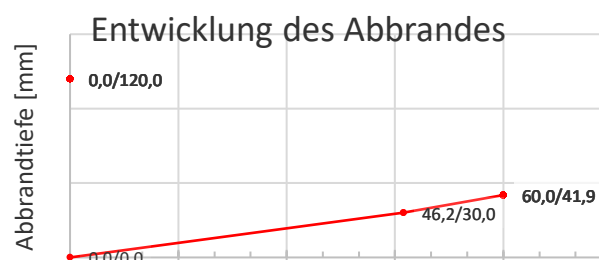
$w_{w,inst}$	0,24 mm	$E_{0,mean}$	11 000 N/mm ²
	h / 13630		

Verification of Fire Limit States

Accidental Design Situations

	qd	Composition	kmod	
q	95,53	gk + $\psi_1 \cdot nk$		
q · fb	95,53	gk + $\psi_1 \cdot nk$		0,57
w	0,02	$\psi_1 \cdot wk$		

N_{fi}	-95,53 kN			
$M_{w,fi}$	±0,03 kNm	$A_{eff,fi}$	255 cm ²	
$M_{Ne,fi}$	- kNm	$J_{eff,fi}$	1 331 cm ⁴	
$M_{ez,fi}$	- kNm	i_{fi}	2,29 cm	
M_{fi}	0,03 kNm	$W_{eff,fi}$	372 cm ³	
		λ_{fi}	144	
		$\lambda_{rel,c,fi}$	2,46	
		k	3,63	
$\gamma_{M,fi}$	1,00	$k_{c,y,fi}$	0,16	
$k_{mod,fi}$	1,00	k_{fi}	1,15	
		$f_{c,0,fi}$	24,15 N/mm ²	
98 % $\sigma_{c,0,fi}$	3,75	$k_{c,y} \cdot f_{c,0,fi}$	3,83 N/mm ²	
0 % $\sigma_{m,y,d}$	0,07	$f_{m,y,fi}$	27,60 N/mm ²	
98 %				



Walls from Cross laminated timber - Stora Enso
Design following [EN] EN 1995-1-1:2014

Branddauer t [min]

VEDLEGG

E5

Walls from Cross laminated timber - Stora Enso

Design following [EN] EN 1995-1-1:2014, "ETA 08/0271"

General

Service Class:	1	Fire:	R 60	1	single sided
Members in closed, heated areas		t ch	0,00	min	
		β f	0,46	mm/min	
		t f	0,00	min	

k def	0,80	
β 0	0,65	mm/min
β 1a	0,86	mm/min (Inner)
β 1b	0,86	mm/min (Inner)
ρ	500	kg/m ³

System

Element height	h	3,30	m
Buckling length	l k	3,30	m
Systemic Load exzentricity	e q	0,00	m

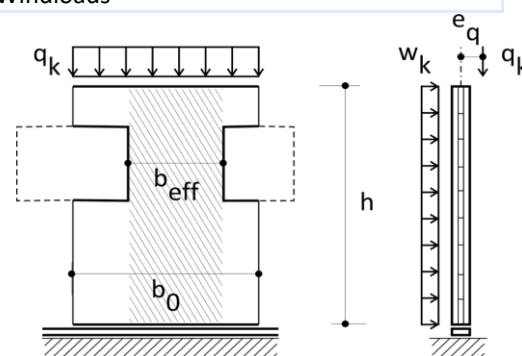
Include additional exzentricity in burned XS

Element Buildup

Type: Stora Enso
L
120 L5s
 Coverlayer horizontal

Loads	qk kN/m	Loadcode	Coefficients
Selfweight	g0,k		
Deadloads	g1,k	G	Permanent loads
Liveload	nk	NA	A: Residential areas
Snow	sk	S2	Places below 1000 m Sealevel
Wind	wk	W	Windloads

Load perpendicular	kN/m ²	
Wind	wk	±0,10 W



layer i	thickness di [mm]	orientation °
1	30,0	0
2	20,0	90
3	20,0	0
4	20,0	90
5	30,0	0
6		
7		
8		
9		
d	120,0	5 s

Total
Buckling and Bending
Fire

Wall openings

Width of load applicat	b 0	1,00	m
Net width	b eff	0,50	m
Increase factor	f b	2,00 = b 0 / b eff	

Sleeper

ilage 25 mm)
ilage rest)



opt

material
C24 (S10)
C24 (S10)
C24 (S10)
C24 (S10)
C24 (S10)
C24 (S10)

46 %
38 %
46 %

Walls from Cross laminated timber - Stora Enso
Design following [EN] EN 1995-1-1:2014

System

Service Class: 1
Members in closed, heated areas

Element height h 3,30 m
Buckling length l_k 3,30 m
 e_q 0,00 m Systemic Load exzentricity
 $e_{z,fi}$ 0,00 cm Additional exzentricity from burning not included

Vertical Loads	qk		Safety γ	Loadduration kled	Combination Values			
					kmod	ψ_0	ψ_1	ψ_2
	kN/m							
gk	36,08	G	1,35	permanent	0,60	-	-	-
nk	15,10	NA	1,50	medium-term	0,80	0,70	0,50	0,30
sk	17,40	S2	1,50	short-term	0,90	0,50	0,20	-
wk	-	W	1,50	term / instanta	1,00	0,60	0,20	-
Load perpendicular	kN/m ²							
wqk	0,10	W	1,50	term / instanta	1,00	0,60	0,20	-

Wall openings

Width of load appli b_0 1,00 m
Net width b_{eff} 0,50 m
Increase factor f_b 2,00 = b_0 / b_{eff}

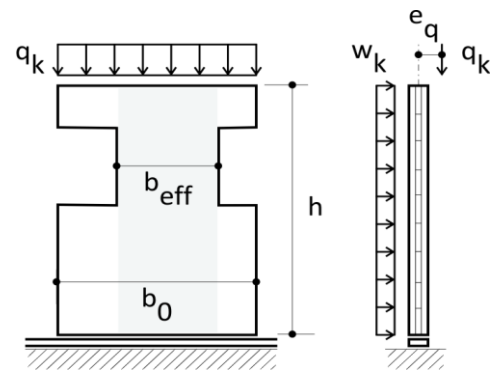
Requirement Fire

R 60 single sided
0,65 mm/min
Charring Rate

cross section

L - 120 L5s

layer i	thickness d_i [mm]	burned d_i [mm]	orientation °	material
1	30,0	30,0	0	C24 (S10)
2	20,0	20,0	90	C24 (S10)
3	20,0	20,0	0	C24 (S10)
4	20,0	0,0	90	C24 (S10)
5	30,0	0,0	0	C24 (S10)
6				
7				
8				
9				
d	120,0	70,0	5 s	C24 (S10)



Verification of Ultimate Limit States

Permant Situation

	qd	qk	kmod	Composition
q	90,66	64,05	0,90	$\gamma \cdot gk + \gamma \cdot sk + \gamma \cdot \psi_0 \cdot nk$
$q \cdot b_0$	90,66	64,05	0,90	$\gamma \cdot gk + \gamma \cdot sk + \gamma \cdot \psi_0 \cdot nk$
w q	0,15	0,10	1,00	$\gamma \cdot wqk$
Σ				$\gamma \cdot gk + \gamma \cdot sk + \gamma \cdot \psi_0 \cdot nk$

Walls from Cross laminated timber - Stora Enso
Design following [EN] EN 1995-1-1:2014

internal forces for b 0 = 1,00 m		Crossection Values for b eff = 0,50 m		
N_d	-90,66 kN	A_{eff}	400 cm ²	
$M_{w,d}$	±0,12 kNm	J_{eff}	5 684 cm ⁴	
$M_{Ne,d}$	0,00 kNm	W_{eff}	1 030 cm ³	
M_d	0,12 kNm	i	3,77 cm	radius of inertia
l_k	3,30 m	λ	88	Slenderness
		$\lambda_{rel,c}$	1,49	rel.slenderness
		k	1,67	factor
		β_c	0,10	factor
		$k_{c,y}$	0,41	Bucklingfact.
γ_M	1,30 [EN]	$f_{c,0,k}$	21,00 N/mm ²	
k_{mod}	0,90	$f_{m,k}$	24,00 N/mm ²	
		$E_{0,05}$	7 333 N/mm ²	
38 % $\sigma_{c,0,d}$	2,27 N/mm ²	$f_{c,0,d}$	14,54 N/mm ²	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 100\%$
1 % $\sigma_{m,y,d}$	0,12 N/mm ²	$k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}$	5,99 N/mm ²	
		k_{sys}	1,10	
38 %		$f_{m,y,d}$	18,28 N/mm ²	

Verification of Serviceability Limit States

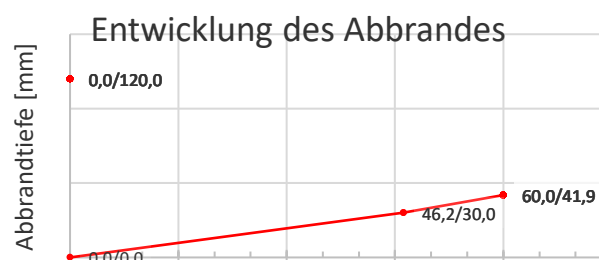
$w_{w,inst}$	0,25 mm	$E_{0,mean}$	11 000 N/mm ²
	$h / 13362$		

Verification of Fire Limit States

Accidental Design Situations

	qd	Composition	kmod
q	44,09	gk + $\psi_1 \cdot sk$ + $\psi_2 \cdot nk$	
q · fb	44,09	gk + $\psi_1 \cdot sk$ + $\psi_2 \cdot nk$	0,49
w	0,02	$\psi_1 \cdot wk$	

N_{fi}	-44,09 kN		
$M_{w,fi}$	±0,03 kNm	$A_{eff,fi}$	250 cm ²
$M_{Ne,fi}$	- kNm	$J_{eff,fi}$	1 305 cm ⁴
$M_{ez,fi}$	- kNm	i_{fi}	2,29 cm
M_{fi}	0,03 kNm	$W_{eff,fi}$	365 cm ³
		λ_{fi}	144
		$\lambda_{rel,c,fi}$	2,46
		k	3,63
$\gamma_{M,fi}$	1,00	$k_{c,y,fi}$	0,16
$k_{mod,fi}$	1,00	k_{fi}	1,15
		$f_{c,0,fi}$	24,15 N/mm ²
46 % $\sigma_{c,0,fi}$	1,76	$k_{c,y} \cdot f_{c,0,fi}$	3,83 N/mm ²
0 % $\sigma_{m,y,d}$	0,07	$f_{m,y,fi}$	27,60 N/mm ²
46 %			



Walls from Cross laminated timber - Stora Enso
Design following [EN] EN 1995-1-1:2014

Branddauer t [min]