

# Vedlegg 4.1

Intervjumatrise	Tore Johan Smidt (Smidt & Ingebrigtsen AS)	Knut-Arne Johansen (Splitkon AS)	Bjørn Nordermoen (iTre AS)	Mikkel Engvoll (Woodcon AS)	Frode Reisæter (Lars Jønsson AS)
<b>Hvorfor velger dere tre som konstruksjonsmateriale?</b>	Kjører ofte parallelle forprosjekt. Eksempelvis er skipet et bygg med lange spenn – absolutt best med betong. Tidligere har det blant annet vært bygget en del studentboliger i tre, med hensyn på for eksempel moduler og skillevegger. I Kontorbygg egner det seg egentlig bedre med betong. utfordringer med tre. Byggherren ønsket likevel tre, på grunn av bærekraft og miljøvennlig. Samme med leietakere. Økonomi ikke avgjørende, og miljø viktigere. Må finne nye løsninger, for eksempel bruker vi limtrerammer for å åpne opp større rom.	Mange fordeler. Vekt i forhold til betong, tre tilsvarer 1/5 av vekten. Mer forutsigbart ved brann. Bedre innemiljø. Dette er det forsket mye på. Tre jevner ut fuktighet og temperatur. Lite ressurskrevende produksjon i forhold til betong og stål, så det påvirker ikke miljø i like stor grad ved produksjon. Tre er et kortreist materiale i vårt tilfelle. Til og med limet blir produsert i Norge. Dette har gode egenskaper i forhold til brann. Limet oppfører seg nå som treverk. Vi vet innbrenningshastigheten og kan dermed regne på sjiktene i massivtre og limtre.	Miljøfokus. Ser at det lett kan kombineres å bygge med tre, og at det ikke nødvendigvis blir dyrere ved når en gjør det riktig. Da får du miljøeffekt uten at det går ut over økonomi.	Woodcon utviklet seg fra å være kjøkkenleverandør, til å bygge hytter, så kom vi inn på massivtre og merket at det var etterspørsel etter det. Vi driver kun med tre nå. Det er ofte miljøaspektet som bestemmer at tre skal brukes. Det finnes også tilskuddsordninger, altså statlige virkemiddel, for å bruke tre.  Vi har et samarbeid med Stora Enso.  Tysk studie av barnehager. Sammenlignet med og uten tre. Viste at barna hadde lavere hjerterytme i trekonstruksjonen.  Gode tilbakemeldinger fra kunder. Behagelige konstruksjoner.	Miljømessig bra. Har indikasjoner på at det reduserer miljøavtrykket. Godt arbeidsmiljø for de som jobber der, alt fra tømrere til tekniske fag. I tillegg er det en god følelse å være inne i et rom av tre.
<b>Hva i et bygg egner seg til tremateriale?</b>	Alt over grunnen. «Skipet» er av tre. Skivemodell i massivtre, stavmodell i limtre. Dette er en god kombinasjon! Limtre brukes hovedsakelig for å øke spennvidde. utfordrende med tung glassfasade på dekke.	Dekker/etasjeskillere egner massivtre seg bra godt til. Skillevegger og avstivende elementer er også bra. Massivtredekke er store flak, og det blir dermed færre løft med tiden, om mange er store.	Primært er det fordelaktig i byggene med faste inndelinger, repetert videre oppover i etasjene. Det er viktig at spennene er korte. Dette er typisk hoteller, studentleiligheter, etc.	Vi leverer bærekonstruksjoner som konkurrerer med stål og betong. Dekker, vegger, søyler, fagverk. Bruker også trelagsplater som kler vegger i stedet for gips.	Minst mulig av andre konstruksjoner. Massivtre om dette er mulig, som dekker vegger og tak. Helst alt konstruktivt.
<b>Hva i et bygg egner seg ikke til tremateriale?</b>	Fundamenter og alt som er under bakken. Det blir fort rått når noe bygges i tre under bakken.	Yttervegger ikke så bra, dette er ikke det mest effektive. Har med detaljer som for eksempel vindu å gjøre.	Ved høye lydkrav skal en være forsiktig med å bruke tre. På skoler med høye lydkrav ville jeg valgt andre materialer. Det er massetettheten som stopper lyd. Dette kan løses todelt. Musikkrom i betong/stål, klasserom i tre. Det er fullt	Som regel er det ikke noe som hindrer å bygge i tre. Dekker der det er lydkrav som må overholdes må en gjerne inn med betongdekker. Generelt bør en kanskje velge andre materialer der det er store lydkrav.	Det som er mot grunnen på grunn av fuktpåkjenning. En vil helst unngå trekonstruksjon i kjeller. Alt over bakkenivå.

			<p>mulig å kombinere stål, betong og tre.</p> <p>Ville også vært forsiktig med veldig lange spenn og full fleksibilitet. Ville heller kombinert stål og tre for å få lange spenn.</p>		
<p><b>Hvilke fordeler og ulemper møter dere ved massivtre?</b></p>	<p>Fordeler er miljø. Det føles godt å være i råbygg, oppleves som et trehus. Betong er rått og fuktig, trebygg er behagelige i byggefasen. Byggeplassen er stille, og det er enkelt å feste ting.</p> <p>Det er ulemper ved lyd i massivtredekker. Holder ikke med kun massivtredekke. Bruker 40 millimeter trinnlydmatte. Det vil alltid være behov for å gjøre noe med dekket for lydgjennomgang. Noen støper – da virker treet omtrent bare som forskaling. Tre er også mykt, noe som gjør det mer ømfintlig for nedbøyning og deformasjoner. Oppdimensjoneres for å være stivt nok til sitt formål, for eksempel fasadeglassene i «Skipet». Limtre er veldig fint til dette.</p>	<p>Massivtre har lameller i begge retninger og kan bære i begge retninger. På grunn av samme lim, har en samme innbrenningshastighet. Montasjetiden går betydelig ned på et massivtrebygg. Kan løfte mer for hvert løft. Det er avgjørende for byggetiden.</p>	<p>Fordel er rask montasje, og at alle utsparinger skjæres ut på forhånd. Dette er det sjeldent feil med. Alle utsparinger kan legges inn. Studentboligene har vi bygget med to etasjer per uke – da er bygget raskt ferdig. Det er og en fordel at når taket er lagt så er bygget tett, når både vegger og tak er på plass. Slipper rett og slett mye av tettingsfasen av bygg, og korter ned byggetiden. Det er og en fordel at alt som gjøres på utsiden av bygget henges på veggen. Alt kan festes til massivtrevegger og tak.</p>	<p>Bygger ekstremt fort med massivtre, og får tett bygg fort. God fremdrift. Enkel innfestning for treskruer. Lett for tekniske fag. Lett å få inn hull om det er glemt en utsparing.</p> <p>Ved større spenn må en få inn limtre for å få mer kapasitet.</p>	<p>Må prosjektere det meste på forhånd, og tidligere. Dette er både en fordel og ulempe. Som oftest er det en fordel uansett, men ved bruk av massivtre må en inn tidlig.</p> <p>Ferdig med utsparinger tidlig.</p> <p>Lydgjennomgang er kanskje den svakeste egenskapen til trekonstruksjoner. Dette er i hovedsak på grunn av at de er lette og overfører lyd lett.</p>
<p><b>Hvilke fordeler og ulemper møter dere ved limtre?</b></p>			<p>Limtre er som massivtre veldig presist, og det fungerer fint sammen med massivtre. Leverandører kombinerer både leveranser og montasje. Ligger ofte under dekket. Om tverrsnittene er større enn 30-40 cm kan de</p>	<p>Tre er stabilt. En vil få montasjeavvik ved vær og vind. Limtrebjelker bygger på seg ved fukt, men er tilbake til start etter uttørring.</p>	<p>Bruker litt limtre, i hovedsak i kombinasjon med massivtre. Fordel der en trenger større spennvidde.</p>

			dessverre sperre litt for andre føringer.		
<b>Foretrekker dere bærende konstruksjoner av massivtre, limtre eller konstruksjonsvirke?</b>		Lameller brukes hovedsakelig til bærebjelker. Massivtre kan sees på som store kryssfinerplater.	Vi har brukt mest massivtre, men foretrekker hverken det ene eller det andre. Må se an behov og utforming. Massivtre kombineres ofte med limtre. Om det er nødvendig med mye lys og vinduer er det en fordel med limtre. Skolebygg trenger ofte limtre i yttervegg, og massivtre ellers på grunn av glassfasade.	I yttervegg trengs det oftest limtre for fasade, som vindu. Massivtre er best som innervegger og dekker.	
<b>Kombinerer dere stål og trekonstruksjoner?</b>	Minst mulig. Ved ventilasjon av kanaler må det være stålbjelker av hatteprofil slik at en kommer frem med kanaler. Disse skjules etter beste evne. Bruker stål svært lite.	Ja. Og noen ganger kombinerer vi med betong. Spesielt i korridorer er det fornuftig med hatteprofil i stål for å spare høyde. Hovedsakelig prøver vi å holde oss til tre, men ser an hva som er gunstig.	Kombinerer noe ja. Har plassert betong oppå massivtre for å få bedre spennvidde. Samtidig er dette en litt tung løsning, og en mister noe av intensjonen om miljøeffekt ved å bruke betong og stål.	Ofte inn med stål i sammenføyinger. For eksempel søyle-bjelke. Hovedsakelig trykkplater. Bruker stål i innfestning til betong, sveist til innstøpt godt. I høyere bygg med mye strekk brukes også stål, og med større knutepunkt med limtre. Stål slisset inn i søyle og bjelke, dyblet gjennom.	Har ikke påstøp på dekker. Blir ofte et grensesnitt mellom tre og betong. Har ikke brukt betong som konstruksjonselement utenom fundament.
<b>Hvilke utfordringer møter dere ved knutepunkter i trekonstruksjoner?</b>	Trenger mye stålbeslag for å overføre krefter. Vil skjule disse. Mye skruer. En konsekvens av valget som er tatt. Det er generelt utfordrende å prosjektere knutepunkter i tre.	Alltid utfordringer, men det finnes standardforbindelser vi har brukt i mange år. Stålbeslag og konstruksjonsskruer.	Generelt er overføring av kreftene det mest kompliserte. Som oftest må vi legge inn stålplater.		I studentboliger har det ikke vært problem med knutepunkter. Det er så tette vegger og små krefter at det derfor ikke blir et problem. Noen andre leiligheter har det vært større utfordringer med. Belastningene ved tverrplatene er et problem. Kapasiteten på tre vinkelrett er så dårlig at en må inn med stålplater.
<b>Hvilke innfestninger (knutepunkter)</b>	Leddlagret! Med mindre søylene er gjennomgående. Bjelke, fritt opplagt på konsoll.	Bruker leddet og momentsvivt. Som oftest leddet. Rammer i	I massivtre er etter vår erfaring skruer det beste alternativet. Det er god	Etterstreber å bruke treskruer. Helst halvgjenget, siden de skrur lettere, og kan bruke	Typisk innsliссede stålplater og dybler.

<b>foretrekker dere i trekonstruksjoner?</b>	Blir en god del stålbeslag, som må skjules. Slisses inn i treet og har en gjennomgående bolt.	industribygg får momentstive innfestninger for at de skal stive av. Har visse begrensninger.	skrueteknologi på markedet i dag. Ved bruk av limtre legger vi til fider inn «spyd» for å overføre krefter.	standard drill. Stål mot tre vil ha perforerte plater med skruer. Bruker og selvborrende dybler.	
<b>Howdan avstives trekonstruksjoner?</b>	Må avstivende mer enn ved en betongkonstruksjon på grunn av mykheten i materialet. Bruker i størst mulig grad vegger i massivtre, heissjakter, og ekstra vindkryss av limtre i fasader. Store dimensjoner. Vind er dimensjonerende horisontallast. Dette er en fordel. På grunn av at bygget er lett er ikke jordskjelv dimensjonerende, i i motsetning til tunge betongbygg. Dette er en av fordelene med mykt materiale.	Fordelen med massivtreplater er at de er stive begge veier, og virker som et vindkryss hele veien. Massivtreelementene fordeler kreftene mer, noe som og gir enklere fundamenter. Det er veldig sjeldent vi bruker limtre som avstivende element.	Trappeheiser og sjakter velges i massivtre. Dette gir god avstiving, og er bra fremdriftsmessig. Om vi setter opp søyler må vi sette opp skråstag. Det er ofte gjeldende ved glassfasader der det er bruk for søyler.	Stive skiver i vegg. Ønsker helst skive! Da er det kun innfestning å tenke på. Kan bruke vindkryss i limtre, men disse knutepunktene er mer avanserte.	Elementene selv, stive skiver i massivtre avstiver dekkene.
<b>Er global stabilitet en utfordring ved trekonstruksjoner?</b>	Generelt ikke, så lenge det er nok avstivende element.				Pleier å gå fint.
<b>Er det utfordringer ved isolasjonsløsninger i trekonstruksjoner?</b>	Har spekulert på dette. Ikke mye oppdatert litteratur. Sintef har noe. Det diskuteres mye med arkitekt. Treet regnes som isolasjon, og isolasjonen legges rett utenpå vegger. Det er viktig å få veggen skikkelig lufttett.	Bruker alltid tilleggsisolasjon. Noen vegger har så tykke vegger at de ikke trenger noe isolasjon. Treullplater eller Rockwool brukes mye.	Ikke en utfordring etter vår erfaring. Massivtre er helt plan, og vi skur Rockwool utenpå. Dette er plater som er greie å montere. Det er viktig å ha luftet kledning. I Østerrike har de brukt noe tette og kompakte vegger, dette er vi skeptiske til, i Norge brukes luffing tradisjonelt.	Leverer ikke noe av dette selv, det står totalentreprenørene for. I 17 % av tilfellene brukes Rockwool.	Har vært veldig greit. Isolert på utsiden. Skrudd lektene på utsiden og luftet.
<b>Er fukt et problem i trekonstruksjoner?</b>	Ikke problem i våre tilfeller, siden vi er veldig rask med å tette. Vi måtte slippe deler av «Skipeh» fordi solen gulnet den. Fukt var ikke et problem. Vet at et trebygg i Oslo måtte slipes på grunn av fukt, det var ikke tettet for nok.	Kan være et problem. Vi produserer alt i gran, og den er veldig god i forhold til fukt. Det trekker ikke så langt inn i treet, og tørker fort ut igjen. Er det bygget ute må en sørge for at å tørke det ut, slik at vi ikke	Fukt pleier å gå fint, så lenge bygget tettes for dårlig vær tidlig. Har hørt om skrekke-sempel der det nesten ble delamineringer på ulike flater. I ettertid har det	Ikke-synlige vegger har ofte tykkere lameller. Om de blir fuktige kan de bli litt «bølgete».	Massivtrekonstruksjonen har fungert som dampspærre, men da er det viktig med minst fem lameller. Limen fungerer som dampspærre. Må ikke ha plast i en slik ytterveggskonstruksjon,



		lukker fukten inne med plast, etc. En del massivtre blir bygget under telt. Koster mye å sette opp, og dette har flere gått bort fra de siste årene, går ofte bra uten. En del utenlandske selskap bruker furu som gir utfordringer med fukt og svelling. Furu trekker fukt mye fortere enn gran.	likevel gått fint og tørket ut.	gir svart avrenning, går ut over synlige overflater.	siden det er fukt i veggen. Det har vært diskusjon ved takkonstruksjon av massivtre, som er kompakt. Isolasjonen tar vannet til seg. Har brukt folie ned mot taket. Etterpå papp på topp.  Generelt er fukt ikke et problem i trekonstruksjoner.
<b>Hvilke økonomiske fordeler og ulemper ser dere ved bruk av tre som konstruksjonsmateriale?</b>	Økte kostnader. Kalkyler viser høyere priser. Dette er generelt slik markedet er i dag.	Den store fordelene er kort byggetid. Sammenlignet med stål er det noe dyrere per kvadrat, men totalt er det ikke store forskjeller. Tre blir mer vanlig siden folk ser hvor kort byggetid vi kan komme ned i. VVS og elektro bruker også mye mindre tid i trekonstruksjoner, som er økonomisk.	De fleste byggene vi har er innenfor budsjettene. Det er viktig å se på det hele og totale kostnadsspekteret – per kvadratmeter vil tre foreløpig være dyrere enn stål og betong. Helhetlig vil kostnadene være ganske like. Mye er tidligere ferdig i råbyggene ved trebygg versus tradisjonelle bygg, dette er en økonomisk fordel.  Om en skal bygge med mye isolasjon og flere lag med tre går det fort mye penger. Derfor bør en kanskje tenke seg om ekstra ved lydkrav og synlig massivtre – koster mye og tar mye plass. Vi har opplevd flere ganger at anbudene våre i tre totalt sett har lavere kostnader enn tradisjonelle bygg.	Rask fremdrift er en økonomisk fordel, det går fort å sette opp et massivtrebygg. Tydeligste punktet! Om entreprenøren kommer inn tidlig i prosjektet får vi optimalisert ved produksjonen, og løsningene monteres raskest mulig.  Økonomisk fordelaktig at overflatene er ferdig synlige. Det er og tilskudd, det stimuleres til bruk av tre.	I små prosjekter tror jeg ta det er økonomisk fordelaktig å bygge i tre. For eksempel ved små celler, som studentboliger. Store prosjekt må planlegges mye nøyere for at det skal være basert på tre. Større kontorbygg, med store åpne arealer, gir ikke like mye å tjene på.
<b>Hva er den største forskjellen i fremdrift</b>	Ikke så stor forskjell. Går fort, men det gjør det også med	I forhold til betong får en mer kvadrat med på bil,	Fordelaktig når trekassen først er satt opp. Da er	En monterer vegger, dekker, osv. I betong må en forskale,	Når bygget er oppe har en tett bygg, har kommet

<p><b>ved trekonstruksjoner i forhold til konstruksjoner av stål og betong?</b></p>	<p>betongelement og stål. Går gjerne fortere totalt sett med tre, men følger akkurat de samme prosessene. Vanvittig jobb å skru sammen bolter og knutepunkter. Kvalitetskontroll utføres på vanlig måte.</p>	<p>ved bruk av tre. Vi disponerer 20 semitrailere som vi kjører lasten ut på byggeplassen i rekkefølge etter hvordan det skal bygges.</p>	<p>bygget tett, og en kan drive innvendig og utvendig arbeid samtidig. Slipper mye råbyggfasen. Det er viktig å detaljplanlegge dette på forhånd for mest mulig effektivitet.</p>	<p>armere, støpe, herde, repeat.  Kan spare mye tid ved råbygget fordi at når du er ferdig med en etasje så kan tekniske fag begynne med en gang.</p>	<p>langt med byggearbeidet når bygget er oppe. Vil spesielt spare mye tid om prosjektet har mange celler (små rom), der en bruker massivtre som skillevegger.</p>
<p><b>Har regn og fuktighet innvirkning på planleggingen av byggeplassen?</b></p>			<p>Har opplevd at uttørring er et problem ved fremdrift. Aldri brukt telt. Dette er dyrt, koster fort 2 millioner per tak, og kan være et sidespor.</p>	<p>Det har en effekt. «Tre trenger vann». Treverk tar ikke skade av vann i seg selv. Med mulighet for kontrollert uttørring er det ingen problem. Ikke optimalt med synlige overflater på grunn av avrenning av møkkete vann. Må derfor pusses og vaskes.  Levende materiale gir litt usikkerhet ved montasje. Spørsmålet er ofte, hvor mye kan vi forvente at det utvides?  Vinterstid gir et lite dypp i effektiviteten.</p>	<p>Brukte tre måneder på et prosjekt på Fantoft, som er omtrent 9000 m2. Et dilemma var at det var omtrent 900 mm nedbør. Vi trodde dette skulle bli et større problem enn det var, med mye vann. 14 dager etter tett tak hadde vi den fuktigheten vi burde ha. Dette er omtrent 12 % fuktighet fra fabrikk (når den er skåret er den omtrent 18 %). På Vestlandet må en være oppmerksom på at overflaten blir nedfuktet, og lage løsninger slik at vannet får tørke opp igjen.</p>
<p><b>Hvordan løses tekniske føringer til andre fag?</b></p>	<p>Elektro og VVS, kabelbroer, alt føres i himlingen. Dette fører til at en ikke ser taket over i tre. Derfor lektes og himles det ned under hatteprofil, slik at det ikke er synlig. Mister tre synlighet her.</p>	<p>Det er en fordel om tekniske fag kan tegne sine løsninger ferdig tidlig, slik at vi kan ta hensyn til løsningene før leveranse. Dette fungerer bedre og bedre, selv om det kan være en utfordring å få tekniske fag med så tidlig i prosjektet. Med betong kjerneborer de for store summer. Dette kan vi ordne på forhånd i CNC-maskiner.</p>	<p>Lik måte som tradisjonelle bygg. Vi vil at rådgiver på tekniske fag skal prosjektere tidlig, slik at utsparinger kan gjøres på fabrikk.  Tekniske fag er fornøyd når de bare kan skru i tre, fremfor å bore, plugge og skru.  En utfordring med brannfetting rundt tekniske løsninger som ikke er godt nok dokumentert.</p>	<p>Leveres egen monteringsmodell innen frist til produksjonen på cnc-maskin i fabrikk. Bruker kabelbroer og innfesting, mye treskruer.  De som er ny med jobber i massivtre sier de sparer tid per innfestning, i forhold til betong. Er lettvent.</p>	<p>Det er en fordel at en kan skru der en vil, med skruinnfestninger overalt. Enklere for tekniske fag. Kan bore og feste der en vil. Utsparinger blir laget på fabrikk. Det må gjøres rett og korrekt. Her må det gjerne kvalitetssikres mer omfattende enn ved andre konstruksjoner. Ved feil utsparinger er det et problem om de ligger synlig til, men uproblematisk å tette igjen. Brannteknisk masse brukes til å tette igjen. Fungerer godt til lyd også.</p>

<p><b>Eventuelt</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problem: Ulike produsenter har ulike regler, metoder og standarder. Det må snart komme en felles standard, som gjerne fremmer norsk skogbruk og industri.</li> <li>- Produsenter har flere ulike lim- og tref typer, etc.</li> <li>- Er trygg på at det kommer flere trebygg med tiden.</li> <li>- Branndimensjonering er greit. Ser på forkullingshastighet, og øker dimensjoner for å holde krav.</li> </ul>		<p>Arkitekter er ute etter at tre skal være synlig. Det er viktig at alle entreprenør er tidlig inne for å se på løsninger som muliggjør prosjektene med gode løsninger. Det er også viktig at kunden vet hva han vil ha, tidlig. Om rådgivere kan velge, velger de som oftest slik de har gjort tidligere. Det er derimot viktig å være tro mot ideen når en går inn i prosjektene. Se til at hovedbæresystemet skal være i tre, om en vil oppnå miljøambisjoner på kort sikt, og bruk ting en kjenner til her. Kostnaden vil være der uansett.</p> <p>Foreløpig har vi hentet inn mest material fra Østerrike, som ligger foran Norge. Det er fordelaktig om flere aktører kommer på banen i Norge. Dette vil skape en ny næringsvei for de som produserer og bearbeider.</p> <p>Vurder miljø tidlig, og vær pragmatisk på stål og betong i tillegg. Det er viktig å ikke polarisere.</p>	<p>Trevirke er nøyaktig, bruker millimeterpresisjon. Regnvær kan selvsagt påvirke. Dermed er det et lite avvik ved montasje i forhold til hva som er prosjektert. Mye mindre avvik enn i betong.</p> <p>NS-3516 er standarden for utførelsen av trekonstruksjoner. Den er tilrettelagt for massivtre og limtre. Vi har ingen problemer med å holde oss innen krav.</p>	
-------------------------	---	--	---	--	--

# Vil du delta i forskningsprosjektet

## Hvordan kan vi anvende trevirke konstruktivt?

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å innhente erfaringer og meninger fra bransjefolk om trevirke som konstruksjonsmateriale. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

### Formål

Vi ønsker å innhente informasjon om og erfaringer med trevirke som konstruksjonsmateriale for å kartlegge fordeler/ulemper, og egnetheten for materialet i større konstruksjoner. Intervjuet baseres på kandidatens faglige meninger og erfaringer innenfor prosjektering/bygging med trevirke. Innhentet data vil bli benyttet i bacheloroppgave.

### Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Høgskulen på Vestlandet er ansvarlig for prosjektet.

### Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Utvalget er basert på tidligere/eksisterende byggeprosjekter der trevirke har/er benyttet som konstruktivt byggemateriale. Fire kandidater blir kontaktet om deltakelse.

### Hva innebærer det for deg å delta?

Hvis du velger å delta i prosjektet, innebærer det at du stiller til et intervju. Det vil ta deg ca. 30 minutter. Intervjuet inneholder spørsmål om faglige erfaringer og om materialets egnethet. Dine svar fra intervjuet blir registrert elektronisk.

### Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

### Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

Det er kun deltakere i bacheloroppgaven og veileder som vil ha tilgang til opplysningene. Som deltaker vil du kunne identifiseres ved navn, firma og stilling i oppgaven.

OneDrive benyttes som databehandler, med dens hensikt å lagre referat fra intervju.

### Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?

Opplysningene slettes når prosjektet avsluttes/oppgaven er godkjent, som etter planen er 12.06.2020. Dersom oppgaven publiseres, vil du identifiseres ved navn, firma og stilling.

### Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- å få slettet personopplysninger om deg, og
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

## Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg kun basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Høgskulen på Vestlandet har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

## Hvor kan jeg finne ut mer?

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- Høgskulen på Vestlandet ved Svein-Rune Kleppe, epost: [Svein-Rune.Kleppe@hvl.no](mailto:Svein-Rune.Kleppe@hvl.no), veileder
- Frode Frostad Gulichsen, epost: [181289@stud.hvl.no](mailto:181289@stud.hvl.no), student
- Vårt personvernombud: Høgskulen på Vestlandets personvernombud, epost: [personvernombud@hvl.no](mailto:personvernombud@hvl.no).

Hvis du har spørsmål knyttet til NSD sin vurdering av prosjektet, kan du ta kontakt med:

- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS på epost ([personvertjenester@nsd.no](mailto:personvertjenester@nsd.no)) eller på telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

Svein-Rune Kleppe

(Forsker/veileder)

Frode Frostad Gulichsen

Espen Tande

Kjetil Leikvoll Eide

(Student)

---

## Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «*Hvordan kan vi anvende trevirke konstruktivt?*», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i intervju
- at navn, firma og stilling publiseres slik at jeg kan gjenkjennes

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, 12.06.2020

---

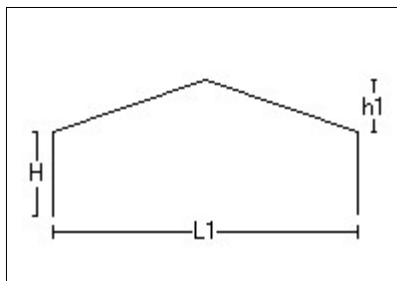
(Signert av prosjektdeltaker, dato)

# Vedlegg 5.1

Tittel			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 05-02-2020

Dataprogram: LastBeregning versjon 6.2.5 Laget av Sletten Byggdata AS  
Standard NS-EN 1991-1-4: Vindlaster  
Data er lagret på fil:

## 1. Geometri



h1 3537 mm  
H 5900 mm  
L1 21500 mm

Byggets lengde, L2: 35100 mm  
Takvinkel : 18,21 (grader)

Vertikalsnitt

## 2. Vindhastighet

Fylke: Sør-Trøndelag Kommune: Roan Referansevindhastighet: 29 m/s  
Byggested, høyde over havet (m): 185 Calt: 1  
Returperiode (år):50 Cprob: 1  
Årstidsfaktoren, Cseason: 1 hele året  
Vindretning (region):Bruker retningsfaktoren C-ret: 1  
Basisvindhastighet: 29 m/s  
Høyde Z over grunnivået: 9,75 m

### BYGGESTEDETS TERRENGDATA

Terrengruhetskategori II: Landbruksområde, område med spredte små bygninger eller trær.  
Terrengruhetsfaktoren Kt: 0,19 Ruhetslengden Zo (m): 0,05 Zmin (m): 4 Vm (m/s): 29,05 Cr: 1,00

### OVERGANGSONE

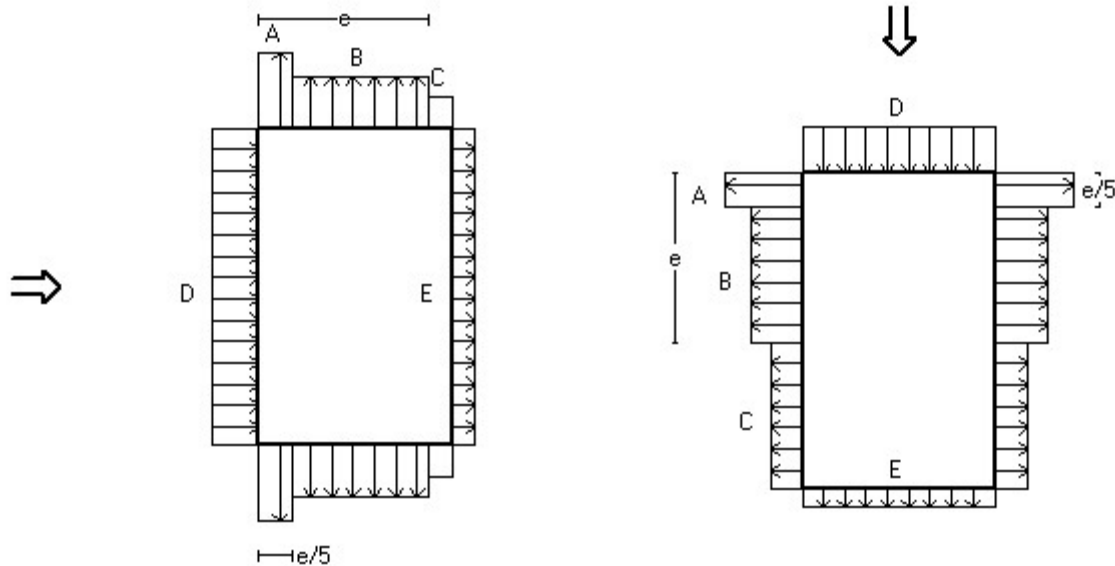
Terrengruhetskategori 0: Åpent opprørt hav.  
Terrengruhetsfaktoren Kt: 0,16 Ruhetslengden Zo (m): 0,003 Zmin (m): 2 Vm (m/s) : 37,52 Cr: 1,29  
Avstand mot vindretning fra byggested til grense for terrengkategorierendring Xb (m): 5000  
Overgangsonedefaktor Cs(Xb): 1,06 Vm(z) : 30,7(lign NA.4(901.2/3))

TOPOGRAFI: NA.4.3.3 (901.4) Byggested på lesiden av bratt terreng med fall større en 30 grader i vindretningen.  
Terrengformfaktor Co(z): 1 Turbulensfaktor Ki: 1,75

Vkast: 53,41 m/s  
Qkast: 1,783 kN/m<sup>2</sup>

### 3. Yttervegger

#### 3.1 Utvendig vindlast



Vindretning 0 grader.  $e=18874$  mm

Vindretning 90 grader.  $e=18874$  mm

##### Vindinnfallsretning på 0 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,73	-0,35
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-2,14	-1,43	-0,89	1,29	-0,62
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,35
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-2,50	-1,96	-0,89	1,78	-0,62
Utstrekning (mm)	3775	15099	2626	35100	35100

##### Vindinnfallsretning på 90 grader.

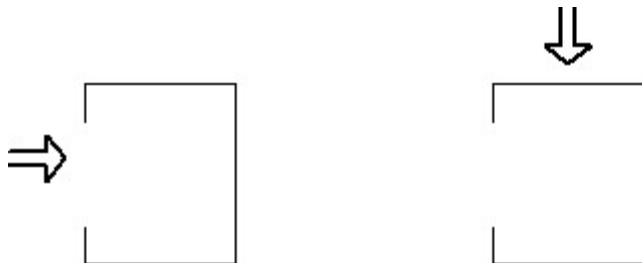
	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,31
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-2,14	-1,43	-0,89	1,25	-0,54
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,31
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-2,50	-1,96	-0,89	1,78	-0,54
Utstrekning (mm)	3775	15099	16226	21500	21500

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.

#### 3.2 Innvendig vindlast

Bygning med dominerende vindfasade

$C_{pi} = 0.9 * C_{pe,10}$  (sone D) når åpningene i den dominerende vindfasaden er minst 3 ganger summen av åpningen i de øvrige fasader



	Overtrykk
Last(kN/m <sup>2</sup> )	1,16

	Undertrykk
Last(kN/m <sup>2</sup> )	-1,28

Tittel			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 05-02-2020

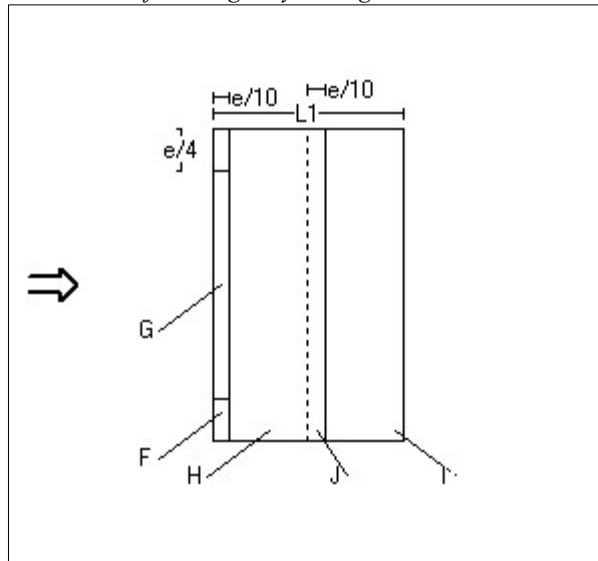
## 4 Overside av tak

Taktype: Saltak

L1=21500 mm L2=35100 mm

Cpe,10 Gjelder for hele bygget. (>=10m2)

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.



### Utstrekning (mm)

e=18874

e/4=4718

e/10=1887

Alt.1. LO-side:Sug, LE-side:Sug

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-0,81	-1,45	4718x1887
G	-0,74	-1,31	25663x1887
H	-0,28	-0,50	35100x8863
I	-0,40	-0,71	35100x8863
J	-0,89	-1,59	35100x1887

Alt.2. LO-side:Sug, LE-side:Trykk

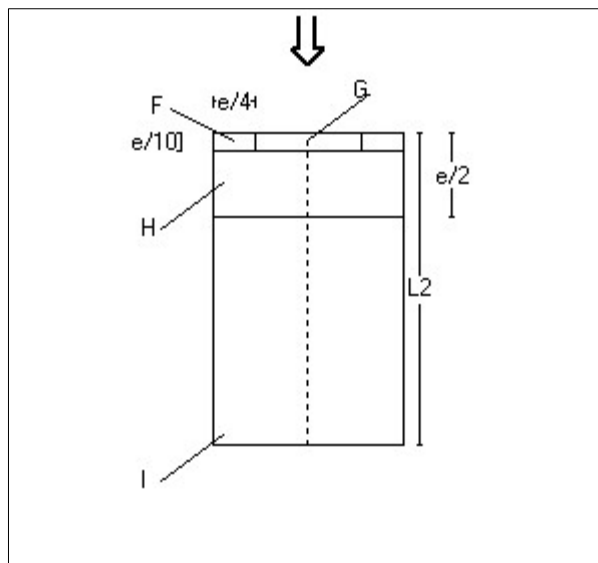
	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-0,81	-1,45	4718x1887
G	-0,74	-1,31	25663x1887
H	-0,28	-0,50	35100x8863
I	0,00	0,00	35100x8863
J	0,00	0,00	35100x1887

Alt.3. LO-side:Trykk, LE-side:Sug

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	0,31	0,55	4718x1887
G	0,31	0,55	25663x1887
H	0,24	0,43	35100x8863
I	-0,40	-0,71	35100x8863
J	-0,89	-1,59	35100x1887

Alt.4. LO-side:Trykk, LE-side:Trykk

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	0,31	0,55	4718x1887
G	0,31	0,55	25663x1887
H	0,24	0,43	35100x8863
I	0,00	0,00	35100x8863
J	0,00	0,00	35100x1887



### Utstrekning (mm)

e=18874

e/4=4718

e/10=1887

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,26	-2,24	4718x1887
G	-1,28	-2,28	12063x1887
H	-0,64	-1,15	21500x7550
I	-0,50	-0,89	21500x25663



Tittel			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 05-02-2020

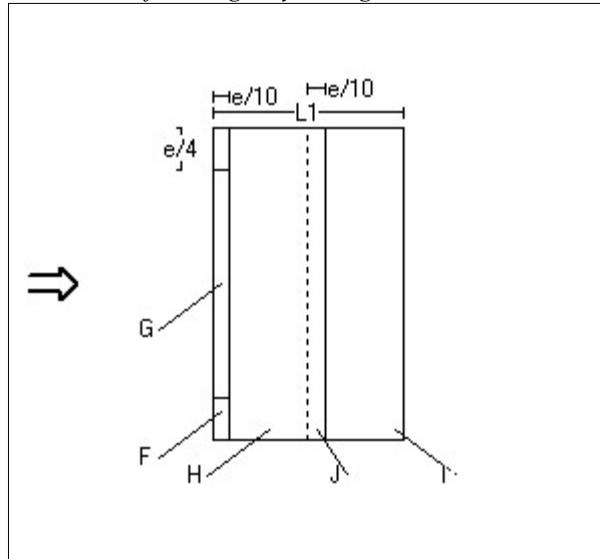
Taktype: Saltak

L1=21500 mm L2=35100 mm

$C_{pe,1}$  Gjelder for en lokal flate på 1m<sup>2</sup>. Benyttes ved dimensjonering av limfuger, spikring, båndstål o.l.

Interpoleringsformel for belastet areal A mellom 1 og 10 m<sup>2</sup> :  $C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) * \log_{10}A$

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.



**Utstrekning (mm)**

e=18874

e/4=4718

e/10=1887

Alt.1. LO-side:Sug, LE-side:Sug

	C <sub>pe,1</sub>	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.projeksjon(mm)
F	-1,89	-3,37	4718x1887
G	-1,50	-2,67	25663x1887
H	-0,28	-0,50	35100x8863
I	-0,40	-0,71	35100x8863
J	-1,29	-2,29	35100x1887

Alt.2. LO-side:Sug, LE-side:Trykk

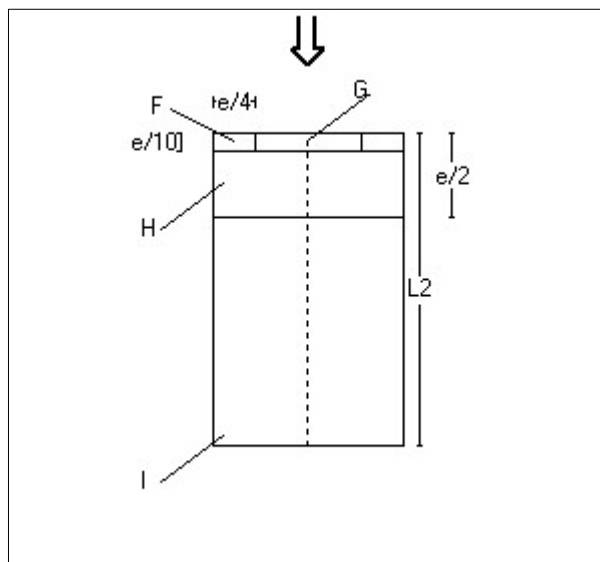
	C <sub>pe,1</sub>	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.projeksjon(mm)
F	-1,89	-3,37	4718x1887
G	-1,50	-2,67	25663x1887
H	-0,28	-0,50	35100x8863
I	0,00	0,00	35100x8863
J	0,00	0,00	35100x1887

Alt.3. LO-side:Trykk, LE-side:Sug

	C <sub>pe,1</sub>	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.projeksjon(mm)
F	0,31	0,55	4718x1887
G	0,31	0,55	25663x1887
H	0,24	0,43	35100x8863
I	-0,40	-0,71	35100x8863
J	-1,29	-2,29	35100x1887

Alt.4. LO-side:Trykk, LE-side:Trykk

	C <sub>pe,1</sub>	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.projeksjon(mm)
F	0,31	0,55	4718x1887
G	0,31	0,55	25663x1887
H	0,24	0,43	35100x8863
I	0,00	0,00	35100x8863
J	0,00	0,00	35100x1887



**Utstrekning (mm)**

e=18874

e/4=4718

e/10=1887

	C <sub>pe,1</sub>	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.projeksjon(mm)
F	-1,89	-3,37	4718x1887
G	-2,00	-3,57	12063x1887
H	-1,20	-2,14	21500x7550
I	-0,50	-0,89	21500x25663

# Vedlegg 5.2

Vindlast på le side av fjell med fall > 30°

NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009

Tab NA 4.1 Terrenghetskategori II Ref NA 4.3.3 (901.4) siste avsnitt om terr.kat

$$(4.5) \quad z_0 := 0.05 \text{ m} \quad z_{0II} := 0.05 \text{ m}$$

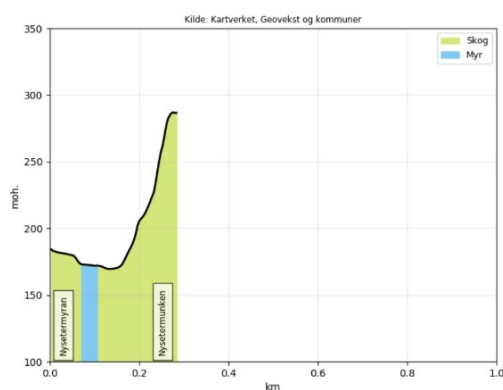
$$k_r := 0.19 \cdot \left( \frac{z_0}{z_{0II}} \right)^{0.07} \quad k_r = 0.19$$

$$(4.4) \quad c_r(z) := k_r \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \quad \text{for} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

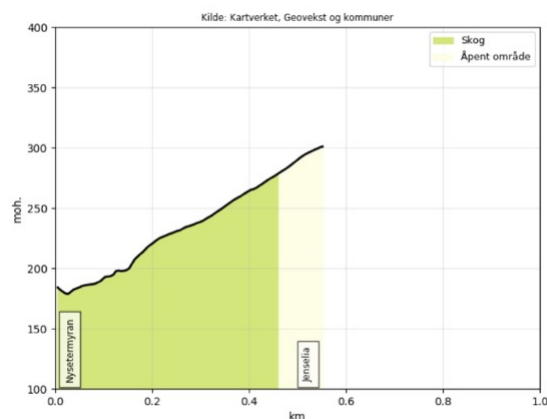
$$z := 9.6 \text{ m} \quad z_{min} := 2 \text{ m} \quad z_{max} := 200 \text{ m} \quad c_r(z) := k_r \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \quad c_r(z) = 1$$

$$(4.3) \quad \left[ \tan^{-1} \left( \frac{170}{175} \right) \right] \rightarrow \theta := 44^\circ \quad \Delta H := 175 \text{ m}$$

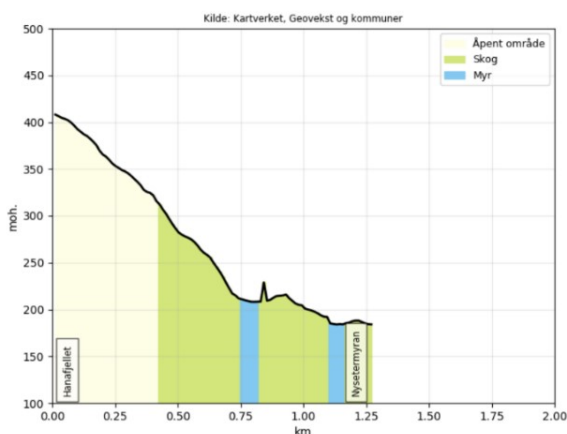
Nysetermunken



Jenselia



Harafjellet



$$\text{Tab NA. 4(901.1)} \quad v_{b0} := 29 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{NA 4.2(2)P (901.1)} \quad v_b := v_{b0} = 29 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{NA. 4(901.6)} \quad c_0(z) := 1 \quad k_f := 1.75$$

$$v_m(z) := c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b \quad v_m(z) = 28.97 \frac{m}{s}$$

$$(4.7) \quad I_v(z) := \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad I_v(z) = 0.33$$

$$(4.8) \quad \rho := 1.25 \frac{kg}{m^3}$$

Tab V.1a  $A := 5 \text{ km}$

$$\Delta n_{BA} := 2 - 0 = 2$$

$$k_3 := 1.05$$

$$q_p(z) := [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (v_m(z))^2$$

$$q_{kast} := q_p(z) \cdot k_3 \quad q_{kast} = [1.83] \frac{kN}{m^2} \quad v := \sqrt{2 \cdot \frac{q_{kast}}{\rho}} = [54.17] \frac{m}{s}$$

Formfaktorer på vegger

Vind fra "sør"

Vegg utstikk venstre

$$e = \min(b, 2h)$$

Tab 7.5  $d_I := 21.5 \text{ m}$      $b_I := 35.1 \text{ m}$      $h_I := 9.75 \text{ m}$      $2 \cdot h_I = 19.5 \text{ m}$

$$e_I := 2 \cdot h_I = 19.5 \text{ m}$$

$e < d \Rightarrow$  Sone A, B og C

Sone A:  $A_I := \frac{e_I}{5} = 3.9 \text{ m}$

Sone B:  $B_I := \frac{4}{5} \cdot e_I = 15.6 \text{ m}$

Sone C:  $C_I := d_I - e_I = 2 \text{ m}$

$$\frac{h_1}{d_1} = 0.45 < 1$$

Tab 7.1  $C_{A1} := -1.2$     $C_{B1} := -0.8$     $C_{C1} := -0.5$     $C_{D1} := 0.75$     $C_{E1} := -0.4$

$$q_{A1} := C_{A1} \cdot q_{kast} = [-2.2] \frac{kN}{m^2} \qquad q_{D1} := C_{D1} \cdot q_{kast} = [1.38] \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{B1} := C_{B1} \cdot q_{kast} = [-1.47] \frac{kN}{m^2} \qquad q_{E1} := C_{E1} \cdot q_{kast} = [-0.73] \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{C1} := C_{C1} \cdot q_{kast} = [-0.92] \frac{kN}{m^2}$$

Vegg utstikk høyre

$e = \min(b, 2h)$

$$d_2 := 21.5 \text{ m} \quad b_2 := 35.1 \text{ m} \quad h_2 := 9.75 \text{ m} \quad 2 \cdot h_2 = 19.5 \text{ m}$$

$$e_2 := 2 \cdot h_2 = 19.5 \text{ m}$$

$e < d \Rightarrow$  A, B og C

Sone A:  $A_2 := \frac{e_2}{5} = 3.9 \text{ m}$

Sone B:  $B_2 := \frac{4}{5} \cdot e_2 = 15.6 \text{ m}$

Sone C:  $C_2 := d_2 - e_2 = 2 \text{ m}$

$$\frac{h_2}{d_2} = 0.45 < 1$$

Tab 7.1  $C_{A2} := -1.2$     $C_{B2} := -0.8$     $C_{C2} := -0.5$     $C_{D2} := 0.76$     $C_{E2} := -0.42$

$$q_{A2} := C_{A2} \cdot q_{kast} = [-2.2] \frac{kN}{m^2} \qquad q_{D2} := C_{D2} \cdot q_{kast} = [1.39] \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{B2} := C_{B2} \cdot q_{kast} = [-1.47] \frac{kN}{m^2} \qquad q_{E2} := C_{E2} \cdot q_{kast} = [-0.77] \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{C2} := C_{C2} \cdot q_{kast} = [-0.92] \frac{kN}{m^2}$$

## Vedlegg 5.3

### Vindlast fra innlandet

NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009

Tab NA 4.1 Terrengruhetskategori II Ref NA 4.3.3 (901.4) siste avsnitt om terr.kat

$$(4.5) \quad z_0 := 0.05 \text{ m} \quad z_{0II} := 0.05 \text{ m}$$
$$k_r := 0.19 \cdot \left( \frac{z_0}{z_{0II}} \right)^{0.07} \quad k_r = 0.19$$

$$(4.4) \quad c_r(z) := k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{for} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$z := 9.6 \text{ m} \quad z_{min} := 2 \text{ m} \quad z_{max} := 200 \text{ m} \quad c_r(z) := k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad c_r(z) = 0.999$$

$$(4.3) \quad \left[ \tan^{-1}\left(\frac{170}{175}\right) \right] \rightarrow \theta := 44^\circ$$

$$\text{Tab NA. 4(901.1)} \quad v_{b0} := 29 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{NA 4.2(2)P (901.1)} \quad v_b := v_{b0} = 29 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{NA. 4(901.6)} \quad c_0(z) := 1 \quad k_I := 1.75$$

$$v_m(z) := c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b \quad v_m(z) = 28.969 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$(4.7) \quad I_v(z) := \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad I_v(z) = 0.333$$

$$(4.8) \quad \rho := 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Avstand fra sone II til sone I regnes som 2.5 km

Tab V.1a  $A := 2.5 \text{ km}$

$$\Delta n_{BA} := 2 - 1 = 1$$

$$k_3 := 1.05$$

$$q_p(z) := [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (v_m(z))^2$$

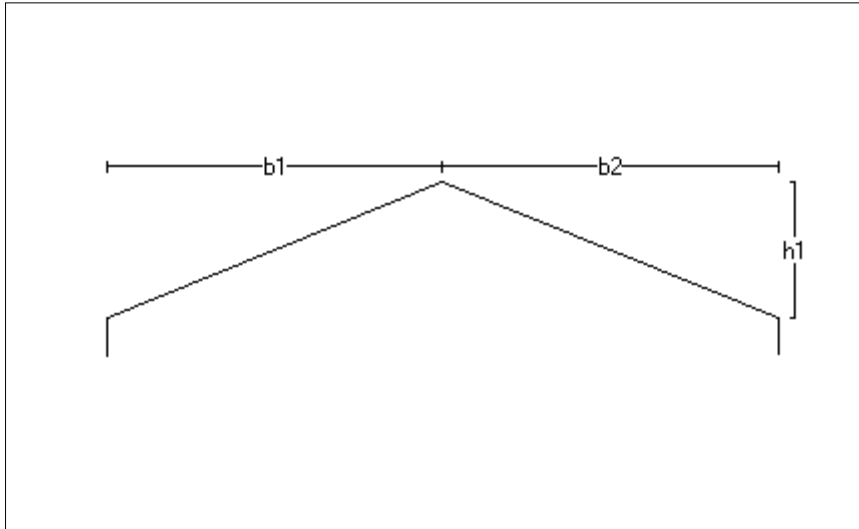
$$q_{kast} := q_p(z) \cdot k_3 \quad q_{kast} = [1.834] \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

# Vedlegg 5.4

Tittel			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 29-01-2020

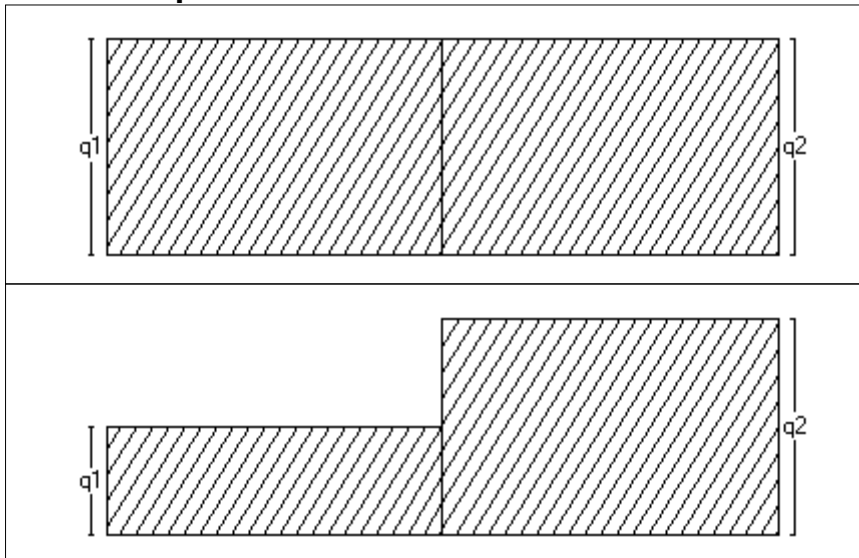
Dataprogram: LastBeregning versjon 6.2.5 Laget av Sletten Byggdata AS  
Standard NS-EN 1991-1-3: Snølaster

## 1. Geometri



b1	8825	mm
b2	8825	mm
h1	3566	mm

## 2. Snølast på tak



Last nr.:1		
q1	2,56	kN/m <sup>2</sup>
q2	2,56	kN/m <sup>2</sup>

Last nr.:2		
q1	1,28	kN/m <sup>2</sup>
q2	2,56	kN/m <sup>2</sup>

## 3. Snølastdata

Fylke	Sør-Trøndelag
Kommune	Roan
Sted	Einarsdalen
Byggets plassering (moh)	185 moh
Eksponeeringskoeffisient $C_e$	0,8
Termisk koeffisient $C_t$	1
Snølast, S:	4 kN/m <sup>2</sup>

# Vedlegg 5.5

## Snølastberegning

NS-EN 1991-1-3:2003+NA:2008

$$H := 185 \quad H_g := 150$$

Tab 5.2  $\mu_1 := 0.8$  pga  $\alpha := 22^\circ$   $\alpha$ -verdi er hentet fra takstoltegninger

Tab 5.1  $C_e := 0.8$

5.2(8)  $C_t := 1$

NA.4.1  $n := \frac{(H - H_g)}{100} = 0.35$  n rundes opp til nærmeste heltall  $\rightarrow n := 1$

Tab NA.4.1(901)  $s_{k0} := 3 \frac{kN}{m^2}$   $\Delta s_k := 1 \frac{kN}{m^2}$

$$s_k := s_{k0} + n \cdot \Delta s_k = 4 \frac{kN}{m^2}$$

$$(5.1) \quad s := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2.56 \frac{kN}{m^2}$$



## Vedlegg 5.6

### Utlatelseskriterium - Seismiske laster

NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014

[Tab. NA.4(902)] Seismisk klasse: II

Antar DCL

EC 8.1 [4.3.3.2.2]  $h := 9.75 \text{ m}$   $h_{\text{grense}} := 40 \text{ m}$   $h < h_{\text{grense}}$

[NA.3 (901 og 902)]  $ag_{40hz} := 0.4$

[Tab. NA.4(901)]  $y_1 := 1.0$

[3.2.2.2]  $ag := ag_{40hz} \cdot y_1 \cdot 0.8 = 0.32$

[Tab. 8.1]  $q := 1.5$

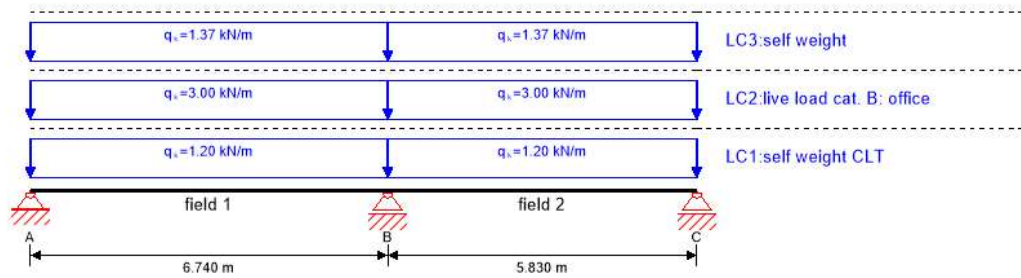
Grunntype: A => [NA.3.1]  $S := 1.0$

$$ag \cdot S = 0.32 \quad g = 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad 0.05 \cdot g = 0.49 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

NA.3.2.1(5)P]  $ag \cdot S < 0.05 \cdot g \Rightarrow$  Videre påvisning av seismiske laster er ikke nødvendig.

# Vedlegg 6.1

## system

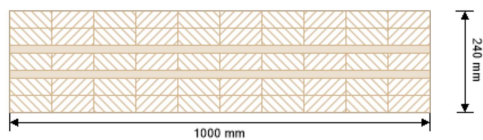


## global utilization ratio

92 %

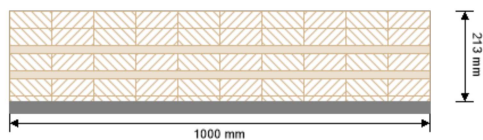
ULS	25 %	ULS fire	8 %	SLS	35 %	SLS vibration	92 %	support	-1 %
-----	------	----------	-----	-----	------	---------------	------	---------	------

## section: CLT 240 L7s - 2



layer	thickness	orientation	material
1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
2	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
3	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
4	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
5	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
6	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
7	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
t <sub>CLT</sub>	<b>240.0 mm</b>		

## section fire: CLT 240 L7s - 2



layer	thickness	orientation	material
1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
2	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
3	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
4	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
5	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
6	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
7	13.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
t <sub>CLT</sub>	<b>213.0 mm</b>		

fire resistance class: R 30

fire protection layering : no additional fire protection

time	30 min
k <sub>0</sub>	1
d <sub>0</sub>	7
d <sub>char,0,h</sub>	20.0
d <sub>def,h</sub>	27.0
d <sub>char,0,v</sub>	0.0
d <sub>def,v</sub>	0.0

## material values

material	f <sub>m,k</sub>	f <sub>t,0,k</sub>	f <sub>t,90,k</sub>	f <sub>c,0,k</sub>	f <sub>c,90,k</sub>	f <sub>v,k</sub>	f <sub>r,k min</sub>	E <sub>0,mean</sub>	G <sub>mean</sub>	G <sub>r,mean</sub>
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
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	Typ	duration	Kmod	$\gamma_{inf}$	$\gamma_{sup}$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
LC1	self weight CLT	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1
LC2	live load cat. B: office	Q	medium term	0.8	0	1.5	0.7	0.5	0.3
LC3	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1

**LC1:self weight CLT****continuous load**

field	load at start
	[kN/m]
1	1.20
2	1.20

**LC2:live load cat. B: office****continuous load**

field	load at start
	[kN/m]
1	3.00
2	3.00

**LC3:self weight****continuous load**

field	load at start
	[kN/m]
1	1.37
2	1.37

**ULS combinations**

	combination rule
LCO1	$1.35/1.00 * LC1 + 1.35/1.00 * LC3$
LCO2	$1.35/1.00 * LC1 + 1.35/1.00 * LC3 + 1.50/0.00 * LC2$

**ULS combinations fire**

	combination rule
LCO3	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3$
LCO4	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2$

**SLS characteristic combination**

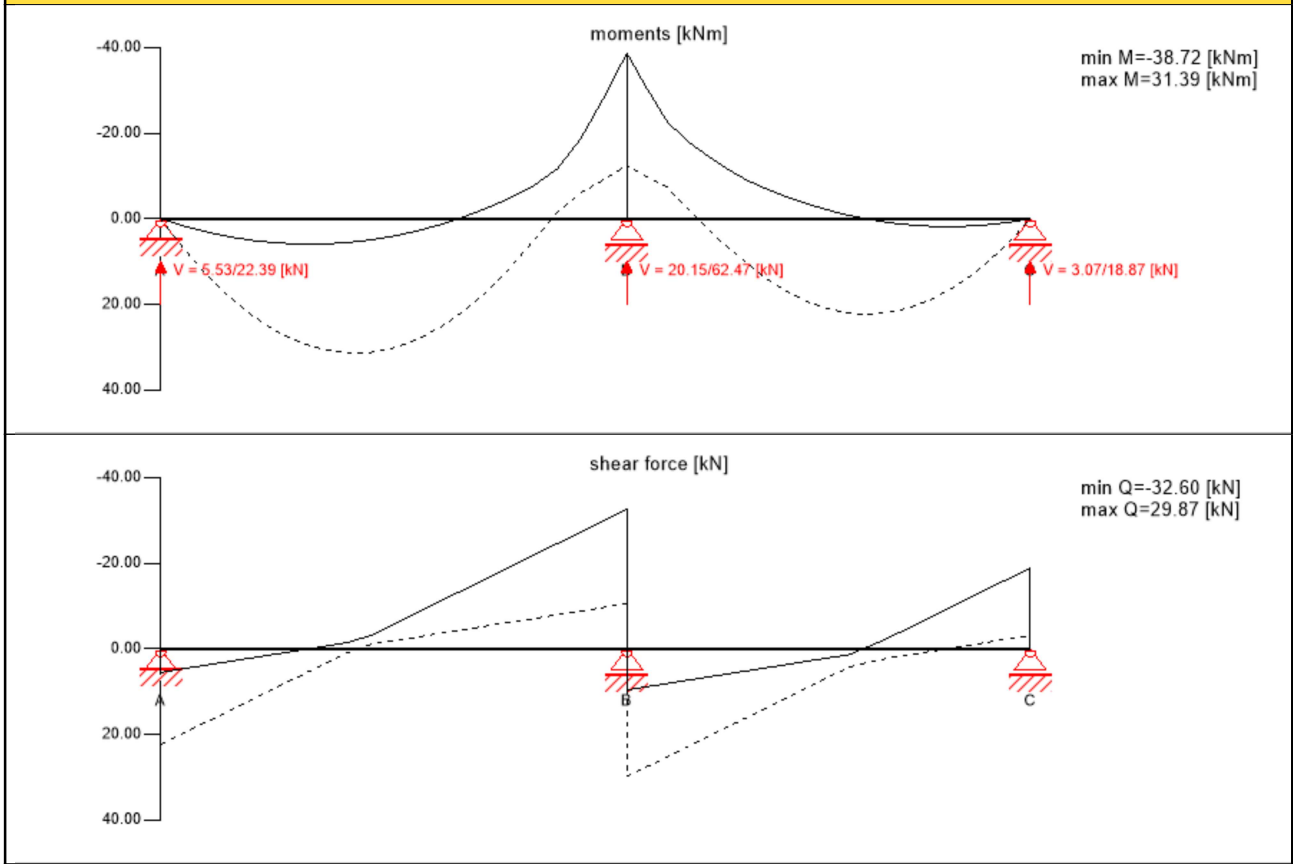
	combination rule
LCO5	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3$
LCO6	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3 + 1.00/0.00 * LC2$

**SLS quasi-permanent combination**

	combination rule
LCO7	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3$
LCO8	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2$



**Ultimate limit state (ULS) - design results**



**ULS flexural design**

field	dist. [m]	$f_{m,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma_m$ [-]	$k_{mod}$ [-]	$k_{sys,y}$ [-]	$f_{m,y,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$M_{y,d}$ [kNm]	$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	ratio	
1	6.74	24.00	1.25	0.80	1.10	16.90	-38.72	4.17	25 %	LCO2
2	0.0	24.00	1.25	0.80	1.10	16.90	-38.72	4.17	25 %	LCO2

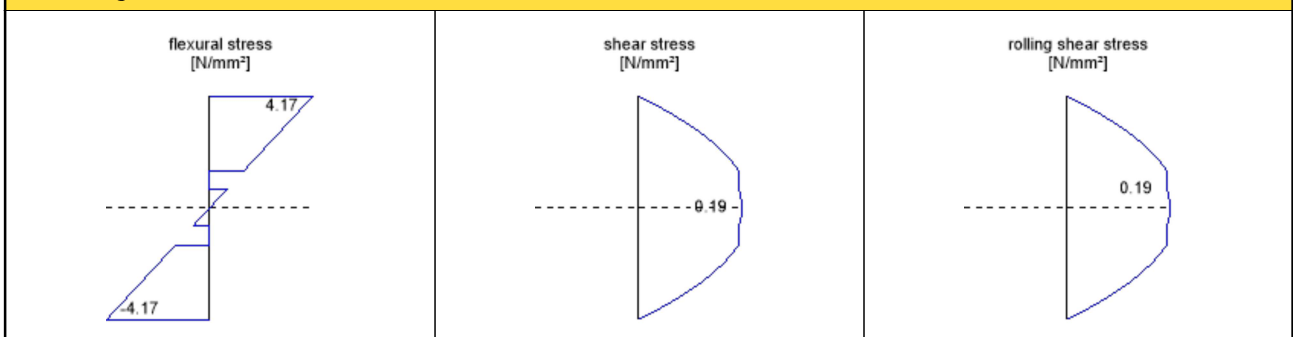
**ULS shear analysis**

field	dist. [m]	$f_{v,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma_m$ [-]	$k_{mod}$ [-]	$f_{v,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$V_d$ [kN]	$T_{v,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	ratio	
1	6.74	4.00	1.25	0.80	2.56	-32.60	0.19	8 %	LCO2
2	0.0	4.00	1.25	0.80	2.56	29.87	0.18	7 %	LCO2

**ULS rolling shear**

field	dist. [m]	$f_{r,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma_m$ [-]	$k_{mod}$ [-]	$f_{r,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$V_d$ [kN]	$T_{r,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	ratio	
1	6.74	1.25	1.25	0.80	0.80	-32.60	0.19	23 %	LCO2
2	0.0	1.25	1.25	0.80	0.80	29.87	0.17	21 %	LCO2

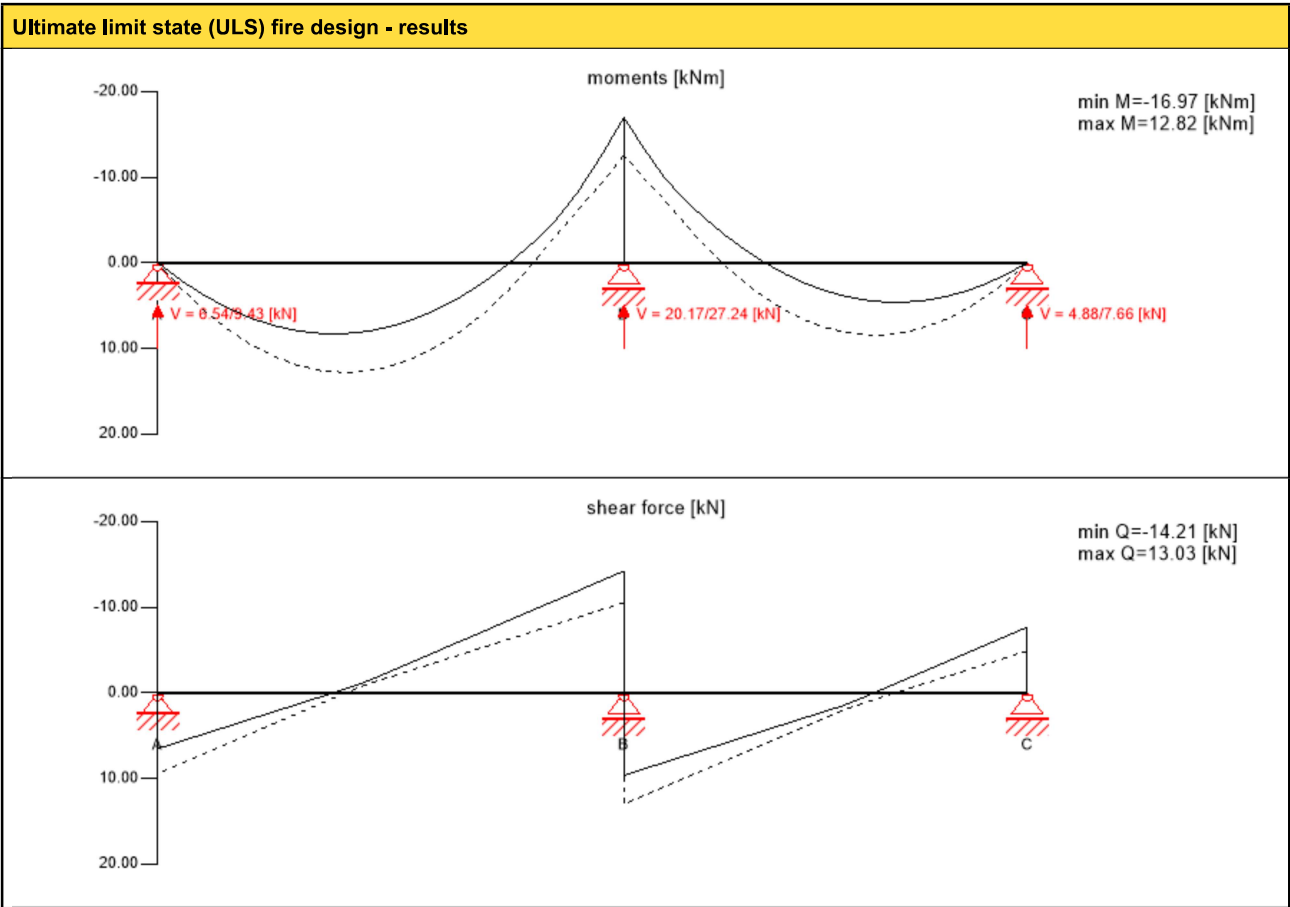
**stress diagram**



flexural stress analysis			
$M_{y,d} =$	-38.72	kNm	
$N_{t,d} =$	0.00	kN	
			$f_{m,k} = 24.00$ N/mm <sup>2</sup>
			$\gamma_m = 1.25$ -
			$k_{mod} = 0.80$ -
			$k_{sys,y} = 1.10$ -
			$k_{hm} = 1.00$ -
			$k_t = 1.00$ -
$\sigma_{t,d} =$	0.00	N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,d} = 8.96$ N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d} =$	4.17	N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,y,d} = 16.90$ N/mm <sup>2</sup>
		<	✓
utilization ratio			25 %

shear stress analysis			
$V_d =$	-	kN	
	32.60		
			$f_{v,k} = 4.00$ N/mm <sup>2</sup>
			$\gamma_m = 1.25$
			$k_{mod} = 0.80$
$\tau_{v,d} =$	0.19	N/mm <sup>2</sup>	$f_{v,d} = 2.56$ N/mm <sup>2</sup>
		<	✓
utilization ratio			8 %

rolling shear analysis			
$V_d =$	-32.60	kN	
			$f_{r,k} = 1.25$ N/mm <sup>2</sup>
			$\gamma_m = 1.25$ -
			$k_{mod} = 0.80$ -
$\tau_{r,d} =$	0.19	N/mm <sup>2</sup>	$f_{r,d} = 0.80$ N/mm <sup>2</sup>
		<	✓
utilization ratio			23 %

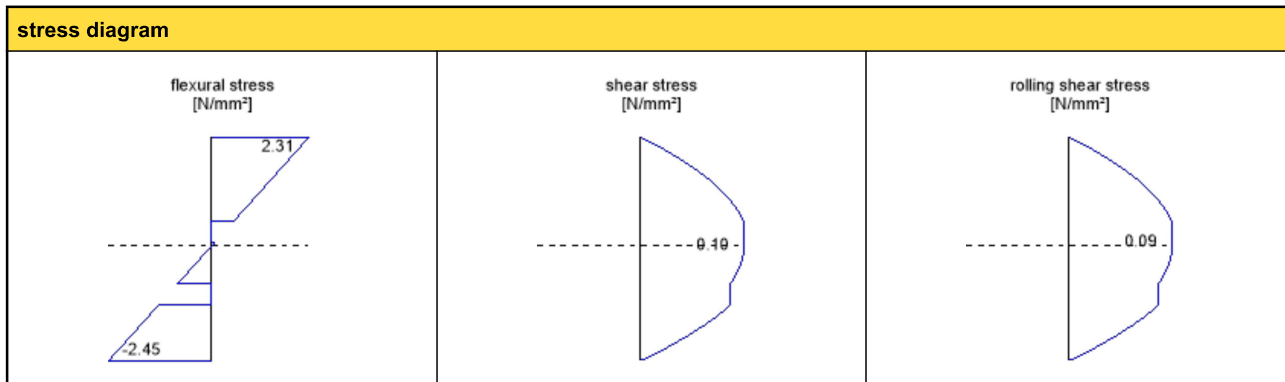


ULS fire flexural design											
field	dist.	$f_{m,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$k_{fi}$	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	6.74	24.00	1.00	1.00	1.10	1.15	30.36	-16.97	-2.45	8 %	LCO4
2	0.0	24.00	1.00	1.00	1.10	1.15	30.36	-16.97	-2.45	8 %	LCO4



ULS fire shear analysis										
field	dist.	$f_{v,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{fi}$	$f_{v,d}$	$V_d$	$T_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	6.74	4.00	1.00	1.00	1.15	4.60	-14.21	0.10	2 %	LCO4
2	0.0	4.00	1.00	1.00	1.15	4.60	13.03	0.09	2 %	LCO4

ULS fire rolling shear										
field	dist.	$f_{r,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{fi}$	$f_{r,d}$	$V_d$	$T_{r,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	6.74	1.25	1.00	1.00	1.15	1.44	-14.21	0.09	7 %	LCO4
2	0.0	1.25	1.00	1.00	1.15	1.44	13.03	0.09	6 %	LCO4



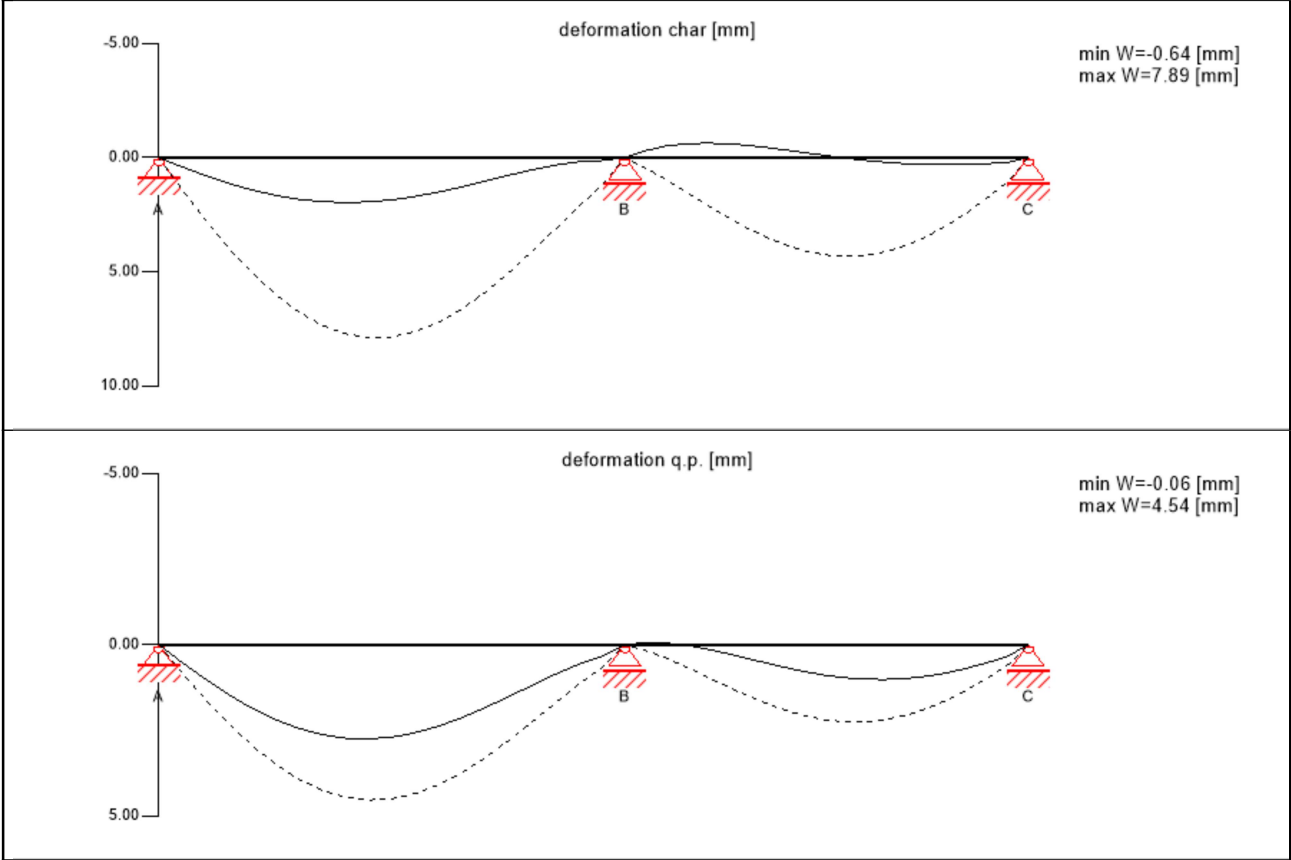
flexural stress analysis fire					
$M_{y,d} =$	-16.97	kNm	$f_{m,k} =$	24.00	N/mm <sup>2</sup>
$N_{t,d} =$	0.00	kN	$\gamma_m =$	1.00	-
			$k_{mod} =$	1.00	-
			$k_{sys,y} =$	1.10	-
			$k_{hm} =$	1.00	-
			$k_l =$	1.00	-
			$k_{fi} =$	1.15	-
$\sigma_{t,d} =$	0.00	N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,d} =$	16.10	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d} =$	-2.45	N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,y,d} =$	30.36	N/mm <sup>2</sup>
					✓
<b>utilization ratio</b>					8 %

shear stress analysis fire					
$V_d =$	-	kN	$f_{v,k} =$	4.00	N/mm <sup>2</sup>
	14.21		$\gamma_m =$	1.00	
			$k_{mod} =$	1.00	
			$k_{fi} =$	1.15	
$T_{v,d} =$	0.10	N/mm <sup>2</sup>	$f_{v,d} =$	4.60	N/mm <sup>2</sup>
					✓
<b>utilization ratio</b>					2 %

rolling shear analysis fire					
$V_d =$	-14.21	kN	$f_{r,k} =$	1.25	N/mm <sup>2</sup>
			$\gamma_m =$	1.00	-
			$k_{mod} =$	1.00	-
			$k_{fi} =$	1.15	-
$T_{r,d} =$	0.09	N/mm <sup>2</sup>	$f_{r,d} =$	1.44	N/mm <sup>2</sup>
					✓
<b>utilization ratio</b>					7 %



**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	22.5	7.9	35 %
2	0.8	L/300	19.4	4.3	22 %

**$w_{fin} = w[char] + w[q.p.]*k_{def}$**

field	$K_{def}$	limit	$w_{limit}$	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/150	44.9	11.5	26 %
2	0.8	L/150	38.9	6.1	16 %

**$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$**

field	$K_{def}$	limit	$w_{limit}$	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/250	27.0	8.2	30 %
2	0.8	L/250	23.3	4.1	17 %

**vibration analysis**

general	
total mass	41.49 [t]
tributary width	2.6 [m]
stiffness longitudinal direction	13376.0 [kNm <sup>2</sup> ]
stiffness cross direction	448.0 [kNm <sup>2</sup> ]
modal damping	3.0 [%]
$\alpha$	0.0 [-]
man weight	700.0 [N]
modal mass	2995.8 [kg]



**vibration analysis**

analysis							
criterion	calc.	class I	class II	class I	class II	cl. I	cl. II
frequency criterion min	8.719 [Hz]	4.5 [Hz]	4.5 [Hz]	52 %	52 %	✓	✓
frequency criterion	8.719 [Hz]	8.0 [Hz]	6.0 [Hz]	92 %	69 %	✓	✓
acceleration criterion	0.048 [m/s <sup>2</sup> ]	0.05 [m/s <sup>2</sup> ]	0.1 [m/s <sup>2</sup> ]	95 %	48 %	✓	✓
stiffness criterion	0.182 [mm]	0.25 [mm]	0.5 [mm]	73 %	36 %	✓	✓

**support reaction**

load case category	k <sub>mod</sub>	A <sub>v</sub>	B <sub>v</sub>	C <sub>v</sub>
		[kN]		
self weight CLT	0.6	3.18	9.41	2.50
		3.18	9.41	2.50
live load cat. B: office	0.8	8.80	23.52	7.76
		-0.85	0.00	-1.52
self weight	0.6	3.63	10.74	2.85
		3.63	10.74	2.85

**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 6.2

Skjæranalogimetoden for kontroll av kontordekke etter norsk standard

Sjikt: E-modul

$$L1 \quad E1_{C24} := 11000 \frac{N}{mm^2} \quad t1 := 40 \text{ mm}$$

$$L2 \quad E2_{C24} := 11000 \frac{N}{mm^2} \quad t2 := 40 \text{ mm}$$

$$C3 \quad E3_{C24} := 370 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad t3 := 20 \text{ mm}$$

$$L4 \quad E4_{C24} := 11000 \frac{N}{mm^2} \quad t4 := 40 \text{ mm}$$

$$C5 \quad E5_{C24} := 370 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad t5 := 20 \text{ mm}$$

$$L6 \quad E6_{C24} := 11000 \frac{N}{mm^2} \quad t6 := 40 \text{ mm}$$

$$L7 \quad E7_{C24} := 11000 \frac{N}{mm^2} \quad t7 := 40 \text{ mm}$$

$$z_1 := 100 \text{ mm} \quad z_2 := 60 \text{ mm} \quad z_3 := 30 \text{ mm} \quad z_4 := 0 \text{ mm}$$

$$z_5 := z_3 = 30 \text{ mm} \quad z_6 := z_2 = 60 \text{ mm} \quad z_7 := z_1 = 100 \text{ mm}$$

Bjelke A  $b := 1000 \text{ mm}$

$$EI_{A1} := \frac{b}{12} E1_{C24} \cdot t1^3 = (5.867 \cdot 10^{10}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{A2} := \frac{b}{12} \cdot E2_{C24} \cdot t2^3 = (5.867 \cdot 10^{10}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{A3} := \frac{b}{12} \cdot E3_{C24} \cdot t3^3 = (2.467 \cdot 10^8) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{A4} := \frac{b}{12} \cdot E4_{C24} \cdot t4^3 = (5.867 \cdot 10^{10}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{A5} := \frac{b}{12} \cdot E5_{C24} \cdot t5^3 = (2.467 \cdot 10^8) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{A6} := \frac{b}{12} E6_{C24} \cdot t6^3 = (5.867 \cdot 10^{10}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{A7} := \frac{b}{12} E7_{C24} \cdot t7^3 = (5.867 \cdot 10^{10}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$\Sigma EI_A := EI_{A1} + EI_{A2} + EI_{A3} + EI_{A4} + EI_{A5} + EI_{A6} + EI_{A7} = (2.938 \cdot 10^{11}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{B1} := b \cdot E1_{C24} \cdot t1 \cdot (z_1)^2 = (4.4 \cdot 10^{12}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{B2} := b \cdot E2_{C24} \cdot t2 \cdot (z_2)^2 = (1.584 \cdot 10^{12}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{B3} := b \cdot E3_{C24} \cdot t3 \cdot (z_3)^2 = (6.66 \cdot 10^9) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{B4} := b \cdot E4_{C24} \cdot t4 \cdot (z_4)^2 = 0 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{B5} := EI_{B3} = (6.66 \cdot 10^9) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{B6} := EI_{B2} = (1.584 \cdot 10^{12}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{B7} := EI_{B1} = (4.4 \cdot 10^{12}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$\Sigma EI_B := EI_{B1} + EI_{B2} + EI_{B3} + EI_{B4} + EI_{B5} + EI_{B6} + EI_{B7} = (1.198 \cdot 10^{13}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{eff} := \Sigma EI_A + \Sigma EI_B = (1.228 \cdot 10^{13}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

Finner maks opptredende moment på dekke

$$l1 := 6.74 \text{ m} \quad l2 := 5.83 \text{ m}$$

$$\text{egenlast} := \left( 1.37 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) \cdot 1.35 = 3.47 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{nyttelast} := \left( 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) \cdot 1.5 = 4.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad Q := \text{egenlast} + \text{nyttelast} = 7.97 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Regner ut, og sammenligner feltmoment og støttemoment

$$M2 := \frac{(Q \cdot l2^3 + Q \cdot l1^3)}{8 (l1 + l2)} = 39.969 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$R1 := \frac{-M2}{l1} + \frac{Q \cdot l1}{2} = 20.927 \text{ kN}$$

$$R3 := \frac{-M2}{l2} + \frac{Q \cdot l2}{2} = 16.375 \text{ kN}$$

$$R2 := Q \cdot l1 + Q \cdot l2 - R1 - R3 = 62.874 \text{ kN}$$

$$x_1 := \frac{R1}{Q} = 2.626 \text{ m} \quad x_2 := \frac{R3}{Q} = 2.055 \text{ m}$$

$$M_{x1} := R1 \cdot x_1 - \frac{Q \cdot x_1^2}{2} = 27.476 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{x2} := R3 \cdot x_2 - \frac{Q \cdot x_2^2}{2} = 16.824 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed} := M2 = 39.969 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_A := \frac{\Sigma EI_A}{EI_{eff}} \cdot M_{Ed} = 0.957 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_B := \frac{\Sigma EI_B}{EI_{eff}} \cdot M_{Ed} = 39.013 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\Sigma M := M_A + M_B = 39.969 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_1 := \frac{EI_{A1}}{\Sigma EI_A} \cdot M_A = 0.191 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{Myd1} := \frac{M_1}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot t1^2} = 0.716 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_2 := \frac{EI_{A2}}{\Sigma EI_A} \cdot M_A = 0.191 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{Myd2} := \frac{M_2}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot t2^2} = 0.716 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_3 := \frac{EI_{A3}}{\Sigma EI_A} \cdot M_A = (8.032 \cdot 10^{-4}) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{Myd3} := \frac{M_3}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot t3^2} = 0.012 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_4 := \frac{EI_{A4}}{\Sigma EI_A} \cdot M_A = 0.191 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{Myd4} := \frac{M_4}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot t4^2} = 0.716 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_5 := \frac{EI_{A5}}{\Sigma EI_A} \cdot M_A = (8.032 \cdot 10^{-4}) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{Myd5} := \frac{M_5}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot t5^2} = 0.012 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_6 := \frac{EI_{A6}}{\Sigma EI_A} \cdot M_A = 0.191 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{Myd6} := \frac{M_6}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot t6^2} = 0.716 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_7 := \frac{EI_{A7}}{\Sigma EI_A} \cdot M_A = 0.191 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{Myd7} := \frac{M_7}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot t_7^2} = 0.716 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Bjelke B

$$N_{B1} := \frac{E1_{C24} \cdot b \cdot t_1 \cdot z_1}{\Sigma EI_B} \cdot M_B = 143.269 \text{ kN}$$

$$\sigma_{N1} := \frac{N_{B1}}{b \cdot t_1} = 3.582 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$N_{B2} := \frac{E2_{C24} \cdot b \cdot t_2 \cdot z_2}{\Sigma EI_B} \cdot M_B = 85.962 \text{ kN}$$

$$\sigma_{N2} := \frac{N_{B2}}{b \cdot t_2} = 2.149 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$N_{B3} := \frac{E3_{C24} \cdot b \cdot t_3 \cdot z_3}{\Sigma EI_B} \cdot M_B = 0.723 \text{ kN}$$

$$\sigma_{N3} := \frac{N_{B3}}{b \cdot t_3} = 0.036 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$N_{B4} := \frac{E4_{C24} \cdot b \cdot t_4 \cdot z_4}{\Sigma EI_B} \cdot M_B = 0 \text{ kN}$$

$$\sigma_{N4} := \frac{N_{B4}}{b \cdot t_4} = 0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$N_{B5} := \frac{E5_{C24} \cdot b \cdot t_5 \cdot z_5}{\Sigma EI_B} \cdot M_B = 0.723 \text{ kN}$$

$$\sigma_{N5} := \frac{N_{B5}}{b \cdot t_5} = 0.036 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$N_{B6} := \frac{E6_{C24} \cdot b \cdot t_6 \cdot z_6}{\Sigma EI_B} \cdot M_B = 85.962 \text{ kN}$$

$$\sigma_{N6} := \frac{N_{B6}}{b \cdot t_6} = 2.149 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$N_{B7} := \frac{E7_{C24} \cdot b \cdot t_7 \cdot z_7}{\Sigma EI_B} \cdot M_B = 143.269 \text{ kN}$$

$$\sigma_{N7} := \frac{N_{B7}}{b \cdot t_7} = 3.582 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Sjikt 1  $\sigma_{1_{max}} := \sigma_{N1} + \sigma_{Myd1} = 4.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$$\sigma_{1_{min}} := \sigma_{N1} - \sigma_{Myd1} = 2.87 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Sjikt 2  $\sigma_{2_{max}} := \sigma_{N2} + \sigma_{Myd2} = 2.87 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$$\sigma_{2_{min}} := \sigma_{N2} - \sigma_{Myd2} = 1.43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Sjikt 3} \quad \sigma_{3_{max}} := \sigma_{N3} + \sigma_{Myd3} = 0.05 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{3_{min}} := \sigma_{N3} - \sigma_{Myd3} = 0.02 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Sjikt 4} \quad \sigma_{4_{max}} := \sigma_{N4} + \sigma_{Myd4} = 0.72 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{4_{min}} := \sigma_{N4} - \sigma_{Myd4} = -0.72 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Sjikt 5} \quad \sigma_{5_{max}} := -\sigma_{3_{max}} = -0.05 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{5_{min}} := -\sigma_{3_{min}} = -0.02 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Sjikt 6} \quad \sigma_{6_{max}} := -\sigma_{2_{max}} = -2.87 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{6_{min}} := -\sigma_{2_{min}} = -1.43 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Sjikt 7} \quad \sigma_{7_{max}} := -\sigma_{1_{max}} = -4.3 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{7_{min}} := -\sigma_{1_{min}} = -2.87 \frac{N}{mm^2}$$

Utnyttelse n:

$$h := 240$$

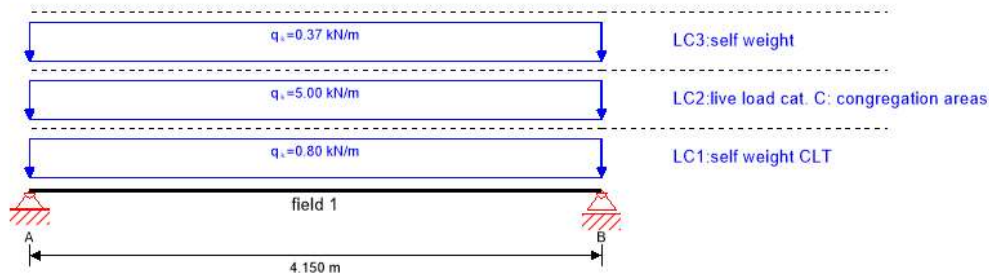
$$(3.2) \quad k_h := \min\left(\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}, 1.1\right) = 1.1$$

$$f_{mk} := 24 \frac{N}{mm^2} \quad k_{mod} := 0.8 \quad \gamma_m := 1.25$$

$$f_{myd} := k_h \cdot f_{mk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 16.8 \frac{N}{mm^2} \quad \sigma_{1_{max}} = 4.3 \frac{N}{mm^2} \quad n := \frac{\sigma_{1_{max}}}{f_{myd}} = 25.5\%$$



## system

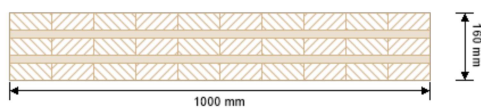


## global utilization ratio

**73 %**

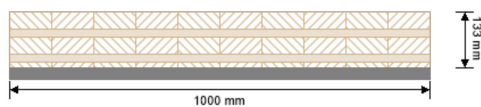
ULS	27 %	ULS fire	14 %	SLS	54 %	SLS vibration	73 %	support	-1 %
-----	------	----------	------	-----	------	---------------	------	---------	------

## section: CLT 160 L5s



layer	thickness	orientation	material
1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
2	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
3	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
4	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
5	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
$t_{CLT}$	<b>160.0 mm</b>		

## section fire: CLT 160 L5s



layer	thickness	orientation	material
1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
2	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
3	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
4	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
5	13.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
$t_{CLT}$	<b>133.0 mm</b>		

fire resistance class: R 30

fire protection layering : no additional fire protection

time	$k_0$	$d_0$	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$	$d_{char,0,v}$	$d_{ef,v}$
	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
30 min	1	7	20.0	27.0	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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
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	Typ	duration	Kmod	$\gamma_{inf}$	$\gamma_{sup}$	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
LC1	self weight CLT	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1
LC2	live load cat. C: congregation areas	Q	short term	0.9	0	1.5	0.7	0.7	0.6
LC3	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1



**LC1:self weight CLT**

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	0.80

**LC2:live load cat. C: congregation areas**

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	5.00

**LC3:self weight**

continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	0.37

**ULS combinations**

	combination rule
LCO1	$1.35/1.00 * LC1 + 1.35/1.00 * LC3$
LCO2	$1.35/1.00 * LC1 + 1.35/1.00 * LC3 + 1.50/0.00 * LC2$

**ULS combinations fire**

	combination rule
LCO3	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3$
LCO4	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.60 * LC2$

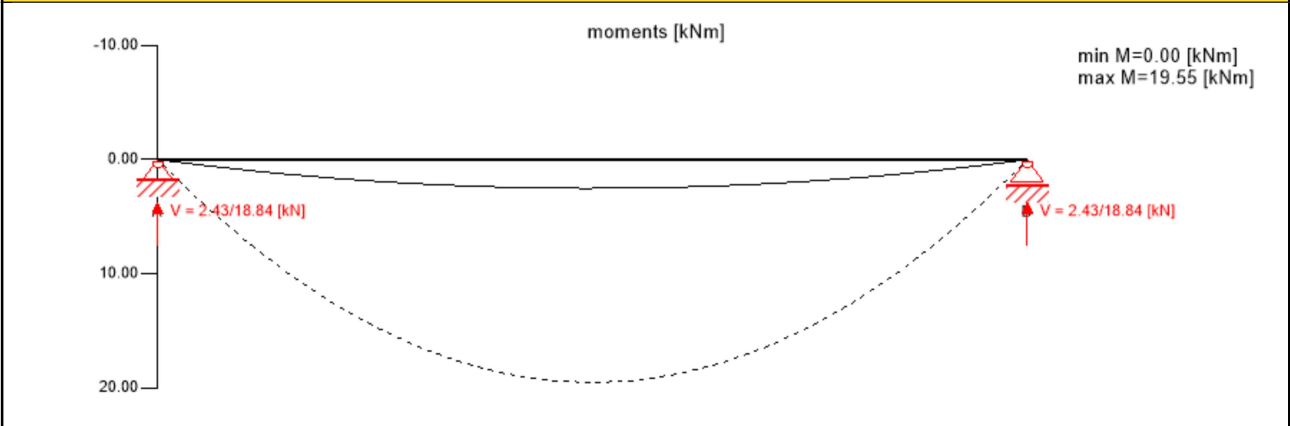
**SLS characteristic combination**

	combination rule
LCO5	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3$
LCO6	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3 + 1.00/0.00 * LC2$

**SLS quasi-permanent combination**

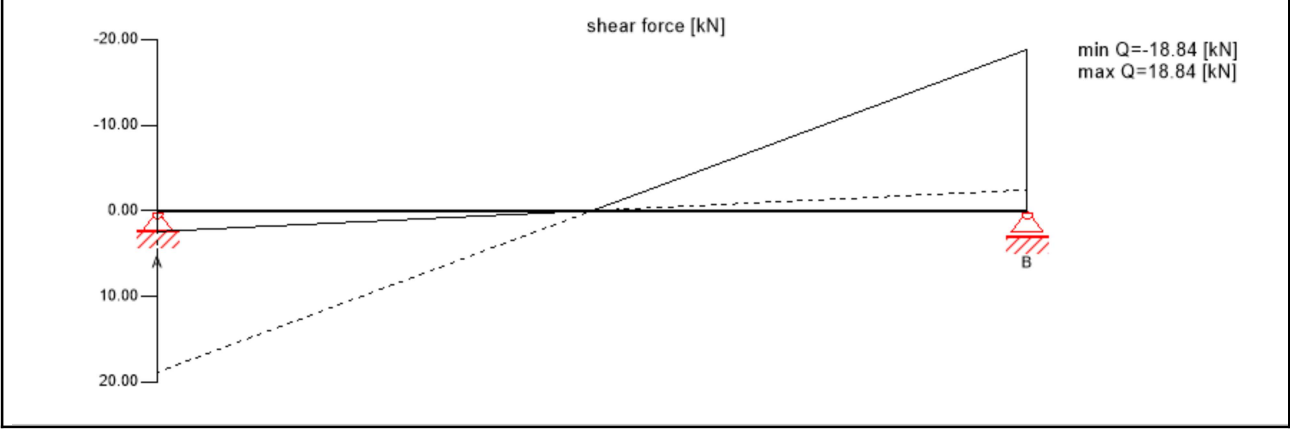
	combination rule
LCO7	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3$
LCO8	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.60 * LC2$

**Ultimate limit state (ULS) - design results**





**Ultimate limit state (ULS) - design results**



**ULS flexural design**

field	dist. [m]	$f_{m,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma_m$ [-]	$k_{mod}$ [-]	$k_{sys,y}$ [-]	$f_{m,y,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$M_{y,d}$ [kNm]	$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	ratio	
1	2.08	24.00	1.25	0.90	1.10	19.01	19.55	5.14	27 %	LCO2

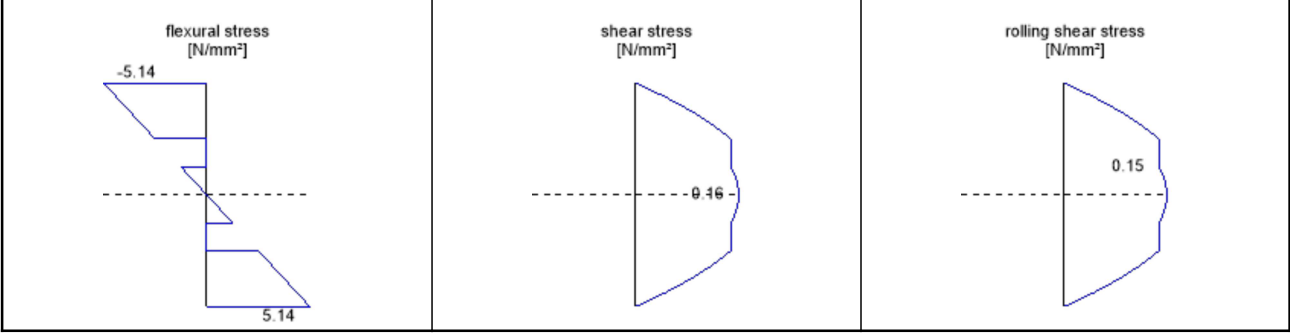
**ULS shear analysis**

field	dist. [m]	$f_{v,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma_m$ [-]	$k_{mod}$ [-]	$f_{v,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$V_d$ [kN]	$\tau_{v,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	ratio	
1	4.15	4.00	1.25	0.90	2.88	-18.84	0.16	6 %	LCO2

**ULS rolling shear**

field	dist. [m]	$f_{r,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma_m$ [-]	$k_{mod}$ [-]	$f_{r,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$V_d$ [kN]	$\tau_{r,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	ratio	
1	4.15	1.25	1.25	0.90	0.90	-18.84	0.15	17 %	LCO2

**stress diagram**



**flexural stress analysis**

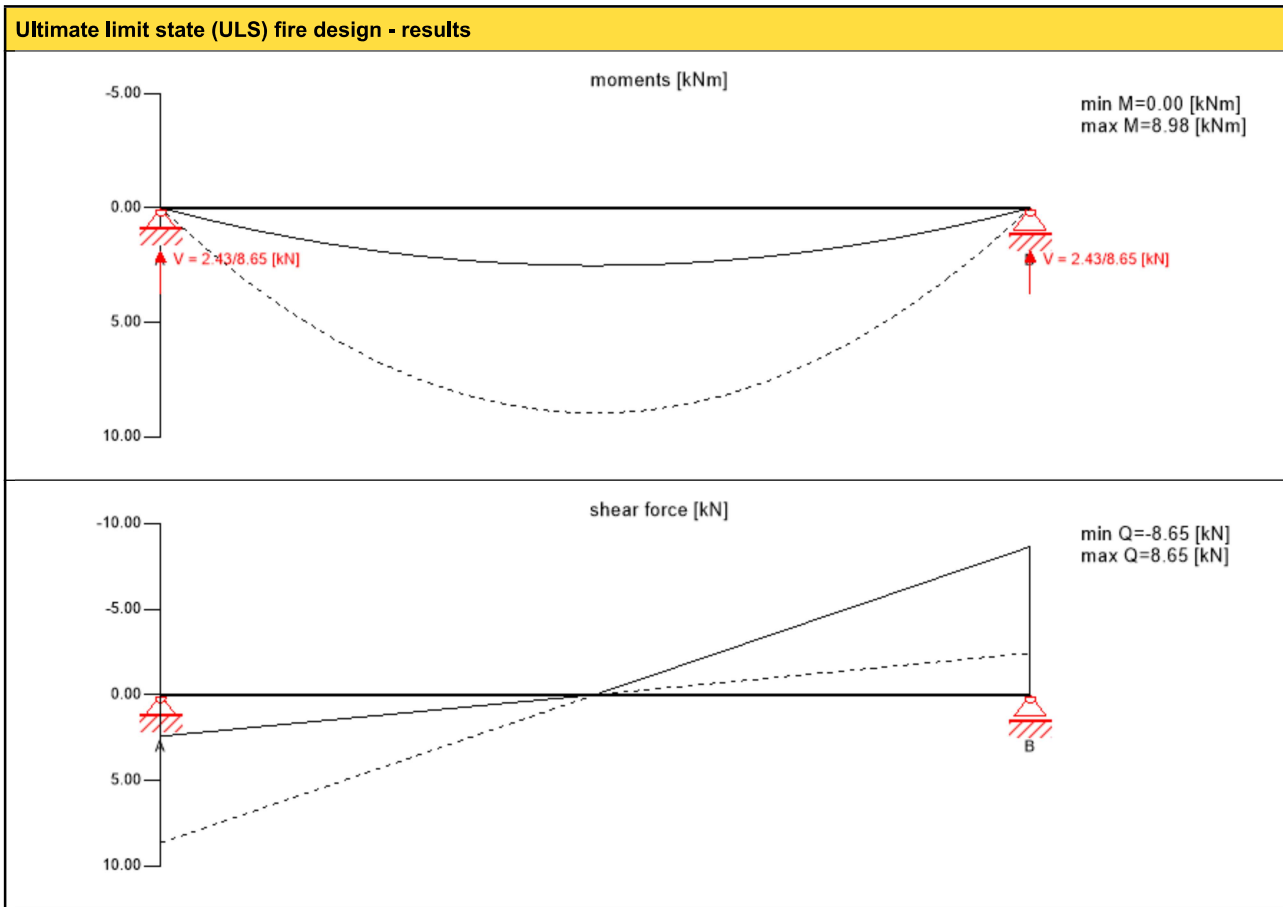
$M_{y,d} =$	19.55 kNm	$f_{m,k} =$	24.00 N/mm <sup>2</sup>
$N_{t,d} =$	0.00 kN	$\gamma_m =$	1.25 -
		$k_{mod} =$	0.90 -
		$k_{sys,y} =$	1.10 -
		$k_{hm} =$	1.00 -
		$k_l =$	1.00 -
$\sigma_{t,d} =$	0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,d} =$	10.08 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d} =$	5.14 N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,y,d} =$	19.01 N/mm <sup>2</sup>

**utilization ratio** 27 %



shear stress analysis				
$V_d =$	-	kN	$f_{v,k} =$	4.00 N/mm <sup>2</sup>
	18.84		$\gamma_m =$	1.25
$T_{v,d} =$	0.16	N/mm <sup>2</sup>	$k_{mod} =$	0.90
		<	$f_{v,d} =$	2.88 N/mm <sup>2</sup> ✓
utilization ratio				6 %

rolling shear analysis				
$V_d =$	-18.84	kN	$f_{r,k} =$	1.25 N/mm <sup>2</sup>
			$\gamma_m =$	1.25 -
$T_{r,d} =$	0.15	N/mm <sup>2</sup>	$k_{mod} =$	0.90 -
		<	$f_{r,d} =$	0.90 N/mm <sup>2</sup> ✓
utilization ratio				17 %

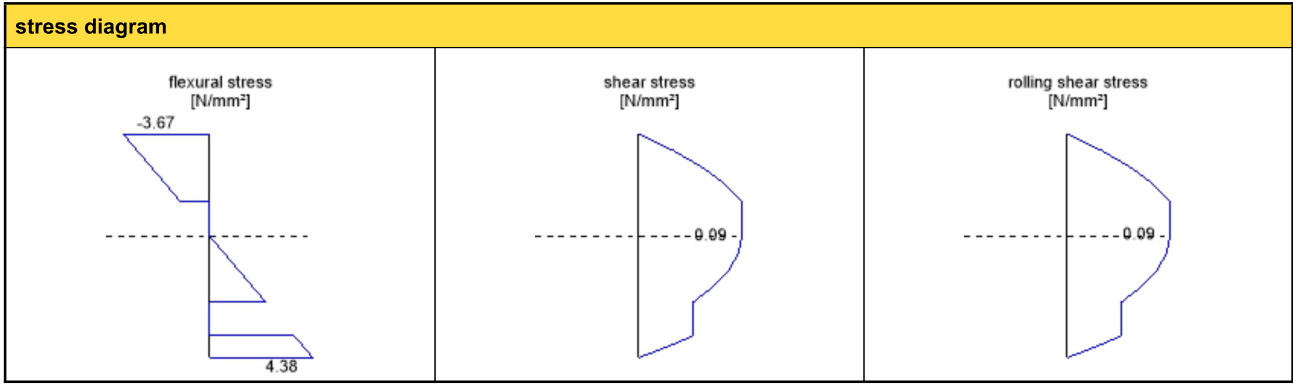


ULS fire flexural design											
field	dist.	$f_{m,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$k_{fi}$	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	2.08	24.00	1.00	1.00	1.10	1.15	30.36	8.98	4.38	14 %	LCO4

ULS fire shear analysis										
field	dist.	$f_{v,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{fi}$	$f_{v,d}$	$V_d$	$T_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	4.15	4.00	1.00	1.00	1.15	4.60	-8.65	0.09	2 %	LCO4

ULS fire rolling shear										
field	dist.	$f_{r,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{fi}$	$f_{r,d}$	$V_d$	$T_{r,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	4.15	1.25	1.00	1.00	1.15	1.44	-8.65	0.09	7 %	LCO4





**flexural stress analysis fire**

$M_{y,d} =$	8.98 kNm	$f_{m,k} =$	24.00 N/mm <sup>2</sup>
$N_{t,d} =$	0.00 kN	$\gamma_m =$	1.00 -
		$k_{mod} =$	1.00 -
		$k_{sys,y} =$	1.10 -
		$k_{hm} =$	1.00 -
		$k_l =$	1.00 -
		$k_{fi} =$	1.15 -
$\sigma_{t,d} =$	0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,d} =$	16.10 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d} =$	4.38 N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,y,d} =$	30.36 N/mm <sup>2</sup>

**utilization ratio** 14 %

**shear stress analysis fire**

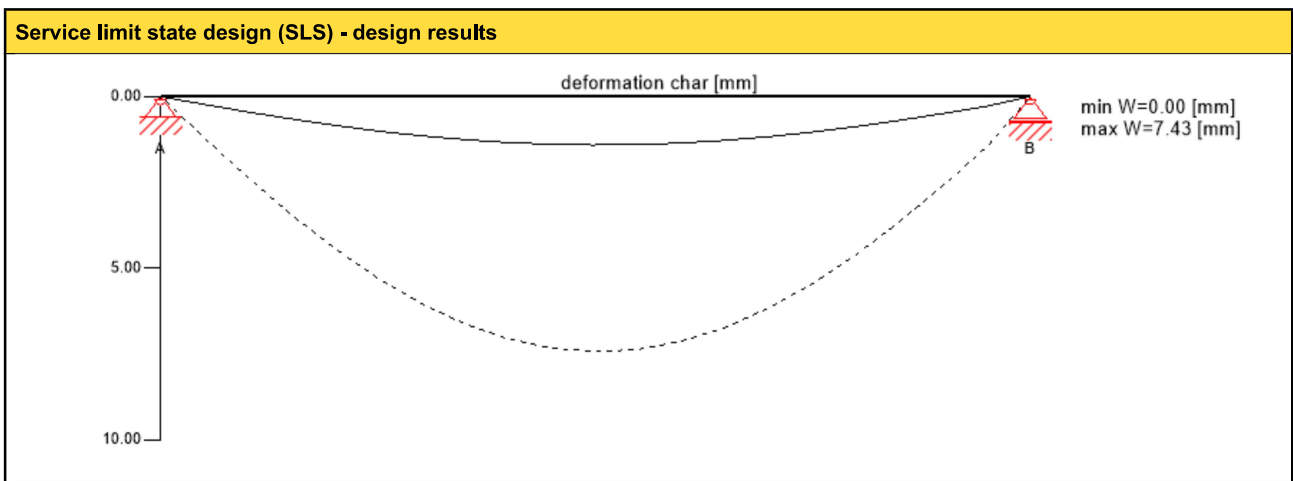
$V_d =$	-8.65 kN	$f_{v,k} =$	4.00 N/mm <sup>2</sup>
		$\gamma_m =$	1.00
		$k_{mod} =$	1.00
		$k_{fi} =$	1.15
$\tau_{v,d} =$	0.09 N/mm <sup>2</sup>	$f_{v,d} =$	4.60 N/mm <sup>2</sup>

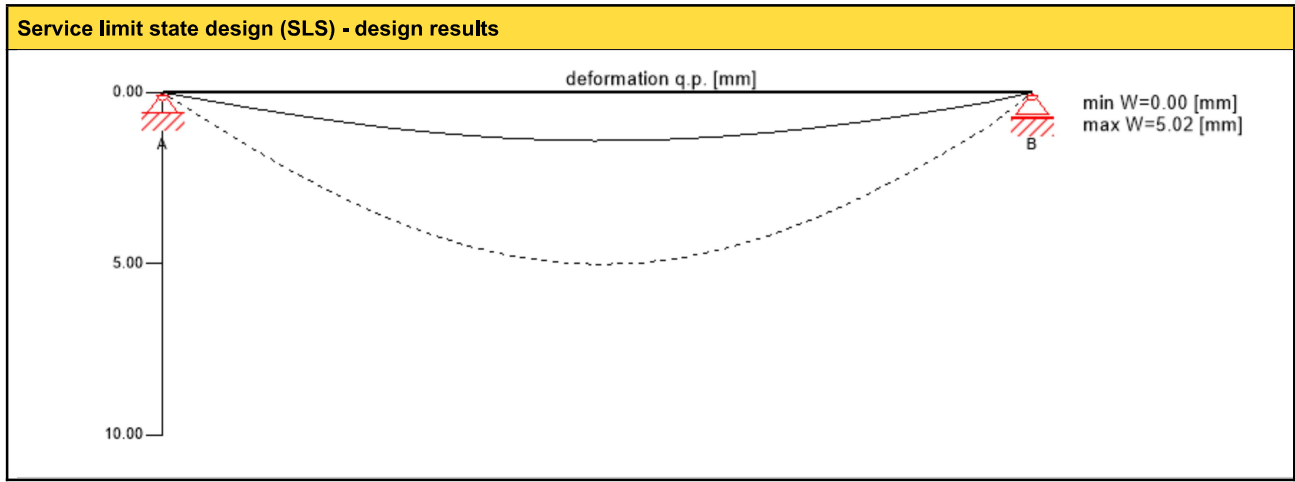
**utilization ratio** 2 %

**rolling shear analysis fire**

$V_d =$	-8.65 kN	$f_{r,k} =$	1.25 N/mm <sup>2</sup>
		$\gamma_m =$	1.00 -
		$k_{mod} =$	1.00 -
		$k_{fi} =$	1.15 -
$\tau_{r,d} =$	0.09 N/mm <sup>2</sup>	$f_{r,d} =$	1.44 N/mm <sup>2</sup>

**utilization ratio** 7 %





**$w_{inst} = w[char]$**

field	$K_{def}$	limit	$w_{limit}$	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/300	13.8	7.4	54 %

**$w_{fin} = w[char] + w[q.p.]*k_{def}$**

field	$K_{def}$	limit	$w_{limit}$	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/150	27.7	11.5	41 %

**$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$**

field	$K_{def}$	limit	$w_{limit}$	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/250	16.6	9.0	54 %

**vibration analysis**

general							
total mass		3.63	[t]				
tributary width		2.2	[m]				
stiffness longitudinal direction		3648.0	[kNm <sup>2</sup> ]				
stiffness cross direction		448.0	[kNm <sup>2</sup> ]				
modal damping		1.0	[%]				
$\alpha$		0.0	[-]				
man weight		700.0	[N]				
modal mass		552.1	[kg]				

analysis							
critereon	calc.	class I	class II	class I	class II	cl. I	cl. II
frequency criterion min	15.955 [Hz]	4.5 [Hz]	4.5 [Hz]	28 %	28 %	✓	✓
frequency criterion	15.955 [Hz]	8.0 [Hz]	6.0 [Hz]	50 %	38 %	✓	✓
acceleration criterion	0.043 [m/s <sup>2</sup> ]	0.05 [m/s <sup>2</sup> ]	0.1 [m/s <sup>2</sup> ]	86 %	43 %	✓	✓
stiffness criterion	0.183 [mm]	0.25 [mm]	0.5 [mm]	73 %	37 %	✓	✓

**support reaction**

load case category	$k_{mod}$	$A_v$	$B_v$
		[kN]	
self weight CLT	0.6	1.66	1.66
		1.66	1.66
live load cat. C: congregation areas	0.9	10.38	10.38
		0.00	0.00
self weight	0.6	0.77	0.77
		0.77	0.77



**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 6.4

Skjæranalogimetoden for kontroll av messanine etter norsk standard

Sjikt: E-modul

$$L1 \quad E1_{C24} := 11000 \frac{N}{mm^2} \quad t1 := 40 \text{ mm}$$

$$C2 \quad E2_{C24} := 370 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad t2 := 20 \text{ mm}$$

$$L3 \quad E3_{C24} := 11000 \frac{N}{mm^2} \quad t3 := 40 \text{ mm}$$

$$C4 \quad E4_{C24} := 370 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad t4 := 20 \text{ mm}$$

$$L5 \quad E5_{C24} := 11000 \frac{N}{mm^2} \quad t5 := 40 \text{ mm}$$

$$z_1 := 60 \text{ mm} \quad z_2 := 30 \text{ mm} \quad z_3 := 0 \text{ mm} \quad z_4 := z_2 = 30 \text{ mm}$$

$$z_5 := z_1 = 60 \text{ mm}$$

Bjelke A  $b := 1000 \text{ mm}$

$$EI_{A1} := \frac{b}{12} E1_{C24} \cdot t1^3 = (5.867 \cdot 10^{10}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{A2} := \frac{b}{12} \cdot E2_{C24} \cdot t2^3 = (2.467 \cdot 10^8) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{A3} := \frac{b}{12} \cdot E3_{C24} \cdot t3^3 = (5.867 \cdot 10^{10}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{A4} := \frac{b}{12} \cdot E4_{C24} \cdot t4^3 = (2.467 \cdot 10^8) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{A5} := \frac{b}{12} \cdot E5_{C24} \cdot t5^3 = (5.867 \cdot 10^{10}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$\Sigma EI_A := EI_{A1} + EI_{A2} + EI_{A3} + EI_{A4} + EI_{A5} = (1.765 \cdot 10^{11}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{B1} := b \cdot E1_{C24} \cdot t1 \cdot (z_1)^2 = (1.584 \cdot 10^{12}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{B2} := b \cdot E2_{C24} \cdot t2 \cdot (z_2)^2 = (6.66 \cdot 10^9) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{B3} := b \cdot E3_{C24} \cdot t3 \cdot (z_3)^2 = 0 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{B4} := b \cdot E4_{C24} \cdot t4 \cdot (z_4)^2 = (6.66 \cdot 10^9) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{B5} := b \cdot E5_{C24} \cdot t5 \cdot (z_5)^2 = (1.584 \cdot 10^{12}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$\Sigma EI_B := EI_{B1} + EI_{B2} + EI_{B3} + EI_{B4} + EI_{B5} = (3.181 \cdot 10^{12}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{eff} := \Sigma EI_A + \Sigma EI_B = (3.358 \cdot 10^{12}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

Finner maks opptredende moment på dekke

$$l := 4.15 \text{ m}$$

$$G := \left( 0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0.37 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) \cdot 1.35 = 1.58 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.5 = 7.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q := G + q = 9.08 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed} := \frac{Q \cdot l^2}{8} = 19.546 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_A := \frac{\Sigma EI_A}{EI_{eff}} \cdot M_{Ed} = 1.027 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_B := \frac{\Sigma EI_B}{EI_{eff}} \cdot M_{Ed} = 18.519 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\Sigma M := M_A + M_B = 19.546 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_1 := \frac{EI_{A1}}{\Sigma EI_A} \cdot M_A = 0.342 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{Myd1} := \frac{M_1}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot t1^2} = 1.281 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_2 := \frac{EI_{A2}}{\Sigma EI_A} \cdot M_A = 0.001 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{Myd2} := \frac{M_2}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot t2^2} = 0.022 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_3 := \frac{EI_{A3}}{\Sigma EI_A} \cdot M_A = 0.342 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{Myd3} := \frac{M_3}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot t3^2} = 1.281 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_4 := \frac{EI_{A4}}{\Sigma EI_A} \cdot M_A = 0.001 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{Myd4} := \frac{M_4}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot t4^2} = 0.022 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_5 := \frac{EI_{A5}}{\Sigma EI_A} \cdot M_A = 0.342 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{Myd5} := \frac{M_5}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot t5^2} = 1.281 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Bjelke B

$$N_{B1} := \frac{E1_{C24} \cdot b \cdot t1 \cdot z_1}{\Sigma EI_B} \cdot M_B = 153.679 \text{ kN}$$

$$\sigma_{N1} := \frac{N_{B1}}{b \cdot t1} = 3.842 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$N_{B2} := \frac{E2_{C24} \cdot b \cdot t2 \cdot z_2}{\Sigma EI_B} \cdot M_B = 1.292 \text{ kN}$$

$$\sigma_{N2} := \frac{N_{B2}}{b \cdot t2} = 0.065 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$N_{B3} := \frac{E3_{C24} \cdot b \cdot t3 \cdot z_3}{\Sigma EI_B} \cdot M_B = 0 \text{ kN}$$

$$\sigma_{N3} := \frac{N_{B3}}{b \cdot t3} = 0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$N_{B4} := \frac{E4_{C24} \cdot b \cdot t4 \cdot z_4}{\Sigma EI_B} \cdot M_B = 1.292 \text{ kN}$$

$$\sigma_{N4} := \frac{N_{B4}}{b \cdot t4} = 0.065 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$N_{B5} := \frac{E5_{C24} \cdot b \cdot t5 \cdot z_5}{\Sigma EI_B} \cdot M_B = 153.679 \text{ kN}$$

$$\sigma_{N5} := \frac{N_{B5}}{b \cdot t5} = 3.842 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



$$\text{Sjikt 1} \quad \sigma_{1_{max}} := \sigma_{N1} + \sigma_{Myd1} = 5.12 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{1_{min}} := \sigma_{N1} - \sigma_{Myd1} = 2.56 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Sjikt 2} \quad \sigma_{2_{max}} := \sigma_{N2} + \sigma_{Myd2} = 0.09 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{2_{min}} := \sigma_{N2} - \sigma_{Myd2} = 0.04 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Sjikt 3} \quad \sigma_{3_{max}} := \sigma_{N3} + \sigma_{Myd3} = 1.28 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{3_{min}} := \sigma_{N3} - \sigma_{Myd3} = -1.28 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Sjikt 4} \quad \sigma_{4_{max}} := \sigma_{N4} + \sigma_{Myd4} = 0.09 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{4_{min}} := \sigma_{N4} - \sigma_{Myd4} = 0.04 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Sjikt 5} \quad \sigma_{5_{max}} := -\sigma_{1_{max}} = -5.12 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{5_{min}} := -\sigma_{1_{min}} = -2.56 \frac{N}{mm^2}$$

Utnyttelse n:

$$h := 160$$

$$(3.2) \quad k_h := \min\left(\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}, 1.1\right) = 1.1$$

$$f_{mk} := 24 \frac{N}{mm^2} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_m := 1.25$$

$$f_{myd} := k_h \cdot f_{mk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 19.01 \frac{N}{mm^2} \quad \sigma_{1max} = 5.12 \frac{N}{mm^2} \quad n := \frac{\sigma_{1max}}{f_{myd}} = 26.9\%$$

## TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

**CODE:** EN 1995-1:2004/A2:2014

**ANALYSIS TYPE:** Member Verification

**CODE GROUP:**

**MEMBER:** 303 Timber Beam **POINT:** 1

**COORDINATE:** x = 0.00 L = 0.00 m

**LOADS:**

*Governing Load Case:* 112 Maks nedadrettet nord [Egen + Snø + Vertikalvind trykk + Undert  
(1+36)\*1.20+11\*1.50+(14+17)\*1.05

**MATERIAL** GL32h

gM = 1.15

f<sub>m,0,k</sub> = 32.00 MPa

f<sub>t,0,k</sub> = 25.60 MPa

f<sub>c,0,k</sub> = 32.00 MPa

f<sub>v,k</sub> = 3.50 MPa

f<sub>t,90,k</sub> = 0.50 MPa

f<sub>c,90,k</sub> = 2.50 MPa

E<sub>0,moyen</sub> = 14200.00 MPa

E<sub>0,05</sub> = 11800.00 MPa

G<sub>moyen</sub> = 650.00 MPa

Service class: 1

Beta<sub>c</sub> = 0.10



**SECTION PARAMETERS:** 300x500 GL32h

ht=500 mm

bf=300 mm

tw=150 mm

tf=150 mm

A<sub>y</sub>=100000 mm<sup>2</sup>

I<sub>y</sub>=3125000000 mm<sup>4</sup>

W<sub>y</sub>=12500000 mm<sup>3</sup>

A<sub>z</sub>=100000 mm<sup>2</sup>

I<sub>z</sub>=1125000000 mm<sup>4</sup>

W<sub>z</sub>=7500000 mm<sup>3</sup>

A<sub>x</sub>=150000 mm<sup>2</sup>

I<sub>x</sub>=2816311344 mm<sup>4</sup>

**STRESSES**

Sig<sub>t,0,d</sub> = N/A<sub>x</sub> = -4.12/150000 = -0.03 MPa

Sig<sub>m,y,d</sub> = MY/W<sub>y</sub> = -234.25/12500000 = -18.74 MPa

Sig<sub>m,z,d</sub> = MZ/W<sub>z</sub> = -0.04/7500000 = -0.01 MPa

Tau<sub>y,d</sub> = 1.5\*-0.01/150000 = -0.00 MPa

Tau<sub>z,d</sub> = 1.5\*188.55/150000 = 1.89 MPa

**ALLOWABLE STRESSES**

f<sub>t,0,d</sub> = 21.47 MPa

f<sub>m,y,d</sub> = 25.50 MPa

f<sub>m,z,d</sub> = 26.84 MPa

f<sub>v,d</sub> = 2.74 MPa

**Factors and additional parameters**

km = 0.70

kh = 1.07

kmod = 0.90

K<sub>sys</sub> = 1.00

kcr = 0.80



**LATERAL BUCKLING PARAMETERS:**

**BUCKLING PARAMETERS:**



About Y axis:



About Z axis:

**VERIFICATION FORMULAS:**

Sig<sub>t,0,d</sub>/f<sub>t,0,d</sub> + Sig<sub>m,y,d</sub>/f<sub>m,y,d</sub> + km\*Sig<sub>m,z,d</sub>/f<sub>m,z,d</sub> = 0.74 < 1.00 (6.17)

(Tau<sub>y,d</sub>/kcr)/f<sub>v,d</sub> = (0.00/0.80)/2.74 = 0.00 < 1.00  
(6.13)

(Tau<sub>z,d</sub>/kcr)/f<sub>v,d</sub> = (1.89/0.80)/2.74 = 0.86 < 1.00

**LIMIT DISPLACEMENTS**



**Deflections (LOCAL SYSTEM):**

u<sub>fin,y</sub> = 0 mm < u<sub>fin,max,y</sub> = L/200.00 = 32 mm

Verified

**Governing load case:** (1+0.6)\*1 + (1+0.6)\*30 + (1+0.3\*0.6)\*32 + (1+0.6)\*34

u<sub>fin,z</sub> = 0 mm < u<sub>fin,max,z</sub> = L/200.00 = 32 mm

Verified

**Governing load case:** (1+0.6)\*1 + (1+0.6)\*30 + (1+0.3\*0.6)\*32 + (1+0.6)\*34

= L/300.00 = 21 mm

Verified

u<sub>inst,y</sub> = 0 mm < u<sub>inst,max,y</sub>

**Governing load case:**  $1*1 + 1*30 + 1*32 + 1*34$   
 $u_{inst,z} = 0 \text{ mm} < u_{inst,max,z} = L/300.00 = 21 \text{ mm}$   
**Governing load case:**  $1*1 + 1*30 + 1*32 + 1*34$

Verified



**Displacements (GLOBAL SYSTEM):**

$v_x = 0 \text{ mm} < v_{max,x} = L/150.00 = 42 \text{ mm}$

Verified

**Governing load case:** Dekke kontor  $(1+30+32+34)*1.00$

$v_y = 0 \text{ mm} < v_{max,y} = L/150.00 = 42 \text{ mm}$

Verified

**Governing load case:** Dekke kontor  $(1+30+32+34)*1.00$

---

**Section OK !!!**

# Vedlegg 6.6

## Håndberegning 302, 303, 103

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

Case 112 dimensjonerende

Laster

$$G := 5.24 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.2 = 6.29 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad S_{n\emptyset} := 17.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.5 = 26.63 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{ind} := 4.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.05 = 4.32 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad U_{trykk} := 9.57 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.05 = 10.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q := G + S_{n\emptyset} + V_{ind} + U_{trykk} = 47.28 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L := 6.3 \text{ m}$$

$$M_{felt} := 0.0703 \cdot Q \cdot L^2 = 131.91 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Robot: } 135.66 \text{ kNm}$$

$$M_{st\emptysettte} := -0.125 \cdot Q \cdot L^2 = -234.55 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Robot: } -234.25 \text{ kNm}$$

$$V_A := 0.375 \cdot Q \cdot L = 111.69 \text{ kN} \quad \text{Robot: } 114.19 \text{ kN}$$

$$V_B := \frac{5 \cdot Q \cdot L}{8} = 186.15 \text{ kN} \quad \text{Robot: } 188.55 \text{ kN}$$

Kapasitetskontroll skjær:

$$f_{vk} := 3.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad h := 500 \text{ mm} \quad b := 300 \text{ mm}$$

$$\text{(Tab 3.1)} \quad k_{mod} := 0.9$$

$$\text{(Tab NA.2.3)} \quad \gamma_m := 1.15$$

$$\text{(Retningsblad)} \quad k_{cr} := 0.8$$

$$\text{(6.13a)} \quad b_{eff} := k_{cr} \cdot b = 240 \text{ mm}$$

$$\text{(2.17)} \quad f_{vd} := f_{vk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 2.74 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$V_f := V_B = 186.15 \text{ kN}$$

$$\text{(6.13)} \quad \tau_d := \frac{V_f}{\frac{2}{3} \cdot b_{eff} \cdot h} = 2.33 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Utnyttelse} := \frac{\tau_d}{f_{vd}} = 0.85$$

Kapasitetskontroll moment:

$$f_{mk} := 32 \frac{N}{mm^2} \quad W_y := \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = (1.25 \cdot 10^7) \text{ mm}^3$$

$$(2.17) \quad f_{md} := f_{mk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 25.04 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{myd} := \frac{-M_{støtte}}{W_y} = 18.76 \frac{N}{mm^2}$$

$$Utnyttelse := \frac{\sigma_{myd}}{f_{md}} = 0.75$$

## TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

CODE: EN 1995-1:2004/A2:2014

ANALYSIS TYPE: Member Verification

## CODE GROUP:

MEMBER: 325 Timber Beam POINT: 6

COORDINATE:  $x = 0.50 L = 3.67 \text{ m}$ 

## LOADS:

Governing Load Case: 113 Maks nedadrettet øst [Egen + Snø + Vertikalvind trykk + Undertr  
 $(1+36)*1.20+11*1.50+(13+17)*1.05$

## MATERIAL GL32h

$g_M = 1.15$	$f_{m,0,k} = 32.00 \text{ MPa}$	$f_{t,0,k} = 25.60 \text{ MPa}$	$f_{c,0,k} = 32.00 \text{ MPa}$
$f_{v,k} = 3.50 \text{ MPa}$	$f_{t,90,k} = 0.50 \text{ MPa}$	$f_{c,90,k} = 2.50 \text{ MPa}$	$E_{0,moyen} = 14200.00 \text{ MPa}$
$E_{0,05} = 11800.00 \text{ MPa}$	$G_{moyen} = 650.00 \text{ MPa}$	Service class: 1	Beta c = 0.10



## SECTION PARAMETERS: 300x500 GL32h

$h_t = 500 \text{ mm}$			
$b_f = 300 \text{ mm}$	$A_y = 100000 \text{ mm}^2$	$A_z = 100000 \text{ mm}^2$	$A_x = 150000 \text{ mm}^2$
$t_w = 150 \text{ mm}$	$I_y = 3125000000 \text{ mm}^4$	$I_z = 1125000000 \text{ mm}^4$	$I_x = 2816311344 \text{ mm}^4$
$t_f = 150 \text{ mm}$	$W_y = 12500000 \text{ mm}^3$	$W_z = 7500000 \text{ mm}^3$	

## STRESSES

$\text{Sig}_{c,0,d} = N/A_x = 0.17/150000 = 0.00 \text{ MPa}$   
 $\text{Sig}_{m,y,d} = MY/W_y = 292.22/12500000 = 23.38 \text{ MPa}$

## ALLOWABLE STRESSES

$f_{c,0,d} = 25.04 \text{ MPa}$   
 $f_{m,y,d} = 25.50 \text{ MPa}$

## Factors and additional parameters

$k_h = 1.07$     $k_{h,y} = 1.02$     $k_{mod} = 0.90$     $K_{sys} = 1.00$



## LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

## BUCKLING PARAMETERS:



About Y axis:



About Z axis:

## VERIFICATION FORMULAS:

$(\text{Sig}_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \text{Sig}_{m,y,d}/f_{m,y,d} = (0.00/25.04)^2 + 23.38/25.50 = 0.92 < 1.00 \quad (6.19)$

## LIMIT DISPLACEMENTS



## Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_{fin,y} = 0 \text{ mm} < u_{fin,max,y} = L/200.00 = 37 \text{ mm}$

Verified

Governing load case:  $(1+0.6)*1 + (1+0.6)*31 + (1+0.6*0.6)*33 + (1+0.6)*35$

$u_{fin,z} = 1 \text{ mm} < u_{fin,max,z} = L/200.00 = 37 \text{ mm}$

Verified

Governing load case:  $(1+0.6)*1 + (1+0.6)*31 + (1+0.6*0.6)*33 + (1+0.6)*35$

$= L/300.00 = 24 \text{ mm}$  Verified

$u_{inst,y} = 0 \text{ mm} < u_{inst,max,y}$

Governing load case:  $1*1 + 1*30 + 1*32 + 1*34$

$u_{inst,z} = 1 \text{ mm} < u_{inst,max,z} = L/300.00 = 24 \text{ mm}$

Verified

Governing load case:  $1*1 + 1*31 + 1*33 + 1*35$



**Displacements (GLOBAL SYSTEM):**

$v_x = 0 \text{ mm} < v_{\max,x} = L/150.00 = 49 \text{ mm}$

Verified

**Governing load case:** Dekke kontor (1+30+32+34)\*1.00

$v_y = 0 \text{ mm} < v_{\max,y} = L/150.00 = 49 \text{ mm}$

Verified

**Governing load case:** Dekke messanine (1+31+33+35)\*1.00

---

**Section OK !!!**



# Vedlegg 6.8

## Håndberegning bjelke 325

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

Case 113 dimensjonerende

Laster

$$G := 5.42 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.2 = 6.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad S_{n\emptyset} := 14.82 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.5 = 22.23 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$
$$V_{ind} := 3.97 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.05 = 4.17 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad U_{trykk} := 9.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.05 = 9.71 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q := G + S_{n\emptyset} + V_{ind} + U_{trykk} = 42.62 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L := 7.34 \text{ m}$$

$$M_{felt} := \frac{Q \cdot L^2}{8} = 286.99 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Robot: 292.22 kNm}$$

$$V_{Ed} := \frac{Q \cdot L}{2} = 156.4 \text{ kN} \quad \text{Robot: 159.25 kN}$$

Kapasitetskontroll moment:

$$b := 300 \text{ mm} \quad h := 500 \text{ mm} \quad f_{mk} := 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{(Tab 3.1)} \quad k_{mod} := 0.9$$

$$\text{(Tab NA.2.3)} \quad \gamma_m := 1.15$$

$$\text{(Retningsblad)} \quad k_{cr} := 0.8$$

$$\text{(3.2)} \quad k_{hy} := \left( \frac{600}{500} \right)^{0.1} = 1.02$$

$$\text{(2.17)} \quad f_{md} := k_{hy} \cdot f_{mk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 25.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_y := \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = (1.25 \cdot 10^7) \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{md} := \frac{M_{felt}}{W_y} = 22.96 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad n := \frac{\sigma_{md}}{f_{md}} = 90\%$$

Kapasitetskontroll skjær:

$$f_{vk} := 3.5 \frac{N}{mm^2}$$

$$(6.13a) \quad b_{eff} := k_{cr} \cdot b = 240 \text{ mm}$$

$$(2.17) \quad f_{vd} := f_{vk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 2.74 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_d := \frac{V_{Ed}}{\frac{2}{3} \cdot b_{eff} \cdot h} = 1.95 \frac{N}{mm^2}$$

$$n_{skjær} := \frac{\tau_d}{f_{vd}} = 71\%$$

## TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

CODE: EN 1995-1:2004/A2:2014

ANALYSIS TYPE: Member Verification

CODE GROUP:

MEMBER: 207 Timber Beam POINT: 6

COORDINATE:  $x = 0.50 L = 3.15 \text{ m}$ 

LOADS:

Governing Load Case: 109 Egen + nyttelast B kontordekke  $(1+30+34)*1.20+32*1.50$ 

MATERIAL GL32h

 $gM = 1.15$  $f_{m,0,k} = 32.00 \text{ MPa}$  $f_{t,0,k} = 25.60 \text{ MPa}$  $f_{c,0,k} = 32.00 \text{ MPa}$  $f_{v,k} = 3.50 \text{ MPa}$  $f_{t,90,k} = 0.50 \text{ MPa}$  $f_{c,90,k} = 2.50 \text{ MPa}$  $E_{0,\text{moyen}} = 14200.00 \text{ MPa}$  $E_{0,05} = 11800.00 \text{ MPa}$  $G_{\text{moyen}} = 650.00 \text{ MPa}$ 

Service class: 1

Beta c = 0.10



SECTION PARAMETERS: 300x400 GL32h

 $ht = 400 \text{ mm}$  $bf = 300 \text{ mm}$  $tw = 150 \text{ mm}$  $tf = 150 \text{ mm}$  $A_y = 80000 \text{ mm}^2$  $I_y = 1600000000 \text{ mm}^4$  $W_y = 8000000 \text{ mm}^3$  $A_z = 80000 \text{ mm}^2$  $I_z = 900000000 \text{ mm}^4$  $W_z = 6000000 \text{ mm}^3$  $A_x = 120000 \text{ mm}^2$  $I_x = 1948987778 \text{ mm}^4$ 

STRESSES

 $\text{Sig}_{c,0,d} = N/A_x = 0.15/120000 = 0.00 \text{ MPa}$  $\text{Sig}_{m,y,d} = MY/W_y = 129.88/8000000 = 16.24 \text{ MPa}$ 

ALLOWABLE STRESSES

 $f_{c,0,d} = 22.26 \text{ MPa}$  $f_{m,y,d} = 23.18 \text{ MPa}$ 

Factors and additional parameters

 $kh = 1.07$  $kh_y = 1.04$  $k_{\text{mod}} = 0.80$  $K_{\text{sys}} = 1.00$ 

LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About Y axis:



About Z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

 $(\text{Sig}_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \text{Sig}_{m,y,d}/f_{m,y,d} = (0.00/22.26)^2 + 16.24/23.18 = 0.70 < 1.00 \quad (6.19)$ 

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

 $u_{\text{fin},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{fin},\text{max},y} = L/200.00 = 32 \text{ mm}$ 

Verified

Governing load case:  $(1+0.6)*1 + (1+0.6)*30 + (1+0.3*0.6)*32 + (1+0.6)*34$  $u_{\text{fin},z} = 24 \text{ mm} < u_{\text{fin},\text{max},z} = L/200.00 = 32 \text{ mm}$ 

Verified

Governing load case:  $(1+0.6)*1 + (1+0.6)*30 + (1+0.3*0.6)*32 + (1+0.6)*34$  $= L/300.00 = 21 \text{ mm}$ 

Verified

 $u_{\text{inst},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst},\text{max},y}$ Governing load case:  $1*1 + 1*30 + 1*32 + 1*34$  $u_{\text{inst},z} = 17 \text{ mm} < u_{\text{inst},\text{max},z} = L/300.00 = 21 \text{ mm}$ 

Verified

Governing load case:  $1*1 + 1*30 + 1*32 + 1*34$ 

Displacements (GLOBAL SYSTEM):

$$v_x = 0 \text{ mm} < v_{\max,x} = L/150.00 = 42 \text{ mm}$$

Verified

**Governing load case:** Dekke messanine (1+31+33+35)\*1.00

$$v_y = 0 \text{ mm} < v_{\max,y} = L/150.00 = 42 \text{ mm}$$

Verified

**Governing load case:** Dekke kontor (1+30+32+34)\*1.00

---

***Section OK !!!***

# Vedlegg 6.10

## Håndberegning bjelke 207

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

Case 109 dimensjonerende

Laster

$$G := (4.04 + 4.62) \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.2 = 10.39 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Nyttelast := 10.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.5 = 15.17 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q := G + Nyttelast = 25.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L := 6.3 \text{ m}$$

$$M_{felt} := \frac{Q \cdot L^2}{8} = 126.79 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Robot: 129.88 kNm

$$V_{Ed} := \frac{Q \cdot L}{2} = 80.5 \text{ kN}$$

Robot: 82.47 kN

Kapasitetskontroll moment:

$$b := 300 \text{ mm} \quad h := 400 \text{ mm} \quad f_{mk} := 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{(Tab 3.1)} \quad k_{mod} := 0.8$$

$$\text{(Tab NA.2.3)} \quad \gamma_m := 1.15$$

$$\text{(Retningsblad)} \quad k_{cr} := 0.8$$

$$\text{(3.2)} \quad k_{hy} := \left( \frac{600}{400} \right)^{0.1} = 1.04$$

$$\text{(2.17)} \quad f_{md} := k_{hy} \cdot f_{mk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 23.18 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_y := \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = (8 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{myd} := \frac{M_{felt}}{W_y} = 15.85 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$n_{moment} := \frac{\sigma_{myd}}{f_{md}} = 68\%$$

Kapasitetskontroll skjær:

$$f_{vk} := 3.5 \frac{N}{mm^2}$$

$$(6.13a) \quad b_{eff} := k_{cr} \cdot b = 240 \text{ mm}$$

$$(2.17) \quad f_{vd} := f_{vk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 2.43 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_d := \frac{V_{Ed}}{\frac{2}{3} \cdot b_{eff} \cdot h} = 1.26 \frac{N}{mm^2} \quad n_{skjær} := \frac{\tau_d}{f_{vd}} = 52\%$$

## TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

CODE: EN 1995-1:2004/A2:2014

ANALYSIS TYPE: Member Verification

CODE GROUP:

MEMBER: 206 Timber Beam POINT: 1

COORDINATE:  $x = 0.00$   $L = 0.00$  m

LOADS:

Governing Load Case: 109 Egen + nyttelast B kontordekke  $(1+30+34)*1.20+32*1.50$ 

MATERIAL GL32h

$gM = 1.15$	$f_{m,0,k} = 32.00$ MPa	$f_{t,0,k} = 25.60$ MPa	$f_{c,0,k} = 32.00$ MPa
$f_{v,k} = 3.50$ MPa	$f_{t,90,k} = 0.50$ MPa	$f_{c,90,k} = 2.50$ MPa	$E_{0,moyen} = 14200.00$ MPa
$E_{0,05} = 11800.00$ MPa	$G_{moyen} = 650.00$ MPa	Service class: 1	Beta c = 0.10



SECTION PARAMETERS: 300x400 GL32h

$ht = 400$ mm	$A_y = 80000$ mm <sup>2</sup>	$A_z = 80000$ mm <sup>2</sup>	$A_x = 120000$ mm <sup>2</sup>
$bf = 300$ mm	$I_y = 1600000000$ mm <sup>4</sup>	$I_z = 900000000$ mm <sup>4</sup>	$I_x = 1948987778$ mm <sup>4</sup>
$tw = 150$ mm	$W_y = 8000000$ mm <sup>3</sup>	$W_z = 6000000$ mm <sup>3</sup>	
$tf = 150$ mm			

STRESSES

$\text{Sig}_{c,0,d} = N/A_x = 0.60/120000 = 0.00$  MPa  
 $\text{Sig}_{m,y,d} = MY/W_y = 67.02/8000000 = 8.38$  MPa  
 $\text{Sig}_{m,z,d} = MZ/W_z = 0.07/6000000 = 0.01$  MPa  
 $\text{Tau}_{y,d} = 1.5 * -0.02/120000 = -0.00$  MPa  
 $\text{Tau}_{z,d} = 1.5 * 107.44/120000 = 1.34$  MPa

ALLOWABLE STRESSES

$f_{c,0,d} = 22.26$  MPa  
 $f_{m,y,d} = 23.18$  MPa  
 $f_{m,z,d} = 23.86$  MPa  
 $f_{v,d} = 2.43$  MPa

Factors and additional parameters

$k_m = 0.70$     $k_h = 1.07$     $k_{mod} = 0.80$     $K_{sys} = 1.00$     $k_{cr} = 0.80$



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About Y axis:



About Z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

 $(\text{Sig}_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \text{Sig}_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m * \text{Sig}_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0.36 < 1.00$  (6.19)

$(\text{Tau}_{y,d}/k_{cr})/f_{v,d} = (0.00/0.80)/2.43 = 0.00 < 1.00$     $(\text{Tau}_{z,d}/k_{cr})/f_{v,d} = (1.34/0.80)/2.43 = 0.69 < 1.00$   
 (6.13)

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_{fin,y} = 0$  mm <  $u_{fin,max,y} = L/200.00 = 19$  mm

Verified

Governing load case:  $(1+0.6)*1 + (1+0.6)*30 + (1+0.3*0.6)*32 + (1+0.6)*34$

$u_{fin,z} = 3$  mm <  $u_{fin,max,z} = L/200.00 = 19$  mm

Verified

Governing load case:  $(1+0.6)*1 + (1+0.6)*30 + (1+0.3*0.6)*32 + (1+0.6)*34$

$u_{inst,y} = 0$  mm <  $u_{inst,max,y}$

$= L/300.00 = 12$  mm   Verified

Governing load case:  $1*1 + 1*30 + 1*32 + 1*34$

$$u_{inst,z} = 2 \text{ mm} < u_{inst,max,z} = L/300.00 = 12 \text{ mm}$$

Verified

**Governing load case:**  $1*1 + 1*30 + 1*32 + 1*34$



**Displacements (GLOBAL SYSTEM):**

$$v_x = 0 \text{ mm} < v_{max,x} = L/150.00 = 25 \text{ mm}$$

Verified

**Governing load case:** Dekke kontor  $(1+30+32+34)*1.00$

$$v_y = 0 \text{ mm} < v_{max,y} = L/150.00 = 25 \text{ mm}$$

Verified

**Governing load case:** Dekke kontor  $(1+30+32+34)*1.00$

---

**Section OK !!!**



# Vedlegg 6.12

## Håndberegning bjelke 204-206

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

Case 109 dimensjonerende

Laster

$$G := (7.54 + 8.61) \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.2 = 19.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Nyttelast} := 18.86 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.5 = 28.29 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q := G + \text{Nyttelast} = 47.67 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Ved fritt opplagt:

$$L := 3.7 \text{ m}$$

$$M := 67.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Hentet fra Robot

$$V := 107.44 \text{ kN}$$

Hentet fra Robot

Kapasitetskontroll moment

$$f_{mk} := 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad b := 300 \text{ mm} \quad h := 400 \text{ mm} \quad W_y := \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = (8 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\text{(Tab 3.1)} \quad k_{mod} := 0.8$$

$$\text{(Tab NA.2.3)} \quad \gamma_m := 1.15$$

$$\text{(3.2)} \quad k_{hy} := \left( \frac{600}{400} \right)^{0.1} = 1.04$$

$$\text{(2.17)} \quad f_{md} := k_{hy} \cdot f_{mk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 23.18 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{md} := \frac{M}{W_y} = 8.38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad n_{moment} := \frac{\sigma_{md}}{f_{md}} = 36\%$$

Kapasitetskontroll skjær

$$f_{vk} := 3.5 \frac{N}{mm^2}$$

(Retningsblad)  $k_{cr} := 0.8$

$$(6.13a) \quad b_{eff} := k_{cr} \cdot b = 240 \text{ mm}$$

$$(2.17) \quad f_{vd} := f_{vk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 2.43 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_d := \frac{V}{\frac{2}{3} \cdot b_{eff} \cdot h} = 1.68 \frac{N}{mm^2} \quad n_{skjær} := \frac{\tau_d}{f_{vd}} = 69\%$$

## TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

CODE: EN 1995-1:2004/A2:2014

ANALYSIS TYPE: Member Verification

## CODE GROUP:

MEMBER: 216 Timber Beam POINT: 6

COORDINATE:  $x = 0.50 L = 3.67 \text{ m}$ 

## LOADS:

Governing Load Case: 110 Egen + nytte C messanine  $(1+31+35)*1.20+33*1.50$ 

## MATERIAL GL32h

 $gM = 1.15$  $f_{m,0,k} = 32.00 \text{ MPa}$  $f_{t,0,k} = 25.60 \text{ MPa}$  $f_{c,0,k} = 32.00 \text{ MPa}$  $f_{v,k} = 3.50 \text{ MPa}$  $f_{t,90,k} = 0.50 \text{ MPa}$  $f_{c,90,k} = 2.50 \text{ MPa}$  $E_{0,\text{moyen}} = 14200.00 \text{ MPa}$  $E_{0,05} = 11800.00 \text{ MPa}$  $G_{\text{moyen}} = 650.00 \text{ MPa}$ 

Service class: 1

Beta c = 0.10



## SECTION PARAMETERS: 300x400 GL32h

 $ht = 400 \text{ mm}$  $bf = 300 \text{ mm}$  $tw = 150 \text{ mm}$  $tf = 150 \text{ mm}$  $A_y = 80000 \text{ mm}^2$  $I_y = 1600000000 \text{ mm}^4$  $W_y = 8000000 \text{ mm}^3$  $A_z = 80000 \text{ mm}^2$  $I_z = 900000000 \text{ mm}^4$  $W_z = 6000000 \text{ mm}^3$  $A_x = 120000 \text{ mm}^2$  $I_x = 1948987778 \text{ mm}^4$ 

## STRESSES

 $\text{Sig}_{t,0,d} = N/A_x = -3.07/120000 = -0.03 \text{ MPa}$  $\text{Sig}_{m,y,d} = MY/W_y = -132.02/8000000 = -16.50 \text{ MPa}$ 

## ALLOWABLE STRESSES

 $f_{t,0,d} = 19.09 \text{ MPa}$  $f_{m,y,d} = 23.18 \text{ MPa}$ 

## Factors and additional parameters

 $kh = 1.07$  $kh_y = 1.04$  $k_{\text{mod}} = 0.80$  $K_{\text{sys}} = 1.00$ 

## LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

## BUCKLING PARAMETERS:



About Y axis:



About Z axis:

## VERIFICATION FORMULAS:

 $\text{Sig}_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \text{Sig}_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0.03/19.09 + 16.50/23.18 = 0.71 < 1.00 \quad (6.17)$ 

## LIMIT DISPLACEMENTS



## Deflections (LOCAL SYSTEM):

 $u_{\text{fin},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{fin},\text{max},y} = L/200.00 = 37 \text{ mm}$ 

Verified

**Governing load case:**  $(1+0.6)*1 + (1+0.6)*31 + (1+0.6*0.6)*33 + (1+0.6)*35$  $u_{\text{fin},z} = 32 \text{ mm} < u_{\text{fin},\text{max},z} = L/200.00 = 37 \text{ mm}$ 

Verified

**Governing load case:**  $(1+0.6)*1 + (1+0.6)*31 + (1+0.6*0.6)*33 + (1+0.6)*35$  $= L/300.00 = 24 \text{ mm}$  Verified $u_{\text{inst},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst},\text{max},y}$ **Governing load case:**  $1*1 + 1*31 + 1*33 + 1*35$  $u_{\text{inst},z} = 23 \text{ mm} < u_{\text{inst},\text{max},z} = L/300.00 = 24 \text{ mm}$ 

Verified

**Governing load case:**  $1*1 + 1*31 + 1*33 + 1*35$ 

## Displacements (GLOBAL SYSTEM):

$$v_x = 0 \text{ mm} < v_{\max,x} = L/150.00 = 49 \text{ mm}$$

Verified

**Governing load case:** Dekke kontor (1+30+32+34)\*1.00

$$v_y = 0 \text{ mm} < v_{\max,y} = L/150.00 = 49 \text{ mm}$$

Verified

**Governing load case:** Dekke messanine (1+31+33+35)\*1.00

---

***Section OK !!!***

# Vedlegg 6.14

## Håndberegning bjelke 216

Case 110 dimensjonerende

Laster

$$G := (2.08 + 0.77) \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.2 = 3.42 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Nyttelast1 := 10.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.5 = 15.57 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad Nyttelast2 := 0.77 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.05 = 0.81 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q := G + Nyttelast1 + Nyttelast2 = 19.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Ved fritt opplagt:

$$L := 7.34 \text{ m}$$

$$MEd := \frac{Q \cdot L^2}{8} = 133.33 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad NEd := 3.07 \text{ kN}$$

$$VED := \frac{Q \cdot L}{2} = 72.66 \text{ kN}$$

Kapasitetskontroll moment

$$b := 300 \text{ mm} \quad h := 400 \text{ mm} \quad fmk := 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad ft0k := 25.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{(Tab 3.1)} \quad kmod := 0.8$$

$$\text{(Tab NA.2.3)} \quad \gamma_m := 1.15$$

$$\text{(Retningsblad)} \quad kcr := 0.8$$

$$\text{(3.2)} \quad khy := \left(\frac{600}{400}\right)^{0.1} = 1.04 \quad khz := \left(\frac{600}{300}\right)^{0.1} = 1.07$$

$$\text{(2.17)} \quad fmd := khy \cdot fmk \cdot \frac{kmod}{\gamma_m} = 23.18 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$ft0d := khz \cdot ft0k \cdot \frac{kmod}{\gamma_m} = 19.09 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$Wy := \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = (8 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{md} := \frac{MEd}{Wy} = 16.67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{t0d} := \frac{NEd}{b \cdot h} = 0.03 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$n := \frac{\sigma_{t0d}}{ft0d} + \frac{\sigma_{md}}{fmd} = 0.72$$

Kapasitetskontroll skjær

$$f_{vk} := 3.5 \frac{N}{mm^2}$$

$$(6.13a) \quad b_{eff} := k_{cr} \cdot b = 240 \text{ mm}$$

$$(2.17) \quad f_{vd} := f_{vk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 2.43 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_d := \frac{VEd}{\frac{2}{3} \cdot b_{eff} \cdot h} = 1.14 \frac{N}{mm^2} \quad n_{skjær} := \frac{\tau_d}{f_{vd}} = 47\%$$

## TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

CODE: EN 1995-1:2004/A2:2014

ANALYSIS TYPE: Member Verification

## CODE GROUP:

MEMBER: 110 Timber Column  
0.55 L = 3.60 m

POINT: 11

COORDINATE: x =

## LOADS:

Governing Load Case: 100 Vind vertikal + horisontal + egenlast tak sør (1+36)\*1.20+(3+7)\*1.50+16\*1.05

## MATERIAL GL32h

gM = 1.15

f<sub>m,0,k</sub> = 32.00 MPaf<sub>t,0,k</sub> = 25.60 MPaf<sub>c,0,k</sub> = 32.00 MPaf<sub>v,k</sub> = 3.50 MPaf<sub>t,90,k</sub> = 0.50 MPaf<sub>c,90,k</sub> = 2.50 MPaE<sub>0,moyen</sub> = 14200.00 MPaE<sub>0,05</sub> = 11800.00 MPaG<sub>moyen</sub> = 650.00 MPa

Service class: 1

Beta<sub>c</sub> = 0.10

## SECTION PARAMETERS: 300x300 GL32h

ht=300 mm

bf=300 mm

tw=150 mm

tf=150 mm

Ay=60000 mm<sup>2</sup>Iy=675000000 mm<sup>4</sup>Wy=4500000 mm<sup>3</sup>Az=60000 mm<sup>2</sup>Iz=675000000 mm<sup>4</sup>Wz=4500000 mm<sup>3</sup>Ax=90000 mm<sup>2</sup>Ix=1138723011 mm<sup>4</sup>

## STRESSES

Sig<sub>t,0,d</sub> = N/Ax = -150.27/90000 = -1.67 MPaSig<sub>m,y,d</sub> = MY/Wy = -19.71/4500000 = -4.38 MPaSig<sub>m,z,d</sub> = MZ/Wz = -70.31/4500000 = -15.63 MPaTau<sub>y,d</sub> = 1.5\*-8.97/90000 = -0.15 MPaTau<sub>z,d</sub> = 1.5\*5.48/90000 = 0.09 MPa

## ALLOWABLE STRESSES

f<sub>t,0,d</sub> = 21.47 MPaf<sub>m,y,d</sub> = 26.84 MPaf<sub>m,z,d</sub> = 26.84 MPaf<sub>v,d</sub> = 2.74 MPa

## Factors and additional parameters

km = 0.70

kh = 1.07

kmod = 0.90

K<sub>sys</sub> = 1.00

kcr = 0.80



## LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

## BUCKLING PARAMETERS:



About Y axis:



About Z axis:

## VERIFICATION FORMULAS:

Sig<sub>t,0,d</sub>/f<sub>t,0,d</sub> + km\*Sig<sub>m,y,d</sub>/f<sub>m,y,d</sub> + Sig<sub>m,z,d</sub>/f<sub>m,z,d</sub> = 0.77 < 1.00 (6.18)(Tau<sub>y,d</sub>/kcr)/f<sub>v,d</sub> = (0.15/0.80)/2.74 = 0.07 < 1.00  
(6.13)(Tau<sub>z,d</sub>/kcr)/f<sub>v,d</sub> = (0.09/0.80)/2.74 = 0.04 < 1.00

## LIMIT DISPLACEMENTS



## Deflections (LOCAL SYSTEM):

u<sub>fin,y</sub> = 0 mm < u<sub>fin,max,y</sub> = L/200.00 = 33 mm

Verified

Governing load case: (1+0.6)\*1 + (1+0.6)\*30 + (1+0.3\*0.6)\*32 + (1+0.6)\*34

u<sub>fin,z</sub> = 0 mm < u<sub>fin,max,z</sub> = L/200.00 = 33 mm

Verified

Governing load case: (1+0.6)\*1 + (1+0.6)\*30 + (1+0.3\*0.6)\*32 + (1+0.6)\*34

= L/300.00 = 22 mm

Verified

u<sub>inst,y</sub> = 0 mm < u<sub>inst,max,y</sub>

**Governing load case:**  $1*1 + 1*30 + 1*32 + 1*34$   
 $u_{inst,z} = 0 \text{ mm} < u_{inst,max,z} = L/300.00 = 22 \text{ mm}$   
**Governing load case:**  $1*1 + 1*30 + 1*32 + 1*34$

Verified



**Displacements (GLOBAL SYSTEM):**

$v_x = 0 \text{ mm} < v_{max,x} = L/150.00 = 44 \text{ mm}$

Verified

**Governing load case:** Dekke kontor  $(1+30+32+34)*1.00$

$v_y = 0 \text{ mm} < v_{max,y} = L/150.00 = 44 \text{ mm}$

Verified

**Governing load case:** Dekke kontor  $(1+30+32+34)*1.00$

---

**Section OK !!!**



# Vedlegg 6.16

## Kontroll stav 110

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

Geometri:

$$l := 6600 \text{ mm} \quad h := 300 \text{ mm} \quad b := 300 \text{ mm}$$

$$(3.2) \quad W := \frac{b \cdot h^2}{6} = (4.5 \cdot 10^6) \text{ mm}^3 \quad k_h := \min\left(\left(\frac{600}{300}\right)^{0.1}, 1.1\right) = 1.072$$

[Tabell NA.2.3] Karakteristiske verdier GL32h:  $\gamma_m := 1.15$

$$f_{mgk} := 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{t0k} := 25.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

[Tabell 3.1] Dimensjonerende lastkombinasjon: case 100  $k_{mod} := 0.9$

Opptredende dimensjonerende krefter:

$$N_{Ed1} := 150.67 \text{ kN} \quad M_y := 19.58 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_z := 70.33 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$T_y := 8.98 \text{ kN} \quad T_z := 5.44 \text{ kN} \quad \text{Skjærkraft neglisjeres videre.}$$

Kontroll kombinert bøyning og aksialt strekk [6.2.3]:

$$(2.17) \quad f_{mgd} := k_{mod} \cdot \frac{f_{mgk} \cdot k_h}{\gamma_m} = 26.841 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{t0d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{t0k} \cdot k_h}{\gamma_m} = 21.473 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{myd} := \frac{M_y}{W} = 4.351 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{mzd} := \frac{M_z}{W} = 15.629 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{t0d} := \frac{N_{Ed1}}{b \cdot h} = 1.674 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$[6.1.6 (2)] \quad k_m := 0.7$$

$$[6.18] \quad \frac{\sigma_{t0d}}{f_{t0d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{myd}}{f_{mgd}} + \frac{\sigma_{mzd}}{f_{mgd}} = 0.774 < 1$$

Stav har nødvendig kapasitet for dimensjonerende lasttilfelle.

## TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

CODE: EN 1995-1:2004/A2:2014

ANALYSIS TYPE: Member Verification

## CODE GROUP:

MEMBER: 137 Timber Column

POINT: 6 COORDINATE:  $x = 0.50 L = 2.95 \text{ m}$ 

## LOADS:

Governing Load Case: 100 Vind vertikal + horisontal + egenlast tak sør  $(1+36)*1.20+(3+7)*1.50+16*1.05$ 

## MATERIAL GL32h

$gM = 1.15$	$f_{m,0,k} = 32.00 \text{ MPa}$	$f_{t,0,k} = 25.60 \text{ MPa}$	$f_{c,0,k} = 32.00 \text{ MPa}$
$f_{v,k} = 3.50 \text{ MPa}$	$f_{t,90,k} = 0.50 \text{ MPa}$	$f_{c,90,k} = 2.50 \text{ MPa}$	$E_{0,\text{moyen}} = 14200.00 \text{ MPa}$
$E_{0,05} = 11800.00 \text{ MPa}$	$G_{\text{moyen}} = 650.00 \text{ MPa}$	Service class: 1	Beta c = 0.10



## SECTION PARAMETERS: 300x300 GL32h

$ht = 300 \text{ mm}$			
$bf = 300 \text{ mm}$	$A_y = 60000 \text{ mm}^2$	$A_z = 60000 \text{ mm}^2$	$A_x = 90000 \text{ mm}^2$
$tw = 150 \text{ mm}$	$I_y = 675000000 \text{ mm}^4$	$I_z = 675000000 \text{ mm}^4$	$I_x = 1138723011 \text{ mm}^4$
$tf = 150 \text{ mm}$	$W_y = 4500000 \text{ mm}^3$	$W_z = 4500000 \text{ mm}^3$	

## STRESSES

$\text{Sig}_{c,0,d} = N/A_x = 7.09/90000 = 0.08 \text{ MPa}$   
 $\text{Sig}_{m,y,d} = MY/W_y = 74.67/4500000 = 16.59 \text{ MPa}$   
 $\text{Sig}_{m,z,d} = MZ/W_z = 0.27/4500000 = 0.06 \text{ MPa}$   
 $\text{Tau}_{y,d} = 1.5 * -0.09/90000 = -0.00 \text{ MPa}$

## ALLOWABLE STRESSES

$f_{c,0,d} = 25.04 \text{ MPa}$   
 $f_{m,y,d} = 26.84 \text{ MPa}$   
 $f_{m,z,d} = 26.84 \text{ MPa}$   
 $f_{v,d} = 2.74 \text{ MPa}$

## Factors and additional parameters

$k_m = 0.70$      $k_h = 1.07$      $k_{\text{mod}} = 0.90$      $K_{\text{sys}} = 1.00$      $k_{cr} = 0.80$



## LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

## BUCKLING PARAMETERS:



About Y axis:

$LY = 5.90 \text{ m}$      $\text{Lambda}_Y = 68.13$   
 $\text{Lambda}_{\text{rel } Y} = 1.13$      $k_y = 1.18$   
 $LFY = 5.90 \text{ m}$      $k_{cy} = 0.66$



About Z axis:

$LZ = 5.90 \text{ m}$      $\text{Lambda}_Z = 68.13$   
 $\text{Lambda}_{\text{rel } Z} = 1.13$      $k_z = 1.18$   
 $LFZ = 5.90 \text{ m}$      $k_{cz} = 0.66$

## VERIFICATION FORMULAS:

$(\text{Sig}_{c,0,d}/k_{c,y} * f_{c,0,d}) + \text{Sig}_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m * \text{Sig}_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0.62 < 1.00 \quad (6.23)$

$(\text{Tau}_{y,d}/k_{cr})/f_{v,d} = (0.00/0.80)/2.74 = 0.00 < 1.00 \quad (6.13)$

## LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_{\text{fin},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{fin},\text{max},y} = L/200.00 = 30 \text{ mm}$

Verified

**Governing load case:**  $(1+0.6)*1 + (1+0.6)*30 + (1+0.3*0.6)*32 + (1+0.6)*34$

$u_{\text{fin},z} = 0 \text{ mm} < u_{\text{fin},\text{max},z} = L/200.00 = 30 \text{ mm}$

Verified

**Governing load case:**  $(1+0.6)*1 + (1+0.6)*30 + (1+0.3*0.6)*32 + (1+0.6)*34$      $u_{\text{inst},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst},\text{max},y}$

=  $L/300.00 = 20$  mm                      Verified

**Governing load case:**  $1*1 + 1*30 + 1*32 + 1*34$

$u_{inst,z} = 0$  mm <  $u_{inst,max,z} = L/300.00 = 20$  mm

Verified

**Governing load case:**  $1*1 + 1*30 + 1*32 + 1*34$



**Displacements (GLOBAL SYSTEM):**

$v_x = 0$  mm <  $v_{max,x} = L/150.00 = 39$  mm

Verified

**Governing load case:** Dekke kontor  $(1+30+32+34)*1.00$

$v_y = 0$  mm <  $v_{max,y} = L/150.00 = 39$  mm

Verified

**Governing load case:** Dekke kontor  $(1+30+32+34)*1.00$

---

**Section OK !!!**

# Vedlegg 6.18

## Kontroll stav 137

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

Geometri:

$$l := 5900 \text{ mm} \quad h := 300 \text{ mm} \quad b := 300 \text{ mm}$$

$$(3.2) \quad W := \frac{b \cdot h^2}{6} = (4.5 \cdot 10^6) \text{ mm}^3 \quad k_h := \min\left(\left(\frac{600}{300}\right)^{0.1}, 1.1\right) = 1.072$$

[Tabell NA.2.3] Karakteristiske verdier GL32h:  $\gamma_m := 1.15$

$$f_{mgk} := 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{c0k} := 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_{0.90.5} := 11800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

[Tabell 3.1] Dimensjonerende lastkombinasjon: case 100  $k_{mod} := 0.9$

Opptredende dimensjonerende krefter:

$$N_{Ed1} := 7.08 \text{ kN} \quad M_y := 74.67 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_z := 0.20 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$T_y := 0.07 \text{ kN} \quad \text{Skjærkraft neglisjeres.}$$

Kontroll søyler utsatt for kombinasjon av trykk og bøyning [6.3.2]:

$$(2.17) \quad f_{mgd} := k_{mod} \cdot \frac{f_{mgk} \cdot k_h}{\gamma_m} = 26.841 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c0d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k} \cdot k_h}{\gamma_m} = 26.841 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{myd} := \frac{M_y}{W} = 16.593 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{mzd} := \frac{M_z}{W} = 0.044 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{c0d} := \frac{N_{Ed1}}{b \cdot h} = 0.079 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$[6.1.6 (2)] \quad k_m := 0.7$$

$$i := 0.29 \cdot b = 87 \text{ mm}$$

$$Lk := 1 \cdot l = (5.9 \cdot 10^3) \text{ mm} \quad \lambda := \frac{Lk}{0.29 \cdot h} = 67.816$$

$$(6.21), (6.22) \quad \lambda_{rel} := \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c0k}}{E_{0.90.5}}} = 1.124$$

$$(6.29) \quad \beta_c := 0.1$$

$$(6.27), (6.28) \quad k := 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2) = 1.173$$

$$(6.25) \quad k_c := \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.663$$

$$(6.23) \quad \frac{\sigma_{c0d}}{k_c \cdot f_{c0d}} + \frac{\sigma_{myd}}{f_{mgd}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{mzd}}{f_{mgd}} = 0.624 < 1$$

Søyle har tilstrekkelig kapasitet.

# Vedlegg 6.19

## Kontroll knekking søyle 134

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$l := 5.9 \text{ m} \quad b := 300 \text{ mm} \quad h := 300 \text{ mm} \quad A := b \cdot h = 0.09 \text{ m}^2$$

$$P := 461.97 \text{ kN} \quad Kl := 1.0 \quad l_k := l \cdot Kl = 5.9 \text{ m}$$

$$E_{0.05} := 11800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad I := \frac{1}{12} b \cdot h^3 = (6.75 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4 \quad i := \sqrt[2]{\frac{I}{A}} = 0.087 \text{ m}$$

[6.3.2] Trykk-kapasitet:

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{P}{A} = 5.133 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$[\text{Tab. 5 NS-EN 14080}] \quad f_{t.0.k} := 25.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_k := f_{t.0.k} = 25.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Innendørs, ikke oppvarmet -> Klimaklasse 2  $k_{mod} := 0.9$   $\gamma_M := 1.15$

$$[\text{Tab. 5 NS-EN 14080}] \quad f_{c.0.k} := 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_k := f_{c.0.k} = 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$(2.17) \quad f_{c.0.d} := f_k \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 25.04 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$(6.21) \quad \lambda := \frac{l_k}{i} = 68.13 \quad \lambda_{rel} := \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 1.129$$

$$(6.29) \quad \beta_c := 0.1$$

$$(6.27) \quad k := 0.5 \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2 \right) = 1.18$$

$$(6.25) \quad k_c := \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.66$$

$$(6.23) \quad UF := \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.31 < 1.0 \text{ OK!}$$

## TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

CODE: EN 1995-1:2004/A2:2014

ANALYSIS TYPE: Member Verification

## CODE GROUP:

MEMBER: 2 Timber Column\_2

POINT: 1 COORDINATE: x = 0.00 L = 0.00 m

## LOADS:

Governing Load Case: 3 Trykk

## MATERIAL GL32h

gM = 1.25

f<sub>m,0,k</sub> = 32.00 MPaf<sub>t,0,k</sub> = 25.60 MPaf<sub>c,0,k</sub> = 32.00 MPaf<sub>v,k</sub> = 3.50 MPaf<sub>t,90,k</sub> = 0.50 MPaf<sub>c,90,k</sub> = 2.50 MPaE<sub>0,moyen</sub> = 14200.00 MPaE<sub>0,05</sub> = 11800.00 MPaG<sub>moyen</sub> = 650.00 MPa

Service class: 1

Beta<sub>c</sub> = 0.10

## SECTION PARAMETERS: 250x250

ht=250 mm

bf=250 mm

tw=125 mm

tf=125 mm

Ay=41667 mm<sup>2</sup>Iy=325520833 mm<sup>4</sup>Wy=2604167 mm<sup>3</sup>Az=41667 mm<sup>2</sup>Iz=325520833 mm<sup>4</sup>Wz=2604167 mm<sup>3</sup>Ax=62500 mm<sup>2</sup>Ix=549152687 mm<sup>4</sup>

## STRESSES

Sig<sub>c,0,d</sub> = N/Ax = 78.80/62500 = 1.26 MPa

## ALLOWABLE STRESSES

f<sub>c,0,d</sub> = 23.04 MPa

## Factors and additional parameters

kh = 1.09

k<sub>mod</sub> = 0.90K<sub>sys</sub> = 1.00

## LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

## BUCKLING PARAMETERS:



About Y axis:

LY = 8.82 m

Lambda<sub>rel</sub> Y = 2.02

LFY = 8.82 m

Lambda Y = 122.15

ky = 2.64

key = 0.23



About Z axis:

LZ = 8.82 m

Lambda<sub>rel</sub> Z = 2.02

LFZ = 8.82 m

Lambda Z = 122.15

kz = 2.64

kez = 0.23

## VERIFICATION FORMULAS:

Sig<sub>c,0,d</sub>/f<sub>c,0,d</sub> = 1.26/23.04 = 0.05 < 1.00 (6.23-4)]Sig<sub>c,0,d</sub>/(k<sub>c</sub>\*f<sub>c,0,d</sub>) = 1.26/(0.23\*23.04) = 0.24 < 1.00 (6.23-4)

## LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):



Displacements (GLOBAL SYSTEM):

v<sub>x</sub> = 1 mm < v<sub>max,x</sub> = L/150.00 = 59 mm

Verified

Governing load case: Trykk

v<sub>y</sub> = 0 mm < v<sub>max,y</sub> = L/150.00 = 59 mm

Verified

Governing load case: Trykk

*Section OK !!!*



## TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

CODE: EN 1995-1:2004/A2:2014

ANALYSIS TYPE: Member Verification

## CODE GROUP:

MEMBER: 1 Timber Column\_1  
0.00 m

POINT: 1 COORDINATE: x = 0.00 L =

## LOADS:

Governing Load Case: 2 Strekk

## MATERIAL GL32h

gM = 1.25

f<sub>m,0,k</sub> = 32.00 MPaf<sub>t,0,k</sub> = 25.60 MPaf<sub>c,0,k</sub> = 32.00 MPaf<sub>v,k</sub> = 3.50 MPaf<sub>t,90,k</sub> = 0.50 MPaf<sub>c,90,k</sub> = 2.50 MPaE<sub>0,moyen</sub> = 14200.00 MPaE<sub>0,05</sub> = 11800.00 MPaG<sub>moyen</sub> = 650.00 MPa

Service class: 1

Beta<sub>c</sub> = 0.10

## SECTION PARAMETERS: 250x250

ht=250 mm

bf=250 mm

tw=125 mm

tf=125 mm

Ay=41667 mm<sup>2</sup>Iy=325520833 mm<sup>4</sup>Wy=2604167 mm<sup>3</sup>Az=41667 mm<sup>2</sup>Iz=325520833 mm<sup>4</sup>Wz=2604167 mm<sup>3</sup>Ax=62500 mm<sup>2</sup>Ix=549152687 mm<sup>4</sup>

## STRESSES

Sig<sub>t,0,d</sub> = N/Ax = -78.80/62500 = -1.26 MPa

## ALLOWABLE STRESSES

f<sub>t,0,d</sub> = 20.12 MPa

## Factors and additional parameters

kh = 1.09

k<sub>mod</sub> = 0.90K<sub>sys</sub> = 1.00

## LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

## BUCKLING PARAMETERS:



About Y axis:



About Z axis:

## VERIFICATION FORMULAS:

Sig<sub>t,0,d</sub>/f<sub>t,0,d</sub> = 1.26/20.12 = 0.06 < 1.00 (6.1)

## LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):



Displacements (GLOBAL SYSTEM):

v<sub>x</sub> = 1 mm < v<sub>max,x</sub> = L/150.00 = 59 mm

Verified

Governing load case: Strekk

v<sub>y</sub> = 0 mm < v<sub>max,y</sub> = L/150.00 = 59 mm

Verified

Governing load case: Trykk

**Section OK !!!**

# Vedlegg 6.22

## Kontroll vindkryss 422 423

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$l := 8.82 \text{ m} \quad b := 250 \text{ mm} \quad h := 250 \text{ mm} \quad A := b \cdot h = 0.063 \text{ m}^2$$

$$P := 78.80 \text{ kN} \quad Kl := 1.0 \quad l_k := l \cdot Kl = 8.82 \text{ m}$$

$$E_{0.05} := 11800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad I := \frac{1}{12} b \cdot h^3 = (3.26 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4 \quad i := \sqrt[2]{\frac{I}{A}} = 0.072 \text{ m}$$

[6.1.2] Strekk-kapasitet:

$$\sigma_{t.0.d} := \frac{P}{A} = 1.261 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

[Tab. 5 NS-EN 14080]  $f_{t.0.k} := 25.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_k := f_{t.0.k} = 25.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Innendørs, ikke oppvarmet -> Klimaklasse 2  $k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.15$

$$(2.17) \quad f_{t.0.d} := f_k \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 20.03 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

(6.1)

$$UF_{t.0} := \frac{\sigma_{t.0.d}}{f_{t.0.d}} = 0.06 < 1.0 \text{ OK!}$$

[6.3.2] Trykk-kapasitet:

$$\sigma_{c.0.d} := \sigma_{t.0.d} = 1.261 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

[Tab. 5 NS-EN 14080]  $f_{c.0.k} := 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_k := f_{c.0.k} = 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$$(2.17) \quad f_{c.0.d} := f_k \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 25.04 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$(6.21) \quad \lambda := \frac{l_k}{i} = 122.21 \quad \lambda_{rel} := \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt[2]{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 2.026$$

$$(6.29) \quad \beta_c := 0.1$$

$$(6.27) \quad k := 0.5 \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2 \right) = 2.64$$

$$(6.25) \quad k_c := \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.23$$

(6.23)

$$UF := \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.22 < 1.0 \text{ OK!}$$

## TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

CODE: EN 1995-1:2004/A2:2014

ANALYSIS TYPE: Member Verification

## CODE GROUP:

MEMBER: 401 Vindkryss\_401  
3.28 mPOINT: 6 COORDINATE:  $x = 0.50 L =$ 

## LOADS:

Governing Load Case: 100 Vind vertikal + horisontal + egenlast tak sør  $(1+36)*1.20+(3+7)*1.50+16*1.05$ 

## MATERIAL GL32h

$gM = 1.15$	$f_{m,0,k} = 32.00 \text{ MPa}$	$f_{t,0,k} = 25.60 \text{ MPa}$	$f_{c,0,k} = 32.00 \text{ MPa}$
$f_{v,k} = 3.50 \text{ MPa}$	$f_{t,90,k} = 0.50 \text{ MPa}$	$f_{c,90,k} = 2.50 \text{ MPa}$	$E_{0,moyen} = 14200.00 \text{ MPa}$
$E_{0,05} = 11800.00 \text{ MPa}$	$G_{moyen} = 650.00 \text{ MPa}$	Service class: 1	Beta c = 0.10



## SECTION PARAMETERS: 250x250 GL32h

$ht = 250 \text{ mm}$	$A_y = 41667 \text{ mm}^2$	$A_z = 41667 \text{ mm}^2$	$A_x = 62500 \text{ mm}^2$
$bf = 250 \text{ mm}$	$I_y = 325520833 \text{ mm}^4$	$I_z = 325520833 \text{ mm}^4$	$I_x = 549152687 \text{ mm}^4$
$tw = 125 \text{ mm}$	$W_y = 2604167 \text{ mm}^3$	$W_z = 2604167 \text{ mm}^3$	
$tf = 125 \text{ mm}$			

## STRESSES

$\text{Sig}_{t,0,d} = N/A_x = -129.75/62500 = -2.08 \text{ MPa}$   
 $\text{Sig}_{m,y,d} = MY/W_y = -1.55/2604167 = -0.59 \text{ MPa}$

## ALLOWABLE STRESSES

$f_{t,0,d} = 21.87 \text{ MPa}$   
 $f_{m,y,d} = 27.33 \text{ MPa}$

## Factors and additional parameters

$kh = 1.09$     $kh_y = 1.09$     $k_{mod} = 0.90$     $K_{sys} = 1.00$



## LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

## BUCKLING PARAMETERS:



About Y axis:



About Z axis:

## VERIFICATION FORMULAS:

$\text{Sig}_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \text{Sig}_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 2.08/21.87 + 0.59/27.33 = 0.12 < 1.00 \quad (6.17)$

## LIMIT DISPLACEMENTS



## Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_{fin,y} = 0 \text{ mm} < u_{fin,max,y} = L/200.00 = 33 \text{ mm}$

Verified

Governing load case:  $(1+0.6)*1 + (1+0.6)*30 + (1+0.3*0.6)*32 + (1+0.6)*34$

$u_{fin,z} = 2 \text{ mm} < u_{fin,max,z} = L/200.00 = 33 \text{ mm}$

Verified

Governing load case:  $(1+0.6)*1 + (1+0.6)*31 + (1+0.6*0.6)*33 + (1+0.6)*35$

$= L/300.00 = 22 \text{ mm}$  Verified

$u_{inst,y} = 0 \text{ mm} < u_{inst,max,y}$

Governing load case:  $1*1 + 1*30 + 1*32 + 1*34$

$u_{inst,z} = 1 \text{ mm} < u_{inst,max,z} = L/300.00 = 22 \text{ mm}$

Verified

Governing load case:  $1*1 + 1*31 + 1*33 + 1*35$



**Displacements (GLOBAL SYSTEM):**

$v_x = 0 \text{ mm} < v_{\max,x} = L/150.00 = 44 \text{ mm}$

Verified

**Governing load case:** Dekke kontor (1+30+32+34)\*1.00

$v_y = 0 \text{ mm} < v_{\max,y} = L/150.00 = 44 \text{ mm}$

Verified

**Governing load case:** Dekke kontor (1+30+32+34)\*1.00

---

**Section OK !!!**

## TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

**CODE:** EN 1995-1:2004/A2:2014

**ANALYSIS TYPE:** Member Verification

**CODE GROUP:**

**MEMBER:** 401 Vindkryss\_401  
3.28 m

**POINT:** 6 **COORDINATE:** x = 0.50 L =

**LOADS:**

*Governing Load Case:* 102 Vind vertikal + horisontal + egenlast tak nord (1+36)\*1.20+(5+9)\*1.50+16\*1.05

**MATERIAL** GL32h

gM = 1.15	f <sub>m,0,k</sub> = 32.00 MPa	f <sub>t,0,k</sub> = 25.60 MPa	f <sub>c,0,k</sub> = 32.00 MPa
f <sub>v,k</sub> = 3.50 MPa	f <sub>t,90,k</sub> = 0.50 MPa	f <sub>c,90,k</sub> = 2.50 MPa	E <sub>0,moyen</sub> = 14200.00 MPa
E <sub>0,05</sub> = 11800.00 MPa	G <sub>moyen</sub> = 650.00 MPa	Service class: 1	Beta <sub>c</sub> = 0.10



**SECTION PARAMETERS:** 250x250 GL32h

ht=250 mm			
bf=250 mm	A <sub>y</sub> =41667 mm <sup>2</sup>	A <sub>z</sub> =41667 mm <sup>2</sup>	A <sub>x</sub> =62500 mm <sup>2</sup>
tw=125 mm	I <sub>y</sub> =325520833 mm <sup>4</sup>	I <sub>z</sub> =325520833 mm <sup>4</sup>	I <sub>x</sub> =549152687 mm <sup>4</sup>
tf=125 mm	W <sub>y</sub> =2604167 mm <sup>3</sup>	W <sub>z</sub> =2604167 mm <sup>3</sup>	

**STRESSES**

Sig<sub>c,0,d</sub> = N/A<sub>x</sub> = 121.80/62500 = 1.95 MPa  
Sig<sub>m,y,d</sub> = MY/W<sub>y</sub> = 1.55/2604167 = 0.59 MPa

**ALLOWABLE STRESSES**

f<sub>c,0,d</sub> = 25.04 MPa  
f<sub>m,y,d</sub> = 27.33 MPa

**Factors and additional parameters**

kh = 1.09 kh<sub>y</sub> = 1.09 k<sub>mod</sub> = 0.90 K<sub>sys</sub> = 1.00



**LATERAL BUCKLING PARAMETERS:**

**BUCKLING PARAMETERS:**



About Y axis:

LY = 6.56 m      Lambda Y = 90.85  
Lambda<sub>rel</sub> Y = 1.51      k<sub>y</sub> = 1.69  
LFY = 6.56 m      key = 0.40



About Z axis:

LZ = 6.56 m      Lambda Z = 90.85  
Lambda<sub>rel</sub> Z = 1.51      k<sub>z</sub> = 1.69  
LFZ = 6.56 m      kcz = 0.40

**VERIFICATION FORMULAS:**

Sig<sub>c,0,d</sub>/(k<sub>c,y</sub>\*f<sub>c,0,d</sub>) + Sig<sub>m,y,d</sub>/f<sub>m,y,d</sub> = 1.95/(0.40\*25.04) + 0.59/27.33 = 0.21 < 1.00 (6.23)

**LIMIT DISPLACEMENTS**



**Deflections (LOCAL SYSTEM):**

u <sub>fin,y</sub> = 0 mm	<	u <sub>fin,max,y</sub> = L/200.00 = 33 mm	Verified
<b>Governing load case:</b>		(1+0.6)*1 + (1+0.6)*30 + (1+0.3*0.6)*32 + (1+0.6)*34	
u <sub>fin,z</sub> = 2 mm	<	u <sub>fin,max,z</sub> = L/200.00 = 33 mm	Verified
<b>Governing load case:</b>		(1+0.6)*1 + (1+0.6)*31 + (1+0.6*0.6)*33 + (1+0.6)*35	u <sub>inst,y</sub> = 0 mm < u <sub>inst,max,y</sub>
= L/300.00 = 22 mm		Verified	
<b>Governing load case:</b>		1*1 + 1*30 + 1*32 + 1*34	
u <sub>inst,z</sub> = 1 mm	<	u <sub>inst,max,z</sub> = L/300.00 = 22 mm	Verified

**Governing load case:**  $1*1 + 1*31 + 1*33 + 1*35$



**Displacements (GLOBAL SYSTEM):**

$v_x = 0 \text{ mm} < v_{\max,x} = L/150.00 = 44 \text{ mm}$

Verified

**Governing load case:** Dekke kontor  $(1+30+32+34)*1.00$

$v_y = 0 \text{ mm} < v_{\max,y} = L/150.00 = 44 \text{ mm}$

Verified

**Governing load case:** Dekke kontor  $(1+30+32+34)*1.00$

---

**Section OK !!!**

# Vedlegg 6.25

## Kontroll skråstav 401

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$l := 6.56 \text{ m} \quad b := 250 \text{ mm} \quad h := 250 \text{ mm} \quad A := b \cdot h = 0.063 \text{ m}^2$$

$$Kl := 1.0 \quad l_k := l \cdot Kl = 6.56 \text{ m}$$

$$E_{0.05} := 11800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad I := \frac{1}{12} b \cdot h^3 = (3.26 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4 \quad i := \sqrt[2]{\frac{I}{A}} = 0.072 \text{ m}$$

[6.1.2] Strekk-kapasitet:

Dimensjonerende lastbilde; Case 100 (Vind vertikal + horisontal + egenlast tak)

$$\begin{aligned} \text{[Tab. 5 NS-EN 14080]} \quad P_{\text{strekk}} &:= 128.22 \text{ kN} & \sigma_{t.0.d} &:= \frac{P_{\text{strekk}}}{A} = 2.052 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ f_{t.0.k} &:= 25.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} & f_k &:= f_{t.0.k} = 25.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

Innendørs, oppvarmet -> Klimaklasse 1

$$(2.17) \quad k_{\text{mod}} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.15$$

$$f_{t.0.d} := f_k \cdot \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} = 20.03 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$(6.1) \quad UF_{t.0} := \frac{\sigma_{t.0.d}}{f_{t.0.d}} = 0.1 < 1.0 \text{ OK!}$$

[6.3.2] Trykk-kapasitet:

Dimensjonerende lastbilde; Case 100 (Vind vertikal + horisontal + egenlast tak)

$$\begin{aligned} \text{[Tab. 5 NS-EN 14080]} \quad P_{\text{trykk}} &:= 118.82 \text{ kN} & \sigma_{c.0.d} &:= \frac{P_{\text{trykk}}}{A} = 1.901 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ f_{c.0.k} &:= 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} & f_k &:= f_{c.0.k} = 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

$$(2.17) \quad f_{c.0.d} := f_k \cdot \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} = 25.04 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$(6.21) \quad \lambda := \frac{l_k}{i} = 90.9 \quad \lambda_{\text{rel}} := \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 1.507$$

$$(6.29) \quad \beta_c := 0.1$$

$$(6.27) \quad k := 0.5 \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}}^2 \right) = 1.7$$

$$(6.25) \quad k_c := \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{\text{rel}}^2}} = 0.4$$

$$(6.23) \quad UF := \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.19 < 1.0 \text{ OK!}$$

## Vedlegg 6.26

### Knutepunkt - fundament til stav 134 - innslisset stålplate med dybler

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

Treteknisk Håndbok Mekaniske treforbindelser

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_m := 1.3$$

Søyledimensjoner:

$$b_{søyle} := 300 \text{ mm} \quad h_{søyle} := 300 \text{ mm}$$

$$b_{plate} := 300 \text{ mm} \quad h_{plate} := 480 \text{ mm}$$

Opptredende krefter:

$$N_{Ed} := 240.45 \text{ kN} \quad \text{case 102}$$

$$F_{Ey} := 22.30 \text{ kN} \quad \text{case 103}$$

$$F_{Ex} := N_{Ed} = 240.45 \text{ kN} \quad F_{Ez} := 0 \text{ kN}$$

$$F_E := \sqrt{F_{Ex}^2 + F_{Ey}^2} = 241.48 \text{ kN} \quad t_s := 6 \text{ mm} \quad d := 24 \text{ mm}$$

$$[8.2.3] \quad \text{Forhold\_spiker\_plate} := 0.5 \cdot d = 12 \text{ mm} \quad \text{--> stålplate defineres tynt}$$

$$\text{hulldiameter\_stålplate} := 1.1 \cdot d = 26.4 \text{ mm} \quad \text{--> maksimal hulldiameter stålplate}$$

Resultantkraften FE står 5,3 grader på fiberretning etter  $\tan^{-1}(22.30/240.45)=5.3$ .  
Velger derfor kapasitetstabell der kraften virker i fiberretning. velger  $t_1=140\text{mm}$ .

[Tabell 5.7, håndbok for mekanisk forbindelse  $t_1=140$  ]

$$F_{vRk} := 64688 \text{ N} \quad F_{vRd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{vRk}}{\gamma_m} = 44.78 \text{ kN}$$

Nødvendig antall dybler:

$$n_{nødvendig} := \frac{F_E}{F_{vRd}} = 5.39$$

Velger 9 stk. 24 mm.

$$n := 3$$

Kvalitet 4.6. Tre rader med 3 dybler i fiberretning.

$d > 6 \text{ mm}$  --> må forborre?



Kontroll avstander: [Tabell 8.4]

$$a_1 := 5 \cdot d = 120 \text{ mm}$$

$$a_2 := 3 \cdot d = 72 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} := 7 \cdot d = 168 \text{ mm}$$

$$a_{3,c} := 3 \cdot d = 72 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} := 4 \cdot d = 96 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} := 3 \cdot d = 72 \text{ mm}$$

Kommentar: Velger avstander lik minimumsavstandene. hullene forbores på fabrikk. derfor kan vi anta stor nøyaktighet.

Antar ubelastet kant pga veldig lite skjærkraft.

$a < 14d \rightarrow$  må sjekke for gruppeeffekt

$$n := 3$$

$$(8.34) \quad n_{ef} := \min \left( n, n^{0.9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right) = 2.12$$

$$\text{reduksjonsbidrag} := \frac{n_{ef}}{n} = 0.71$$

$$F_{vRd.red} := F_{vRd} \cdot (\text{reduksjonsbidrag}) = 31.6 \text{ kN}$$

$$F_{vRd.tot} := F_{vRd.red} \cdot 9 = 284.39 \text{ kN} > 241.48 \text{ kN} \Rightarrow \text{ok}$$

Kontroll uttrekks- og pluggskjærbrudd:

$$l_{t,1} := a_2 - d = 48 \text{ mm} \quad l_{t,2} := a_2 - d = 48 \text{ mm}$$

$$L_{net,t} := l_{t,1} + l_{t,2} = 96 \text{ mm}$$

$$l_{v,1} := a_{3,c} - \frac{d}{2} = 60 \text{ mm} \quad l_{v,2} := a_1 - d = 96 \text{ mm} \quad l_{v,3} := a_1 - d = 96 \text{ mm}$$

$$L_{net,v} := l_{v,1} \cdot 2 + l_{v,2} \cdot 2 + l_{v,3} \cdot 2 = 504 \text{ mm}$$

$$t_1 := 300 \text{ mm} \quad f_{t,0,k} := 25.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{v,k} := 3.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_{net,t} := L_{net,t} \cdot t_1 = (2.88 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$A_{net,v} := L_{net,v} \cdot t_1 = (1.51 \cdot 10^5) \text{ mm}^2$$

$$F_{bs,Rk} := \max(1.5 \cdot A_{net,t} \cdot f_{t,0,k}, 0.7 \cdot A_{net,v} \cdot f_{v,k}) = (1.11 \cdot 10^3) \text{ kN} > 241.48 \text{ kN}$$

Kapasitet for uttrekks- og pluggskjærbrudd er ok.

## Kontroll stålplate

Kvalitet: S355

$$f_y := 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_{M0} := 1.05$$

$$A_{plate} := b_{plate} \cdot h_{plate} = (1.44 \cdot 10^5) \text{ mm}^2$$

$$H_{red} := h_{plate} - 3 \cdot d = 408 \text{ mm}$$

$$A_{red} := b_{plate} \cdot t_s = (1.8 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$F_E = 241.48 \text{ kN} \quad F_{VEd} := 0 \text{ kN}$$

$$F_{NRd} := A_{red} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 608.57 \text{ kN} \quad > F_E = 241.48 \text{ kN} \Rightarrow \text{ok}$$

$$M_{Ed} := F_{VEd} \cdot \frac{h_{plate}}{2} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$n_{plate} := \frac{F_E}{F_{NRd}} = 0.4$$

## Vedlegg 6.27

### Knutepunkt - fundament til stav 132 - innslisset stålplate med dybler

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

Treteknisk Håndbok Mekaniske treforbindelser

(Tab 3.1)  $k_{mod} := 0.9$

(Tab NA.2.3)  $\gamma_m := 1.3$

Søyledimensjoner:

$$b_{søyle} := 300 \text{ mm} \quad h_{søyle} := 300 \text{ mm}$$

$$b_{plate} := 300 \text{ mm} \quad h_{plate} := 350 \text{ mm}$$

Opptredende krefter:

$$N_{Ed} := 176.49 \text{ kN} \quad \text{case 117}$$

$$F_{Ey} := 0 \text{ kN} \quad \text{case alle}$$

$$F_{Ex} := N_{Ed} = 176.49 \text{ kN} \quad F_{Ez} := 0 \text{ kN}$$

$$F_E := \sqrt{F_{Ex}^2 + F_{Ey}^2} = 176.49 \text{ kN} \quad t_s := 6 \text{ mm} \quad d := 24 \text{ mm}$$

$$\text{Forhold\_spiker\_plate} := 0.5 \cdot d = 12 \text{ mm} \quad \text{--> stålplate defineres tynn} \quad [8.2.3]$$

[Tabell 5.7, håndbok for  $F_{vRk} := 64688 \text{ N}$   
mekanisk forbindelse  
t1=140 ]

$$(2.17) \quad F_{vRd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{vRk}}{\gamma_m} = 44.784 \text{ kN}$$

Nødvendig antall dybler:

$$n_{nødvendig} := \frac{F_E}{F_{vRd}} = 3.941 \quad \text{Velger 6 stk. 24 mm.} \quad n := 2$$

Kvalitet 4.6. Tre rader med 2  
dybler i fiberretning.

$d > 6 \text{ mm}$  --> må forborre

[Tabell 8.4] Kontroll avstander:

$a_1 := 5 \cdot d = 120 \text{ mm}$	I fiberretning	Kommentar: Velger avstander lik minimumsavstandene. hullene forbores på fabrikk. derfor kan vi anta stor nøyaktighet.
$a_2 := 3 \cdot d = 72 \text{ mm}$	Vinkelrett på fiberretning	
$a_{3,t} := 7 \cdot d = 168 \text{ mm}$	Belastet ende	
$a_{3,c} := 3 \cdot d = 72 \text{ mm}$	Ubelastet ende	
$a_{4,t} := 4 \cdot d = 96 \text{ mm}$	Belastet kant	
$a_{4,c} := 3 \cdot d = 72 \text{ mm}$	Ubelastet kant	

Antar ubelastet kant pga veldig lite skjærkraft.

$a < 14d \rightarrow$  må sjekke for gruppeeffekt

$$n := 2$$

$$(8.34) \quad n_{ef} := \min\left(n, n^{0.9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}}\right) = 1.47$$

$$\text{reduksjonsbidrag} := \frac{n_{ef}}{n} = 0.735$$

$$F_{vRd.red} := F_{vRd} \cdot (\text{reduksjonsbidrag}) = 32.906 \text{ kN}$$

$$F_{vRd.tot} := F_{vRd.red} \cdot 6 = 197.437 \text{ kN} > 176.49 \text{ kN} \Rightarrow \text{ok}$$

[Tillegg A] Kontroll uttrekks- og pluggskjærbrudd:

$$(fig A.1) \quad l_{t,1} := a_2 - d = 48 \text{ mm} \quad l_{t,2} := a_2 - d = 48 \text{ mm}$$

$$(A.5) \quad L_{net,t} := l_{t,1} + l_{t,2} = 96 \text{ mm}$$

$$(fig A.1) \quad l_{v,1} := a_{3,t} - \frac{d}{2} = 156 \text{ mm} \quad l_{v,2} := a_1 - d = 96 \text{ mm}$$

$$(A.4) \quad L_{net,v} := l_{v,1} \cdot 2 + l_{v,2} \cdot 2 = 504 \text{ mm}$$

$$t_1 := 300 \text{ mm} \quad f_{t,0,k} := 25.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{v,k} := 3.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$(A.2) \quad A_{net,t} := L_{net,t} \cdot t_1 = (2.88 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$(A.3) \quad A_{net,v} := L_{net,v} \cdot t_1 = (1.512 \cdot 10^5) \text{ mm}^2$$

$$(A.1) \quad F_{bs,Rk} := \max(1.5 \cdot A_{net,t} \cdot f_{t,0,k}, 0.7 \cdot A_{net,v} \cdot f_{v,k}) = (1.106 \cdot 10^3) \text{ kN} > 241.48 \text{ kN}$$

Kapasitet for uttrekks- og pluggskjærbrudd er ok.

Kontroll stålplate etter eurokode 3

Kvalitet: S355

$$f_y := 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad A_{\text{plate}} := b_{\text{plate}} \cdot h_{\text{plate}} = (1.05 \cdot 10^5) \text{ mm}^2$$

$$H_{\text{red}} := h_{\text{plate}} - 3 \cdot d = 278 \text{ mm} \quad A_{\text{red}} := b_{\text{plate}} \cdot t_s = (1.8 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$\text{(NA.6.1(1)2B)} \quad \gamma_{M0} := 1.05$$

$$F_E = 176.49 \text{ kN} \quad F_{VEd} := 0 \text{ kN}$$

$$\text{(6.6)} \quad F_{NRd} := A_{\text{red}} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 608.571 \text{ kN} > F_E = 176.49 \text{ kN} \Rightarrow \text{ok}$$

$$M_{Ed} := F_{VEd} \cdot \frac{h_{\text{plate}}}{2} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$n_{\text{plate}} := \frac{F_E}{F_{NRd}} = 0.29$$

# Vedlegg 6.28

Dimensjonering strekkstag

$$N_{Ed} := 241 \text{ kN} \quad \gamma_{M0} := 1.05 \quad f_y := 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$N_{Rd} := N_{Ed} = 241 \text{ kN}$$

$$(6.6) \quad A := \frac{N_{Rd} \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = 712.8 \text{ mm}^2$$

$$r := \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 15.1 \text{ mm}$$

$$d := 2 \cdot r = 30.1 \text{ mm} \quad d_{stag} := 36 \text{ mm}$$

Kontroll knutepunkt

$$F_{Edbolt} := \frac{N_{Ed}}{4} = 60.3 \text{ kN}$$

Velger 4 M14 bolt

$$(\text{Stålkonstruksjoner Profiler og formler}) \quad F_{Rdbolt} := 66.2 \text{ kN}$$

$$F_{Rdtotal} := 4 \cdot F_{Rdbolt} = 264.8 \text{ kN} > 241 \text{ kN} \Rightarrow \text{ok!}$$

Avstander

$$d_0 := 14 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = 15 \text{ mm}$$

$$e1 := 1.2 \cdot d_0 = 18 \text{ mm} \quad p1 := 2.2 \cdot d_0 = 33 \text{ mm}$$

$$e2 := e1 = 18 \text{ mm} \quad p2 := 2.4 \cdot d_0 = 36 \text{ mm}$$

Så små avstandskrav at vi ser lett at det ikke blir noe problem.

Kontroll i topp      Strekkapasitet bolt M24 = 254.2 kN

$$r_{M24} := \frac{24}{2} \text{ mm} \quad A_{M24} := \pi \cdot r_{M24}^2 = 452.4 \text{ mm}^2$$

Nødvendig areal i stålstag       $A_{nødv} := A + A_{M24} = (1.2 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$

$$r_{nødv} := \sqrt{\frac{A_{nødv}}{\pi}} = 19.3 \text{ mm} \quad d_{nødv} := 2 \cdot r_{nødv} = 38.5 \text{ mm}$$

Velger stålstag med diameter lik 40 mm

### Kontroll sveis

$$a := 9 \text{ mm} \quad L_{sveis} := \pi \cdot d_{n\odot dv} = 121 \text{ mm}$$

$$\text{(Tab 4.1)} \quad \beta_w := 0.9$$

$$f_u := 490 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{(NA 6.1)} \quad \gamma_{M2} := 1.25$$

$$\text{(4.4)} \quad f_{vw.d} := \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 251.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{(4.3)} \quad F_{w.Rd} := f_{vw.d} \cdot a \cdot L_{sveis} = 273.9 \text{ kN}$$

### Kontroll hevarmeffekt

$$L_{eff} := 300 \text{ mm} \quad h_{plate} := 35 \text{ mm} \quad L_{plate} := 400 \text{ mm} \quad W_{plate} := \frac{1}{6} \cdot L_{eff} \cdot h_{plate}^2$$

$$M_{Ed} := \frac{N_{Ed}}{2} \cdot 175 \text{ mm} = 21.1 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad V_{Ed} := \frac{N_{Ed}}{2} = 120.5 \text{ kN}$$

$$\sigma_x := \frac{M_{Ed}}{W_{plate}} = 344.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed}}{L_{eff} \cdot h_{plate}} = 17.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$Vonmises := \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot \tau^2} = 345.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

### Kontroll tresøyle med redusert tverrsnitt

$$A_{tre} := 300 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm} = (9 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$A_{red} := A_{tre} - A_{n\odot dv} = (8.9 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c0d} := \frac{500 \text{ kN}}{A_{red}} = 5.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c0d} := 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{0.8}{1.15} = 22.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

## Vedlegg 6.29

### Sveist bjelkesko med plater for innslissing

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

Treteknisk Håndbok Mekaniske treforbindelser

Bjelke 207

Case 109 for skjær og 100 for strekk

$$F_{VEd} := 82.47 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 34.23 \text{ kN} \quad k_{mod} := 0.8$$

$$H_{bjelke} := 400 \text{ mm} \quad B_{bjelke} := 300 \text{ mm}$$

$$B_{bunnplate} := 300 \text{ mm} \quad H_{bunnplate} := 150 \text{ mm} \quad B_{bakplate} := 300 \text{ mm} \quad H_{bakplate} := 400 \text{ mm}$$

Kontroll kontaktrykk mellom bjelke og bunnplate

$$F_{c.90.d} := F_{VEd} \quad A_{ef} := B_{bunnplate} \cdot H_{bunnplate}$$

$$(6.4) \quad \sigma_{c.90.d} := \frac{F_{c.90.d}}{A_{ef}} = 1.833 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$(6.1 .5 (4)) \quad L_{bjelke} := 6.3 \text{ m} \quad 2 \cdot H_{bjelke} = 800 \text{ mm}$$

$$l_1 := 6.3 \text{ m} - 2 \cdot H_{bunnplate} = (6 \cdot 10^3) \text{ mm} \quad l_1 > 2 \cdot H_{bjelke}$$

$$k_{c.90} := 1.75$$

$$f_{c.90.k} := 2.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_m := 1.15$$

$$f_{c.90.d} := f_{c.90.k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 1.739 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$(6.3) \quad k_{c.90} \cdot f_{c.90.d} = 3.043 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > \sigma_{c.90.d} = 1.833 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



Kontroll skjærkapasitet dybler

$$d := 16 \text{ mm} \quad t1 := 140 \text{ mm}$$

$$F_{vRk} := 34785 \text{ N} \quad F_{vRd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{vRk}}{\gamma_m} = 24.198 \text{ kN} \quad [\text{Tabell 5.7, håndbok for mekanisk forbindelse}]$$

Nødvendig antall dybler:

$$n_{n\ddot{o}dvendig} := \frac{N_{Ed}}{F_{vRd}} = 1.415$$

Velger 2 M16 dybler

$$2 \cdot F_{vRd} = 48.397 \text{ kN} > 36.32 \text{ kN}$$

Kontroll avstander:

$$a_1 := 5 \cdot d = 80 \text{ mm} \quad \text{I fiberretning}$$

$$a_2 := 3 \cdot d = 48 \text{ mm} \quad \text{Vinkelrett på fiberretning}$$

$$a_{3,t} := 7 \cdot d = 112 \text{ mm} \quad \text{Belastet ende}$$

Avstander ok

$$a_{3,c} := 3 \cdot d = 48 \text{ mm} \quad \text{Ubelastet ende}$$

$$a_{4,t} := 4 \cdot d = 64 \text{ mm} \quad \text{Belastet kant}$$

$$a_{4,c} := 3 \cdot d = 48 \text{ mm} \quad \text{Ubelastet kant}$$

Kontroll uttrekks- og pluggskjærbrudd:

$$l_{t.1} := a_2 - d = 32 \text{ mm}$$

$$L_{net.t} := l_{t.1} = 32 \text{ mm}$$

$$l_{v.1} := a_{3.c} - \frac{d}{2} = 40 \text{ mm} \quad l_{v.2} := a_{3.c} - d = 32 \text{ mm}$$

$$L_{net.v} := l_{v.1} + l_{v.2} = 72 \text{ mm}$$

$$t_1 := 300 \text{ mm} \quad f_{t.0.k} := 25.6 \frac{N}{mm^2} \quad f_{v.k} := 3.5 \frac{N}{mm^2}$$

$$(A.2) \quad A_{net.t} := L_{net.t} \cdot t_1 = (9.6 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$f_{u.k} := 400 \frac{\frac{N}{mm^2}}{\frac{N}{mm^2}}$$

$$\rho := 440 \frac{kg}{m^3} \quad \rho_k := \frac{\rho}{m^3} \quad d := \frac{d}{mm}$$

$$(8.32) \quad f_{h0k} := 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k = 30.307$$

$$(8.33) \quad k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d = 1.59$$

$$(8.31) \quad f_{h.k} := \frac{f_{h0k}}{k_{90} \cdot (\sin(90))^2 + (\cos(90))^2} = 20.595$$

$$(8.30) \quad M_{y.Rk} := 0.3 \cdot f_{u.k} \cdot d^{2.6} = 1.621 \cdot 10^5$$

$$(A.6 \text{ bruddform b}) \quad t_{ef} := 1.4 \cdot \sqrt{\frac{M_{y.Rk}}{f_{h.k} \cdot d}} = 31.055 \quad t_{ef} := 29.428 \text{ mm}$$

$$A_{net.v} := \frac{L_{net.v}}{2} \cdot (L_{net.t} + 2 \cdot t_{ef}) = (3.271 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$F_{bs.Rk} := \max(1.5 \cdot A_{net.t} \cdot f_{t.0.k}, 0.7 \cdot A_{net.v} \cdot f_{v.k}) = 368.64 \text{ kN}$$

Kapasitet for uttrekks- og pluggskjærbrudd er ok.

Kontroll skjærkapasitet skruer i bakplate

$d_{skruer} := 20 \text{ mm}$  Forankring = 6d tykk stålplate [Tabell 6.24, håndbok for mekanisk forbindelse]

$$F_{vrkskrue} := 20913 \text{ N} \quad F_{vrdskrue} := F_{vrkskrue} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 14.548 \text{ kN}$$

Nødvendig antall skruer  $n := \frac{F_{VEd}}{F_{vrdskrue}} = 5.669$  Velger 10 skruer,  
2 rader med 5 skruer

Avstander tabell 6.5 i mekaniske forbindelser

$a_1 := 4 \cdot d_{skruer} = 80 \text{ mm}$  I fiberretning

$a_2 := 4 \cdot d_{skruer} = 80 \text{ mm}$  Vinkelrett på fiberretning

$a_{3t} := 7 \cdot d_{skruer} = 140 \text{ mm}$  Belastet ende

$a_{3c} := 4 \cdot d_{skruer} = 80 \text{ mm}$  Ubelastet ende

$a_{4t} := 4 \cdot d_{skruer} = 80 \text{ mm}$  Belastet kant

$a_{4c} := 3 \cdot d_{skruer} = 60 \text{ mm}$  Ubelastet kant

$a < 14d \rightarrow$  må sjekke for gruppeeffekt

Skruer på en rad i fiberretning  $n := 5$

$$n_{ef} := \min \left( n, n^{0.9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d_{skruer}}} \right) = 3.17$$

$$\text{kapasitetsfaktor} := \frac{n_{ef}}{n} = 0.634$$

$$F_{vRd.red} := F_{vrdskrue} \cdot (\text{kapasitetsfaktor}) = 9.224 \text{ kN}$$

$$F_{vRd.tot.skjær} := F_{vRd.red} \cdot 10 = 92.245 \text{ kN} > 82.47 \text{ kN} \Rightarrow \text{ok}$$

## Kontroll uttrekkskapasitet skrue

$$d_{skrue} := 20 \text{ mm} \quad \text{Forankringslengde} := 6 \cdot d_{skrue} = 120 \text{ mm} \quad [\text{Tabell 6.30, håndbok for mekanisk forbindelse}]$$

$$F_{vrkskrue} := 22520 \text{ N} \quad F_{vrdskrue} := F_{vrkskrue} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 15.666 \text{ kN}$$

$$\text{Nødvendig antall skruer} \quad n := \frac{N_{Ed}}{F_{vrdskrue}} = 2.185 \quad \text{Har 10 skruer fra før}$$

Avstander etter tabell 8.6

$$a_1 := 7 \cdot d_{skrue} = 140 \text{ mm} \quad \text{Fiberretning}$$

$$a_2 := 5 \cdot d_{skrue} = 100 \text{ mm} \quad \text{Vinkelrett på fiberretning}$$

$$a_{1.cg} := 10 \cdot d_{skrue} = 200 \text{ mm} \quad \text{Enden}$$

$$a_{s.cg} := 4 \cdot d_{skrue} = 80 \text{ mm} \quad \text{Kant}$$

$a < 14d$  --> må sjekke for gruppeeffekt

Skruer på en rad i fiberretning  $n := 5$

$$n_{ef} := \min \left( n, n^{0.9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d_{skrue}}} \right) = 3.646$$

$$\text{nykapasitet} := \frac{n_{ef}}{n} = 0.729$$

$$F_{vRd.red} := F_{vrdskrue} \cdot (\text{nykapasitet}) = 11.425 \text{ kN}$$

$$F_{vRd.tot.aksial} := F_{vRd.red} \cdot 10 = 114.249 \text{ kN} > 34.23 \text{ kN} \Rightarrow \text{ok}$$

Kontroll eksentrisitetsmoment skruer

$$F_{VEd} = 82.47 \text{ kN}$$

$e := 112 \text{ mm}$  belastet ende for dybler

$arm := 344 \text{ mm}$  fra øverste skruer til bunnplaten - konservativt

Moment tas som kraftpar i skruene

$$M_{Ed} := F_{VEd} \cdot e = 9.237 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{strekk} := \frac{M_{Ed}}{arm} = 26.851 \text{ kN} < F_{d,t} := 203.3 \text{ kN} \quad (\text{blåbok}) \text{ Ok}$$

Kontroll interaksjon mellom skjær og uttrekk for skruene

$$F_{ax.Ed} := N_{Ed} = 34.23 \text{ kN}$$

$$F_{v.Ed} := F_{VEd} = 82.47 \text{ kN}$$

$$F_{ax.Rd} := F_{vRd.tot.aksial} = 114.249 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rd} := F_{vRd.tot.skjær} = 92.245 \text{ kN}$$

$$(8.28) \quad \left( \frac{F_{ax.Ed}}{F_{ax.Rd}} \right)^2 + \left( \frac{F_{v.Ed}}{F_{v.Rd}} \right)^2 = 0.889 < 1.0 \text{ ok}$$

Kontroll kontaktrykk mellom bakplate og søyle

$$B_{\text{bakplate}} := 200 \text{ mm} \quad H_{\text{bakplate}} := 200 \text{ mm}$$

$$F_{c.90.d} := 16.8 \text{ kN} \quad A_{ef} := B_{\text{bakplate}} \cdot H_{\text{bakplate}}$$

$$(6.4) \quad \sigma_{c.90.d} := \frac{F_{c.90.d}}{A_{ef}} = 0.42 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_{c.90} := 1.0 \quad \text{Spørre om denne}$$

$$f_{c.90.k} := 2.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_m := 1.15$$

$$f_{c.90.d} := f_{c.90.k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 1.739 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$(6.3) \quad k_{c.90} \cdot f_{c.90.d} = 1.739 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > \sigma_{c.90.d} = 0.42 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Ok}$$

Kontroll splittingsbrudd - Ikke aktuell

$$b := 300 \frac{\text{mm}}{1 \text{ mm}} \quad h_e := 100 \frac{\text{mm}}{\text{mm}} \quad h := b = 300 \frac{1}{\text{mm}} \cdot \text{mm}$$

$$(8.5) \quad w := 1.0$$

$$(8.4) \quad F_{90.Rk} := 14 \cdot b \cdot w \cdot \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 5.144 \cdot 10^4 \quad F_{vEd} := N_{Ed} = (3.423 \cdot 10^4) \text{ N}$$

## Kontroll bunnplate

$$F_{VEd} = 82.47 \text{ kN} \quad N_{Ed} = 34.23 \text{ kN} \quad f_y := 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_{m0} := 1.05$$

$$B_{bunnplate} := 300 \text{ mm} \quad H_{bunnplate} = 150 \text{ mm} \quad t_{bunnplate} := 35 \text{ mm}$$

Får ikke moment fordi skjærkraften oppstår i bjelkeenden som flukter med bakplaten

$$V_{Ed} := F_{VEd} = 82.47 \text{ kN}$$

$$\text{Forenklet skjærkapasitet} \quad V_{Rd} := \frac{2}{3} \cdot \frac{B_{bunnplate} \cdot t_{bunnplate} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = (1.366 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

God kapasitet for skjær

$$M_{Edbunnplate} := F_{VEd} \cdot e = 9.237 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{bunnplate} := \frac{1}{6} \cdot B_{bunnplate} \cdot (t_{bunnplate})^2 = (6.125 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

$$M_{Rdbunnplate} := \frac{W_{bunnplate} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 20.708 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad > 9.237 \text{ kNm} \Rightarrow \text{ok}$$

## Kontroll bakplate

$$B_{bakplate} := 300 \text{ mm} \quad H_{bakplate} := 400 \text{ mm}$$

Får kun kontaktrykk mot søylen fra en liten trykkraft som kan neglisjeres.  
Antar at bakplaten holder med en tykkelse på 20 mm

## Kontroll sveiser

Forenklet metode

$$f_u := 490 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \beta_w := 0.9 \quad \gamma_{m2} := 1.25 \quad a := 3 \text{ mm} \quad L_{sveis} := 300 \text{ mm}$$

$$(4.4) \quad f_{vw.d} := \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = 251.468 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$(4.3) \quad F_{w.Rd} := f_{vw.d} \cdot a \cdot L_{sveis} = 226.321 \text{ kN} \quad > 189.61 \text{ kN} \Rightarrow \text{ok}$$

$$\text{Kontroll lang sveis etter (4.11(3))}: \quad 150 \cdot a = 450 \text{ mm} \quad > L_{sveis} = 300 \text{ mm} \quad \text{ok}$$

# Vedlegg 6.30

## Søyletopp knutepunkt

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

Treteknisk Håndbok Mekaniske treforbindelser

Bjelke 309 og søyle 104

Dimensjoner

$$B_{bjelke} := 300 \text{ mm} \quad H_{bjelke} := 500 \text{ mm} \quad B_{søyle} := 300 \text{ mm} \quad H_{søyle} := 300 \text{ mm}$$

$$k_{mod} := 0.9$$

Krefter

$$V_{Edsug} := 106.76 \text{ kN} \quad \text{Sug oppadrettet case 100}$$

$$V_{Edtrykk} := 63.43 \text{ kN} \quad \text{Trykk fra bjelke til søyle case 113}$$

$$H_{Edtrykk} := 91.17 \text{ kN} \quad \text{Trykk i bjelke case 100}$$

$$H_{Edstrekk} := 47.41 \text{ kN} \quad \text{Strekk i bjelke case 101}$$

Kontroll kontakttrykk mellom bjelke og bunnplate

$$F_{c.90.d} := V_{Edtrykk} = (6.343 \cdot 10^4) \text{ N} \quad A_{ef} := H_{søyle} \cdot B_{søyle}$$

$$(6.4) \quad \sigma_{c.90.d} := \frac{F_{c.90.d}}{A_{ef}} = 0.705 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$(6.1 .5 (4)) \quad L_{bjelke} := 6.46 \text{ m} \quad 2 \cdot H_{bjelke} = (1 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$l_1 := 6.46 \text{ m} - 2 \cdot H_{søyle} = (5.86 \cdot 10^3) \text{ mm} \quad l_1 > 2 \cdot H_{bjelke}$$

$$k_{c.90} := 1.75$$

$$f_{c.90.k} := 2.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_m := 1.15$$

$$f_{c.90.d} := f_{c.90.k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 1.957 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$(6.3) \quad k_{c.90} \cdot f_{c.90.d} = 3.424 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > \sigma_{c.90.d} = 0.705 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



$$\text{Antall bolter } n := 8 \quad d_{\text{bolt}} := 20 \text{ mm} \quad d_0 := d_{\text{bolt}} + 2 \text{ mm} = 22 \text{ mm}$$

$$e := 290 \text{ mm} \quad r_x := 0 \text{ mm}$$

$$r_{y1} := 150 \text{ mm} \quad r_{y2} := 50 \text{ mm} \quad r_{y3} := r_{y2} = 50 \text{ mm} \quad r_{y4} := r_{y1} = 150 \text{ mm}$$

$$r_{y5} := 150 \text{ mm} \quad r_{y6} := 50 \text{ mm} \quad r_{y7} := r_{y6} = 50 \text{ mm} \quad r_{y8} := r_{y5} = 150 \text{ mm}$$

$$(14-34) \quad I_p := 4 \cdot (r_{y1})^2 + 4 \cdot (r_{y2})^2 = (1 \cdot 10^5) \text{ mm}^2$$

$$(14.32) \quad F_y := \frac{V_{\text{Edsug}}}{n} + \frac{H_{\text{Edtrykk}} \cdot e \cdot r_x}{I_p} = 13.345 \text{ kN}$$

$$(14-33) \quad F_x := \frac{H_{\text{Edtrykk}}}{n} - \frac{H_{\text{Edtrykk}} \cdot e \cdot r_{y1}}{I_p} = -28.263 \text{ kN}$$

$$(14-35) \quad F_E := \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 31.255 \text{ kN}$$

Tabell 4.17 i mekaniske  
treforbindelser

$$F_{Rkbolt} := 48345 \text{ N}$$

$$F_{Rdbolt} := F_{Rkbolt} \cdot \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_m} = 37.835 \text{ kN}$$

Avstander tabell 8.4 i eurokode 5

Avstander vi har

$$a_1 := 5 \cdot d_{\text{bolt}} = 100 \text{ mm} \quad \text{I fiberretning}$$

$$a_2 := 4 \cdot d_{\text{bolt}} = 80 \text{ mm} \quad \text{Vinkelrett på fiberretning} \quad a_2 := 80 \text{ mm}$$

$$a_{3t} := 7 \cdot d_{\text{bolt}} = 140 \text{ mm} \quad \text{Belastet ende} \quad a_{3t} := 140 \text{ mm}$$

$$a_{3c} := 7 \cdot d_{\text{bolt}} = 140 \text{ mm} \quad \text{Ubelastet ende}$$

$$a_{4t} := 4 \cdot d_{\text{bolt}} = 80 \text{ mm} \quad \text{Belastet kant} \quad a_{4t} := 80 \text{ mm}$$

$$a_{4c} := 3 \cdot d_{\text{bolt}} = 60 \text{ mm} \quad \text{Ubelastet kant}$$

Kontroll uttrekks- og pluggskjærbrudd:

$$l_{t.1} := 0 \text{ mm}$$

$$L_{net.t} := l_{t.1} = 0 \text{ mm}$$

$$l_{v.1} := a_{4t} - \frac{d_{bolt}}{2} = 70 \text{ mm} \quad l_{v.2} := a_1 - d_{bolt} = 80 \text{ mm} \quad l_{v.3} := l_{v.2} \quad l_{v.4} := l_{v.3}$$

$$L_{net.v} := l_{v.1} + l_{v.2} + l_{v.3} + l_{v.4} = 310 \text{ mm}$$

$$t_1 := 300 \text{ mm} \quad f_{t.90.k} := 0.5 \frac{N}{mm^2} \quad f_{v.k} := 3.5 \frac{N}{mm^2}$$

$$(A.2) \quad A_{net.t} := L_{net.t} \cdot t_1 = 0 \text{ mm}^2$$

$$(A.3) \quad A_{net.v} := L_{net.v} \cdot t_1 = (9.3 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$F_{bs.Rk} := \max(1.5 \cdot A_{net.t} \cdot f_{t.90.k}, 0.7 \cdot A_{net.v} \cdot f_{v.k}) = 227.85 \text{ kN}$$

Kapasitet for uttrekks- og pluggskjærbrudd er ok.

Kontroll stålplate

kant og endeavstander stålplate

$$e_1 := 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm} \quad e_2 := 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$$

$$B_{stålplate} := 80 \text{ mm} \quad H_{stålplate} := 980 \text{ mm} \quad t_{stålplate} := 10 \text{ mm}$$

$$A_{stål} := H_{stålplate} \cdot t_{stålplate} = (9.8 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{stålredusert} := A_{stål} - (t_{stålplate} \cdot 8 \cdot d_0) = (8.04 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$H_{Edtrykk} = 91.17 \text{ kN} \quad V_{Edsug} = 106.76 \text{ kN}$$

$$e1 := 260 \text{ mm} \quad e2 := 150 \text{ mm}$$

$$(14-37) \quad M_E := H_{Edtrykk} \cdot (e1 - e2) = 10.029 \text{ kN} \cdot m$$

$$(14-38) \quad \sigma_{xi} := \frac{V_{Edsug}}{A_{stålredusert}} = 13.279 \frac{N}{mm^2}$$

$$I := \frac{1}{12} \cdot t_{\text{stålplate}} \cdot (H_{\text{stålplate}} - 8 \cdot d_0)^3 = (4.331 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

$$z := \frac{B_{\text{stålplate}}}{2} = 40 \text{ mm}$$

$$(14-39) \quad \sigma_{xi} := \frac{M_E \cdot z}{I} = 0.926 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_{Ez} := H_{Ed\text{trykk}} = 91.17 \text{ kN}$$

$$(14-40) \quad \tau_i := \frac{F_{Ez}}{A_{\text{stålredusert}}} = 11.34 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_y := 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad A_{\text{stålredusert}} = (8.04 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad \gamma_{m0} := 1.05$$

Skjærkontroll

$$\text{Forenklet skjærkapasitet} \quad V_{Rd} := \frac{2}{3} \cdot \frac{(H_{\text{stålplate}} - 8 \cdot d_0) \cdot t_{\text{stålplate}} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = (1.046 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 1,046 \cdot 10^3 \text{ kN} > V_{Ed\text{sug}} = 106,76 \text{ kN} \Rightarrow \text{ok}$$

Aksialkraft kontroll

$$(6.6) \quad N := \frac{B_{\text{stålplate}} \cdot t_{\text{stålplate}} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 270.476 \text{ kN} > 106,76 \text{ kN ok}$$

Moment

$$W_y := \frac{1}{6} \cdot t_{\text{stålplate}} \cdot (H_{\text{stålplate}} - 8 \cdot d_0)^2 = (1.077 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$(6.13) \quad M_{Rd} := \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 364.25 \text{ kN} \cdot \text{m} > 10,03 \text{ kNm} \Rightarrow \text{ok}$$

$$n_{\text{normal}} := \frac{106.76}{270.476} = 0.395 \quad n_{\text{moment}} := \frac{10.03}{364.25} = 0.028$$

$$(6.2) \quad \text{Totalt} := n_{\text{normal}} + n_{\text{moment}} = 0.422 < 1.0 \Rightarrow \text{ok}$$