

Nilojana Karunanithy og Thea Kvale

Sammenlikning av bæresystemer for rehabiliteringshallen ved Torpa barne- og ungdomsskole

Bacheloroppgave i byggingeniør

Veileder: Harald Berg Fallsen og Astrid Stadheim

Medveileder: Cato Berntsen

Mai 2021

Nilojana Karunanithy og Thea Kvale

Sammenlikning av bæresystemer for rehabiliteringshallen ved Torpa barne- og ungdomsskole

Bacheloroppgave i byggingeniør
Veileder: Harald Berg Fallsen og Astrid Stadheim
Medveileder: Cato Berntsen
Mai 2021

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



Oppgavens tittel: Sammenlikning av bæresystemer for rehabiliteringshallen ved Torpa barne- og ungdomsskole <i>En sammenlikningsstudie med søkelys på plassutnyttelse i forhold til materialvalg.</i>	Dato: [20.05.21] Antall sider: [53] Antall sider vedlegg: [71]		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Navn: Nilojana Karunanithy Thea Kvale			
Veiledere: Harald Berg Fallsen Astrid Stadheim			
Ekstern veileder: Cato Berntsen, Veidekke			

Sammendrag:

Prosjektet tar utgangspunkt i et rehabiliteringsbygg på Torpa. Bygget er en del av en ny barne- og ungdomsskole der Veidekke står for prosjekteringen og utførelse av prosjektet. Dette er den eneste delen av den gamle skolen som står igjen. Rehabiliteringsbygget står i betong, men hvordan hadde plassutnyttelsen sett ut om råbygget ble dimensjonert i limtre?

Oppgaven vil ta opp flere sammenlikninger mellom betong og tre, men for å sette konkrete rammer til besvarelsen vil ikke økonomi bli tatt opp. Problemstillingen viser at hovedfokuset til denne oppgaven er rettet mot plassutnyttelse, mens delproblemstillingen vil rette fokuset til miljøfordelene til de forskjellige byggematerialene limtre og betong.

Stikkord:

Limtre
Betong
Søyledimensjoner
Bjelkedimensjoner
Dimensjonering

Førord

Denne bacheloroppgaven er skrevet som en avsluttende oppgave for vårt bachelorstudie, byggingeniør, på NTNU i Gjøvik. Oppgaven er rettet mot konstruksjonsteknikk, noe gruppen har fordypet seg i innenfor studiet.

Skriveprosessen til bacheloroppgaven startet i januar 2021. Oppgaven består av dimensjonering av et råbygg i limtre, og litteratur rundt dette. For at oppgaven skulle stå ferdig til fristen, har arbeidet foregått både på hverdager og i helg. Hele skrive- og regneprosessen har vært utfordrende, og det har krevd disiplin og godt samarbeid for å komme i mål.

Vi ønsker å rette en stor takk til våre veiledere Harald Berg Fallsen og Astrid Stadheim på NTNU i Gjøvik som har hjulpet oss i denne prosessen. Dere har stilt opp når vi har trengt hjelp og når vi ikke har fått til enkelte oppgaver. I tillegg ønsker vi å takke Veidekke og vår interne veileder Cato Berntsen for å ha gitt oss en spennende og lærerik oppgave. Til slutt ønsker vi å takke våre medstudenter, venner og familier som har støttet og motivert oss til å skrive en god oppgave. Vi håper framtidige byggingeniører kan lese oppgaven vår og føle seg inspirert.

Gjøvik, 20. mai 2021

Nilojana Karunanithy
Nilojana Karunanithy

Thea Kvale
Thea Kvale

Abstract

The ambition of this bachelor thesis is to analyze the difference regarding available space by using two different building materials in the structural system. The materials that we want to analyze is concrete and glued laminated timber. The main purpose of this thesis is to check if glued laminated timber will give us more space than concrete. Another problem we want to analyze is if glued laminated timber has more environmental benefits. The contractor that we are working for is Veidekke and they were the one that came up with the issue.

To solve this issue, we had to use a quantitative method. The reason why we choose this was because of the calculations we needed to do. One structural system has been dimensioned in this assignment. By comparing this with the structural system in concrete that have already been built, a result can be concluded. The structural system in glued laminated timber has been dimensioned by a manual calculator.

The results in this thesis, are concluding that by using glued laminated timber will give the building more available space than by using concrete. Although the results of the dimensioned glued laminated beams are bigger, the columns are significantly reduced. This thesis also addresses bracing of the building to see if the facade can be the same as with concrete as building material. The conclusion within environment is that the positive environment effects will be more significant by using glued laminated timber than by using concrete.

Innholdsfortegnelse

Forord	ii
Abstract	iii
Innholdsfortegnelse	iv
Figurliste.....	vii
Tabelliste	ix
Begreper	x
Symboler og notasjoner.....	x
1 Innledning.....	1
1.1 Torpa barne- og ungdomsskole	1
1.2 Bakgrunn til oppgave.....	2
1.3 Problemstilling.....	4
1.4 Case	5
1.5 Avgrensninger	8
1.5.1 Avgrensninger i oppgaven	8
1.5.2 Avgrensning ved dimensjonering	8
1.6 Struktur og oppsett.....	8
1.7 Litteratursøk.....	10
2 Teori	12
2.1 Forskrifter og norske standarder	12
2.1.1 Lov om planlegging og byggesaksbehandling.....	12
2.1.2 Norske standarder	12
2.1.3 Byggforskserien	12
2.1.4 Byggteknisk forskrift	13
2.2 Tre som byggemateriale	13
2.2.1 Limtre.....	13
2.3 Betong som byggemateriale	14
2.4 Stål	14
2.4.1 Profiler	15
2.5 Miljø	15
2.5.1 Limtres miljøavtrykk	15
2.5.2 Betongens miljøavtrykk	16
2.6 FN bærekrafts mål	17

2.7 Bygningskomponenter	18
2.7.1 Søyle	18
2.7.2 Bjelke	18
2.7.3 Avstivningssystem	18
3 Metode.....	18
3.1 Lastanalyse	19
3.1.1 Egenvekt	19
3.1.2 Nyttelast	19
3.1.3 Fasthetsklasse.....	22
3.1.4 Vindlast.....	23
3.1.5 Snølast.....	25
3.2 Norske standarder	26
3.3 Utregning	26
3.3.1 Dimensjonerende laster.....	26
3.3.2 Bjelker.....	26
3.3.3 Søyle	27
3.3.4 Avstivning.....	27
3.4 Bruksgrensetilstand	28
3.5 Bruddgrensetilstander	29
3.6 Pålitelighetskasse.....	30
3.7 Lastsituasjoner	31
3.8 Karakteristiske fastheter	31
3.9 Materialfaktor	32
3.10 Fasthetsfaktor og lastvarighet.....	33
3.11 Feilkilder.....	34
4 Resultat.....	35
4.1 Miljø	35
4.2 Dimensjonerende laster	35
4.3 Bæresystem i betong.....	36
4.4 Bæresystem i limtre	36
4.5 Sammenlikning av plassutnyttelsen til bærekonstruksjonene	37
4.5.1 1. etasje	37
4.5.2 2. etasje	38

4.6 3D tegninger fra Focus Konstruksjon.....	39
4.7 Aksekart betong.....	40
4.8 Aksekart limtre	41
4.9 Avstivning	41
5 Diskusjon og analyse.....	43
5.1 Valg av beregningsmetode	43
5.2 Avgreninger i oppgaven	43
5.3 Miljø	44
5.4 Diskusjon av resultat	45
5.4.1 Søylar	45
5.4.2 Bjelker.....	45
5.4.3 Avstivning.....	46
6 Konklusjon	47
7 Videre arbeid.....	48
8 Litteraturliste	49
9 Vedlegg	53

Figurliste

Figur 1 viser plassering av Torpa barne- og ungdomsskole i Google Maps (Google Maps). ...	1
Figur 2 viser de fire delene skolen er delt inn i (Nordre Land kommune, 2021).....	2
Figur 3 viser betongbygget som det sto da Veidekke startet byggeprosessen. Bildene er tildelt fra ekstern veileder Berntsen.	3
Figur 4 viser inndelingen av de forskjellige delene til skolen. Bildet er tildelt av ekstern veileder Berntsen.	5
Figur 5 viser råbygget i betong. Bildet tatt fra langside fasadevegg. (Fokus konstruksjon).....	5
Figur 6 viser råbygget i betong. Bildet tatt fra gavlvegg. (Fokus konstruksjon)	6
Figur 7 viser råbygget i betong. Bildet tatt ovenfra. (Fokus konstruksjon)	6
Figur 8 Bildene er tatt av prosjektleder for byggeprosjektet, Berntsen, og viser fasadeløsningen på rehabiliteringsbygget	6
Figur 9 Bildet viser ønsket råbygg i limtre. Bildet tatt fra gavlvegg.	7
Figur 10 Bildet viser ønsket råbygg i limtre. Bildet tatt ovenfra. (Fokus konstruksjon)	7
Figur 11 Bildet viser ønsket råbygg i limtre. Bildet tatt fra langside fasadevegg. (Fokus konstruksjon).....	7
Figur 12 viser miljøutslipp med hensyn til byggematerialer (Skaar).....	10
Figur 13 viser et betongelement (Fibo).	14
Figur 14 viser stålprofiler. Bildet er hentet fra en powerpoint fra et tidligere emne i studiet..	15
Figur 15 illustrerer fra venstre H profil, kvadratisk hulprofil og rektangulært hulprofil (Byggforskserien, 2018).....	15
Figur 16 illustrerer fra venstre H profil, I profil og rektangulært hulprofil (Byggforskserien, 2018).....	15
Figur 17 viser hvordan avstivning må dimensjoneres med tanke på krefter utenifra. Bildet er hentet fra en powerpoint fra et tidligere emne i studiet.....	18
Figur 18 vindlastfaktor k_w . Hentet fra NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009.....	24
Figur 19 viser en illustrasjon av en saltaksbjelke (Arntsen, 2015).	27
Figur 20 Betongkonstruksjon. Langside fasadevegg. (Fokus konstruskjon)	39
Figur 21 Betongkonstruksjon. Ovenfra. (Fokus konstruskjon).....	39
Figur 22 Limtrekonstruksjon. Langside fasadevegg. (Fokus konstruskjon).....	39
Figur 23 Betongkonstruksjon. Gavlvegg. (Fokus konstruskjon)	39
Figur 24 Limtrekonstruksjon. Ovenfra. (Fokus konstruskjon)	39
Figur 25 Limtrekonstruksjon. Gavlvegg. (Fokus konstruskjon)	39

Figur 26 Aksekart plan 2 betong tildelt fra Veidekke	40
Figur 27 Aksekart plan 1 betong tildelt fra Veidekke	40
Figur 28 Aksekart plan 1 limtresøyler (Revit)	41
Figur 29 Aksekart plan 2 limtresøyler (Revit)	41

Tabelliste

Tabell 1 viser søkeord som er brukt for å finne teori til oppgaven.	9
Tabell 2 tyngdetetthet til trematerialer. Hentet fra NS-EN 1991-1-1	19
Tabell 3 Tabell 6.1 – brukskategorier. Hentet fra NS-EN 1991-1-1:2002/NA:2008.....	20
Tabell 4 Tabell 6.3 – Kategorier for lagring og industriell bruk. Hentet fra NS-EN 1991-1-1:2002/NA;2008.....	21
Tabell 5 Tabell 6.3 - Kategorier for lagring og industriell bruk. Hentet fra NS-EN 1991-1-1:2002/NA:2008.....	21
Tabell 6 Moelven Limtre - Karakteristiske verdier for Limtre GL30c for gran og trykkimpregnert furu. Tabellen er hentet fra NS-EN 14080.	22
Tabell 7 viser referansevindhastigheten for Nordre Land kommune. Hentet fra NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009	23
Tabell 8 Tabell NA.4.1 - Terrengruhetskategorier og tilhørende parametere. Hentet fra NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009	24
Tabell 9 snølastfaktorer hentet fra NS-EN 1991-1-3:2003+NA:2008	25
Tabell 10 standarder som er brukt i dimensjoneringen i oppgaven	26
Tabell 11 kategorier for nyttelaster i bygninger (se NS-EN 1991-1-1)	29
Tabell 12 reduksjonsfaktor. Hentet fra NS-EN 1990.....	31
Tabell 13 krav til maksimal nedbøyning NS-EN 1990 NA.A 1.4.2	31
Tabell 14 karakteristiske fastheter - Limtre NS-EN 14080.....	31
Tabell 15 materialfaktor limtre (partialfaktor). Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010	32
Tabell 16 fasthetsfaktor - k_{mod} for limtre. Hentet fra NS-EN 1995-1-1	33
Tabell 17 lastvarighetsklasse er hentet fra NS-EN 1995-1-1	33
Tabell 18 viser laster som er brukt under dimensjoneringen	35
Tabell 19 viser dimensjonene på søyler og bjelker som er brukt i betong.....	36
Tabell 20 viser dimensjonene på bjelker og søyler som er dimensjonert i oppgaven.....	36
Tabell 21 viser sammenlikningen mellom betong og limtre. Søyler i 1. etasje.	37
Tabell 22 viser sammenlikningen mellom betong og limtre. Bjelker i 1. etasje.....	37
Tabell 23 viser sammenlikningen mellom betong og limtre. Søyler i 2. etasje	38
Tabell 24 viser sammenlikningen mellom betong og limtre. Takbjelker.	38
Tabell 25 viser dimensjonene på avstivning som er regnet ut i oppgaven.....	42

Begreper

Bæresystem – De bærende byggekomponentene i en konstruksjon

Dimensjonering – Utrekning og kontroll av byggekomponenter

E.L – Egenlast

E.V – Egenvekt

GL30c – Standard limtrekvalitet i Norge

N.L – Nyttelast

NS – Norsk standard

NS-EN – Norsk standard som er utviklet i Europa

Symboler og notasjoner

A - Areal

b – Bredde

c - Knekkfaktor

c/c – Senteravstand

$c_{pe,10}$ – Formfaktor vind

E – Materialets elastisitetsmodul

f_c – Trykkfasthet

f_m - Materialfasthet for limtre

f_t – Strekkfasthet

f_y – Materialfasthet for stål

G_g - Skjærmodul

$G_{r,g}$ – Rulleskjærmodul

H – Byggestedets høyde over havet

H_{ED_tak} - Skjevlast

H_g – Høydegrense

I – Annet arealmoment

k_h – Høydefaktor

k_{mod} – Fasthetsfaktor

kN – Kilo newton

k_r – Terreng ruhetsfaktor

k_{sys} – Lastfordelingsfaktor

k_w – Vindlastfaktor

l – Lengde

M – Moment

M_{Ed} – Dimensjonerende moment

N – Aksialkraft

N_{Ed} - Dimensjonerende aksialkraft

N_{Rd} – Dimensjonerende kapasitet

q_k – Jevnt fordelt last

Q_k - Punktlast

$q_p(z)$ Vindtrykkhastighet

$S_{k,0}$ – Karakteristisk snølast på mark

V_b – Basisvindhastighet

$V_{b,0}$ - Referansevindhastighet

W_{min} – Minste motstandsmoment

z_0 – Ruhetslengde

z_{\min} – Minimumshøyde definert i tabell 4.1 NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009

ρ - Densitet

γ_m – Materialfaktor

λ - Slankhet

λ_{rel} - Relativ slankhet

μ_m - En reduksjonsfaktor for antall konstruksjonsdeler

μ_h - En reduksjonsfaktor for antall konstruksjonsdeler

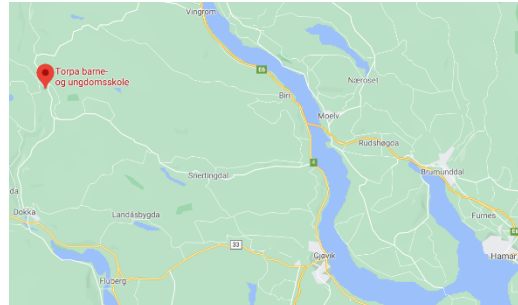
ΔS_k - Høydetillegg

Ψ - Formfaktor

1 Innledning

1.1 Torpa barne- og ungdomsskole

20. februar 2020 ble det vedtatt av Nordre Land kommune at Torpa barne- og ungdomsskole skulle ombygges. En ny barne- og ungdomsskole, flerbrukshall med garderober, folkebibliotek, svømmehall med 12 meters basseng og storstue vil stå klart i desember 2021 og Veidekke Entreprenør AS står som totalentreprenør (Nordre Land kommune, 2020).



Figur 1 viser plassering av Torpa barne- og ungdomsskole i Google Maps (Google Maps).

Veidekke er et entreprenørselskap som består av to virksomhetsområder: bygg og infrastruktur. Veidekke bygg, som gruppen har samarbeidet med i denne oppgaven, tar på seg oppdrag innenfor bygging av boliger, yrkesbygg, skoler og andre offentlige bygg (Veidekke, 2020).

I denne bacheloroppgaven skal vi ta for oss forskjeller i plassutnyttelse når det kommer til byggematerialene betong og limtre. Oppgaven vil ta for seg dimensjonering av en rehabiliteringshall ved Torpa barne- og ungdomsskole. Dimensjoneringen som blir foretatt i denne oppgaven gjennomføres ved bruk av limtre. Rehabiliteringsbygget går over to plan og består av klasserom, grupperom, kontorer og garderober.

Gruppen vil diskutere hvilke av de to byggematerialene, limtre og betong, som er mest bærekraftig i sin aktuelle anvendelse. Er det imidlertid slik at limtre har et mindre CO₂ utslipp enn betong? Vil FN's bærekraftsmål bli delvis eller helt oppfylt ved å bruke limtre i stedet for betong? Dette kan du lese mer om i kapittel 2.6 om FN bærekraftsmål.

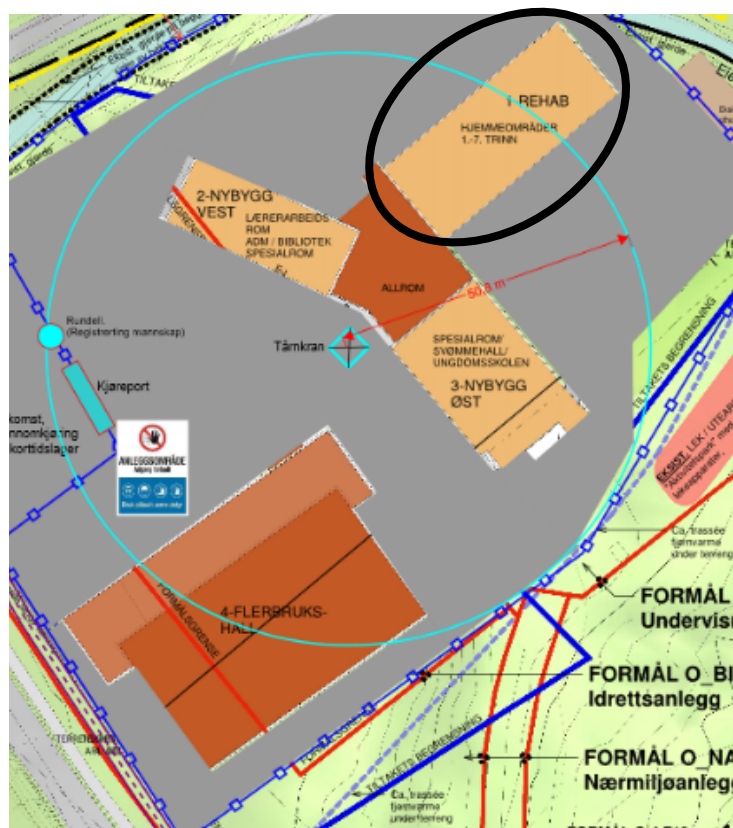
Hallen som skal dimensjoneres blir kalt en rehabiliteringshall fordi dette var den eneste delen som sto igjen etter resten av skolen ble revet. Skallet og fundamentet til rehabiliteringshallen står i betong, men ville utnyttelsesgraden av plassen vært større om det ble bestemt å rive ned hallen og bygge den opp igjen i limtre?

1.2 Bakgrunn til oppgave

Planleggingen av bacheloroppgaven startet høsten 2020. Gruppen hadde et felles ønske om å kunne få skrive for en sentral bedrift innenfor byggebransjen, og det falt derfor naturlig å kontakte Veidekke for å høre om det var mulig å inngå et samarbeid. Vi fikk kontakt med prosjektleder Cato Berntsen for et pågående prosjekt ved Torpa barne- og ungdomsskole. Bachelorgruppen har fordypet seg i konstruksjon, og ville derfor at dimensjonering skulle være en sentral del av oppgaven. Det bydde dermed ikke på utfordring å komme fram til en problemstilling som begge parter fant interessant.

Under en befaring i november 2020 fortalte Berntsen at det hadde vært spennende å finne ut om utnyttelsen av plassen ved bruk av limtre kunne blitt større enn ved bruk av betong. Han engasjerte seg også i konsekvenser med tanke på miljø.

Gruppen har derfor valgt å sammenligne de to bæresystemene med størst fokus på utnyttelse av plassen til søylene og bjelkene. Materialene de to bæresystemene er basert på er forskjellige. Bæresystem 1 består av betong. Bæresystem 2 består hovedsakelig av limtre, men stål blir brukt i avstivning.



Figur 2 viser de fire delene skolen er delt inn i (Nordre Land kommune, 2021).

Den nye barne- og ungdomsskolen på Torpa skal bestå av fire deler, der del 1, 2 og 3 til sammen utgjør skolen mens del 4 utgjør en flerbrukshall. I denne oppgaven skal vi kun ta for oss del 3, som på figur 2 blir kalt REHAB. Råbygget som står igjen, er i byggematerialet betong. Vi vil for oppgaven sin skyld legge til grunn at også denne delen av skolen ble revet, før vi deretter dimensjonerte bygget på nytt i limtre. Videre vil vi diskutere fordeler og ulemper ved bruk av limtre i forhold til plassutnyttelse, og om det er noen miljømessige gevinster ved å bruke limtre fremfor betong.

Bygget befinner seg i Nordre Land kommune, og ligger omtrent 394 moh. Adressen til skolen er Nord-torpvegen 10. Bygget består av to identiske etasjer der bærekonstruksjonen består av fire ganger ni søyler, og bjelker over søylene i begge etasjene. Bildene nedenfor i figur 3 viser hvordan REHAB-bygget sto igjen etter rivingen av skolen.



Figur 3 viser betongbygget som det sto da Veidekke startet byggeprosessen. Bildene er tildelt fra ekstern veileder Berntsen.

1.3 Problemstilling

Hensikten med denne oppgaven er å sammenlikne bruk av forskjellige byggematerialer. Vi ønsker å finne ut av om bærekonstruksjonen bruker et mindre areal ved bruk av limtre i stedet for betong. Dette skal gjøres rede for ved bruk av følgende problemstilling:

- *Hvordan ville plassutnyttelsen til rehabiliteringshallen ved Torpa barne- og ungdomsskole vært om den ble dimensjonert i tre?*

Plassutnyttelse vil stå som hovedperspektiv i oppgaven, men vi ønsker også å diskutere miljømessige forskjeller. Vi ønsker i tillegg å dimensjonere bygget slik at det ferdigstilte produktet kan ha en lik fasade som betongbygningen. For å besvare spørsmålene rundt miljø og fasadeløsning vil oppgaven også ta for seg følgende delproblemstillinger:

- *Vil en bærekonstruksjon i tre opptre positivt med tanke på miljø og oppfylle kravene som FN har satt seg?*
- *Vil fasadeløsningen bli den samme med en bærekonstruksjon i limtre med tanke på avstivningen?*

Uttrykket «miljø» er, i denne oppgaven, skrevet med tanke på det fysiske miljøet utendørs.

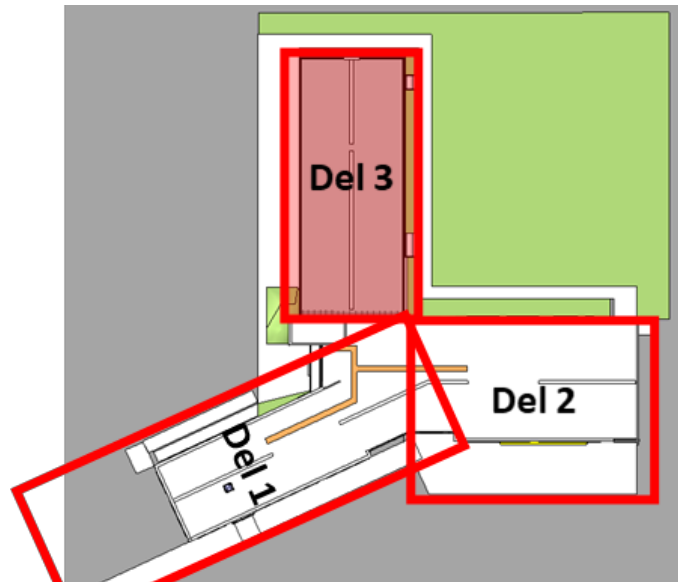
Opgaven vil ta opp miljø i form av forurensninger og CO₂-utslipp.

For å svare på problemstillingen og delproblemstillingene vil oppgaven gjøre rede for forskjeller ved bruk av betong og limtre som byggemateriale. Vil plassutnyttelsen til bærekonstruksjonen ved bruk av limtre bli større, eller vil forskjellen på søylene og bjelkene i betong og limtre være ubetydelig?

1.4 Case

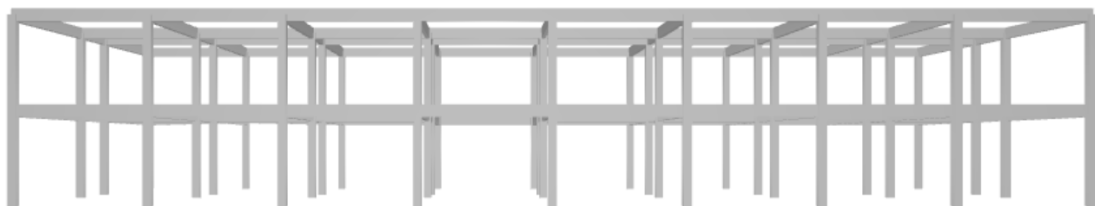
Bygget som skal dimensjoneres i denne oppgaven består av to etasjer. Aksekartene i begge etasjene er like og består av ni ganger fire rader med søyler. Plantegning til betongbygget ligger i vedlegg A. Hver av betongsøylene, både i 1. og 2. etasje, har dimensjonen 300mm x 310mm. Betongbjelkene som går over dekke til 1. og 2. etasje står med dimensjonen 150mm x 450mm.

Dimensjoneringen som vil bli gjennomført i denne oppgaven vil ta for seg samme tenkte fasade. Samtidig vil senteravstand til hver av søylene i 1. etasje være den samme. Figur 4 viser oppdelingen av de forskjellige delene skolen er delt inn i under prosjektet.

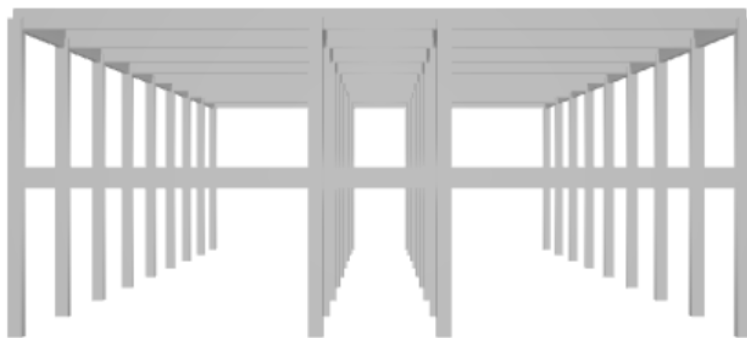


Figur 4 viser inndelingen av de forskjellige delene til skolen. Bildet er tildelt av ekstern veileder Berntsen.

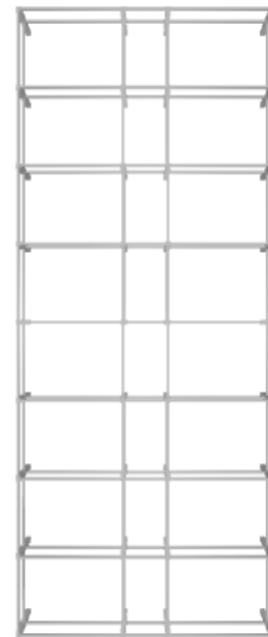
Figur 5, 6 og 7, nedenfor og på neste side, viser råbygget i betong som er illustrert i Focus konstruksjon.



Figur 5 viser råbygget i betong. Bildet tatt fra langside fasadevegg. (Focus konstruksjon)



Figur 6 viser råbygget i betong. Bildet tatt fra gavlvegg. (Fokus konstruksjon)



Figur 7 viser råbygget i betong. Bildet tatt ovenfra. (Fokus konstruksjon)

Fasaden på rehabiliteringsbygget i betong kan man se på figur 8. Dette er den fasaden vi ønsker å stå igjen med etter å ha dimensjonert bygget i limtre. Som bildene viser, vil store deler av langsiden til bygget være dekket av vinduer. Bygget vil bestå av grupperom, klasserom og liknende, og dette er da en viktig faktor å ta hensyn til med tanke på innstrømming av naturlig lys.



Figur 8 Bildene er tatt av prosjektleder for byggeprosjektet, Berntsen, og viser fasadeløsningen på rehabiliteringsbygget

Arealutnyttelsen står i fokus, og ved å endre på antall søyler i 2. etasje fra fire til to per rad, kan et betraktelig areal spares. Det vil da gå en kontinuerlig bjelke fra den ene ytterveggen til den andre. Høyden i begge etasjene vil stå uendret.

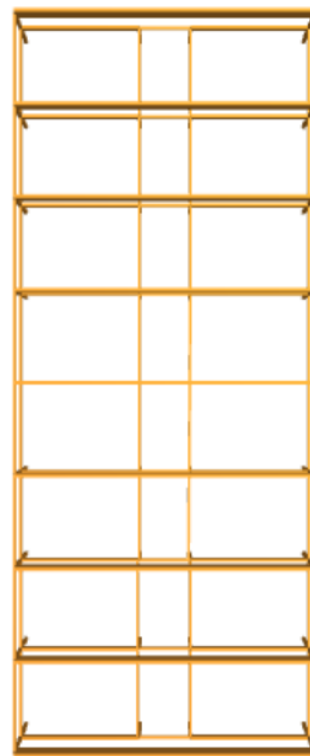
Figur 9, 10 og 11 viser limtrekonstruksjonen vi ønsker å ende opp med i denne oppgaven. Som figur 10 viser, vil 2. etasje stå uten bærende søyler innenfor fasadeveggene.



Figur 11 Bildet viser ønsket råbygg i limtre. Bildet tatt fra langside fasadevegg. (Fokus konstruksjon)



Figur 9 Bildet viser ønsket råbygg i limtre. Bildet tatt fra gavlvegg.
(Fokus konstruksjon)



Figur 10 Bildet viser ønsket råbygg i limtre. Bildet tatt ovenfra. (Fokus konstruksjon)

1.5 Avgrensninger

1.5.1 Avgrensninger i oppgaven

For at oppgaven ikke skal bli for omfattende vil vi ikke diskutere hvilke av de to materialtypene som vil være mest økonomisk lønnsomt å anvende i dimensjoneringen. Vi har heller ikke tilstrekkelig med kunnskap rundt økonomi som fag, til å kunne utarbeide de kalkyler og budsjett vi i så fall måtte vist til.

Det ønskes ikke å ta hensyn til universell utforming og brannkrav da dette blir ivaretatt etter dimensjonering.

1.5.2 Avgrensning ved dimensjonering

For å avgrense omfanget til oppgaven er også testing av de dimensjonerte søylene og bjelkene utelukket. Det er hverken kapasitet eller tidsmessig gjennomførbart.

Dimensjonering av forbindelser og fundamentet til bærekonstruksjonen vil ikke bli gjort da dette ikke har noe å si for dimensjonene til byggekomponentene. Oppgaven ser kun på søyler, bjelker og avstivning. Det vil derfor heller ikke skrives om bruk av inner- og yttervegger eller isolasjon.

Inngangen til delen av bygget som blir dimensjonert i denne oppgaven er fra innsiden på den ene kortsiden. Heisen som tilhører bygget, er plassert ved inngangen til rehabiliteringsbygget. Oppgaven vil ikke ta hensyn til plassering av heisen. Bygningen vil bli dimensjonert med den forutsetning at bygget står for seg selv.

Med tanke på at senteravstanden fra søyle til søyle dimensjoneres med samme mål, er det ikke behov for å ta hensyn til plassering av vinduer. Et spørsmål vil likevel være om det er plass til alle vinduene ved utregning av avstivning.

1.6 Struktur og oppsett

Denne bacheloroppgaven har brukt IMRoD metoden som mal for oppbygging. IMRoD er et akronym for introduksjon, metode, resultat og diskusjon.

Mye av informasjonen som er funnet til teorigrunnlaget til oppgaven er hentet fra forelesninger fra tidligere emner, BYG3311 og BYG2301, i studiet. Grunnleggende informasjon er også hentet fra artikler og tidligere studentoppgaver ved hjelp av søkemotorer som google, google scholar og ntnu open. Informasjonen som er hentet til oppgaven er valgt ut med tanke på troverdighet, nøytralisering og nøyaktighet. I tillegg er det satt store krav til hvor kilden er hentet. Dette vil til sammen gi gode referanser og fakta som er kildekritisk. Det vil uansett alltid være en usikkerhet med tanke på informasjon som blir hentet fra internett.

Nedenfor kan en se noen eksempler på søkeord og søkemotorer som er blitt brukt under informasjonsheitingen i bacheloroppgaven.

Tabell 1 viser søkeord som er brukt for å finne teori til oppgaven.

Søkeord	Søkemotor
Plassutnyttelse ved bruk av tre	Google
Space utiliz	Google Scholar
FNs bærefkraftsmål	Google
Miljø	Google
Environmentally friendly building materials	Google Scholar
Plassutnyttelse	NTNU open
Veidekke	Google
Betong	Store Norske Leksikon
Kvantitativ metode	Google

Med god litteratur som grunnlag for oppgaven startet selve dimensjonering og utregning av råbygget ved bruk av limtre. I denne fasen har alle lasttyper for følgende bygg og byggested blitt gjort rede for. Utregningene er kun gjort for hånd grunnet til at vi ikke har nok kunnskap til utregninger i programmer som Revit og Focus Konstruksjon. Med tanke på at vi har hatt tidligere fag som har spesialisert seg i dimensjonering ved bruk av tre, betong og stål, har vi sammen valgt å utføre dimensjoneringen ved utregning for hånd. Her vil mulige feilkilder i oppgaven kunne opptre i en større grad da det kan være mulighet for feil inntasting på kalkulator og eventuell feilkommunikasjon mellom oss som studenter og veileder. Selv om utregningen ikke er gjort i dataprogram har vi tegnet råbygget i både betong og limtre i Focus Konstruksjon og aksekart i Revit.

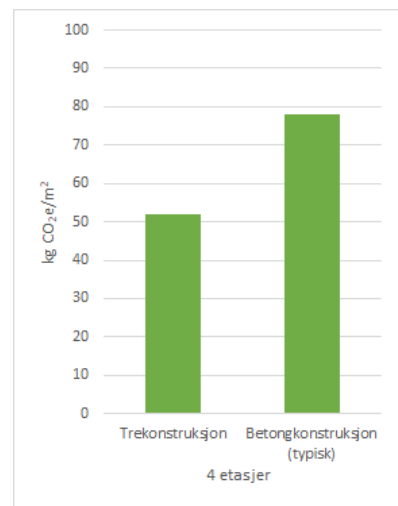
Ut ifra dimensjoneringen viste vi til resultatene som var funnet. Ved hjelp av en sammenlikning mellom materialbruken i de to bæresystemene finner vi en konklusjon på arbeidet og problemstillingen.

1.7 Litteratursøk

I dette delkapittelet vil det bli presentert forskning som er gjort av studenter, bedrifter og forskere angående plassutnyttelse og miljø ved bruk av limtre og betong.

Entreprenørselskap som Betonmast velger å bygge bygg i betong og stål. Dette kommer av at betong har en lang levetid og kan ta imot større mengder med krefter. I tillegg til alle gode egenskapene, er betong også et rimelig byggemateriale (Tønseth, 2019).

Entreprenørselskapet Con-form mener at betongen som de bruker er energieffektivt, miljøvennlig og har mange unike brannhemmende og lyddempende egenskaper. Dette gjør at betong er mer attraktiv i større bygg som for eksempel skole. Selv om betong har mange miljøfordeler, har den ikke like mange fordeler som tremateriale. Forskningen til Norsus viser til at trekonstruksjoner har lavere CO₂ utslipp enn det et betongbygg har. Diagrammet til høyre viser til statistikken som de har kommet fram til og hvor mye kilogram CO₂ de forskjellige byggematerialene produserer (Skaar; ConForm)



Figur 12 viser miljøutslipp med hensyn til byggematerialer (Skaar).

En bachelorgruppe som leverte oppgaven sin i mai 2020, forsket på plassutnyttelse av to ulike bæresystemer til et parkeringshus. Bæresystem 1 som gruppen valgte bestod av bjelker og søyler i stål og etasjeskiller av hulldekker. Bæresystemet 2 besto av bjelker og søyler i limtre og etasjeskiller i limtre og kerto. Målet til gruppen var å finne hvilket av bæresystemet som ga best plassutnyttelse, samtidig som det ga miljøfordeler (Bø, Hagemoen og Nava, 2020)

I forskningen til bachelorgruppen, kom de fram til at limtre har mange gode miljøfordeler. På den andre siden ikke like god bæreevne som betong og stål. Bachelorgruppen konkluderte med at bæresystem 1, som besto av bjelker og søyler i stål og etasjeskiller av hulldekker, var det

som ga best plassutnyttelse. Grunnen til denne konklusjonen er på grunn av stor belastning. Et bæresystem som består av stål, vil ha større kapasitet enn et bæresystem som består av limtre. For at et bæresystem i limtre skal kunne belaste like mye som et bæresystem i stål, er det behov for flere og større limtrekomponenter (Bø, Hagemoen og Nava, 2020).

En annen bachelorgruppe sammenlignet limtre og betong som byggemateriale for en bro, og forsøkte å redegjøre for hvilken påvirkning det hadde for miljøet. Regnskapet på klimagassutslippene viser til at gassutslippet er høyere ved bruk av betong enn ved bruk av limtre. Gruppen kom fram til at limtre som byggemateriale hadde flere miljøfordeler enn det betong hadde. Ved å ta i bruk limtre som byggemateriale sparte de hele 52,8% antall kg CO₂ ekvivalenter. På grunn av disse miljøfordelene, er det enklere å oppnå miljøltiltakene som FN har satt seg (Nilsen, Alvseike og Myhr, 2020)

2 Teori

2.1 Forskrifter og norske standarder

2.1.1 Lov om planlegging og byggesaksbehandling

Lov om planlegging og byggesaksbehandling, bedre kjent som plan- og bygningsloven, tar for seg lover innenfor bruken og reguleringen av landets areal. Tiltakene som gjelder i plan og bygningsloven er «oppføring, riving, endring, herunder fasadeendring, endret bruk og andre tiltak knyttet til bygninger, konstruksjoner og anlegg, samt terrenginngrep og opprettelse og endring av eiendom» (Lovdata, 2019). Disse tiltakene gjelder for alt vedrørende fast eiendom (Kulturdepartementet, 2020; Lovdata, 2019).

2.1.2 Norske standarder

Norsk standard er en felles prosedyre for hvordan arbeid og enkelte ting skal utføres. I Norge har Norsk Standard enerett til å utgi slike prosedyrer. Reglene og prosedyrene blir ofte utviklet slik at de tilpasser dagens samfunn og blir skrevet med et enkelt språk uten unødig bruk av fremmedord. Alle norske standarder har en bokstav- og tallkode. Denne oppmerkingen viser til hvordan standarden ble utviklet og hvor den har opphav fra (Standard Norge, 2019; Hofstad, 2018).

2.1.3 Byggforskserien

Byggforskserien gir autoriserte anbefalinger for gjennomføring av en byggeprosess. Anbefalingene inngår for prosjektering, utførelse og forvaltning av bygninger. Byggforskserien blir brukt i hele landet og innfrir kravene i byggt teknisk forskrift. Den kan brukes som prosjekteringsgrunnlag, som arbeidsbeskrivelse og som dokumentasjon i byggesaken. Serien legger grunnlaget for hvordan prosjekteringen skal foregå og hvilke nødvendige ytelser som må legges til grunn (SINTEF, 2018).

2.1.4 Byggteknisk forskrift

Byggteknisk forskrift, også kjent som TEK17, inneholder tekniske minimumskrav som byggverk i Norge må innfri. Reglene og veiledningene man finner i byggteknisk forskrift må følges på enhver byggeplass. Forskriften består av 17 ulike kapitler med veiledning og minimumskrav (Direktoratet for byggekvalitet, 2017).

2.2 Tre som byggemateriale

De seneste årene har bruk av tre som byggemateriale blitt mer populært. Dette er grunnet de mange positive sidene ved bruk av tre samtidig som tilgangen er stor, spesielt i Norge. I Norge er ca. 38% av arealet skog, der mesteparten av trærne består av bartrær (Grønvold, 2019).

Parallelt med populariteten rundt bruk av tre i byggkonstruksjoner, blir kunnskapen større. Det er få begrensninger ved bruk av tre som byggemateriale når man ser på fasadeløsninger. Tre er derimot et mykt materiale som trenger større tverrsnitt enn for eksempel stål og betong for å ta samme krefter (Tekna, 2019).

Tre er et av de mest miljøvennlige byggemateriale samtidig som det er det sterkeste byggematerialet i forhold til vekten (Treindustrien). Det er klimabasert og kan erstatte andre byggematerialer som har negativ effekt på både miljø og klima (Gobakken, 2021).

Trær overlever av solenergi og CO₂ fra luften. Bygninger i tre reduserer drivhuseffekten fordi de lagrer CO₂. Ved at trær gjenbrukes kan også solenergien utnyttes (Treindustrien).

Ved større bruk av tre som byggemateriale vil CO₂-tilførselen til atmosfæren reduseres. I tillegg er produksjonen bærekraftig og det bidrar til et godt inn klima og god akustikk (TreFokus, 2021).

2.2.1 Limtre

Limtre, også kalt laminert tre, er en betegnelse på et byggemateriale som lages av nåletrærne gran og furu. Denne type byggemateriale består av trelameller som er limt sammen og på denne måten blir ett større element. Styrken til limtre kommer av måten det er bygget opp på. Ved bruk av flere lag lameller vil ikke svakhetene til hver enkelt lamell utgjøre en stor

forskjell. Dette gir limtre en større styrke enn en massiv bjelke i samme tresort (Løgstrup, 2019).

2.3 Betong som byggemateriale

Betong er en av de viktigste byggematerialene som blir brukt. Det kan blant annet bli brukt til fundamenter, søyler, bjelker og så videre. Mange av de gode egenskapene til betong er at det er sterkt, tåler store trykkrefter og er rimelig i forhold til andre byggematerialer. I tillegg er betong brannsikker og har lang levetid (Thue, 2019; Kontrollrådet, 2020).

Betong består av sement, vann, tilsetninger og tilslag. Ved å blande sammen sement og vann, dannes sementlim. Deretter blandes sementlimet inn med tilslag. Når massen herdes, blir den motstandsdyktig. Det er dette som kalles betong (Thue, 2019; Kontrollrådet, 2020).



Figur 13 viser et betongelement (Fibo).

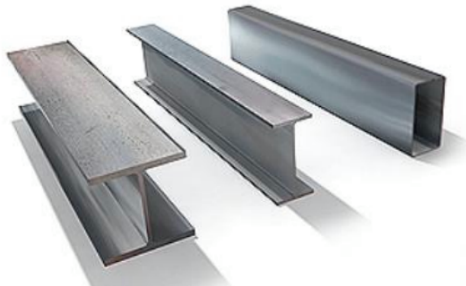
2.4 Stål

Stål er et materiale med høy styrke som muliggjør store spennvidder uten å øke egenvekten. Grunnen til at stål er et attraktivt materiale i byggebransjen er på grunn av disse gode fordelene. Stål er på den andre siden utsatt for korrosjon, som kan føre til svekket styrke og utseende. Ved en eventuell brann, kan også styrken til stål bli svekket.

2.4.1 Profiler

Det eksisterer mange ulike stålprofiler, men de mest vanlige profilene er:

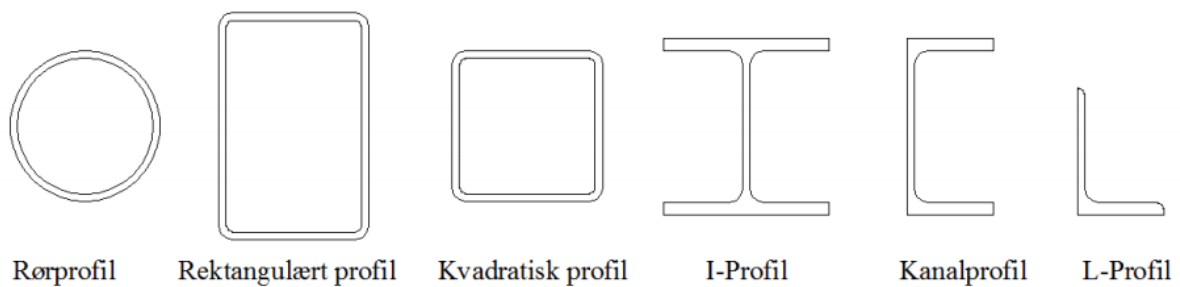
- Rørprofil
- Rektangulært hulprofil
- Kvadratisk hulprofil
- I-profil
- Kanalprofil
- L-profil



Figur 16 illustrerer fra venstre H profil, I profil og rektangulært hulprofil (Byggforskserien, 2018).



Figur 15 illustrerer fra venstre H profil, kvadratisk hulprofil og rektangulært hulprofil (Byggforskserien, 2018).



Figur 14 viser stålprofiler. Bildet er hentet fra en powerpoint fra et tidligere emne i studiet.

2.5 Miljø

2.5.1 Limtres miljøavtrykk

Limtre blir ansett som et miljøvennlig materiale fordi det er enkelt å bryte ned og produsere. Produksjon av limtre bruker relativt lite energi. Sagflis og høvelspon blir oftest brukt for å

produsere energi slik at det ikke er behov for å ta i bruk fossile brennstoffer. Tre vil kunne være en fornybar ressurs så lenge det ikke blir tatt i bruk flere trær enn det vokser i det lange løp (Moelven Limtre AS, 2015).

Under oppveksten til treet, lagrer den alt av CO₂. Denne gassen slipper ikke ut før treet eventuelt blir brent. Ved å bruke tre som byggemateriale, blir det skapt et karbonlager som ikke skader miljøet. Da vil det heller ikke bli produsert ekstra drivhusgasser (Moelven Limtre AS, 2015).

Byggematerialet limtre lages ved å lime sammen lameller under kontrollerte forhold. Limet som brukes for å sette sammen lamellene er ikke en fornybar ressurs, som derfor vil skaper en miljøbelastning. Framstillingen av limet kommer av enten råolje eller naturgass som går gjennom en mellomprosess før det blir til lim. Selv om limet bare utgjør 1-2% av limtreet og ca. 10% av sponplaten, utgjør den 10% av totale energiforbruket som brukes til å framstille limtreet (Plessner, 2012).

85% av livet til en gjennomsnittlig nordmann blir levd innendørs. Det er derfor viktig med et godt inneklima. Alle mennesker produserer og avgir fukt i form av vanndamp. Dette gjør at god ventilasjon er en viktig faktor. Ved bruk av trematerialer i bygg vil synlige trekomponenter både ta opp og avgi fukt. Når treet tar opp fukt vil det avgi lagret varme. Tekna forteller at flere studier konkluderer med at tre påvirker trivsel, konsentrasjon og stressnivå (Tekna, 2019; Tycho, 2020).

2.5.2 Betongens miljøavtrykk

Betongmaterialet er et av materialene som utgir mest CO₂. Materialet står for 5% av CO₂ utslippene i hele verden, der sementproduksjonen står for de største utslippene. Hele produksjonen av betong starter ved kalsinering. Kalsinering skjer ved en varmebehandling der kalkstein går inn i en ovn og blir varmet opp til 1450 grader. Denne prosessen gjør at kalksteinen blir tyngre og mer motstandsdyktige. Kalsineringen sørger også for at uønsket organiske materialer og vann blir borte. 70% av utslippet ved sementproduksjonen kommer av kalsinering, og de resterende 30% kommer av produksjonen av sement (Nesse, 2018).

Når betongen er satt opp tar de eksponerte veggene til seg CO₂ og lagrer dem i betongen. Denne prosessen heter karbonatisering. I betongen er det porer som består av vann. CO₂ som kommer fra luften blander seg med vannet i porene. Forskere anslår at betongoverflatene i Norge tar opp ca. 15-16% av CO₂-utslippet (Bjørnstad, 2016).

Målet er å redusere CO₂ utslippet på verdensbasis. For at dette skal være mulig, må det gjøres noen tiltak.

- Redusere sement i betong
- Bygge færre bygg som består av betong
- Ta i bruk andre bindemidler som silika, flygeaske og slagg istedenfor portlandsement.
- Redusere energiforbruket til betongproduksjonen

(Consolis Spenncon)

Betong er et ikke-pustende byggemateriale. Det vil si at betong ikke tar opp eller avgir fukt. Alle mennesker avgir fukt og det er viktig at fukten blir ført ut av bygninger. I en betongbygg, blir fukten ført ut ved bruk av ventilasjon (Tekna, 2019).

2.6 FN bærekrafts mål

FN (Forente Nasjoner) har 17 mål og 169 delmål som de ønsker å oppnå innen 2030. Hovedmålet er å bekjempe fattigdom, forminske ulikheter og stoppe klimaendringen. I tillegg ønsker FN å bekjempe klimaendringen som kommer av industriarbeidet. Det er to mål som kan knyttes direkte til konstruksjon og byggebransjen: (Sporstøl, 2019) (Ravndal, 2020)

- Mål 11: bærekraftig byer og lokalsamfunn - sørge for å senke gassutslippet og bygge slik at alt som blir brukt, kan føre til et mer bærekraftig lokalsamfunn
- Mål 12: ansvarlig forbruk og produksjon - produsere materialer som ikke krever mye energi og ressurser

Per dags dato har Norge et CO₂ utslipp på 41 000 per 1000 tonn (Kvellheim, 2020).

En av bedriftene som har skrevet under på å følge FN's bærekraftsmål er Veidekke. I tillegg til bærekraftsmålene som FN har satt, har Veidekke laget sine egne miljømål som består av å kutte ca. 50% av utslippet sitt i løpet av 2030 og 90% av utslippet sitt i løpet av 2050. Fra 2018 til 2019 har de klart å kutte 4% av utslippene sine. Tiltakene som er laget for å redusere energiforbruket og klimagassutslippet er (Bjerke, 2019):

- Fossilfrie byggeplasser
- Gjenbruk av asfalt
- Bruk mer lavtemperaturasfalt

2.7 Bygningskomponenter

2.7.1 Søyle

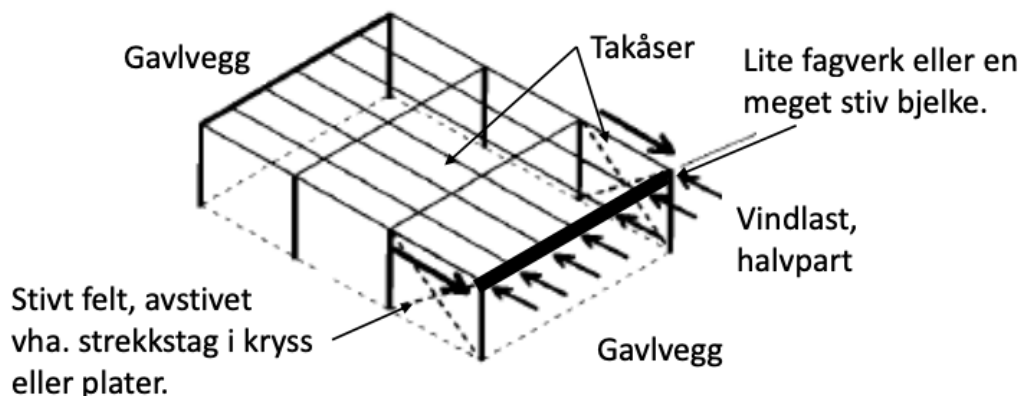
En søyle er et vertikalt bygningselement. Søylar er frittstående og tåler først og fremst aksialkrefter, men kan også ta opp bøyemomenter og skjærkrefter. Ved for stor påkjenning blir søylar oftest utsatt for knekking (Rygh, 2021).

2.7.2 Bjelke

Bjelker er et element som går horisontalt. Elementet tåler bøyemoment og skjærkrefter. Bjelker bli ofte brukt som et bærende element i en bygning. Ved bruk av bjelker og søylar kombinert blir konstruksjonen forsterket og vil dermed tåle store laster (Store Norske Leksikon, 2019).

2.7.3 Avstivningssystem

For at ikke den dimensjonerte bygningen skal kollapse er avstivning nødvendig. Avstivning må kunne ta både strekk og trykkreftene som bygget tar opp fra alle yttervegger samt etasjeskiller. Det som kan forårsake en skyvning i en trebygning er for eksempel vindlast, skjevlast og jordskjelv. Ved å plassere diagonale krysstag, sørger det for at avstivningssystemet både kan ta opp strekk og trykk.



Figur 17 viser hvordan avstivning må dimensjoneres med tanke på krefter utenifra. Bildet er hentet fra en powerpoint fra et tidligere emne i studiet.

3 Metode

Metoden som er brukt i utformingen av denne oppgaven er kvantitativ metode. Denne metoden tar i bruk en forskningsmetode, der det er hentet inn forskjellige kvantitative data (Grønmo, 2020).

Oppgaven henter inn verdier og tall fra ulike tabeller og materialeegenskaper fra ulike Norske Standarder og forskrifter.

3.1 Lastanalyse

3.1.1 Egenvekt

Egenvekt er tyngden på selve konstruksjonen og blir beregnet med hensyn på volum og tyngdetettheten til konstruksjonens bestanddeler (Langraf, 2019b).

Tabellen nedenfor viser tyngdetettheten for trematerialer og er hentet fra NS-EN 1991-1-1.

Tabell 2 tyngdetetthet til trematerialer. Hentet fra NS-EN 1991-1-1

Materiale	Tyngdetetthet kN/m ³
Gran/furu, fasthetsklasse til og med C30	5,0
Limtre	4,7
Bjørk, eik	6,5
Sibirsk lerk	6,4
Sponplate	7,0-8,0
Trefiberplater, harde	10,0
Trefiberplater, halvharde	8,0
Trefiberplater, porøse	4,0
Kryssfiner av gran, furu e.l.	5,0
Kryssfiner av bjørk	7,0
Møbelplate	4,5

3.1.2 Nyttelast

Nyttelast er den variable tyngden konstruksjonen tar opp. De vanlige nyttelastene er personer, møbler, kjøretøy og annen inventar. Noen nyttelaster regnes som en jevnt fordelt last som går over et areal, mens andre kan oppstå som punktlaster. I Norsk Standard kan man finne dimensjonerende nyttelaster som brukes for rom i forskjellige bruksområder, som for eksempel

klasserom som blir brukt i denne oppgaven. Tabell 3 viser tabell 6.1 fra NS-EN 1991-1-1:2002/NA:2008 (Langraf, 2019c).

Tabell 3 Tabell 6.1 – brukskategorier. Hentet fra NS-EN 1991-1-1:2002/NA:2008

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

Tabell 4 Tabell 6.3 – Kategorier for lagring og industriell bruk. Hentet fra NS-EN 1991-1-1:2002/NA;2008

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

Tabell 5 Tabell 6.3 - Kategorier for lagring og industriell bruk. Hentet fra NS-EN 1991-1-1:2002/NA;2008

Kategori	Spesifikk bruk	Eksempel
E1	Arealer som er tilgjengelige for akkumulering av gods medregnet atkomstarealer	Arealer for lagring medregnet lagring av bøker og andre dokumenter
E2	Industriell bruk	

3.1.3 Fasthetsklasse

Norsk standard NS-EN 14080 har rangert ulike treslag ut ifra treets stivhetsegenskaper og fasthetsegenskaper. Denne type rangeringsliste blir kalt for fasthetsklasse. En del av denne tabellen vises i tabell 6 (Moelven Limtre AS, 2015).

Tabell 6 Moelven Limtre - Karakteristiske verdier for Limtre GL30c for gran og trykkimpregnert furu. Tabellen er hentet fra NS-EN 14080.

Egenskaper		
		Limtre GL30c
Fasthetsegenskaperi [N/mm ²]		
Bøyning	$f_{m,g,k}$	30
Strekkfasthet	$f_{t,0,g,k}$	19,5
	$f_{t,90,g,k}$	0,5
Trykkfasthet	$f_{c,0,g,k}$	24,5
	$f_{c,0,g,k}$	2,5 (5,5*)
Skjærfasthet	$f_{y,g,k}$	3,2
Rulleskjærfasthet	$f_{r,g,k}$	1,2
Stivhetsegenskaper i [N/mm ²]		
Elastisitetsmodul	$E_{0,g,mean}$	13000
	$E_{0,g,05}$	10800
	$E_{90,g,mean}$	300
Skjærmodul	$G_{g,mean}$	650
Rulleskjærmodul	$G_{r,g,mean}$	65
Densitet (tetthet) i [N/mm ²]		
Densitet	$\rho_{g,k}$	390
	$\rho_{g,mean}$	430
Karakteristisk fasthetsverdier for styrkeklasse GL30c er i henhold til NS-EN 14080:2013 tabell 4. *) skal kun benyttes sammen med beregningsregler gitt i rapport nr. 86 fra Treteknisk institutt. Dette som alternativ metode til EK5punkt 6.1.5.		

3.1.4 Vindlast

Vindlast er nyttelasten som oppstår ved sterke vindkast. Det skilles mellom statisk vindlast og dynamisk vindlast.

- Dynamisk vindlast oppstår når vinden treffer legemer som dermed kan komme i svingninger. Eksempler på dette er broer og skyskrapere. Disse konstruksjonene er dermed bygget på den måten at de tåler bevegelse, som gjør at de er mer mottakelige mot vind og jordskjelv (Seter, 2020)
- Statisk vindlast vil oppstå når legemet som vinden treffer ikke vil “gi etter”. Et eksempel på dette er klassiske bolighus (Seter, 2020)

Formelen for å finne vindkasthastighetstrykket er:

$$q_p(z) = 0,5 * \rho * (v_m)^2(z)[1 + 2k_p I_v(z)]$$

$$\text{Forenklet: } q_p(z) = k_w * v_{b,0}^2$$

Der:

$$k_w = 0,625 * \left[k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right]^2 * \left[1 + \frac{y}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \right] \text{ Vindlastfaktor}$$

$v_{b,0}$ = referansevindhastigheten, NS-EN 1991-1-4 pkt. 4.2 og tabell NA.4(901.1) - 10min (MV), her blir tabellen for tidligere Nordre Land fylke brukt.

Hentet fra NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009.

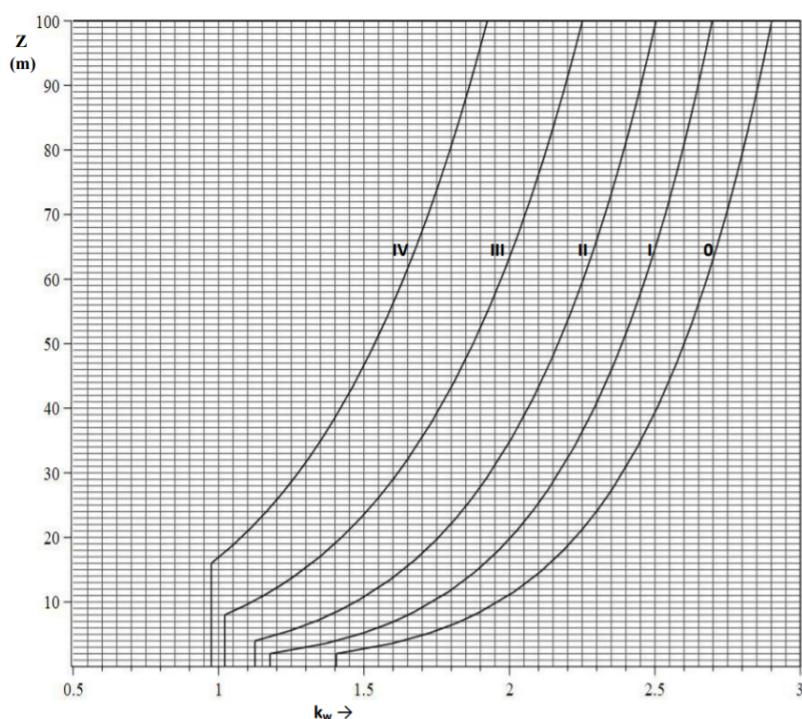
Tabell 7 viser referansevindhastigheten for Nordre Land kommune. Hentet fra NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009

Kommune	$V_{b,0}$	Fylke
Nordre Land	22	Oppland

Ved å bestemme verdier til kategorinumner, ruhetslengden z_0 og høydenivå z i tabell 8 kan man finne vindlastfaktoren k_w ved bruk av figur 18 som er vist på neste side. Tabellen er hentet fra NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009

Tabell 8 Tabell NA.4.1 - Terrengruhetskategorier og tilhørende parametere. Hentet fra NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009

Kategorinummer	Terrengruhetskategori	k_r	z_0 (m)	z_{min} (m)
0	Åpent opprørt hav	0,16	0,003	2
I	Kystnær, opprørt sjø. Åpne vidder og strandsoner uten trær eller busker	0,17	0,01	2
II	Landbruksområde, område med spredte små bygninger eller skogområdet	0,19	0,05	4
III	Sammenhengende småhusbebyggelse, industriområder eller skogsområder	0,22	0,3	8
IV	Byområde der minst 15% av arealer er dekket med bygninger og deres gjennomsnittlige høyde overskrider 15m. Barskogområder	0,24	1	16



Figur 18 vindlastfaktor k_w . Hentet fra NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009

Når et vindkast treffer en byggkonstruksjonens vegger, vil det oppstå sug på lesiden av bygningen. Ved å legge sammen total trykkraft og total sugkraft vil vi få den totale kraften som prøver å forflytte bygningen. Dette må regnes ut på både langsida og kortsida av bygningen (Langraf, 2019a).

3.1.5 Snølast

Snølast er den jevnt fordelte lasten som kommer av snø som ligger på taket eller andre deler av konstruksjonen. Det er viktig å avklare enkelte faktorer før en kan starte med å regne ut snølast. Faktorene som er viktig for beregningen er metrologiske observasjoner, snødybde og snøens tetthet. Vi regner ut den karakteristiske snølasten ut ifra kommune- og fylkeordningen. Aust-Torpa ligger i kommunen Nordre Land som beregningene baserer seg på. Hentet fra NA.4.1(901) fra NS-EN 1991-1-3:2003+NA:2008

Tabell 9 snølastfaktorer hentet fra NS-EN 1991-1-3:2003+NA:2008

Kommune	$S_{k,0}$ kN/m ²	H _g m	ΔS_k kN/m ²	$S_{k,maks}$ kN/m ²
Nordre Land	4,5	250	1,0	6,5

Formelen til å finne karakteristisk snølast på mark er:

$$S_k = S_{k,0} + n * \Delta S_k$$

$$n = \frac{H - H_g}{100}$$

Der:

$S_{k,0}$ er grunnverdien til kommunen.

S_k er høydetillegg

H_g er høydegrense

H er byggestedets høyde over havet.

3.2 Norske standarder

Tabell 10 viser norske standarder som er brukt i utformingen av oppgaven.

Tabell 10 standarder som er brukt i dimensjoneringen i oppgaven

Standard	Norsk navn på standard	År utgitt
NS-EN 1991-1-3	Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-3: Allelemme laster - Snølaster	2008
NS-EN 1990	Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner	2008
NS-EN 1991-1-4	Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-4: Allmenne laster - Vindlaster	2009
NS-EN 338	Konstruksjonstrevirke - Fasthetsklasser	2016
NS-EN 1995-1-1	Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner - Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger	2010
NS-EN 14080	Trekonstruksjoner - Limtre og limt laminert heltre - Krav	2016

3.3 Utregning

3.3.1 Dimensjonerende laster

Arbeidet med utregningen startet med å regne ut krefter som oppstår utenfor bygget; snølast og vindlast. Gruppen måtte også finne ut hvilken egenvekt og nyttelast som skulle brukes for de forskjellige etasjene. Med hjelp fra Berntsen fra Veidekke og dimensjoneringsveileder Fallsen ble de riktige verdiene funnet. Egenvekten som har blitt brukt er inkludert vekten av bjelker og dekker.

3.3.2 Bjelker

Neste steg i utregningen var bjelkene over 1. etasje. Med tanke på at ønsket for utregningen var å oppnå så små tverrsnitt som mulig på både bjelker og søyler, ble mye av utregningen gjort på prøve- og feilemetoden. Denne metoden går ut på å regne ut kapasitet for flere dimensjoner og deretter velge dimensjonene som passer best. I tillegg til dette valgte bachelorgruppen å regne ut tre fritt opplagte bjelker over søylene i 1. etasjen i stedet for en kontinuerlig bjelke. På denne

måten fikk bjelken over korridoren et mindre tverrsnitt, og det vil dermed være større plass til ventilasjon. Dette sørger for å øke plassutnyttelsen mer.

Takbjelken ble dimensjonert som en saltaksbjelke. Dette vil si at bjelken har to forskjellige høyder. En lik høyde på hver av sidene og en høyde i midten som er større. Bildet nedenfor viser utformingen av en saltaksbjelke.

Saltaksbjelke



Figur 19 viser en illustrasjon av en saltaksbjelke (Arntsen, 2015).

I utregningen av bjelkene ble også nedbøyningskravene til slike bjelker sjekket ved maksimal belastning. Med tanke på at gruppens hovedproblemstilling spesialiserte seg på plassutnyttelse mente gruppen at utformingen av 2. etasje kunne forbedres, og at man i denne etasjen kunne spare mye plass. Ved å bruke en kontinuerlig bjelke fra yttervegg til yttervegg hadde vi en mulighet til å spare plassen til ni søyler. På denne måten ville 2. etasje få en større frihet i hvordan lettvegger kunne settes opp.

3.3.3 Søyler

Søylene som er regnet ut i oppgaven tar for seg bredden til tverrsnittet til bjelkene. Ved å gjøre dette sørges det for at søylene og bjelkene passer sammen og at det blir visuelt pent når bygget står ferdig. Søylene ble dimensjonert med tanke på den aksiale lasten som presser ned på hver søyle. I tillegg ble det enklere å bruke prøve- og feilemetoden da bredden på tverrsnittet til søylene allerede var satt.

Alle søylene ble også sjekket for eventuell knekkefare ved maksimal belastning. Ønsket var å oppnå så små tverrsnitt som mulig for alle søylene.

3.3.4 Avstivning

Avstivningen ble regnet ut med tanke på maksimal vindlastkraft på både langsiden og kortsiden samtidig. På denne måten blir bygget sikret fra å kunne kollapse.

På grunn av dimensjonene til avstivningen blir størst over dekket til 1. etasje valgte gruppen sammen med veileder Fallsen, for enkelthetens skyld, å gå for samme dimensjoner for avstivning på taket.

Avstivningen som er regnet ut på veggene er gjort med utseende til fasaden i fokus. Fasaden til bygget består av mange vinduer, og gruppen ønsket å oppnå en identisk fasade i utregningen med byggematerialet limtre. Dette er tatt med så godt som mulig i vurderingen om type avstivning som blir brukt.

3.4 Bruksgrensetilstand

Konstruksjonen ble kontrollert for bruksgrensetilstander. Denne kontrollen innebærer å undersøke hvor funksjonsdyktig bygget er, og eksempelvis nedbøyninger i bjelker eller forskyvninger i konstruksjonen. I henhold til NS-EN 1990 NA.A1.4.2 (2) regnes det ut ifra de ulike lastsituasjonene. Lastkombinasjonen som blir brukt er:

1. Karakteristisk kombinasjon – Denne type kombinasjon blir brukt for irreversible grensetilstander som ikke går tilbake til sin naturlige form som eksempel et glass

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Forenklet à $G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_{0,2} Q_{k,2}$

2. Ofte forekommende kombinasjoner – Denne type kombinasjon blir brukt for reversible grensetilstander som går til sin naturlige form som eksempel dør som åpner og lukker seg

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Forenklet à $G_{k,1} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \psi_{2,2} Q_{k,2}$

3. Kvasi – permanent kombinasjon - Denne type kombinasjon blir brukt for langtidsvirkninger og utseende som for eksempel på nedbøyning av gulv

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Forenklet à $G_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i}$

3.5 Bruddgrensetilstander

Konstruksjonen ble kontrollert for kapasitet. Denne kapasiteten går ut på hvor mye bygget er dimensjonert for før den kolliderer eller får en konstruksjonsvikt. Dette kan en beregne ved å bruke de to likningene 6.10a og 6.10b. Kontrollen blir gjennomført for alle laster i form av enkeltlaster og lastkombinasjoner. Denne kontrollen tar ikke betraktning til ulykkesgrensetilstander. Formlene nedenfor er hentet fra NS-EN 1991 og NS-EN 1999.

6.10 a)

$$q_d = 1,35 * G_k + 1,05 * Q_{k,1} + 1,05 * Q_{k,i}$$

6.10 b)

$$q_d = 1,20 * G_k + 1,50 * Q_{k,1} + 1,05 * Q_{k,i}$$

Tabell 11 kategorier for nyttelaster i bygninger (se NS-EN 1991-1-1)

Last	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kategorier for nyttelaster i bygninger (se NS-EN 1991-1-1)			
Kategori A – Innendørs bostedsarealer	0,7	0,5	0,3
Kategori B – Kontorarealer	0,7	0,5	0,3
Kategori C – Arealer hvor personer kan samles	0,7	0,7	0,6
Kategori D – Forretningsarealer	0,7	0,7	0,6
Kategori E – Lagarealer	1,0	0,9	0,8
Kategori F – Trafikkarealer, kjøretøyvekt £ 30 kN	0,7	0,7	0,6

Kategori G – Trafikkarealer, 30 kN < kjøretøyvekt £ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Kategori H – Tak	0	0	0
Snølaster på bygninger (se NS-EN 1991-1-3)			
Finnland, Sverige, Norge, Island	0,7	0,5	0,20
Øvrige CEN-medlemsland, for steder med beliggenhet H > 1000 m.o.h	0,7	0,50	0,20
Øvrige CEN-medlemsland, for steder med beliggenhet H £ 1000 m.o.h	0,50	0,20	0
Vindlaster på bygninger (se NS-EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Temperatur (ikke brann) i bygninger (se NS-EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
MERKNAD y-verdiene kan fastsettes i det nasjonale tillegget. *For land som ikke er nevnt nedenfor, se relevante lokale vilkår.			

Grunnen til at det er brukt to forskjellige lastkategorier fra tabell 11 er på grunn av at formfaktorene til snølast kun blir brukt for dimensjonering av takbjelken. Formfaktorene i kategori C blir da brukt ved dimensjonering av bjelken over søylene i 1. etasje.

3.6 Pålitelighetskasse

Alle konstruksjoner er delt inn i pålitelighetsklasser. Dette er for å sikre at alt som er underdimensjonert, blir kontrollert. Denne kontrollen innebærer sikkerhetsnivå. I henhold til pålitelighetsklassen som står i NS-EN 1990, er det noen krav som kontrolleres.

- Det er nødvendig for kontroll av prosjektering
- Det er nødvendig for kontroll under utførelsen og bruk
- Det er krav om differensiering av lastfaktorer og materialfaktorer

Tabell 12 reduksjonsfaktor. Hentet fra NS-EN 1990

Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler	Pålitelighetsklasser			
	1	2	3	4
Byggverk med store ansamlinger av mennesker (tribuner, kinosaler, sportshaller, kjøpesenter, forsamlingslokaler, osv)		(x)	x	
Kontor- og forretningsbygg, skoler, institusjonsbygg, boligbygg osv.		x	(x)	

3.7 Lastsituasjoner

Tabell 13 krav til maksimal nedbøyning NS-EN 1990 NA.A 1.4.2

Konsekvenser	Lastsituasjoner	Anbefalte største tillatelse nedbøyningsverdier
Konstruksjoner der nedbøyning fører til skader	Karakteristisk	Fastsettes i det enkelte prosjektet
Konstruksjoner der det på grunn av bruk eller utstyr stilles krav	Ofte forekommende	Fastsettes i det enkelte prosjektet
Konstruksjoner med alminnelige brukskrav eller estetiske krav	Tilnærmet permanent	L/200-L/250

3.8 Karakteristiske fastheter

Tabell 14 karakteristiske fastheter - Limtre NS-EN 14080

Fasthetegenskaper i (N/mm ²)		Styrkeklasser for kombinert limtre
		GL30c
Bøyning	$f_{m,g,k}$	30
Strekfasthet	$f_{t,0,g,k}$	19,5
	$f_{t,90,g,k}$	0,5

Trykkfasthet	$f_{c,0,g,k}$	24,5
	$f_{c,90,g,k}$	2,5
Skjærfasthet (skjær og torsjon)	$f_{y,g,k}$	3,5
Rulleskjærfasthet	$f_{y,g,k}$	1,2
Stivhetsegenskaper i (N/mm²)		
Elastisitetsmodul	$E_{o,g,mean}$	13000
	$E_{o,g,05}$	10800
	$E_{90,g,mean}$	300
	$E_{90,g,05}$	250
Skjærmodul	$G_{g,mean}$	650
	$G_{g,05}$	542
Rulleskjærmodul	$G_{r,g,mean}$	65
	$G_{r,g,05}$	54
Densitet (tetthet i (N/mm²))		
Densitet	$r_{g,k}$	390
	$r_{g,mean}$	430

3.9 Materialfaktor

Materialfaktoren tar hensyn til avvik i geometri, materialegenskaper og unøyaktigheter i utførelsen. Tabellen er hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010.

Tabell 15 materialfaktor limtre (partialfaktor). Hentet fra NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

Materiale og produkt	γ_M
Limtre	1,15

3.10 Fasthetsfaktor og lastvarighet

Fasthetsfaktoren tar hensyn til lastvarigheten og klimafaktorene. Fasthetsfaktoren blir lavere desto lengre lastvarigheten blir. En last med lengre varighet, har større ødeleggelseeffekt enn en last med kort varighet. Bygningen i denne oppgaven bruker korttidstast.

Tabell 16 fasthetsfaktor - k_{mod} for limtre. Hentet fra NS-EN 1995-1-1

Materiale	Standard	Klima-klasse	Lastvarighetsklasser				
			Permanent-last (P)	Langtids-last (A)	Halvårs-last (B)	Korttids-last (C)	Øyeblikks-last (i)
Limtre	NS-EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,70	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,55	0,55	0,65	0,70	0,90

Lastvarighetsklassen beskriver hvor lang tid de ulike lastene varer.

Tabell 17 lastvarighetsklasse er hentet fra NS-EN 1995-1-1

Lastvarighetsklasse		Eksempler på belastning
Permanent last	mer enn 10 år	egenvekt
Langtidslast	6 måneder - 10år	lagring
Halvårslast	1 uke - 6 måneder	nyttelast på gulv og trafikklast ^a
Korttidslast	mindre enn 1 uke	snølast ^b og trafikklast på broer
Øyeblikkslast	mindre enn 10 sek	vindlast ^b og ulykkeslast

^a Trafikklast fra hensatte kjøretøyer/biler skal betraktes som halvårslast

^b Under særskilte forhold skal det være riktig å vurdere snø som halvårslast og vind som korttidslast

3.11 Feilkilder

Kapittelet viser mulige feilkilder som kan skje under dimensjonering og utforming av oppgaven.

- Utregning er gjort med håndkalkulator. Her kan feil inntasting være en sentral feilkilde. Mulig feilkilde ligger hos brukeren.
- Noen av utregningene er kun gjort av en person. En feilkilde her kan være at flere etterkontroller hadde vært nødvendig. Mulig feilkilde ligger hos brukeren.
- Bachelorgruppen har ikke brukt plantegninger som er brukt på byggeplasser tidligere. Med tanke på at det var mange forskjellige tegninger i samme revitprogram, kan det hende misforståelser har skjedd i forhold til dette. Mulig feilkilde ligger hos brukeren.

4 Resultat

I dette kapitlet skal det ta for seg resultatet som er funnet ved hjelp av dimensjonering av bæresystemet i limtre. Her vil avstivning, bjelker og søyler bli presentert. Sammenlikning mellom bæresystemet i betong og bæresystemet i limtre vil være sentralt.

4.1 Miljø

Forskningen som er gjort i henhold til denne oppgaven, viser til at limtre har flere miljøvennlige fordeler enn betong. I tillegg vil inneklima i en trebygning være betydelig bedre enn i en betongbygning. Denne forskningen er gjort kun med tanke på limtre og betong som byggemateriale.

4.2 Dimensjonerende laster

Verdiene i tabell 18 viser de ulike lastene som er blitt dimensjonert.

Tabell 18 viser laster som er brukt under dimensjoneringen

Laster	Verdi	Benevning	Utregning finnes i følgende vedlegg
Egenlast, dekke over 1. etasje	0,7	kN/m ²	Vedlegg B
Egenlast, tak	1	kN/m ²	Vedlegg B
Nyttelast, dekke over 1. etasje	3,5	kN/m ²	Vedlegg B
Nyttelast, tak	5,2	kN/m ²	Vedlegg B
Snølast	5,2	kN/m ²	Vedlegg C
Totale vindhastighet, langside vegg	736,4	N/m ²	Vedlegg J
Totale vindhastighet, kortside vegg	667,8	N/m ²	Vedlegg J

4.3 Bæresystem i betong

Verdiene i tabell 19 viser dimensjonene som Veidekke har brukt i betongbygget.

Tabell 19 viser dimensjonene på søyler og bjelker som er brukt i betong

Beskrivelse	Dimensjon
Bjelker i 1. og 2. etasje	150 mm x 450 mm
Søyler i 1. og 2. etasje	300 mm x 310 mm

4.4 Bæresystem i limtre

Verdiene i tabell 20 viser dimensjonene som er dimensjonert i denne oppgaven.

Tabell 20 viser dimensjonene på bjelker og søyler som er dimensjonert i oppgaven

Beskrivelse	Dimensjon	Utrekning finnes i følgende vedlegg
Bjelke fra yttervegg til korridor i 1. etasje	165 mm x 540 mm	Vedlegg D
Bjelke i korridor i 1. etasje	165 mm x 225 mm	Vedlegg D
Takbjelke	190 mm x 1350 mm	Vedlegg E
Fasadebjelker	140 mm x 180 mm	Vedlegg F
Kontroll av nedbøyning til bærebjelker	-	Vedlegg G
Søyler under tak	190 mm x 180 mm	Vedlegg H
Søyler i korridor	165 mm x 180 mm	Vedlegg I

4.5 Sammenlikning av plassutnyttelsen til bærekonstruksjonene

4.5.1 1. etasje

4.5.1.1 Søylar

Tabell 21 viser at en total gevinst i plassutnyttelse til søylene i 1. etasje er 3,73m³.

Tabell 21 viser sammenlikningen mellom betong og limtre. Søylar i 1. etasje.

Byggemateriale	Antall	Bredde	Høyde	Lengde	Volum	Totalt volum
Betong	18	300mm	310mm	3400mm	0,32m ³	5,69m ³
Limtre	9	190mm	180mm	3400mm	0,12m ³	1,05m ³
	9	165mm	180mm	3400mm	0,10m ³	0,91m ³
Total differanse:						3,73m³

4.5.1.2 Bjelker

Tabell 22 viser at et totalt tap av plassutnyttelse til bjelkene over 1. etasje er 1,74m³.

Tabell 22 viser sammenlikningen mellom betong og limtre. Bjelker i 1. etasje

Byggemateriale	Antall	Bredde	Høyde	Lengde	Volum	Totalt volum
Betong	9	150mm	450mm	15580mm	1,05m ³	9,46m ³
Limtre	9	165mm	540mm	6410mmx2	1,14m ³	10,28m ³
	9	165mm	225mm	2760mm	0,10m ³	0,92m ³
Total differanse:						-1,74m³

4.5.2 2. etasje

4.5.2.1 Søyler

Tabell 23 viser at en total gevinst i plassutnyttelse til søylene i 2. etasje er 4,64m³.

Tabell 23 viser sammenlikningen mellom betong og limtre. Søyler i 2. etasje

Byggemateriale	Antall	Bredde	Høyde	Lengde	Volum	Totalt volum
Betong	18	300mm	310mm	3400mm	0,32m ³	5,69m ³
Limtre	9	190mm	180mm	3400mm	0,12m ³	1,05m ³
					Total differanse:	4,64m³

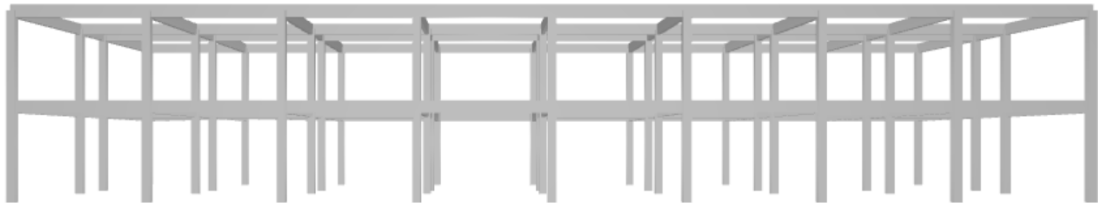
4.5.2.2 Bjelker

Tabell 24 viser at et totalt tap av plassutnyttelse til bjelkene i 2. etasje er 26,51m³.

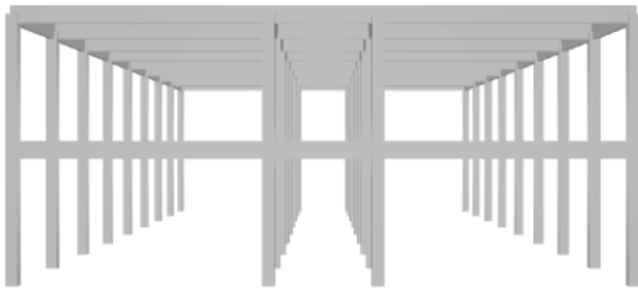
Tabell 24 viser sammenlikningen mellom betong og limtre. Takbjelker.

Byggemateriale	Antall	Bredde	Høyde	Lengde	Volum	Totalt volum
Betong	9	150mm	450mm	15580mm	1,05m ³	9,46m ³
Limtre	9	190mm	1350mm	15580mm	3,99m ³	35,97m ³
					Total differanse:	-26,51m³

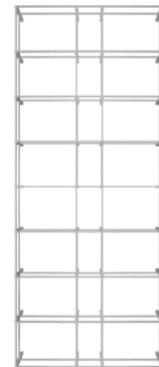
4.6 3D tegninger fra Focus Konstruksjon



Figur 20 Betongkonstruksjon. Langside fasadevegg. (Fokus konstruksjon)



Figur 23 Betongkonstruksjon. Gavlvegg. (Fokus konstruksjon)



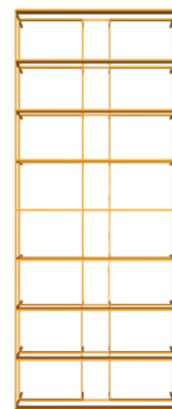
Figur 21 Betongkonstruksjon. Ovenfra. (Fokus konstruksjon)



Figur 22 Limtrekonstruksjon. Langside fasadevegg. (Fokus konstruksjon)



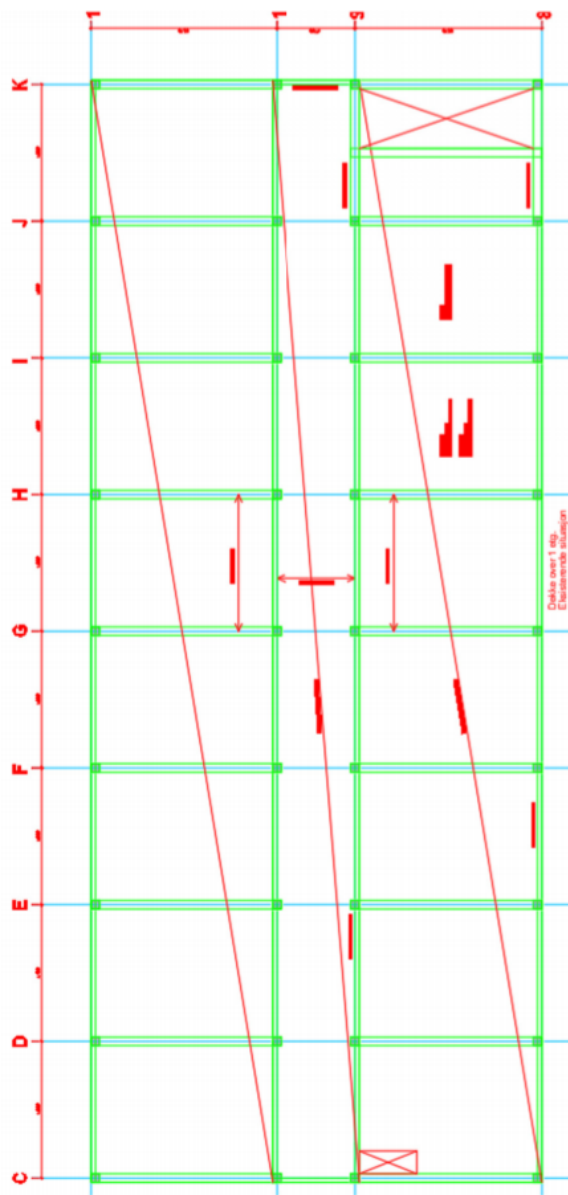
Figur 25 Limtrekonstruksjon. Gavlvegg. (Fokus konstruksjon)



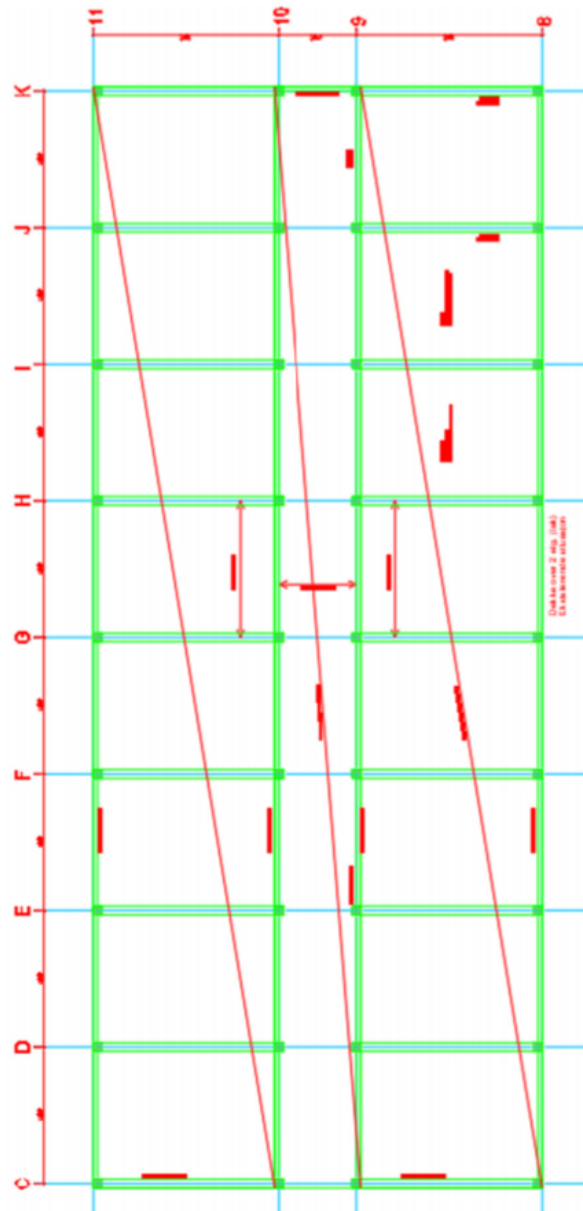
Figur 24 Limtrekonstruksjon. Ovenfra. (Fokus konstruksjon)

4.7 Aksekart betong

Aksekartene nedenfor som illustrerer søylene og bjelkene i betong er tilsendt av Veidekke. Dette er tegninger som er blitt fulgt i prosessen av prosjektet på Torpa barne- og ungdomsskole.



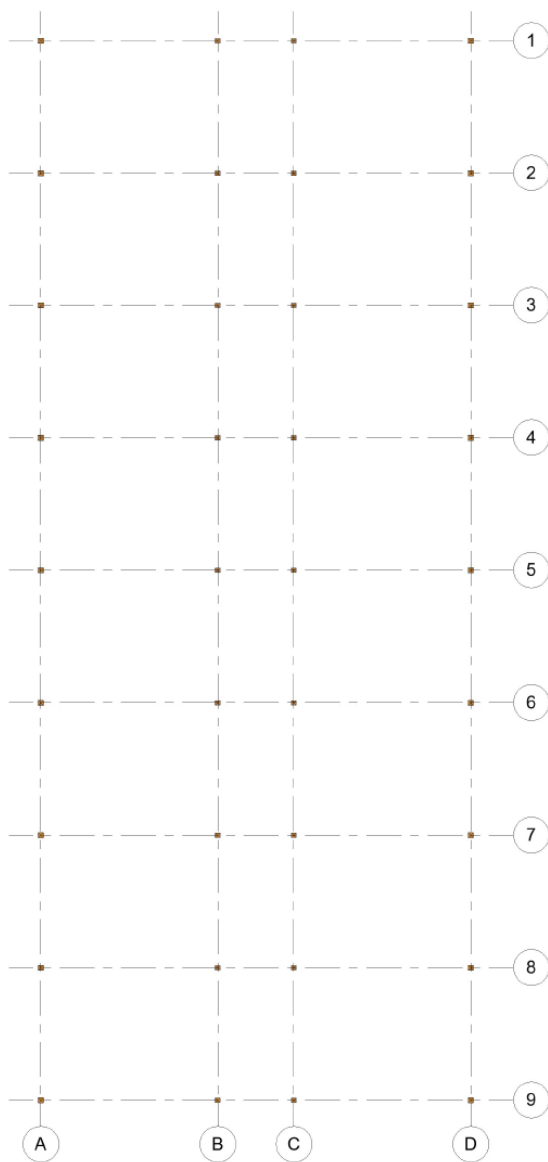
Figur 27 Aksekart plan 1 betong tildelt fra Veidekke



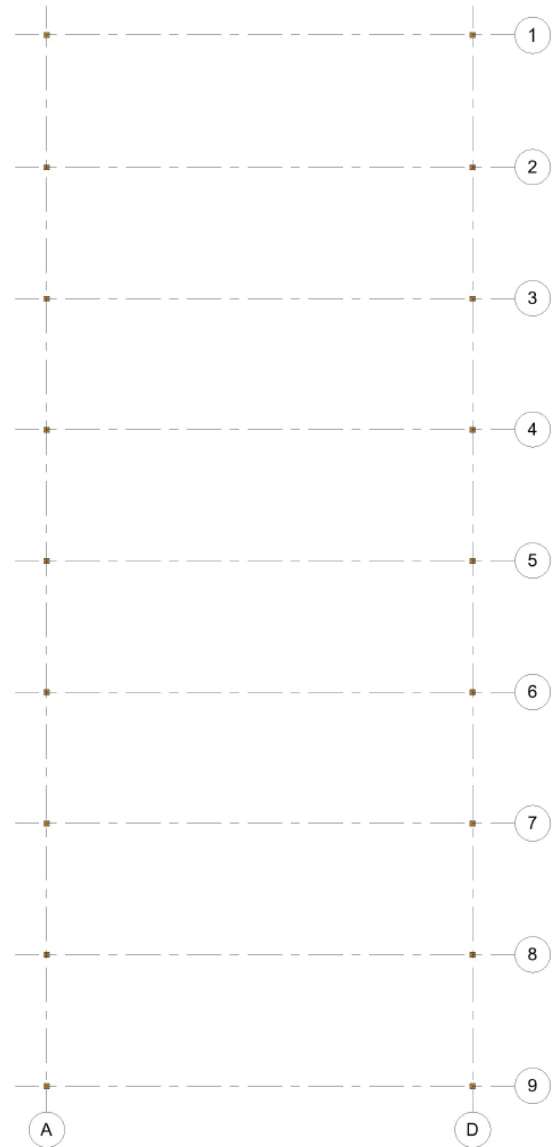
Figur 26 Aksekart plan 2 betong tildelt fra Veidekke

4.8 Aksekart limtre

Aksekartene nedenfor som viser søyleplasseringen til søylene i limtre er laget i modelleringsprogrammet Revit.



Figur 28 Aksekart plan 1 limtresøyler (Revit)



Figur 29 Aksekart plan 2 limtresøyler (Revit)

4.9 Avstivning

Tabell 25 viser dimensjonene til avstivningen til limtrebygget. Utregning vises i vedlegg.

Tabell 25 viser dimensjonene på avstivning som er regnet ut i oppgaven

	Vertikalt mm	Diagonalt mm	Utregning finnes i følgende vedlegg
Avstivning på langside vegger	Varmformet hulprofil 40 x 40 x 3	Flattstål 100 x 10	Vedlegg K
Avstivning på kortside vegger	Varmformet hulprofil 40 x 40 x 3	Flattstål 100 x 10	Vedlegg L
Avstivning på tak	Varmformet hulprofil 100 x 100 x 4	Varmformet hulprofil 50 x 50 x 4	Vedlegg M

5 Diskusjon og analyse

5.1 Valg av beregningsmetode

Alle beregninger som er gjort i oppgaven er utført med blyant, papir og kalkulator. Deretter er de manuelt skrevet inn i Word, og satt opp på en ryddig måte. Denne prosessen kunne tatt kortere tid om gruppen hadde brukt Excel for utregning, eller et annet dataprogram som kunne beregnet laster på bygninger. Data som er hentet til de forskjellige materialene som er brukt er hentet fra Norske Standarder og eurokoder i form av tabeller.

Ved å måtte lære oss et nytt program for utregning ville dette tatt betydelig mer tid. Vi har ingen kunnskap til slike programvarer fra tidligere. Gruppen mente at en utregning i et slikt program som for eksempel Revit hadde gitt mindre sjanse for feilkilder med tanke på beregningene. Dette er likevel ikke gjort med tanke på at omfanget av oppgaven hadde blitt for stor. Små justeringer av for eksempel laster ville kunne blitt regnet ut fort ved hjelp av et dataprogram, men ved bruk av håndberegninger har dette tatt betydelig lenger tid.

Beregning av avstivningssystemet var det som var mest tidskrevende da dette er et tema som vi ikke har lært mye om tidligere i studiet. Veileder Fallsen var til stor hjelp i denne fasen av arbeidet og ga oss den kunnskapen vi trengte.

Vi valgte å bruke Revit og Focus konstruksjon som tegneprogrammer for å vise aksekart og søyle- og bjelkedimensjoner på en ryddig måte. For å kunne gjøre dette fikk vi hjelp av en medstudent i tillegg til å ha sett flere videoer på internett for å tilegne oss den grunnleggende kunnskapen vi trengte for å lage tegningene vi ønsket.

5.2 Avgreninger i oppgaven

Siden begge i gruppen har fordypet seg i konstruksjonsteknikk gjennom studiet, har vi lagt dette til grunn i vinklingen av oppgaven. Dette er en retning som vi ønsker å jobbe med senere, og det er et tema som begge synes er interessant og motiverende.

Utgangspunktet for bachelorgruppen var at vi ønsket å ta inn andre faktorer enn kun plassutnyttelse i sammenlikningen mellom de forskjellige byggematerialene. Faktorer som ble tatt opp på dette tidspunktet var økonomi, miljøutslipp og forsøpling på byggeplassen. Etter å ha startet på oppgaven og snakket med veileder Astrid Stadheim fant vi ut at med alle disse

faktorene hadde oppgaven blitt for omfattende. Dermed valgte gruppen ut miljø ved siden av plassutnyttelse da dette er en faktor innenfor bærekraft, og det var også et tema som virket interessant med tanke på utslipp av CO₂ til de forskjellige byggematerialene.

Gruppen diskuterte også om økonomiberegninger, da dette har vært et fag tidligere i studiet, men vi fant ut av at vanskelighetsgraden ved å sette opp et fullstendig økonomisk budsjett var for høy med tanke på kunnskapen vi satt med.

5.3 Miljø

Et av delmålene til oppgaven er å dimensjonere et betongbygg i limtre for å forminske klimagassutslippet. Dette kan en se ved å regne ut volumet til betongen som er blitt brukt og volumet til limtre som vi har dimensjonert for. Ved å bytte ut betongsøylene med limtresøyler, sparer man 10,47 m³, som fører til at det er mulig å oppnå FNs bærekraftsmål 11 og 12. Målet spesifiserer at det er viktig å bruke materialer som er gode resurser med tanke på bærekraft. I dette tilfellet vil limtre være et slikt materiale. Under utregningen kom vi fram til at limtrebjelker fikk større dimensjoner enn det betongbjelker hadde. Selv om bygget bruker større limtrebjelker, vil det være mer miljøvennlig å bruke limtre istedenfor betong.

Forskning som er gjort i henhold til limtre og betong, viser til at trevirke holder igjen CO₂ som gjør at det ikke skaper mer gassutslipp. Derimot holder ikke betong på like mye CO₂ som tre gjør, og dette fører til at klimagassutslippet vil øke. I tillegg vil inneklimate bli betraktelig bedre ved bruk av trevirke på grunn av de gode egenskapene med tanke på fukt. Bygningen som det er snakk om i denne oppgaven er en skole, og dermed vil inneklimate ha en stor betydning.

Selv om limtre er et bedre alternativ til et miljøvennlig byggemateriale, er det viktig å se på byggeprosessen som en helhet. Det er mange faktorer som spiller en rolle innenfor klimagassutslippet som for eksempel:

- Produksjon
- Avfallshåndtering
- Frakt
- Montering og så videre

Siden denne oppgaven ikke tar for seg hele klimaregnskapet, er det ikke mulig å få et helhetsbilde av klimagassutslippet. Ut ifra å se på forskning som kun er gjort rundt betong og limtre som byggemateriale, vil det være en fordel med tanke på miljø å bruke limtre.

5.4 Diskusjon av resultat

5.4.1 Søylar

Som resultatene til søyledimensjonene viser i kapittel 4.5, vil en total gevinst av plassutnyttelsen i 1. etasje bli $3,73\text{m}^3$. Her er plassering av søylene den samme som i betongbygget.

En total plassutnyttelse som er spart i 2. etasje ved bruk av limtresøylar i stedet for betongsøylar er $4,64\text{m}^3$. I denne etasjen har også frihet til planløsning blitt tatt til betraktning. Her er hele etasjen blitt en åpen hall, og lettvegger kan med dette settes opp hvor man ville ønsket det. Dette er den mest betydningsfulle endringen ved bruk av limtre som byggematerialet, og den mest drastiske endringen som er gjort med tanke på hvordan bygget står i betong.

En total spart plass ved bruk av limtresøylar i begge etasjene vil med dette bli $8,37\text{m}^3$. Med tanke på at dette er plass som kun er spart ved bruk av et annet byggemateriale er forskjellen stor.

Ved utgangspunkt i å regne ut den verste tenkelige situasjonen, fremkom det at det ikke er nødvendig med fire søylar under taket. Ved å kun bruk søylene i ytterveggene, vil 2. etasje bli mer fleksibel. Hvis det på et senere tidspunkt blir nødvendig med flere eller andre størrelser på klasserommene i 2. etasje er det mulig å rive og sette opp lettvegger hvor det ville passe.

5.4.2 Bjelker

Bjelkene som ligger over 1. etasje, har to forskjellige dimensjoner. Dette er gjort med hensyn til høyden under taket i korridoren. Ventilasjon som senere skal installeres vil bruke et større areal i gangen, og ved bruk av en mindre dimensjon på limtrebjelken vil ikke høyden i gangen med ventilasjon bli merkbart lavere. Med tanke på dette vil limtrebjelkene bruke et større volum enn betongbjelkene på $1,74\text{m}^3$. Høyden under taket vil allikevel ikke bli lavere enn $2,9\text{m}$.

Med tanke på at det kun er to rader med søyler som holder taket oppe, vil takbjelken ha en betydelig større dimensjon enn bjelken over 1. etasje. Takbjelken er dimensjonert som en saltaksbjelke, og vil derfor tåle større krefter på grunn av formen. Her vil betongbjelkene bruke et totalt volum på $26,51\text{m}^3$ mindre enn limtrebjelkene. Det er en stor forskjell på dimensjonene mellom bruk av betong og limtre når det kommer til takbjelken, men det er også på grunn av denne forskjellen at det er mulig å få en fleksibel 2. etasje. Høyden under taket vil ikke bli mindre av den grunn, da det økte tverrsnittet kun vil øke høyden på selve konstruksjonen.

5.4.3 Avstivning

Avstivningen som utregningen viser, er nødvendig for at huset ikke skal kollapse. En slik avstivning vil ikke være synlig for brukeren når bygget står ferdig. På grunnlag av at avstivningen som må til på langside fasadevegg bruker en større plass enn forventet, må fasadeløsningen endres med tanke på plassering av vinduene. Et par av vinduene som er plassert på hver av langsidene må fjernes for å få plassert nødvendig avstivning.

Videre har avstivningen på taket, på dekket over 1. etasje og på gavlvegg tilstrekkelig med plass uten å endre på fasadeløsningen. Avstivningen her er gjort ved å finne HUP profiler til gurt og diagonaler som tar de maksimale strekkraftene. Veggavstivningen har brukt vertikale HUP profiler, og flattstål til diagonalene.

6 Konklusjon

Problemstillingen vi tok opp i oppgaven vår var: *Hvordan ville plassutnyttelsen til rehabiliteringshallen ved Torpa barne- og ungdomsskole vært om den ble dimensjonert i tre?*

I en helhetlig konklusjon av søyle- og bjelkedimensjonene ville man fått mest uttelling med tanke på plassutnyttelse ved bruk av limtre som byggemateriale. Dette er i henhold til at hele 2. etasje vil stå uten søyler i korridoren, noe som også vil gi stor frihet til å endre etasjens planløsning.

Takbjelkene i limtre har på den andre siden en god del større tverrsnitt enn i betong. Med tanke på at bjelkene ikke blir synlig ved endt resultat, er konklusjonen at plassutnyttelsen og fleksibiliteten til bygget blir vesentlig større om byggematerialet står som limtre. Ved at man ikke kan se bort ifra uttellingen som blir gjort i 2. etasje, har vi konkludert med dette som utgangspunkt.

Selv om bygget bruker større limtrebjelker, vil det være mer klimavennlig å bruke limtre i stedet for betong. Dette er på grunnlag av de klimapositive egenskapene limtre har. Mer CO₂ vil bli bundet i trevirket, og inneklimate vil bli betraktelig bedre. Denne konklusjonen er dratt uten å legge vekt på andre faktorer enn selve byggematerialet.

Det ønskelige ved endt dimensjonering av limtrekonstruksjonen var muligheten til å oppnå en lik fasade som betongbygningen. Etter utregning av avstivningssystemet har vi kommet fram til at dette ikke lar seg gjennomføre. Avstivningssystemet på langsiden som tar vind fra gavlveggene vil bli for stor, så et par av vinduene på langsiden må fjernes, eventuelt flyttes.

Ved vurdering av alle faktorene som er tatt opp i oppgaven vil vår endelige konklusjon være at limtre som byggemateriale vil ha flere fordeler enn betong. Dette er med tanke på plassutnyttelse, miljø og inneklimate.

7 Videre arbeid

Vi ønsker å komme med forslag til videre arbeid. Nedenfor har vi listet opp ulike problemstillinger som kunne vært interessant å forske på:

- Finne økonomisk budsjett for den nye bærekonstruksjonen i limtre
- Lage en ny planløsning der plassutnyttelsen i 2. etasje kommer til nytte
- Ferdigstille hele bygget i limtre
- Universell utforming
- Finne totalt miljøregnskap

8 Litteraturliste

Arntsen, S. (2015) LIMTRE som konstruksjonsmateriale. Tilgjengelig fra:

<https://slideplayer.no/slide/2049613/>.

Bjerke, C. (2019) Klimapåvirkning. Tilgjengelig fra:

<http://veidekke.com/no/baerekraft/article35533.ece>.

Bjørnstad, L. (2016) Kan vi bruke betong med god klimasamvittighet? Tilgjengelig fra:

<https://forskning.no/bygningsmaterialer-klima/kan-vi-bruke-betong-med-god-klimasamvittighet/379248>.

Byggforskserien (2018) Søylar av stål. Dimensjoneringstabeller. Tilgjengelig fra:

https://www.byggforsk.no/dokument/307/soeyler_av_staal_dimensjoneringstabeller.

Bø, D., Hagemoen, J. S. og Nava, R. (2020) *Sammenligning av bæresystemer for en boligblokk på Leira*. Tilgjengelig fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2663609/no.ntnu%3ainspera%3a56134203%3a57858465.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ConForm Hvorfor velge betong. Tilgjengelig fra: <https://www.con-form.no/hvorfor-velge-betong/category884.html>

Consolis Spenncon Kalsinering. Tilgjengelig fra: <https://spenncon.no/spenncon/om-spenncon/enok-losninger/betong-og-miljo/>.

Direktoratet for byggekvalitet (2017) Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning.

Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>.

Fibo Lys Betong. Tilgjengelig fra: <https://fibo.no/produkter/lys-betong/>.

Gobakken, L. R. (2021) *Bruk av trematerialer i bygg*. Tilgjengelig fra:

<http://www.treindustrien.no/miljo>.

Google Maps. Tilgjengelig fra: <https://www.google.no/maps/>.

Grønmo, S. (2020) Kvantitativ metode. Tilgjengelig fra: https://snl.no/kvantitativ_metode.

Grønvold, K. (2019) *Tre som byggemateriale*. Tilgjengelig fra:

<https://ndla.no/subject:11/topic:eaf487bb-a2ad-4725-8e57-fd709dd4cade/topic:1:158644/resource:1:169558?filters=urn:filter:0d67724e-d9fa-4365-9839-4cc91c012855>.

Hofstad, K. (2018) Norsk Standard. Tilgjengelig fra: https://snl.no/Norsk_Standard.

Kontrollrådet (2020) Betongens ABC. Tilgjengelig fra:

<https://kontrollbetong.no/aktuelt/betongens-abc/>.

Kulturdepartementet (2020) *Lov og likestilling og forbud mot diskriminering (likestillings- og diskrimineringsloven)*.

Kvellheim, A. K. (2020) Beton er en del av klimaløsningen. Tilgjengelig fra:

<https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/-betong-er-en-del-av-klimalosningen/>.

Langraf, M. (2019a) Vindlast. BlackBoard NTNU.

Langraf, M. (2019b) Egenlast. BlackBoard NTNU.

Langraf, M. (2019c) Nyttelast.

Lovdata (2019) *Lov om planlegging og byggesakks behandling (plan- og bygningsloven)*.

Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>.

Løgstrup, B. (2019) *Limtre dragere er smarte!* Tilgjengelig fra:

<https://gjoerdetselv.com/materialer/tre/limtre dragere-er-smarte>.

Moelven Limtre AS (2015) *LIMTREBOKA*.

- Nesse, N. (2018) Kalsinering. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kalsinering>.
- Nilsen, E. U., Alvseike, J. R. og Myhr, S. A. (2020) *Konkurransedyktighet til limtre som materiale for brubygging, sammenliknet med betong*. Tilgjengelig fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2660160/no.ntnu%3ainspera%3a58529295%3a58533061.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Nordre Land kommune (2020) *Torpa barne- og ungdomsskole*. Tilgjengelig fra: <https://www.nordre-land.kommune.no/torpa-barne-og-ungdomsskole.504809.no.html>.
- Nordre Land kommune (2021) *Torpa barne og ungdomsskole - byggeperiode*. Tilgjengelig fra: <https://www.nordre-land.kommune.no/torpa-barne-og-ungdomsskole-byggeperiode.6281375-519537.html>.
- Plesser, T. S. (2012) Litt lim har stor miljøeffekt. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/sistenytt/2012/litt-lim-har-stor-miljoeffekt/>.
- Ravndal, E. J. (2020) FNs bærekraftsmål. Tilgjengelig fra: https://snl.no/FNs_b%C3%A6rekraftsm%C3%A5l.
- Rygh, P. (2021) Søyle. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/s%C3%B8yle>.
- Seter, K. (2020) Vindlast. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/vindlast> (Hentet: 21.01.21).
- SINTEF (2018) Hva er Byggforskserien. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/side/198/hva_er_byggforskserien.
- Skaar, C. Utfordringer ved sammenligning av klimafotavtrykk for bygninger. Tilgjengelig fra: http://bygningfysikk.no/NorskBygningfysikkdag2019/05_SKAAR_Klimafotspor.pdf
- Sporstøl, E. (2019) Bærekraftig utvikling. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling>.

Standard Norge (2019) Norsk Standard. Tilgjengelig fra:

<https://www.standard.no/standardisering/norsk-standard/>.

Store Norske Leksikon (2019) Bjelke. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/bjelke>.

Tekna (2019) *7 gode grunner til å bruke tre som byggemateriale*. Tilgjengelig fra:

<https://www.tekna.no/kurs/innhold/7-gode-grunner-til-a-bruke-tre-som-byggemateriale/>.

Thue, J. V. (2019) *betong*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/betong>.

TreFokus (2021) Hvorfor er tre et miljøvennlig byggemateriale? Tilgjengelig fra:

<http://www.trefokus.no/treveilederen/temaer/miljo-og-berekraft/hvorfor-er-tre-et-miljovennlig-byggemateriale->.

Treindustrien *Miljø*. Tilgjengelig fra: <http://www.treindustrien.no/miljo>.

Tycho, J. (2020) Bedre inneklime på 1, 2, tre. Tilgjengelig fra:

<https://www.tenktre.no/a/bedre-inneklime-pa-1-2-tre>.

Tønseth, S. (2019) Klimavennlig betong kan bli trøndersk eksportvare. Tilgjengelig fra:

<https://www.sintef.no/siste-nytt/2019/klimavennlig-betong-kan-bli-trondersk-eksportvare/>.

Veidekke (2020) Fakta om Veidekke. Tilgjengelig fra: [http://veidekke.no/om-](http://veidekke.no/om-oss/article8949.ece)

[oss/article8949.ece](http://veidekke.no/om-oss/article8949.ece).

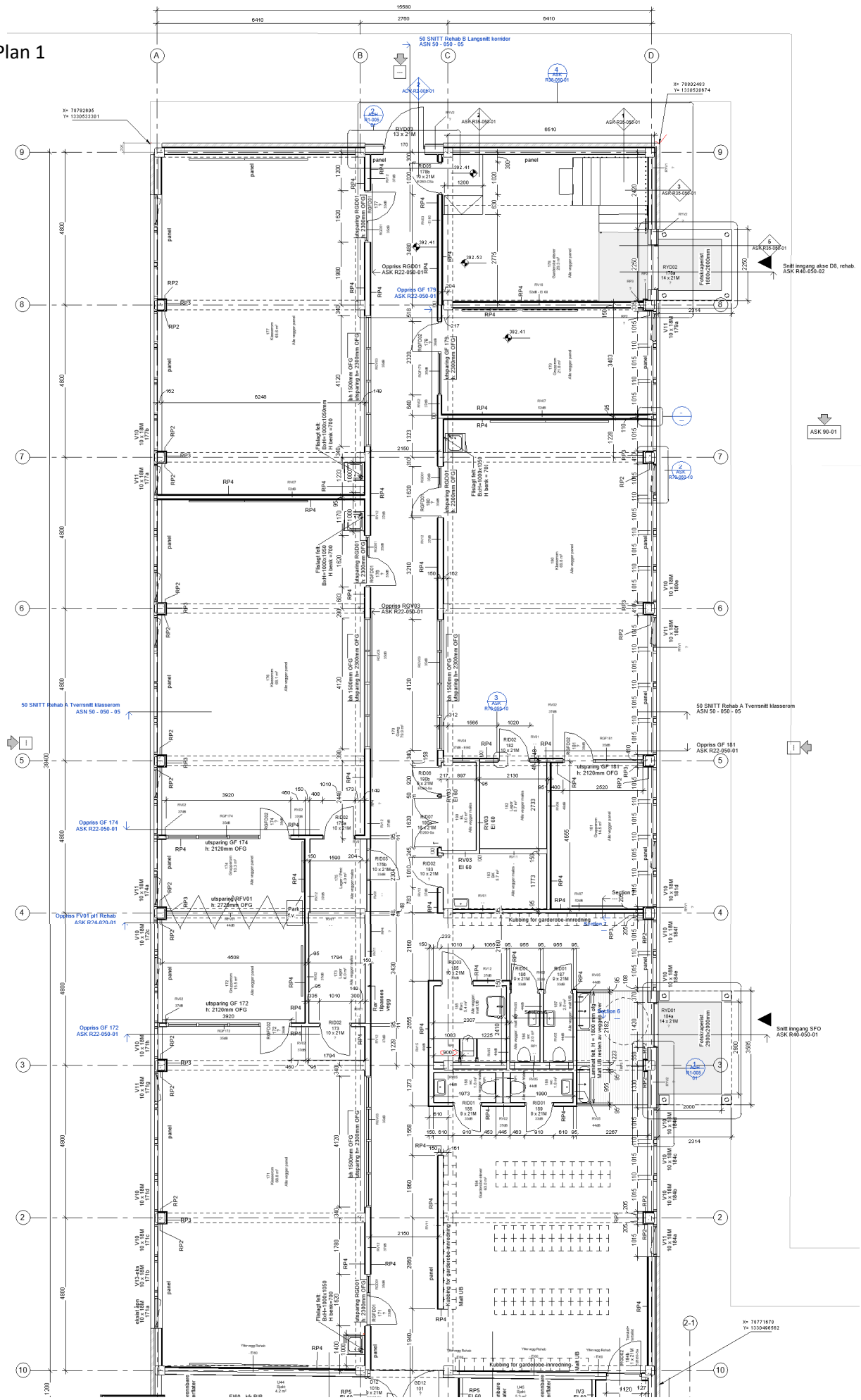
9 Vedlegg

	Side
Vedlegg A – Plantegninger betong	54
Vedlegg B – Bruddlast på fasadevegg	57
Vedlegg C – Snølast	59
Vedlegg D – Dimensjonering av bjelke, dekke over 1. etasje	62
Vedlegg E – Dimensjonering av takbjelke	68
Vedlegg F – Dimensjonering av fasadebjelker	73
Vedlegg G – Kontroll nedbøyning bjelker	78
Vedlegg H – Dimensjonering av søyler under tak	85
Vedlegg I – Dimensjonering av søyler i korridor	90
Vedlegg J – Vindlast	95
Vedlegg K – Dimensjonering av avstivning langs side, vind mot gavlvegg	101
Vedlegg L – Dimensjonering av avstivning gavlvegg, vind mot langs side vegg	105
Vedlegg M – Dimensjonering av avstivning på tak	108
Vedlegg N – Møtereferat	114

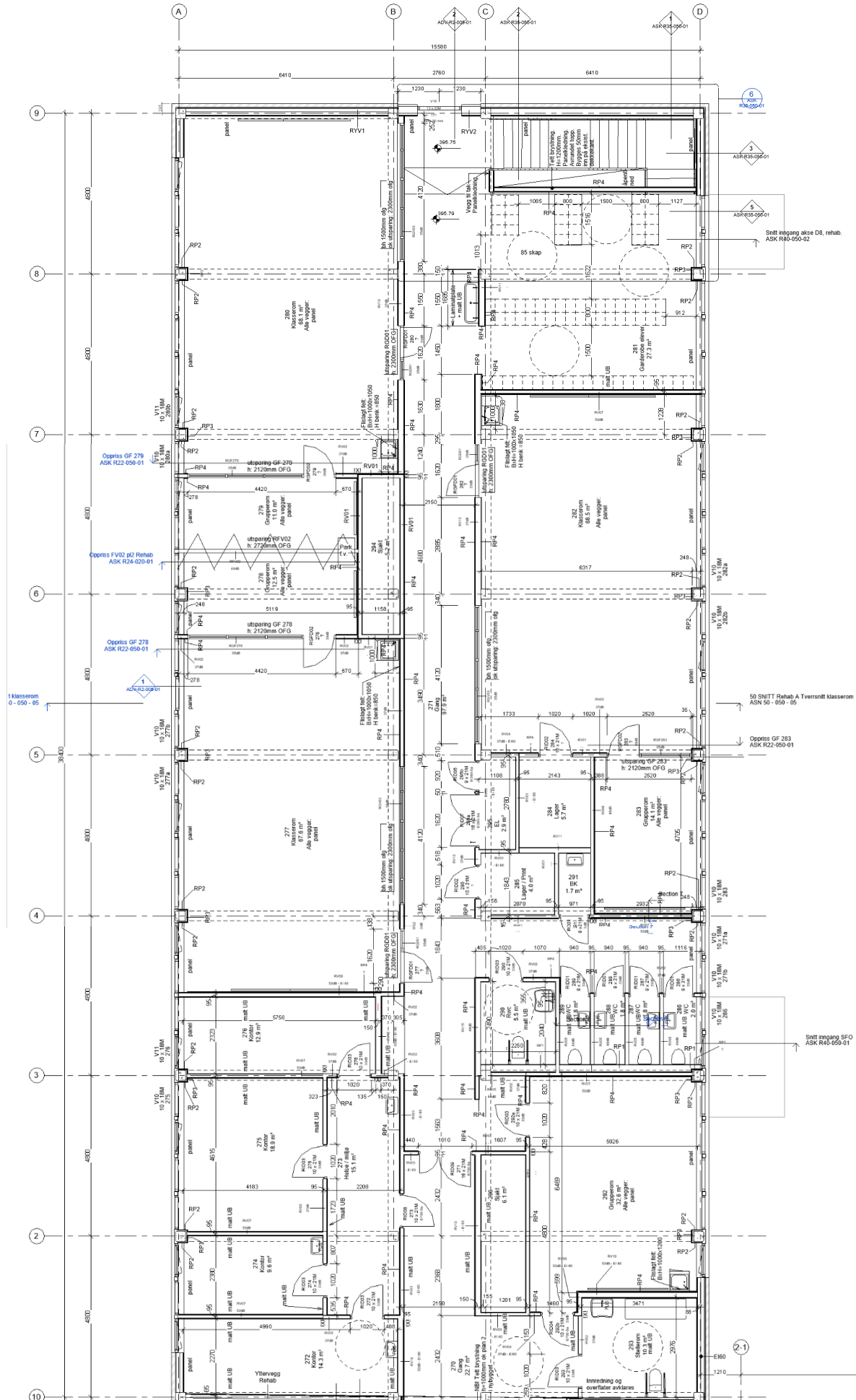
VEDLEGG

A

Plan 1



Plan 2



VEDLEGG

B

Bruddlast på fasadevegg

Aksiallast fra tak:

$$N_{ed,tak} = (1,2 * E.V \text{ kN/m}^2 + 1,5 * N.L \text{ kN/m}^2) * c/c * \frac{b}{2}$$

$$N_{ed,tak} = (1,2 * 1\text{kN/m}^2 + 1,5 * 5,2\text{kN/m}^2) * 4,8\text{m} * \frac{15,58\text{m}}{2}$$

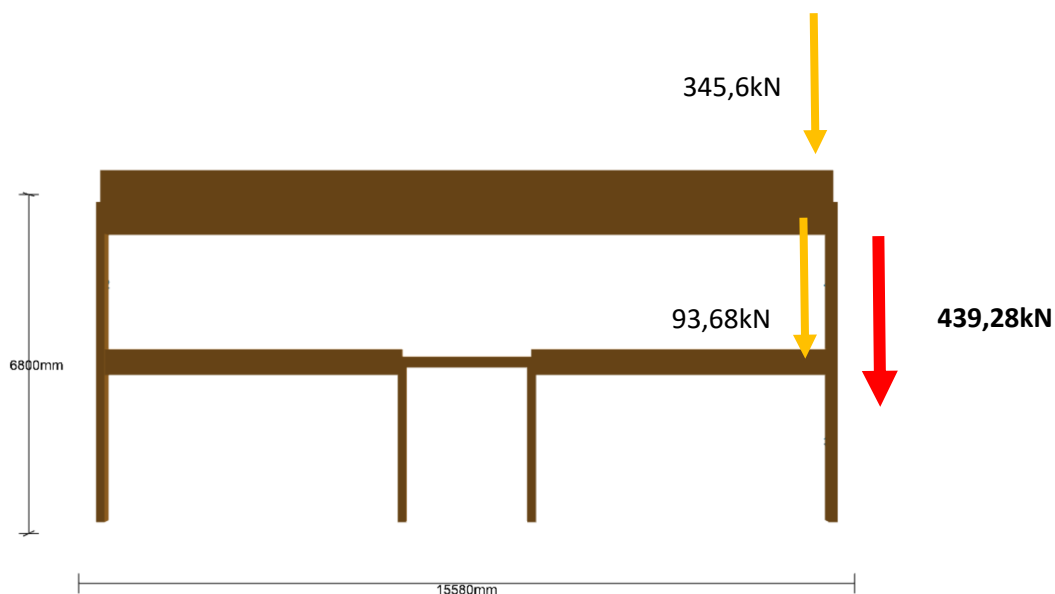
$$N_{ed,tak} = 345,6\text{kN}$$

Aksiallast fra 1. etasje:

$$N_{ed,1etg} = (1,2 * E.V \text{ kN/m}^2 + 1,5 * N.L \text{ kN/m}^2) * c/c * \frac{b_{korridor}}{2}$$

$$N_{ed,1etg} = (1,2 * 0,7\text{kN/m}^2 + 1,5 * 3,5\text{kN/m}^2) * 4,8\text{m} * \frac{6,41\text{m}}{2}$$

$$N_{ed,1etg} = 93,68\text{kN}$$



VEDLEGG

C

Snølast

-Nordre Land kommune

Lasttype	Forkortelse	Verdi	Enhet
Karakteristisk snølast på mark	$S_{k,0}$	4,5	kN/m^2
Høydegrense over kommunen	H_g	250	m
Byggestedets høyde over havet	H	394	m
Høydetillegg	ΔS_k	1,0	kN/m^2
Formfaktor for snøalst	μ_1	0,8	

Snølast på mark:

$$S_k = S_{k,0} + n * \Delta S_k$$

$$n = \frac{H - H_g}{100} \quad n = \frac{394\text{m} - 250\text{m}}{100} \quad n = 1,44 \rightarrow n = 2$$

$$S_{k,0} = 4,5\text{kN/m}^2 + 2 * 1,0\text{N/m}^2$$

$$S_{k,0} = 6,5\text{kN/m}^2$$

Snølast på tak:

Situasjon i (Snølast på begge sider av taket)

$$\mu_1(\alpha_1) \quad \text{■} \quad \mu_1(\alpha_2)$$

$$\mu_1(\alpha_1 = \alpha_2 = 1/40) = 0,8$$

Situasjon ii (Halv snølast på den ene siden av taket. Full snølast på den andre siden)

$$0,5 * \mu_1(\alpha_1) \quad \text{—————} \quad \text{—————} \quad \mu_1(\alpha_2)$$

$$0,5 * \mu_1(\alpha_1 = 1/40) = 0,5 * 0,8 = 0,4$$

$$\mu_1(\alpha_2 = 1/40) = 0,8$$

Situasjon iii (Full snølast på den ene siden av taket. Halv snølast på den andre siden)

$$\mu_1(\alpha_1) \quad \text{—————} \quad \text{—————} \quad 0,5 * \mu_1(\alpha_2)$$

$$\mu_1(\alpha_1 = 1/40) = 0,8$$

$$0,5 * \mu_1(\alpha_2 = 1/40) = 0,5 * 0,8 = 0,4$$

Situasjon iiiii (Ingen snølast på den ene siden av taket. Full snølast på den andre siden)

$$\mu_1(\alpha_1) \quad \text{—————} \quad \text{—————} \quad \mu_1(\alpha_2)$$

$$\mu_1(\alpha_1 = \alpha_2 = 1/40) = 0,8 \rightarrow \text{kun på den ene siden}$$

Snølast på tak pr. m²:

$$s = \mu_1 * s_k$$

$$s = 0,8 * 6,5 \text{ kN/m}^2$$

$$s = 5,2 \text{ kN/m}^2$$

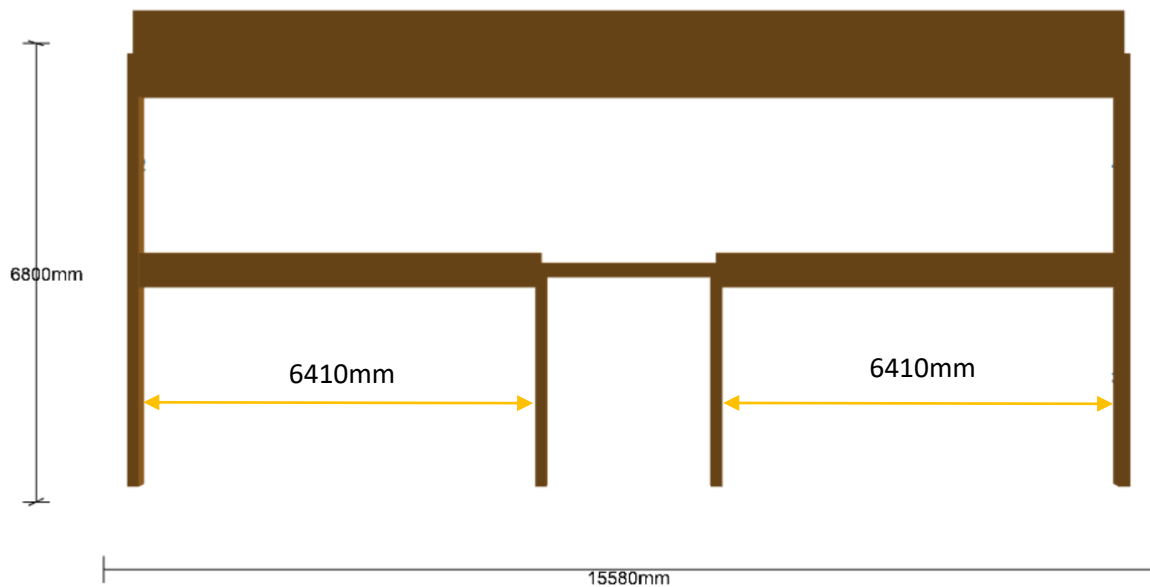
For våre takbjelker er det situasjon i, dvs s= 5,2 kN/m² på hele taket som er dimensjonerende.

VEDLEGG

D

Dimensjonering av bjelke

- Dekke over 1.etg



6.10b: q_d – Bruddlast

Lasttype	Forkortelse	Verdi	Enhet
Egenvekt dekke over 1. etg	E.V _{1etg}	0,7	kN/m ²
Nyttelast dekke over 1. etg	N.L _{1etg}	3,5	kN/m ²
Senteravstand	c/c	4,8	m

$$q_d = (1,2 * E.V + 1,5 * N.L) * c/c$$

$$q_d = (1,2 * 0,7 \text{ kN/m}^2 + 1,5 * 3,5 \text{ kN/m}^2) * 4,8 \text{ m}$$

$$q_d = 29,23 \text{ kN/m}$$

Bruddlast pr lengde bjelke $q_d = 29,23 \text{ kN/m}$

GL30c:

Beskrivelse	Forkortelse	Verdi	Enhet
Bøyning	$f_{m,g,k}$	30	N/mm ²
Fasthetsfaktor	k_{mod}	0,8	-
Materialfaktor	γ_m	1,15	N/mm ²
Høydefaktor	k_h	1,0	N/mm ²
Lastfordelingsfaktor	k_{sys}	1,0	N/mm ²

Dimensjonerende materialfasthet for limtre: $f_{m,g,d}$

$$f_{m,g,d} = f_{m,g,k} * \frac{k_{mod}}{\gamma_m} * k_h * k_{sys}$$

$$f_{m,g,d} = 30 \text{ N/mm}^2 * \frac{0,8}{1,15} * 1 * 1$$

$$f_{m,g,d} = 20,87 \text{ N/mm}^2$$

A: Bjelke fra yttervegg (langvegg) til korridor

6.10b: M_{Ed} – Moment ved bruddlast

$$W_{min} \geq \frac{M_d}{f_{m,g,d}}$$

Der:

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} * q_d * l^2 = \frac{1}{8} * 29,23 \text{ kN/m} * 6,41^2 \text{ m}^2 = 150,13 \text{ kNm}$$

$$W_{min} \geq \frac{150,13 * 10^6 \text{ Nmm}}{20,87 \text{ N/mm}^2}$$

$$W_{min} = 7190795,78 \text{ mm}^3 \approx 7190,8 * 10^3 \text{ mm}^3$$

Prøver GL30c 165x540

Bredde	Høyde	W _y
165	540	8019*10 ³ mm ³

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$M_{Rd} = \left(f_{m,g,d} * \frac{1}{2} * \frac{h}{2} * b \right) * \left(\frac{2}{3} * h \right)$$

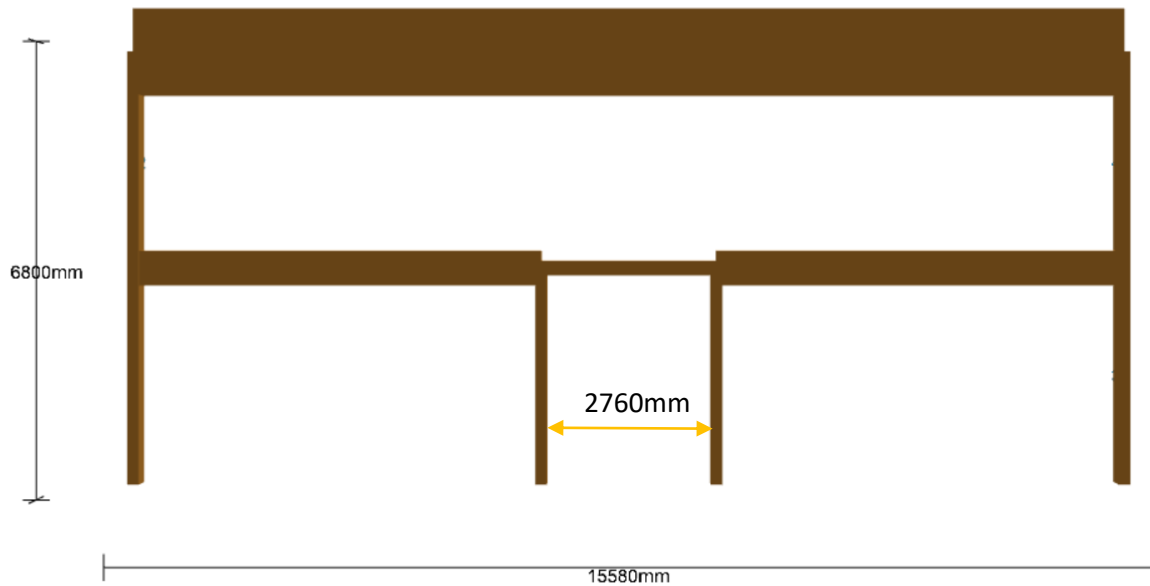
$$M_{Rd} = \left(20,86N/mm^2 * \frac{1}{2} * \frac{540mm}{2} * 165mm \right) * \left(\frac{2}{3} * 540mm \right)$$

$$M_{Rd} = 167276340kNm = 167,3 * 10^6 kNm$$

$$167,3 * 10^6 \leq 188,3 * 10^6 \rightarrow \text{OK!}$$

Bruker bjelke fra yttervegg til korridor GL30c 165x540

B: Bjelke over en korridor



Kapasitetskrav: $M_d \leq M_{Rd}$ løser med hensyn på W_{\min} – minste motstandsmoment

6.10b: M_{Ed} – Moment ved bruddlast

$$W_{\min} \geq \frac{M_d}{f_{m,d}}$$

Der:

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} * q_d * l^2 = \frac{1}{8} * 29,23kN/m * 2,76^2 = 27,83 kNm$$

$$W_{\min} \geq \frac{27,83 * 10^6 Nmm}{20,86N/mm^2}$$

$$W_{\min} = 1334132,31mm^3 \approx 1334,1 * 10^3 mm^3$$

Prøver GL30c 165x225

Bredde	Høyde	W _y
165	225	1392,2*10 ³ mm ³

$$M_d \leq M_{Rd}$$

$$M_{Rd} = \left(f_{m,g,d} * \frac{1}{2} * \frac{h}{2} * b \right) * \left(\frac{2}{3} * h \right)$$

$$M_{Rd} = \left(23,48N/mm^2 * \frac{1}{2} * \frac{225mm}{2} * 165mm \right) * \left(\frac{2}{3} * 225mm \right)$$

$$M_{Rd} = 32688562,5kNm = 32,69 * 10^6 kNm$$

$$27,83 * 10^6 \leq 32,69 * 10^6 \rightarrow \text{OK!}$$

Bruker bjelke over korridor GL30c 165x225

VEDLEGG

E

Dimensjonering av takbjelke

6.10b: q_d – Bruddlast

Lasttype	Forkortelse	Verdi	Enhet
Egenvekt – tak (inkl. takbjelke)	$E.V_{\text{tak}}$	1	kN/m^2
Nyttelast (snølast) - tak	$N.L_{\text{tak}}$	5,2	kN/m^2
Senteravstand	c/c	4,8	m



Illustrasjon av hvordan takbjelken ser ut i virkeligheten.

Bjelkens bruddlast:

$$q_d = (1,2 * E.V + N.L * 1,5) * c/c$$

$$q_d = (1,2 * 1 \text{ kN/m} + 5,2 \text{ kN/m} * 1,5) * 4,8 \text{ m}$$

$$q_d = 43,2 \text{ kN/m}$$

6.10b: M_{Ed} – Moment ved bruddlast

For å få en begynnende bjelkehøyde, beregnes M_{max} som for en rett bjelke.

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} * q_d * l^2$$

$$M_A = M_B = \frac{1}{8} * 43,2 \text{ kN/m} * 15,58^2 \text{ m}$$

$$M_A = M_B = 1310,78 \text{ kNm}$$

Beskrivelse	Forkortelse	Verdi	Enhet
Bøyning	$f_{m,k}$	30	N/mm ²
Fasthetsfaktor	k_{mod}	0,9	-
Materialfaktor	γ_m	1,15	N/mm ²
Høydefaktor	k_h	1,0	N/mm ²
Lastfordelingsfaktor	k_{sys}	1,0	N/mm ²

Dimensjonerende Materialfasthet for limtre: $f_{m,g,d}$

$$f_{m,d} = f_{m,k} * \frac{k_{mod}}{\gamma_m} * k_h * k_{sys}$$

$$f_{m,d} = 30 * \frac{0,9}{1,15} * 1,0 * 1,0$$

$$f_{m,d} = 23,48 \text{ N/mm}^2$$

Dimensjonering for bøyemoment iht. NS-EN 1995 -1-1 pkt. 6.1.6

$$W_{y,min} = \frac{M_{Ed}}{f_{m,g,d}}$$

$$W_{y,min} = \frac{1310,78 * 10^6 \text{ kNm}}{23,48 \text{ N/mm}^2}$$

$$W_{y,min} = 55825383,3 \text{ mm}^3 \approx 55825 * 10^3 \text{ mm}^3$$

Prøve- og feilemetoden:

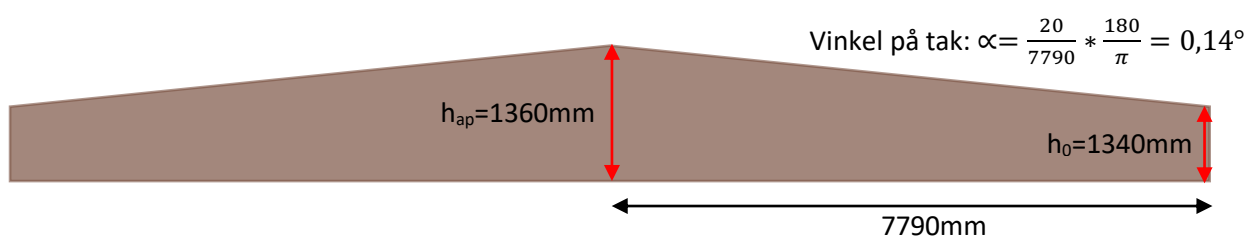
$$W_{y,min} = \frac{1}{6} * b * h^2$$

$$h = \sqrt{\frac{6 * W_{y,min}}{b}}$$

Bredde	Høyde	Dimensjon
165	1425	165 x 1485
190	1327	190 x 1350
215	1248	215 x 1305

Vi valgte å gå ut fra dimensjon 190 x 1350 mm

På grunn av saltak prøver vi følgende bjelke:



$$\sigma_m^{max} = \frac{0,75 * q_d * l^2}{b * h_0 * h_{ap}}$$

$$\sigma_m^{max} = \frac{0,75 * 43,2N/mm * 7790^2 mm^2}{190mm * 1340mm * 1360mm} = 5,68N/mm^2$$

Utfører 3 kontroller på bjelken:

1. Bøyesspenningskontroll hvor σ_m^{max} oppstår:

$$\sigma_m^{max} * \sqrt{1 + 32,65 * \tan^2 \alpha + 146,23 * \tan^4 \alpha} \leq f_{md}$$

$$5,68N/mm^2 * \sqrt{1 + 32,65 * \tan^2 0,14 + 146,23 * \tan^4 0,14} \leq 23,48N/mm^2$$

$$7,42N/mm^2 < 23,65N/mm^2 \rightarrow OK$$

2. Maks bøyesspenning i mønet (toppunkt):

$$\sigma_{md}^{møne} = (1 + 1,4 * \tan \alpha + 5,4 * \tan^2 \alpha) * \frac{M_{Ed}^{møne}}{W_y^{møne}} \leq f_{md}$$

$$(1 + 1,4 * \tan 0,14 + 5,4 * \tan^2 0,14) * \frac{1310,78 * 10^6 Nmm}{55825 * 10^3 mm^3} \leq 23,48N/mm^2$$

$$3,72N/mm^2 < 23,48N/mm^2 \rightarrow OK$$

3. Strekkspenning tvers på fibre ved mønet:

$$\sigma_{t,90,d}^{max} = 0,2 * \tan \alpha * \frac{M_{Ed}^{møne}}{W_y^{møne}} \leq 1,4 \left[\frac{0,01}{h_{ap}^2 * b(1 - 0,25 * \tan \alpha)} \right]^{0,2} * f_{t,90,d}$$

$$0,2 * \tan 0,14 * \frac{1310,78 * 10^6 Nmm}{55825 * 10^3 mm^3} \leq 1,4 \left[\frac{0,01}{1,36^2 m^2 * 0,19m(1 - 0,25 * \tan 0,14)} \right]^{0,2} * 0,5N/mm^2 * \frac{0,9}{1,15}$$

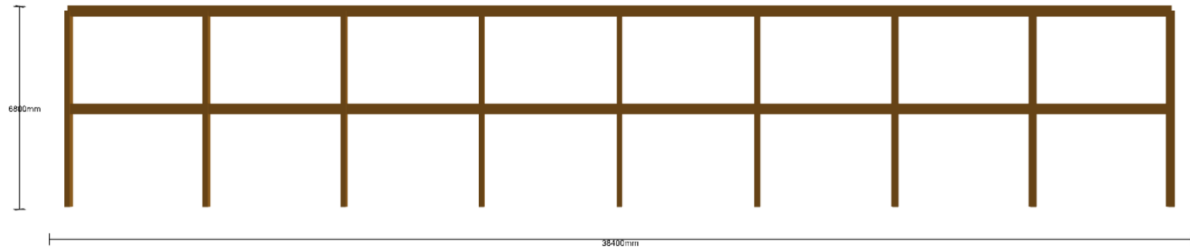
$$0,029 < 0,27 \rightarrow OK$$

Bruker saltaksbjelke $h_{ap}=1360$, $h_0=1340$

VEDLEGG

F

Fasade/etasje – bjelke horisontal og søyleavstiver



Beskrivelse	Forkortelse	Mål	Benevning	Utregning i vedlegg
Ruhetszone	k_w	1,38	-	Vedlegg J
Sone	h/b	0,5	-	Vedlegg J
D-vegg	$c_{pe,10D}$	0.733	-	Vedlegg J
E-vegg	$c_{pe,10E}$	-0,367	-	Vedlegg J
Innvending vindlast - undertrykk	c_{pi}	0,3	-	Vedlegg J
Etasjehøyde	h	4	m	Vedlegg J
Utvendig trykk		490	N/m^2	Vedlegg J
Innvendig sug		200	N/m^2	Vedlegg J
Total vindhastighetstrykk	q_w	700	N/m^2	Vedlegg J

Dimensjonerende last pr bjelke mellom søyler - q_d

$$q_d = 0,7 \text{ kN/m} * 4 \text{ m} = 2,8 \text{ kN/m}$$

Dimensjonerende moment:

$$M_z = \frac{1}{8} * q_w * l^2$$
$$M_z = \frac{1}{8} * 2,8 \text{ kN/m} * 4,8^2 \text{ m}^2$$

$$M_z = 8,1 \text{ kNm}$$

Dimensjonerende materialfasthet:

$$f_{m,g,d} = f_{m,g,k} * \frac{k_{mod}}{\gamma_m} * k_h * k_{sys}$$
$$f_{m,g,d} = 30 \text{ N/mm}^2 * \frac{0,9}{1,15} * 1 * 1$$

$$f_{m,g,d} = 23,4 \text{ N/mm}^2$$

Motstandsmoment z aksen:

$$W_z = \frac{M_z}{f_{m,g,d}}$$
$$W_z = \frac{8,1 * 10^6 \text{ Nmm}}{23,4 \text{ N/mm}^2}$$

$$W_z = 344974 \text{ mm}^3 \approx 345 * 10^3 \text{ mm}^3$$

Nødvendig bredde:

$$W_z = \frac{1}{6} * h * b^2$$
$$b = \sqrt{\frac{(6 * 345 * 10^6 \text{ mm}^3)}{360 \text{ mm}}}$$

$$b = 76 \text{ mm}$$

90 x 360 → for vindlasten. I tillegg forutsettes at bjelkene bærer en etasje – vegghøyde

$$q_{vegg} = 0,7 \text{ kN/m}^2 * 1,2 * 4 \text{ m} = 3,4 \text{ kN/m}$$

Der:

0,7kN/m² er gjennomsnittlig veggtyngde

1,2 er bruddlast

Moment på vegg:

$$M_{vegg} = \frac{1}{8} * q_{vegg} * l^2$$

$$M_{vegg} = \frac{1}{8} * 3,4 \text{ kN/m} * 4,8^2 \text{ m}^2$$

$$M_{vegg} = 9,79 \text{ kNm}$$

Dimensjonerende materialfasthet:

$$f_{m,g,d} = f_{m,g,k} * \frac{k_{mod}}{\gamma_m} * k_h * k_{sys}$$

$$f_{m,g,d} = 30 \text{ N/mm}^2 * \frac{0,6}{1,15} * 1 * 1$$

$$f_{m,g,d} = 16 \text{ N/mm}^2$$

Motstandsmoment y aksen:

$$W_y = \frac{M_y}{f_{m,g,d}}$$

$$W_y = \frac{9,79 * 10^6 \text{ Nmm}}{16 \text{ N/mm}^2}$$

$$W_y \approx 612 * 10^3 \text{ mm}^3 \rightarrow 42 \times 315$$

Prøver 140 x 360 mm

Strekk pga. M_z :

$$\sigma_{Mz} = \frac{M_z}{\frac{1}{6} * h * b^2}$$

$$\sigma_{Mz} = \frac{8,1 * 10^6 Nmm}{\frac{1}{6} * 360mm * 140^2 mm^2} = 6,89 N/mm^2$$

Strekk pga. M_y :

$$\sigma_{Mz} = \frac{M_y}{\frac{1}{6} * b * h^2}$$

$$\sigma_{Mz} = \frac{9,8 * 10^6 Nmm}{\frac{1}{6} * 140mm * 360^2 mm^2} = \frac{3,24 N}{mm^2}$$

$$\sum \sigma = 10,13 N/mm^2 \rightarrow OK$$

Bruker bjelke 140 x 360mm

VEDLEGG

G

Kontroll - Nedbøyning av bjelkene i første etasje

Lasttype	Forkortelse	Verdi	Enhet
Egenvekt dekke over 1. etg	$E.V_{1etg}$	0,7	kN/m^2
Nyttelast dekke over 1. etg	$N.L_{1etg}$	3,5	kN/m^2
Senteravstand	c/c	4,8	m
Ψ -verdig for kategori C	Ψ_2	0,6	-
Deformasjonsfaktor	k_{def}	0,6	-

Egenlast dekke over 1. etasje:

$$q_{el.1etg} = E.V_{1etg} * c/c$$

$$q_{el.1etg} = 0,7kN/m^2 * 4,8m$$

$$q_{el.1etg} = 3,36kN/m$$

Nyttelast dekke over 1. etasje:

$$q_{nl.1etg} = N.L_{1etg} * c/c$$

$$q_{nl.1etg} = 3,5kN/m^2 * 4,8m$$

$$q_{nl.1etg} = 16,8 kN/m$$

q_{def} ofte forekommet:

$$q_{def,oft.1etg} = q_{el.1etg} * (1 + k_{def}) + q_{kar,nl.1etg} * (\psi_1 + \psi_2 * k_{def})$$

$$q_{def,oft.1etg} = 3,36kN/m * (1 + 0,6) + 16,8kN/m * (0,7 + 0,6 * 0,6)$$

$$q_{def,oft.1etg} = 23,18 kN/m$$

Nedbøyning fra ytterveggen og inn mot korridoren – bjelke 165 mm x 540 mm

Lasttype	Forkortelse	Verdi	Enhet
Tverrsnittshøyden	h	540	mm
Tverrsnitts bredde	b	190	mm

$$\delta_{m.1etg} = \frac{5 * q_{def,oft.1etg} * l^4}{384 * E * I}$$

$$\delta_{m.1etg} = \frac{5 * 23,18kN/m * 6410^4mm^4}{384 * 13000N/mm^2 * 216513 * 10^4mm^4}$$

$$\delta_{m.1etg} = 18,1mm$$

Maksimal nedbøyning bjelke dekke over 1. etasje:

$$\delta_{m.1etg} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{m.1etg} \leq \frac{6410mm}{300}$$

$$18,1mm \leq 21,37mm \rightarrow OK$$

Bruker bjelke 165mm x 540mm

Nedbøyning for korridoren – bjelke 165 mm x 225 mm

Lasttype	Forkortelse	Verdi	Enhet
Tverrsnittshøyden	h	225	mm
Tverrsnitts bredde	b	190	mm

$$\delta_{m.1etg} = \frac{5 * q_{def,oft.1etg} * l^4}{384 * E * I}$$

$$\delta_{m.kor} = \frac{5 * 23,18kN/m * 2760^4mm^4}{384 * 13000N/mm^2 * 15662 * 10^4mm^4}$$

$$\delta_{m.kor} = 8,6mm$$

Maksimal nedbøyning bjelke dekke over 1. etasje:

$$\delta_{m.1etg} \leq \frac{L}{300}$$

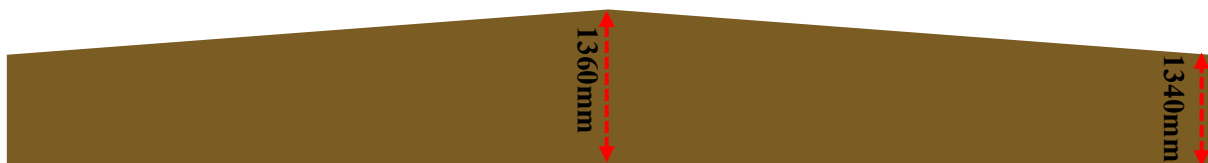
$$\delta_{m.1etg} \leq \frac{2760mm}{300}$$

$$8,6mm \leq 9,2mm \rightarrow OK$$

Bruker bjelke 165mm x 225mm

Nedbøyning av takbjelke

Lasttype	Forkortelse	Verdi	Enhet
Tverrsnittshøyden	h_1	1360	mm
	h_2	1340	
Tverrsnitts bredde	b	190	mm
Egenvekt tak	$E.V_{tak}$	1	kN/m^2
Nyttelast tak	$N.L_{tak}$	5,2	kN/m^2
Senteravstand	c/c	4,8	m
Ψ -verdig for snølaster	Ψ_2	0,2	-
Deformasjonsfaktor	k_{def}	0,6	-



Figur 1 Viser en illustrasjon av takbjelken

Egenlast takbjelke:

$$q_{el.tak} = E.V_{1etg} * c/c$$

$$q_{el.1etg} = 1kN/m^2 * 4,8m$$

$$q_{el.1etg} = 4,8kN / m$$

Nyttelast takbjelke:

$$q_{nl.tak} = N.L_{tak} * c/c$$

$$q_{nl.tak} = 5,2kN/m^2 * 4,8m$$

$$q_{nl.tak} = 24,96 kN / m$$

Tilnærmet permanent last:

$$q_{TP}^{def} = q_{el.tak} * (1 + k_{def}) + q_{Kar.NL.tak} * \psi_2 * (1 + k_{def})$$

$$q_{TP}^{def} = 4,8kN/m * (1 + 0,6) + 24,96kN/m * 0,2 * (1 + 0,6)$$

$$q_{TP}^{def} = 15,66 kN/m$$

Treghetsmoment til minste høyde på takbjelke:

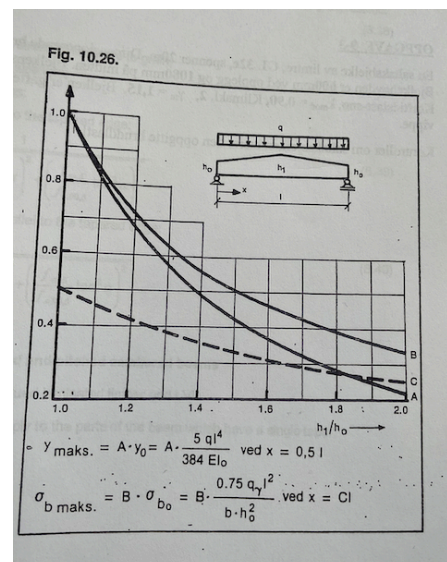
$$I(h_0) = \frac{1}{12} * b * h^3$$

$$I(h_0) = \frac{1}{12} * 190mm * 1340^3mm^3$$

$$I(h_0) = 3,809664667 * 10^{10}mm^4$$

Finner A ved hjelp av figur:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{1360mm}{1340mm} = 1,015 \Rightarrow A = 0,97$$



Figur 2 Viser graf for å finne A

Nedbøyning under takbjelke (190 mm x 1340 mm):

$$\delta_m = \frac{5 * q_{TP}^{def} * l^4}{384 * E * I} * A$$

$$\delta_m = \frac{5 * 15,67kN/m * 15580^4mm^4}{384 * 13000N/mm^2 * 3,809664667 * 10^{10}mm^4} * 0,97$$

$$\delta_m = 23,5 \text{ mm}$$

Maksimal nedbøyning takbjelke:

$$\delta_m \leq \frac{L}{250}$$

$$\delta_m \leq \frac{15580mm}{250}$$

$$23,5mm \leq 62,32mm \rightarrow OK$$

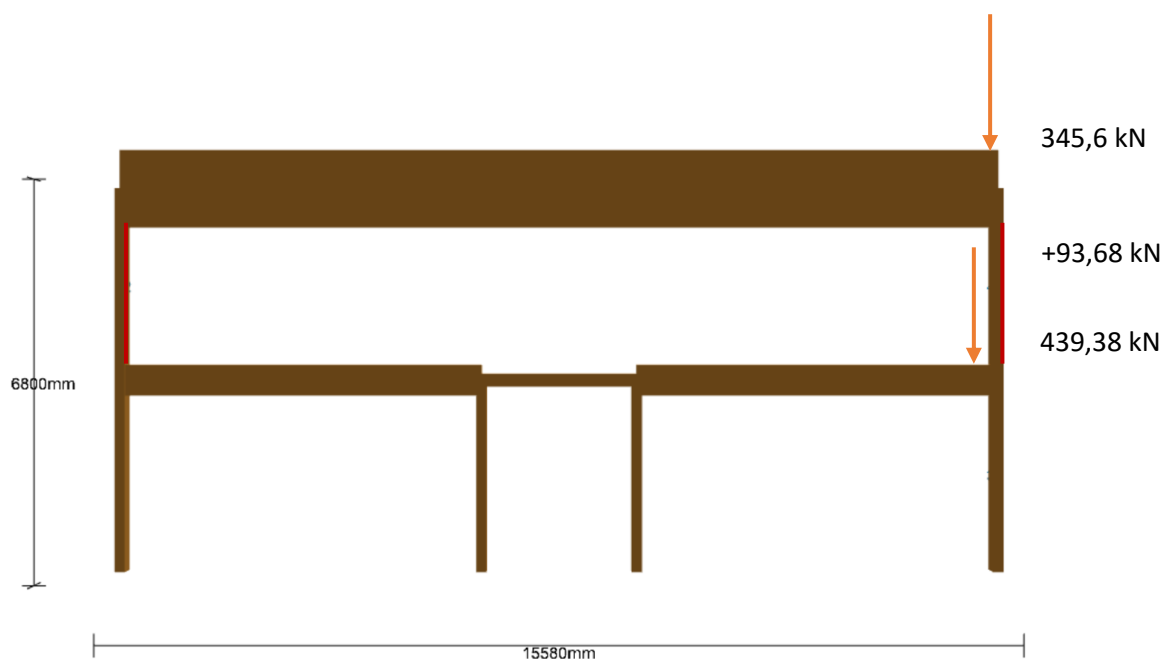
Bruker saltaksbjelke $h_1=1360mm$ og $h_0=1340mm$.

VEDLEGG

H

Dimensjonering av fasadesøyer på langveggen

Beskrivelse	Forkortelse	Verdi	Enhet
Trykkfasthet	$f_{c,o,d}$	24,5	N/mm ²
Fasthetsfaktor	k_{mod}	0,9	-
Materialfaktor	γ_m	1,15	N/mm ²
Elastisitetsmodul	$E_{0,g,05}$	10800	N/mm ²
Søylelengde	L	3400	Mm
Aksialkraft fra tak	$N_{Ed,tak}$	345,6	kN
Aksialkraft fra dekke over 1.etg	$N_{Ed,1etg}$	134,0	kN



Prøver b=180mm

Dimensjonerende fasthet:

$$f_{c,0,g,d} = f_{c,0,g,k} * \frac{k_{mod}}{\gamma_m}$$

$$f_{c,0,g,d} = 24,5 \text{ N/mm}^2 * \frac{0,9}{1,15}$$

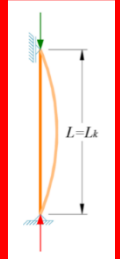
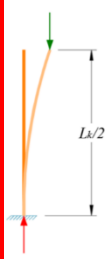
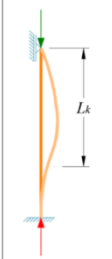
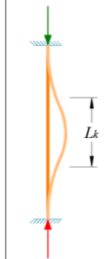
$$f_{c,0,g,d} = 19,17 \text{ N/mm}^2$$

Knekk lengde – en etasjehøyde:

$$L_{k,z} = \beta_a * L$$

$$L_{k,z} = 1,00 * 3400\text{mm}$$

$$L_{k,z} = 3400\text{mm}$$

Knekkelengder for søyler				
Knekk lengde $L_k = \beta L$				
	1,00	2,00	0,70	0,50
Teoretisk β -verdi	1,00	2,15-2,25	0,75-0,85	0,60-0,70
Anbefalt β -verdi	1,00	2,15-2,25	0,75-0,85	0,60-0,70

Treghetsradius:

$$i_z = \sqrt{\frac{1}{12} * h^2}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{1}{12} * 180^2 \text{mm}^2}$$

$$i_z = 51,96 \text{ mm}$$

Slankhet:

$$\lambda_z = \frac{L_{k,z}}{i_z}$$

$$\lambda_z = \frac{3400\text{mm}}{51,96\text{mm}}$$

$$\lambda_z = 65,43$$

Relativ slankhet

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{0,g,05}}}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{65,43}{\pi} * \sqrt{\frac{24,5N/mm^2}{10800N/mm^2}}$$

$$\lambda_{rel,z} = 0,99$$

Knekkfaktor

$$k_z = 0,5[0,97 + 0,1 * \lambda_{rel,z} + \lambda_{rel,z}^2]$$

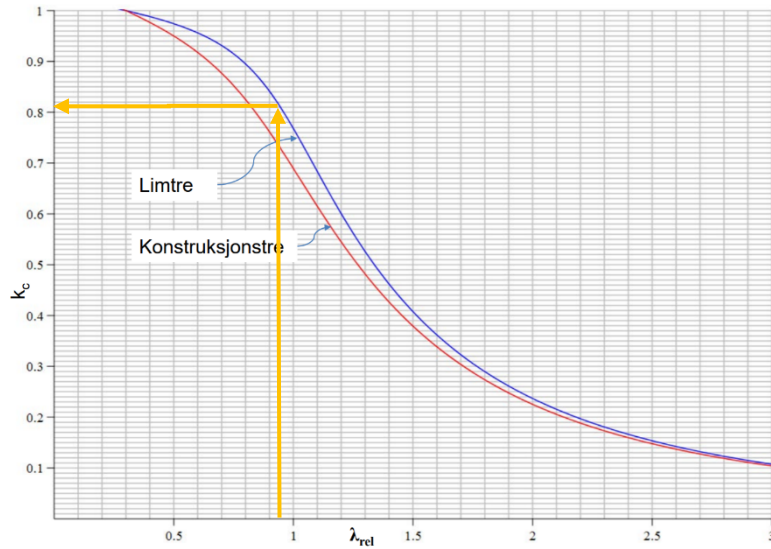
$$k_z = 0,5[0,97 + 0,1 * 0,99 + 0,99^2]$$

$$k_z = 1,02$$

$$k_{cz} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}$$

$$k_{cz} = \frac{1}{1,02 + \sqrt{1,02^2 - 0,99^2}}$$

$$k_{cz} = 0,79$$



På grunn av knekkingsfare er kapasitetsreduksjonen her på 21%.

Nødvendig areal:

$$A_{min} = \frac{N_{Ed}}{k_{cz} * f_{c,0,g,d}}$$

$$A_{min} = \frac{428600N}{0,79 * 19,17N/mm^2}$$

$$A_{min} = 28301,07mm^2$$

Nødvendig h:

$$h = \frac{A}{b}$$

$$h = \frac{28301,07mm^2}{190mm}$$

$$h = 148,95mm$$

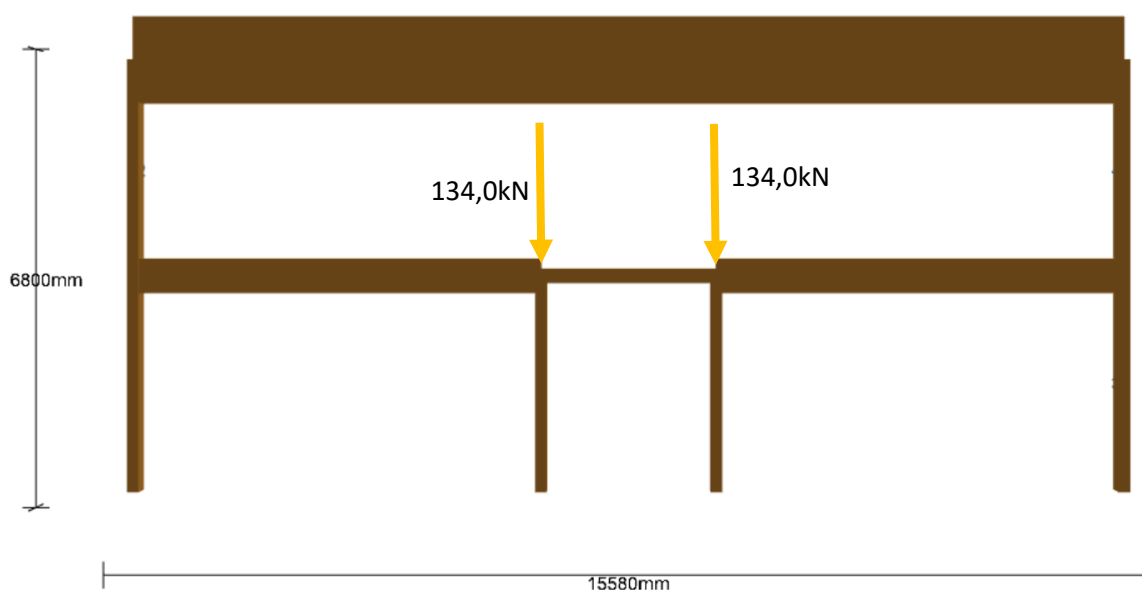
Bruker dimensjonen 190x180 for søylene i ytterveggen for både 1. etasje og 2. etasje

VEDLEGG

I

Dimensjonering av søyler i korridor 1. etasje

Beskrivelse	Forkortelse	Verdi	Enhet	Utrekning i vedlegg
Trykkfasthet	$f_{c,o,d}$	24,5	N/mm ²	-
Fasthetsfaktor	k_{mod}	0,8		-
Materialfaktor	γ_m	1,15		-
Elastisitetsmodul	$E_{0,g,05}$	10800	N/mm ²	-
Søylelengde	L	3400	Mm	-
Aksialkraft fra tak	$N_{Ed,tak}$	345,6	kN	-
Aksialkraft fra dekke over 1.etg	$N_{Ed,1etg}$	134,0	kN	-
Bruddlast	q_d	29,23	kN/m	Vedlegg D



Dimensjonerende søylelast: N_{Ed}

$$N_{Ed} = q_d * \left(\frac{l_{\text{fra yttervegg til korridor}}}{2} + \frac{l_{\text{korridor}}}{2} \right)$$

$$N_{Ed} = 29,23 \text{ kN/m} * \left(\frac{6,41 \text{ m}}{2} + \frac{2,76 \text{ m}}{2} \right)$$

$$N_{Ed} = 134,0 \text{ kN}$$

Prøver b=165mm

Dimensjonerende fasthet:

$$f_{c,0,g,d} = f_{c,0,g,k} * \frac{k_{mod}}{\gamma_m}$$

$$f_{c,0,g,d} = 24,5N/mm^2 * \frac{0,8}{1,15}$$

$$f_{c,0,g,d} = 17,04N/mm^2$$

Knekk lengde:

$$L_{k,z} = \beta_a * L$$

$$L_{k,z} = 1,00 * 3400mm$$

$$L_{k,z} = 3400mm$$

Knekkelengder for søyler				
Knekkelengde $L_k = \beta L$				
Teoretisk β-verdi	1,00	2,00	0,70	0,50
Anbefalt β-verdi	1,00	2,15-2,25	0,75-0,85	0,60-0,70

Trehetsradius:

$$i_z = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} * h * b^3}{b * h}} = \sqrt{\frac{1}{12} * b^2}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{1}{12} * 165^2 mm^2}$$

$$i_z = 47,63mm$$

Slankhet:

$$\lambda_z = \frac{L_{k,z}}{i_z}$$

$$\lambda_z = \frac{3400\text{mm}}{47,63\text{mm}}$$

$$\lambda_z = 71,38$$

Relativ slankhet

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{0,g,05}}}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{71,48}{\pi} * \sqrt{\frac{24,5\text{N/mm}^2}{10800\text{N/mm}^2}}$$

$$\lambda_{rel,z} = 1,08$$

Knekkfaktor

$$k_z = 0,5[0,97 + 0,1 * \lambda_{rel,z} + \lambda_{rel,z}^2]$$

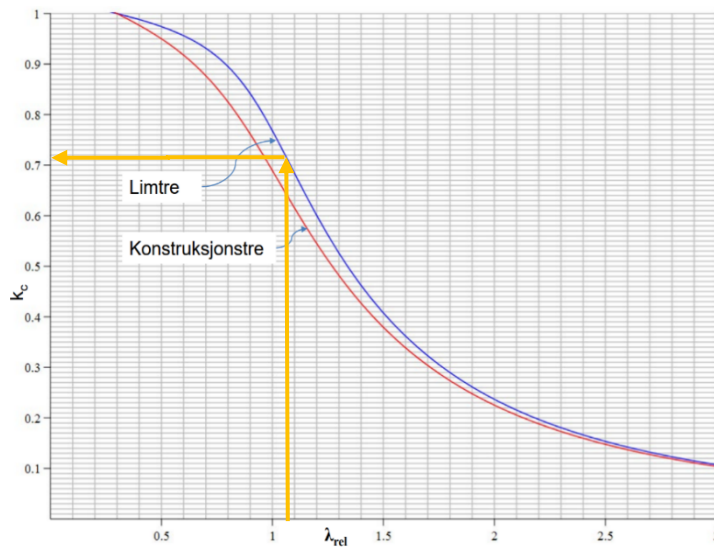
$$k_z = 0,5[0,97 + 0,1 * 1,08 + 1,08^2]$$

$$k_z = 1,12$$

$$k_{cz} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}$$

$$k_{cz} = \frac{1}{1,12 + \sqrt{1,12^2 - 1,08^2}}$$

$$k_{cz} = 0,71$$



På grunn av knekkingsfare er kapasitetsreduksjonen her på 29%.

Nødvendig areal:

$$A_{min} = \frac{N_{Ed}}{k_{cz} * f_{c,0,g,d}}$$

$$A_{min} = \frac{134000N}{0,71 * 17,04N/mm^2}$$

$$A_{min} = 11075,85mm^2$$

Nødvendig h:

$$h = \frac{A}{b}$$

$$h = \frac{11075,85mm^2}{165mm}$$

$$h = 67,13mm$$

Med $h = 67$ mm vil dette bestemme slankhet

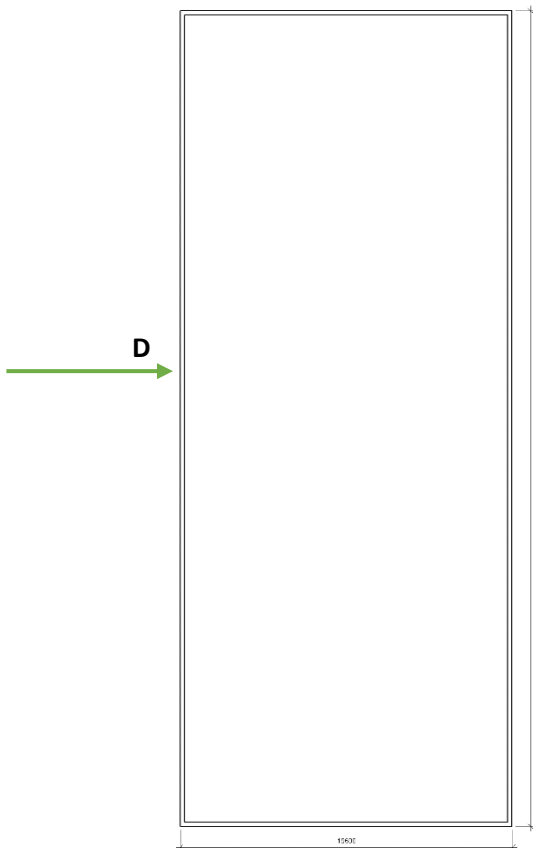
Bruker dimensjonene 165x180 for søylene i korridoren.

VEDLEGG

J

Vindhastighetstrykk langs side vegg

Lasttype	Forkortelse	Verdi	Enhet
Lengden på veggen vinden treffer	b	38,4	m
Lengde på den andre veggen	d	15,8	m
Høyde på bygget	h	8	m
Høydetillegg	Δs_k	1,0	kN/m ²
Kommunens referansevind	$v_{b,0}$	22	m/s



Kastvindhastigheten på langside:

$$q_p(z) = k_w * v_{b,0}^2 * c_{pe,10}$$

E Hvor:

$$k_w = 0,625 * \left[k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right]^2 * \left[1 + \frac{7}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \right]$$

$$v_{b,0} = \text{kommunens referansevind}$$

$$c_{pe,10} = \text{utvendige formfaktorer for}$$

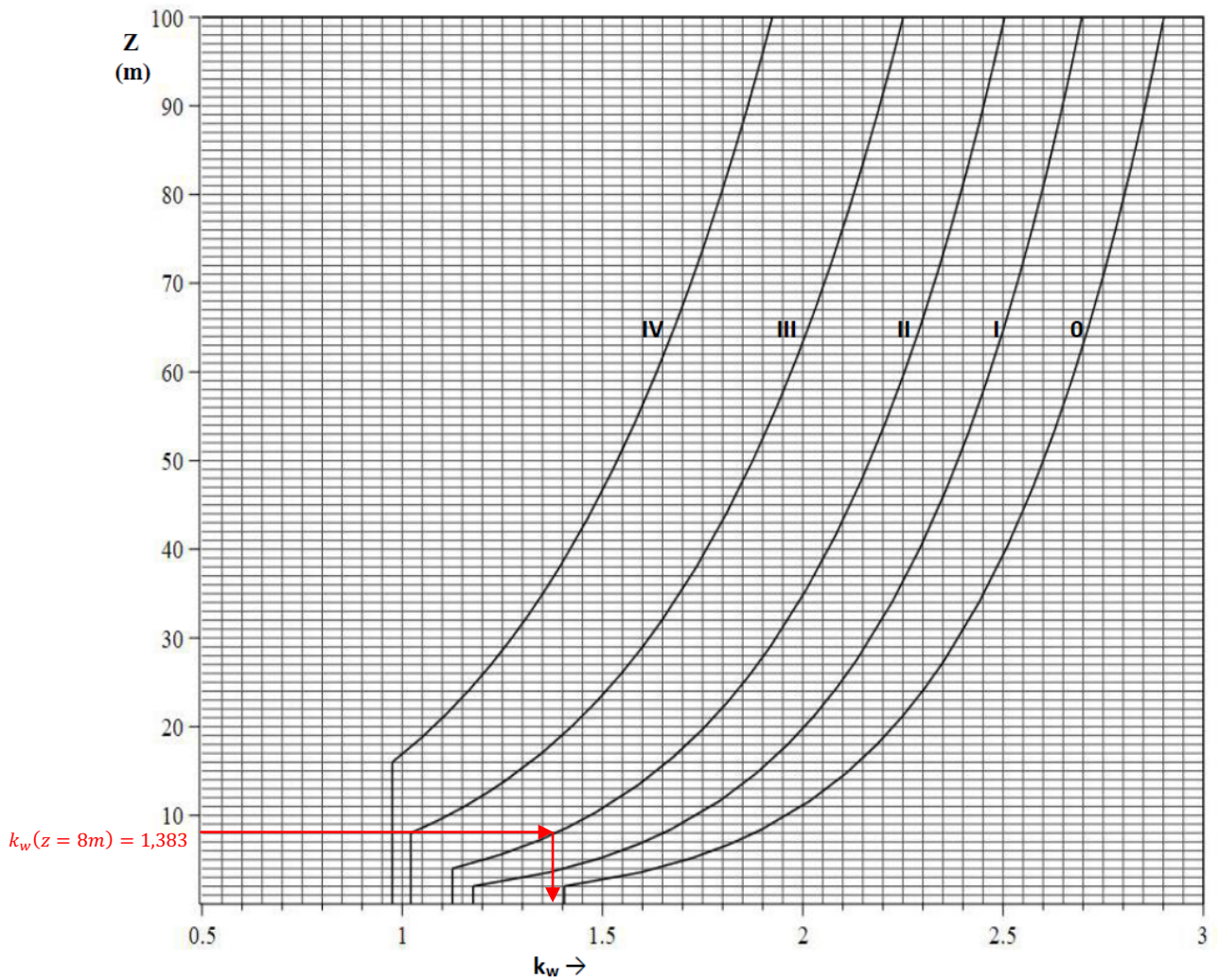
vertikale vegger i rektangulære bygninger

For å finne k_w har vi valgt å bruke vindlastkurver da dette er raskere måte å finne verdien på. Bildet på neste side viser disse kurvene og hvordan vi har endt opp med verdiene til k_w .

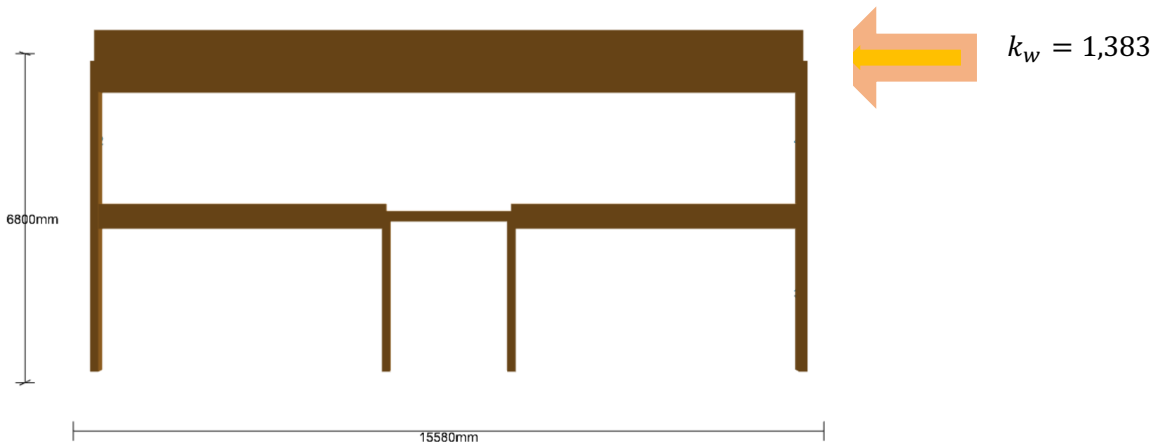
Siden $h < b$ og $h > d$, det vil si høyden er mindre enn både lang - og kortsiden av huset, får vi bare en vindsone på begge veggene. Dette fører til at vi bare får en k_w - verdi

Terrengruhetskategori II gir:

k_r	0,19
z_0	0,05m
z_{min}	8m



$h < b$, det vil si én trykksone.



Utregning av $c_{pe,10}$:

Tabell 7.1 - Utvendige formfaktorer for vertikale vegger i rektangulære bygninger

Sone	D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	0,8	1,0	-0,7	
1	0,8	1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	0,7	1,0	-0,3	

$$\frac{h}{d} = \frac{8m}{15,8m} \approx 0,5$$

→ Her må interpolasjon til for å finne de riktige $c_{pe,10}$ -verdiene for sone D og E.

Interpolering sone D:

$$1 - 0,25 = 0,75 \quad \left\{ \begin{array}{l} 1 - 0,5 = 0,5 \\ 0,25 = 0,7 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} 1 = 0,8 \\ 0,5 = x \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{l} 0,8 - x \\ 0,8 - 0,7 = 0,1 \end{array} \right.$$

$$\frac{0,5}{0,75} = \frac{0,8 - x}{0,1}$$

$$0,8 - x = \frac{1}{15}$$

$$x = 0,733$$

Interpolering sone E:

$$1 - 0,25 = 0,75 \quad \left\{ \begin{array}{l} 1 - 0,5 = 0,5 \\ 0,25 = 0,3 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} 1 = 0,5 \\ 0,5 = x \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{l} 0,5 - x \\ 0,5 - 0,3 = 0,2 \end{array} \right.$$

$$\frac{0,5}{0,75} = \frac{0,5 - x}{0,2}$$

$$0,5 - x = \frac{2}{15}$$

$$x = 0,367$$

$c_{pe,10}$ verdier for sone D og E:

$$\text{Sone D: } c_{pe,10} = 0,733$$

$$\text{Sone E: } c_{pe,10} = -0,367$$

Vindtrykkhastighet $q_p(z)$:

$$q_p(z) = k_w * v_{b,0}^2 * c_{pe,10}$$

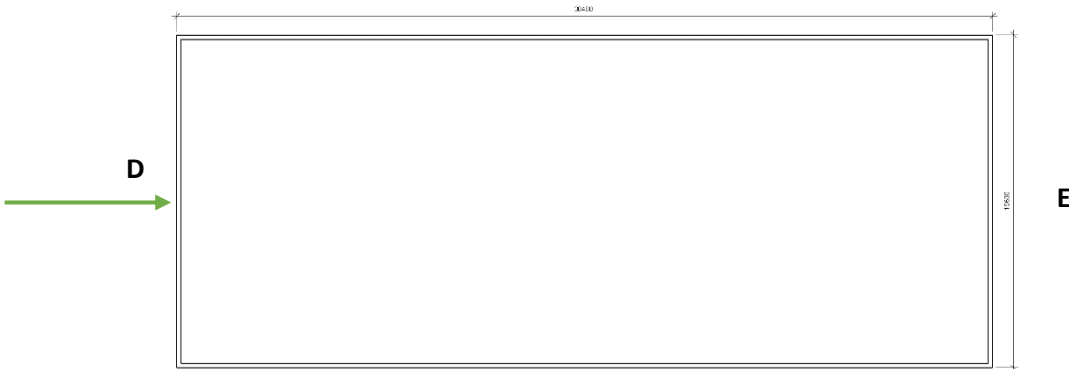
$$\text{Sone D: } 1,383 * (22\text{m/s})^2 * 0,733 = 490,7\text{N/m}^2$$

$$\text{Sone E: } 1,383 * (22\text{m/s})^2 * 0,367 = -245,7\text{N/m}^2$$

$$\text{Totale vindtrykkhastighet: } q_{p,\text{total}} = 736,4 \text{ N/m}^2$$

Vindhastighetstrykk kortside vegg

Lasttype	Forkortelse	Verdi	Enhet
Lengden på veggen vinden treffer	b	15,8	m
Lengde på den andre veggen	d	34,8	m
Høyde på bygget	h	8	m
Høydetillegg	Δs_k	1,0	kN/m ²



$$\frac{h}{d} = \frac{8\text{m}}{38,4\text{m}} \approx 0,21$$

$c_{pe,10}$ verdier for sone D og E (se tabell 7.1):

$$\text{Sone D: } c_{pe,10} = 0,7$$

$$\text{Sone E: } c_{pe,10} = -0,3$$

Vindtrykkhastighet $q_p(z)$:

$$q_p(z) = k_w * v_{b,0}^2 * c_{pe,10}$$

$$\text{Sone D} = 1,383 * (22\text{m/s})^2 * 0,733 = 490,65\text{N/m}^2$$

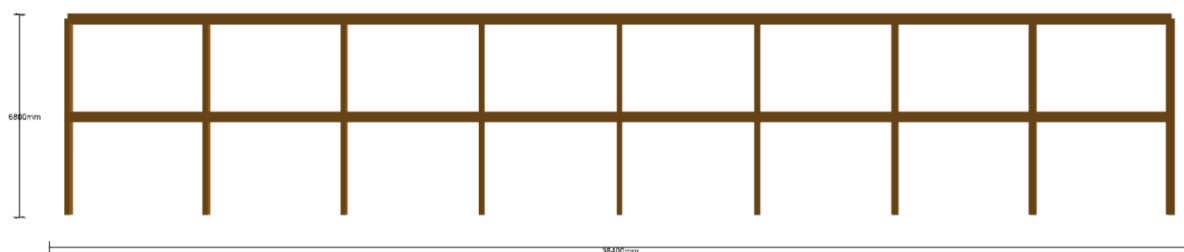
$$\text{Sone E} = 1,383 * (22\text{m/s})^2 * -0,367 = -245,66\text{N/m}^2$$

$$\text{Totale vindtrykkhastighet: } q_{p,\text{total}} = 736,31\text{N/m}^2$$

VEDLEGG

K

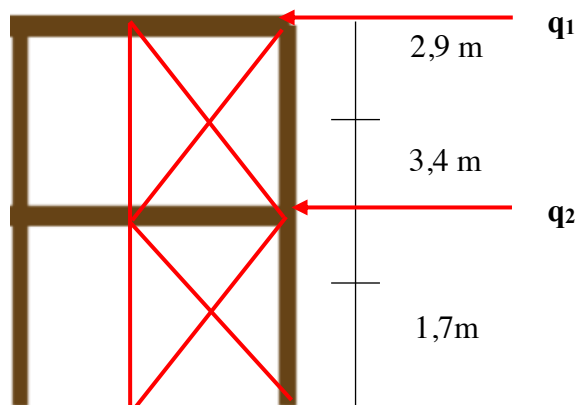
Avstivning mot langside vegg – vind mot gavlvegg



Beskrivelse	Forkortelse	Mål	Benevning	Vedlegg til utregning
Høyde	h	8	m	-
Bredde	b	38.8	m	-
Ruhetskategori	-	2		-
-	Z _{min}	8	-	-
Ruhetssone	k _w	1,38	-	-
-	d	38,8	m	-
Utvendig formfaktor D-vegg	C _{pe,10}	0,7	-	Vedlegg J
Utvendig formfaktor E-vegg	C _{pe,10}	-0,3	-	Vedlegg J
Trykk mot gavlvegg	q _D	467	N/m ²	Vedlegg J
Strekk mot gavlvegg	q _E	200	N/mm ²	Vedlegg J
Total vindhastighetstrykk	q _{D+E}	667,8	N/mm ²	Vedlegg J

Siden $h < b$, det vil si høyden er mindre enn bredden får vi bare en vindsone

$$\frac{h}{d} \rightarrow \frac{8}{38,8} = 0,206 \approx 0,21$$



Last per meter:

$$q_1 = q_{D+E} * lastbredde * 1,5$$

$$q_1 = 736,31N/m * 2,9m * 1,5$$

$$q_1 = 3,2kN/m$$

$$q_2 = q_{D+E} * lastbredde * bruddfaktor$$

$$q_2 = 736,31N/m * 3,4m * 1,5$$

$$q_2 = 3,76kN/m$$

Last for yttersøylene:

$$q_{trykk,1} = q_1 * \frac{b}{2}$$

$$q_{trykk,1} = 3,2kN/m * \frac{38,8m}{2}$$

$$q_{trykk,1} = 62,08kN$$

$$q_{trykk,2} = q_2 * \frac{b}{2}$$

$$q_{trykk,1} = 3,76kN/m * \frac{38,8m}{2}$$

$$q_{trykk,1} = 72,94kN$$

Regner for det verste tilfellet. Dvs. $(q_1+q_2)*2^{1/2}$

Dersom de diagonale stavene tar alt i strekk og har 45° får den:

$$q_{tryk} = (62,08kN + 72,94kN) * \sqrt{2} = 190,95kN$$

Minimum avstivningstversnitt for diagonaler:

$$A_{min} = \frac{q_{trykk}}{f_{yd}}$$

$$A_{min} = \frac{190,05 * 10^3 N}{338 N/mm^2}$$

$$A_{min} = 564,93 mm^2$$

Bruker flattstål for begge diagonaler 100mm x 10mm, freses inn i stenderne

Minimums avstivningstversnitt for stendere:

$$A_{min} = \frac{q_{trykk}}{f_{yd}}$$

$$A_{min} = \frac{(62,08kN + 72,94kN) * 10^3 N}{338 N/mm^2}$$

$$A_{min} = 399,47 mm^2$$

Bruker varmformet HUP 40mm x 40mm x 3mm for stendere

VEDLEGG

L

Avstivning – vind mot langside vegger

Forklaring	Forkortelse	Verdi	Benevning	Vedlegg
Lengde	l	38,8	m	-
Høyde på konstruksjon	h	8	m	-
Bredde på konstruksjon	d	15,8	m	-
Dimensjonerende aksialkraft	N _{Ed}	196,99	kN	-
Stålkvalitet	-	S355	-	-
Materialfasthet	f _y	355	N/mm ²	-
Materialfaktor til stål	γ _m	338	N/mm ²	-
Bruddfaktor	-	1,5	-	-
Totalt vindhastighetstrykk	q _w	736,31	N/m ²	Vedlegg J

Etasjeskille:

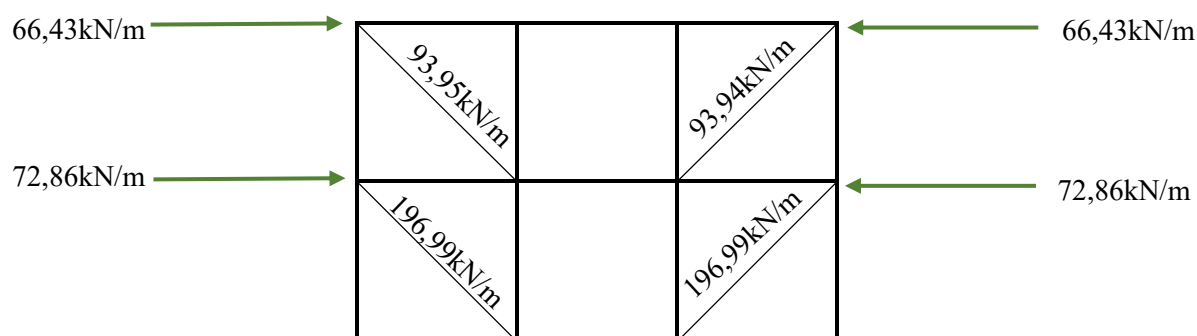
$$q_w * \text{lastbredde} * 1,5 * \frac{l}{2}$$

$$736,31 \text{ N/m}^2 * 3,4 \text{ m} * 1,5 * \frac{38,8 \text{ m}}{2} = 72,86 \text{ kN/m}$$

Tak:

$$q_w * \text{lastbredde} * 1,5 * \frac{l}{2}$$

$$736,4 \text{ N/m}^2 * 3,1 \text{ m} * 1,5 * \frac{38,8 \text{ m}}{2} = 66,43 \text{ kN/m}$$



Figuren illustrerer gavlveggen med krefter og avstivning

Minimum areal for diagonaler:

$$A_{min} = \frac{N_{Ed}}{\gamma_m}$$

$$A_{min} = \frac{196,99 * 10^3 N}{338 N/mm^2}$$

$$A_{min} = 582,81 mm^2$$

Bruker flattstål 100 x 10 mm

Her vil to rader med flattstål ta strekk. Freses inn i stenderne.

Minimum areal for stendere:

$$A_{min} = \frac{N_{Ed}}{\gamma_m}$$

$$A_{min} = \frac{139,29 * 10^3 N}{338 N/mm^2}$$

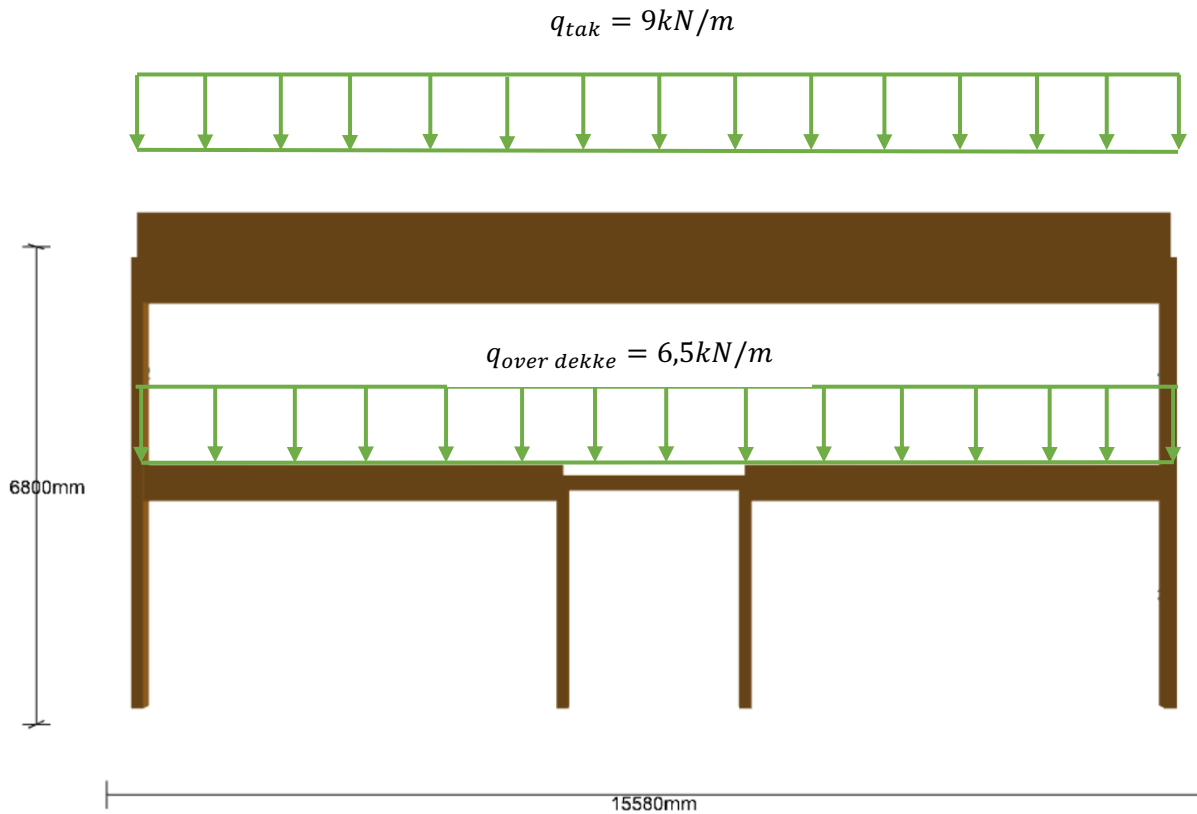
$$A_{min} = 412,10 mm^2$$

Bruker varmformet HUP 40mm x 40mm x 3mm for stendere

VEDLEGG

M

Avstivning – tak



Lasttype	Forkortelse	Verdi	Enhet
Jevnt fordelt last tak	q_{tak}	9	kN/m
Jevnt fordelt last over 1. etasje	$q_{over\ dekke}$	6,5	kN/m
Byggets lengde	l	38,8	m
Byggets bredde	b	15,58	m
Bruddlastfaktor	-	1,5	-
Lasthøyde vind på tak	l_{tak}	2,9	m
Lasthøyde vind dekke over 1. etasje	l_{1etg}	3,4	m
Totalt vindhastighetstrykk	$q_{p,total}$	736,4	N/m ²

Skjevlast:

$$H_{Ed,tak} = \frac{1}{200} * \alpha_h * \alpha_m * N_{Ed}$$

Der:

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{8}} = 0,71$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * (1 + \frac{1}{etasje})} = \sqrt{0,5 * (1 + \frac{1}{2})} = 0,87$$

$$H_{Ed,tak} = \frac{1}{200} * 0,71 * 0,87 * (9kN/m * 15,58m)$$

$$H_{Ed,tak} = 0,43kN$$

Total vindtrykkhastighet fasadesøyler tak:

$$P_{tak} = \left(q_p(z) * \frac{l}{2} * l_{tak} \right) * 1,5 + H_{ed,tak}$$

$$P_{tak} = \left(736,4N/m^2 * \frac{38,8m}{2} * 2,9m \right) * 10^{-3} * 1,5 + 0,43kN$$

$$P_{tak} = 62,57kN$$

Total vindtrykkhastighet fasadesøyler 1. etasje:

$$P_{1etg} = \left(q_p(z) * \frac{l}{2} * l_{1etg} \right) * 10^{-3} * 1,5 + H_{ed,tak}$$

$$P_{1etg} = \left(736,4N/m^2 * \frac{38,8m}{2} * 3,4m \right) * 10^{-3} * 1,5 + 0,43kN$$

$$P_{1etg} = 72,29kN$$

Total vindhastighetstrykk på fasadesøyler i 1. etasje er dimensjonerende. Med tanke på at forskjellen mellom taket og 1. etasje er liten, blir avstivningen som er dimensjonert i 1. etasje brukt på taket også.

Moment:

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} * q_{total}(z) * l^2$$

Der:

$$q_{total}(z) = \frac{72,29kN}{19,4m} = 3,73kN/m$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} * 3,73kN/m * 38,8^2m^2$$

$$M_{Ed} = 701,91kNm$$

$$Strekk = Trykk = \frac{M_{Ed}}{c/c} = \frac{701,91 kNm}{4,8m} = 146,23kN$$

Prøv:

$$A_s = \frac{146230N}{f_d * (\chi = 0,5)} = \frac{146230N}{338N/mm^2 * 0,5} = 865,27mm^2$$

Prøver varmformet hulprofil 70x70x4

$$A_s=1040mm^2$$

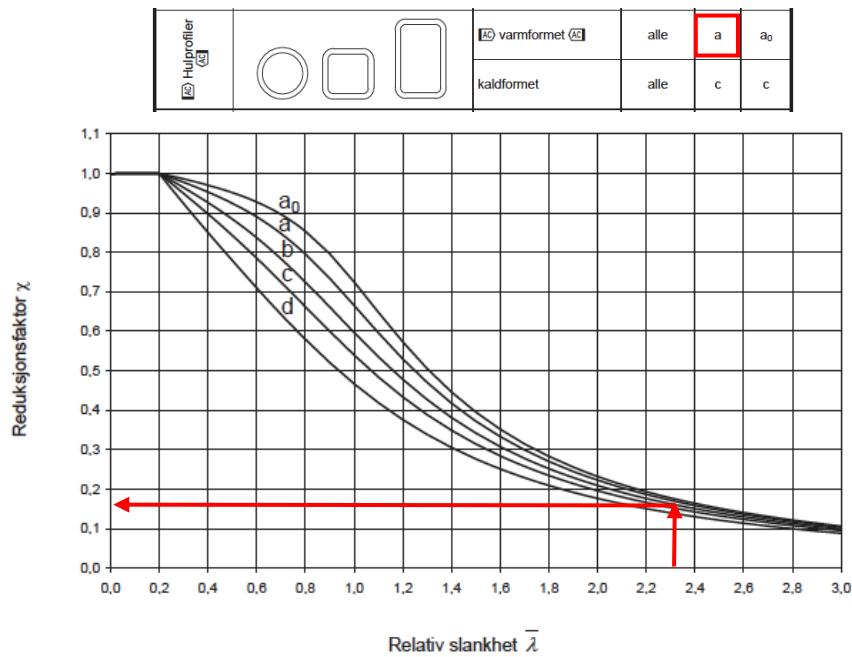
$$i=26,8mm$$

$$\bar{\lambda} = \frac{cc}{i * \lambda_1}$$

Der:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{2,1 * 10^5 N/mm^2}{355 N/mm^2}} = 76,41$$

$$\bar{\lambda} = \frac{4800mm}{26,8mm * 76,41} = 2,34$$



$$\chi = 0,16$$

$$N_{Rd} = \chi * f_d * A_s$$

$$N_{Rd} = 0,16 * 338 N/mm^2 * 1040 mm^2$$


$$N_{Rd} = 56,24 kN < 146,23 kN \rightarrow IKKE OK$$

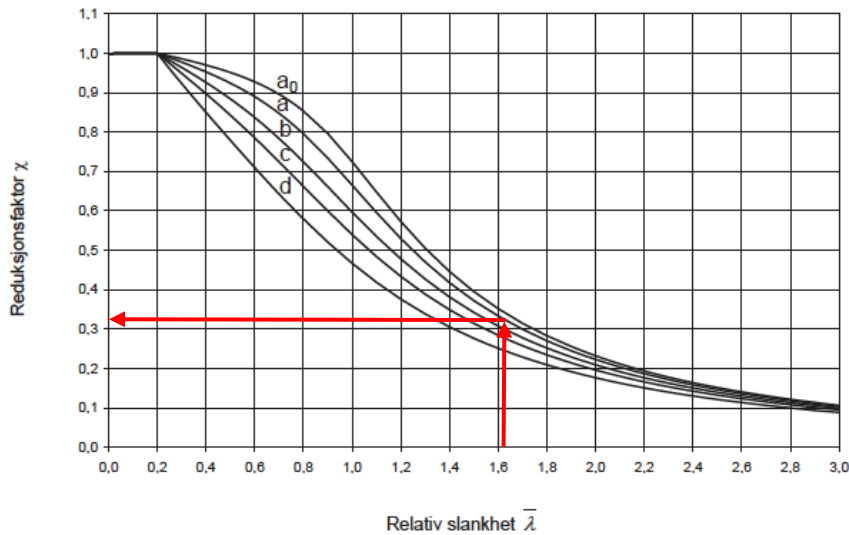
Prøver varmformet hulprofil 100x100x4

$$A_s = 1520 mm^2$$

$$i = 39,1 mm$$

$$\bar{\lambda} = \frac{4800\text{mm}}{39,1\text{mm} * 76,41} = 1,61$$

Hulprofiler		varmformet	alle	a	a ₀
		kaldformet	alle	c	c



$$\chi = 0,33$$

$$N_{Rd} = \chi * f_d * A_s$$

$$N_{Rd} = 0,33 * 338\text{N/mm}^2 * 1520\text{mm}^2$$

$$N_{Rd} = 169,54\text{kN} > 146,23\text{kN} \rightarrow \text{OK}$$

Bruker varmformet hulprofil med dimensjonene 100x100x4mm som gurter

Maksimal skjærkraft:

$$V_{max} = P_{1etg} * \sqrt{2}$$

$$V_{max} = 72,29\text{kN} * \sqrt{2} = 102,23\text{kN} \rightarrow \text{kun strekk}$$

$$A_{min} = \frac{102230\text{N}}{338\text{N/mm}^2} = 302,46\text{mm}^2$$

Bruker HUP 50x50x4 for diagonaler

$$A_s = 719\text{mm}^2$$

VEDLEGG

N

Møtereferat

Veileder: Harald Berg Fallsen

Møtedato: 16.02.2021

Møtetidspunkt: Kl. 11:00

Møte slutt: Kl. 14:00

Møtelokale: Smaragd 1. etasje og teams (digitalt)

Deltagere: Nilojana Karunanithy, Thea Kvale (teams) og Harald Fallsen

Ikke deltagende: Ingen

Samtaleemne

Vi diskuterte og idémyldret oppgaven vår.

Arbeidsoppgaver til neste møte

- Møte med Moelven for å høre synspunkter om bæresystem
- Utrekning av snølast og vindlast

Neste møte

Tirsdag 2. mars 2021

Klokka 11:00 – 12:30

Sted: Smaragd

Møtereferat

Veileder: Harald Berg Fallsen

Møtedato: 02.03.2021

Møtetidspunkt: Kl. 11:00

Møte slutt: Kl. 12:30

Møtelokale: Smaragd 1. etasje

Deltagere: Nilojana Karunanithy, Thea Kvale og Harald Fallsen

Ikke deltagende: Ingen

Samtaleemne

Gikk gjennom temaet “vindlast”, og fikk frisket opp minnet innenfor temaet.

Vi satt opp faste møter en gang i uka.

Bestemte at møtene ville bestå av utregninger og eventuelt informasjon om nødvendig.

Arbeidsoppgaver til neste møte

- Utregning vindlast
- Utregning egnelast og nyttelast
- Finne N_{Rd}

Neste møte

Onsdag 10 mars 2021

Klokka 12:00 – 13:30

Sted: Smaragd

Møtereferat

Veileder: Harald Berg Fallsen

Møtedato: 10.03.2021

Møtetidspunkt: Kl. 12:00

Møte slutt: Kl. 13:30

Møtelokale: Smaragd 1. etasje

Deltagere: Nilojana Karunanithy, Thea Kvale og Harald Fallsen

Ikke deltagende: Ingen

Samtaleemne

Vi gikk gjennom utregningene siden forrige møte. Å regne ut vindlasten har tatt litt tid, men den har vi fått til siden sist gang. Vi kan nå starte med utregning av søyledimensjoner og bjelkedimensjoner.

I tillegg startet vi på nedbøyning.

Arbeidsoppgaver til neste møte

- Utregning søyledimensjoner under tak
- Utregning søyledimensjoner korridor
- Utregning takbjelke
- Utregning nedbøyning

Neste møte

Onsdag 17. mars 2021

Klokka 12:00 – 13:30

Sted: Smaragd

Møtereferat

Veileder: Harald Berg Fallsen

Møtedato: 17.03.2021

Møtetidspunkt: Kl. 12:00

Møte slutt: Kl. 13:30

Møtelokale: Smaragd 1. etasje

Deltagere: Nilojana Karunanithy, Thea Kvale og Harald Fallsen

Ikke deltagende: Ingen

Samtaleemne

Vi gikk gjennom det vi skulle regne ut til dette møtet. Vi hadde en liten utfordring med å finne den rette nedbøyningen og de ulike dimensjonene.

Harald rettet på utregningene våre.

Arbeidsoppgaver til neste møte

- Utregning nedbøyning
- Utregning søyleknekking
- Utregning takbjelke
- Utregning

Neste møte

Onsdag 24. mars 2021

Klokka 12:00 – 13:30

Sted: Leif Castbergs veg 22C

Møtereferat

Veileder: Harald Berg Fallsen

Møtedato: 24.03.2021

Møtetidspunkt: Kl. 12:15

Møte slutt: Kl. 13:30

Møtelokale: Leif Castbergs veg 22C, teams (digitalt)

Deltagere: Nilojana Karunanithy (teams), Thea Kvale og Harald Fallsen

Ikke deltagende: Ingen

Samtaleemne

Vi fikk rettet på utregningen som gjaldt de ulike dimensjonene og nedbøyning.

Deretter startet vi med å regne ut på avstivning for taket og veggene.

Arbeidsoppgaver til neste møte

- Utregning avstivning tak og vegger

Neste møte

Onsdag 7. april 2021

Klokka 12:00 – 13:30

Sted: Smaragd

Møtereferat

Veileder: Harald Berg Fallsen

Møtedato: 07.04.2021

Møtetidspunkt: Kl. 12:00

Møte slutt: Kl. 13:30

Møtelokale: Smaragd 1. etasje

Deltagere: Nilojana Karunanithy, Thea Kvale og Harald Fallsen

Ikke deltagende: Ingen

Samtaleemne

Kontrollerte utregninger og sørget for at vi hadde riktige verdier og dimensjoner.

Den eneste utregningen vi mangler er avstivning av vegger. Dette føler både vi og veileder at kan mestres på egenhånd. Vi har fortsatt kontakt med veileder over mail, men har ikke planlagt noen flere fysiske møter inntil videre.

Møtereferat

Veileder: Astrid Stadheim

Møtedato: 20.04.2021

Møtetidspunkt: Kl. 10:00

Møte slutt: Kl. 11:00

Møtelokale: B314

Deltagere: Nilojana Karunanithy, Thea Kvale, Astrid Stadheim og Fred
Johansen

Ikke deltagende: Ingen

Samtaleemne

Vi diskuterte tema og oppsett i oppgaven vår.

Arbeidsoppgaver til neste møte

- Struktur i teksten
- Akademisk skriving
- Bli ferdig med 1. utkast

Neste møte

Onsdag 5. mai 2021

Klokka 09:00 – 10:00

Sted: B314

Møtereferat

Veileder: Harald Berg Fallsen

Møtedato: 22.04.2021

Møtetidspunkt: Kl. 12:00

Møte slutt: Kl. 13:30

Møtelokale: Smaragd 1. etasje

Deltagere: Nilojana Karunanithy, Thea Kvale og Harald Fallsen

Ikke deltagende: Ingen

Samtaleemne

Avstivning av bygg

Arbeidsoppgaver til neste møte

- Jobbe med vedlegg
- Dimensjonere avstivning i tak og vegger

Neste møte

Tirsdag 28. april 2021

Klokka 12:00 – 13:30

Sted: Smaragd

Møtereferat

Veileder: Harald Berg Fallsen

Møtedato: 28.04.2021

Møtetidspunkt: Kl. 12:00

Møte slutt: Kl. 13:30

Møtelokale: Smaragd 1. etasje

Deltagere: Nilojana Karunanithy, Thea Kvale og Harald Fallsen

Ikke deltagende: Ingen

Samtaleemne

Avstivning.

Gå gjennom og få tilbakemelding på utregning i vedlegg. Det vil ikke bli satt opp flere møter med Harald Berg Fallsen.

Møtereferat

Veileder: Astrid Stadheim

Møtedato: 05.05.2021

Møtetidspunkt: Kl. 09:00

Møte slutt: Kl. 10:00

Møtelokale: B314

Deltagere: Nilojana Karunanithy, Thea Kvale og Astrid Stadheim

Ikke deltagende: Ingen

Samtaleemne

Gjennomgang av bacheloren. Vi diskuterte det som måtte forbedres og det vi måtte redigere på.

