



Kunnskap for en bedre verden

Bacheloroppgave

IB303312 - Bacheloroppgave byggingeniør

Åfjord aktivitetshus - dimensjonering og bygningsfysikk

10010, 10015, 10022

Totalt antall sider inkludert forsiden: 226

Ålesund, 20.05.19

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§14 og 15.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens studieforskrift §31	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 20

Veileder: Max Ingar Mørk og Taale Arstad

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiM med forfatter(ne)s godkjenning.

Opgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved NTNU i Ålesund en vederlagsfri rett til å

gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

ja nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13/Fvl. §13](#))

Dato: 20.05.2019

FORORD

Denne bacheloroppgaven er skrevet ved instituttet for havromsoperasjoner og byggeteknikk ved fakultet for ingeniørvitenskap ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) våren 2019. Studentene bak oppgaven studerer byggingeniør med fordypning i konstruksjon ved NTNU Ålesund. Samarbeidspartner på denne oppgaven er ÅF Consult.

Denne oppgaven har gitt en fordypning i tema som er svært interessante, men som det er mindre fokus på i ingeniørutdanningen. Oppgaven har gitt et godt innblikk i prosessene og arbeidsoppgavene en ingeniør kan oppleve i sin arbeidshverdag. Den har også gitt oss økt forståelse for hvordan bygningsfysikk kan påvirke oppbygningen av et bygg.

Vi vil gjerne takke veilederen vår ved ÅF Consult, Taale Arstad, for gode råd og veiledning underveis i prosessen. En takk rettes også til vår veileder ved NTNU Ålesund, Max Ingar Mørk, for god oppfølging og hjelp dette semesteret.

Til slutt vil vi også takke Åsmund Flagstad ved Rambøll for god hjelp innenfor akustikk og Kristian Normann ved NTNU Ålesund for god hjelp med dimensjoneringen, samt andre firma og ansatte som har bidratt med informasjon.

Erlend Herfjord



Kristoffer Darell Lurvik



Morten Kattem Lieskar



INNHOOLD

FIGURLISTE	9
SAMMENDRAG	11
TERMINOLOGI	12
FORKORTELSER	12
SYMBOLER OG NOTASJON	12
1 INNLEDNING	16
1.1 PROBLEMSTILLING	16
1.1.1 <i>Hvordan påvirker fukt materialene i svømmehallen?</i>	16
1.1.2 <i>Hvordan lydtette en kinosal?</i>	16
1.1.3 <i>Dimensjonering av utvalgte bærende konstruksjoner i østlige del av bygget</i>	17
1.2 AVGRENSNINGER	17
2 TEORETISK GRUNNLAG	18
2.1 FUKT	18
2.1.1 <i>Generelt</i>	18
2.1.2 <i>Fukt i svømmehall</i>	18
2.2 LYD	22
2.2.1 <i>Generelt</i>	22
2.2.2 <i>Rom-i-rom-løsning</i>	22
2.2.3 <i>Spesialprodukter</i>	23
2.2.4 <i>Lydtekniske begreper</i>	24
2.2.5 <i>Lydisolering</i>	28
2.2.6 <i>Lydkonstruksjoner</i>	29
2.2.7 <i>Oppbygning av en kinosal</i>	30
2.3 BÆRESYSTEM	30
2.3.1 <i>Søylar</i>	30
2.3.2 <i>Bjelker</i>	30
2.3.3 <i>Vegger</i>	31
2.3.4 <i>Fundament</i>	31
2.3.5 <i>Dekker</i>	31
2.4 BETONG	32
2.4.1 <i>Generelt</i>	32
2.4.2 <i>Plasstøpt betong</i>	32

2.4.3	<i>Prefabrikkert betong</i>	32
2.5	STÅL	33
2.5.1	<i>Generelt</i>	33
2.5.2	<i>Stålbjelkeprofiler</i>	33
2.5.3	<i>Tverrsnittsklasser</i>	34
2.6	PROGRAMMER	34
2.6.1	<i>Revit</i>	34
2.6.2	<i>Mathcad</i>	34
2.6.3	<i>EUROCODEexpress</i>	35
2.6.4	<i>AutoCAD 2018</i>	35
2.6.5	<i>Focus Konstruksjon 2019</i>	35
2.6.6	<i>FreqCalc</i>	36
2.7	ETASJE- OG AREALREDUKSJONSFAKTOR	36
3	LASTER	38
3.1	PERMANENTE LASTER	38
3.2	VARIABLE LASTER	38
3.3	SNØLAST	38
3.3.1	<i>Generelt</i>	38
3.3.2	<i>Metode</i>	40
3.3.3	<i>Resultat</i>	41
3.3.4	<i>Diskusjon</i>	41
3.3.5	<i>Konklusjon</i>	42
3.4	VINDLAST	42
3.4.1	<i>Generelt</i>	42
3.4.2	<i>Metode</i>	43
3.4.3	<i>Resultat</i>	45
3.4.4	<i>Diskusjon</i>	46
3.4.5	<i>Konklusjon</i>	47
3.5	SEISMISK LAST	47
3.5.1	<i>Generelt</i>	47
3.5.2	<i>Diskusjon</i>	47
3.5.3	<i>Konklusjon</i>	47
4	SVØMMEHALL	48
4.1	METODE	49

4.1.1	<i>Litteraturstudium</i>	49
4.1.2	<i>Erfaringer fra fagpersoner</i>	49
4.2	RESULTATER	50
4.2.1	<i>Materialbruk</i>	50
4.2.2	<i>Konstruksjonsdeler</i>	52
4.2.3	<i>Dusjanlegg</i>	59
4.3	DISKUSJON	61
4.4	KONKLUSJON	65
5	KINOSAL	67
5.1	METODE	67
5.1.1	<i>Litteraturstudium</i>	68
5.1.2	<i>Samtaler og erfaringer fra fagpersoner</i>	68
5.2	RESULTATER	69
5.2.1	<i>Lydklasse</i>	69
5.2.2	<i>Kinokonstruksjon</i>	71
5.2.3	<i>Oppbygning av kinosal</i>	72
5.2.4	<i>Ytre konstruksjon i rom-i-rom</i>	73
5.2.5	<i>Indre konstruksjon, golv</i>	73
5.2.6	<i>Indre konstruksjon, vegger</i>	76
5.2.7	<i>Himling kinosal</i>	80
5.3	DISKUSJON	81
5.3.1	<i>Lydklasse</i>	81
5.3.2	<i>Rom-i-rom-konstruksjon eller tykk lydvegg?</i>	84
5.3.3	<i>Golv</i>	84
5.3.4	<i>Indre konstruksjon, vegger</i>	85
5.3.5	<i>Himling</i>	87
5.4	KONKLUSJON	88
5.4.1	<i>Lydklasse</i>	88
5.4.2	<i>Romkonstruksjon</i>	88
5.4.3	<i>Golv</i>	88
5.4.4	<i>Indre konstruksjon, vegger</i>	89
5.4.5	<i>Himling</i>	90
6	BEREGNINGER	92
6.1	BJELKE	92

6.1.1	<i>Metode</i>	92
6.1.2	<i>Resultat</i>	93
6.1.3	<i>Diskusjon</i>	105
6.1.4	<i>Konklusjon</i>	106
6.2	SØYLE	107
6.2.1	<i>Metode</i>	107
6.2.2	<i>Resultat</i>	109
6.2.3	<i>Diskusjon</i>	120
6.2.4	<i>Konklusjon</i>	121
6.3	ETASJESKILLERE	121
6.3.1	<i>Metode</i>	121
6.3.2	<i>Resultat</i>	122
6.3.3	<i>Diskusjon</i>	125
6.3.4	<i>Konklusjon</i>	126
7	SLUTTKONKLUSJON	129
8	REFERANSER	130
	VEDLEGG	135

FIGURLISTE

Figur 2.1 - Karbonatisering av armert betong.....	21
Figur 2.2 - Lydoverføring mellom rom	29
Figur 2.3 - Prinsipiell oppbygning av flytende golv	30
Figur 2.4 - Visning av programmet FreqCalc	36
Figur 2.5 - Brukscategori A-E.....	37
Figur 3.1 - Formfaktorer for saltak, pulttak og sagtak.....	39
Figur 3.2 - snølastfordeling på tak med nivåforskjell.....	40
Figur 3.3 - anbefalte verdier for C_e for forskjellige topografier.....	41
Figur 3.4 - vindlastens fordeling rundt et bygg.....	43
Figur 3.5 - utvendig vindlast for de forskjellige sonene.....	46
Figur 4.1 - prinsipiell oppbygging av skallmurvegg.....	52
Figur 4.2 - prinsipiell oppbygging av betongelementvegg.....	53
Figur 4.3 - eksempel på yttervegg og tak i plaststøpt betong og overgang mellom. Her med dampsperre mellom betong og isolasjon.....	53
Figur 4.4 - eksempel på tilførsel av ventilasjonsluft under vindu for å hindre kondens	56
Figur 4.5 - de tre typene kompakte tak	57
Figur 4.6 - golv med membran på betong. Membran under påstøp. Typisk tilfelle med banemembran.....	60
Figur 4.7 - yttervegg av betong med kanal for tilluft for vindusbetrykning og overgang vindu	62
Figur 4.8 - eksempel på kompakt rettventd tak med bæresystem av betong	64
Figur 4.9 - prinsippsskisse tung innervegg betong, overgang vegg/golv, og golv med banemembran under påstøp	64
Figur 5.1 - NS 8175, lydklasser for spesialrom i skoler og bygninger til undervisningsformål. 69	
Figur 5.2 - NS 8175, lydklasser for museer, biblioteker, kunstgallerier o.l. Romakustikk og innendørs lydnivå	70
Figur 5.3 - Lydtegning av kinosal fra Rambøll.....	70
Figur 5.4 - Fra Byggforsk artikkel 524.321, lydisolasjonsegenskaper til betong- og lettklinkerbetongvegger.....	73
Figur 5.5 - Illustrasjonsbilde for oppbygning av golv i kinosal	74
Figur 5.6 - Illustrasjonsbilde for prinsipiell oppbygning av flytende golv med spesialprodukter	74
Figur 5.7 - Nyttelast for kinosaler	75
Figur 5.8 - Laboratoriemålt og feltmålte verdier for lecablokker.....	76
Figur 5.9 - Leca innervegg.....	77
Figur 5.10 - Laboratoriemålt og feltmålte verdier for stålstendere.....	78
Figur 5.11 - Innervegg av stenderverk i stål	78
Figur 5.12 - Laboratoriemålt og feltmålte verdier for trestendere.....	79
Figur 5.13 - Innervegg av stenderverk i tre	79
Figur 5.14 - Himling med systemhengere	80
Figur 5.15 - Utsnitt av plantegning i 1. etasje	82
Figur 5.16 - Utsnitt av plantegning 2. etasje	83
Figur 5.17 - Prinsipiell oppbygging av golv i kinosal med Sylodyn NC	88
Figur 5.18 - Overgang vegg/golv i kinosal	90
Figur 5.19 - Overgang vegg/himling	91
Figur 6.1 - utsnitt av bygningen med søyler, dekker og bjelker	92
Figur 6.2 - Snitt av HEM 300 med avstivning skravert.....	104
Figur 6.3 - H-bjelke	105
Figur 6.4 - søyle p-kjeller med overliggende bjelker, etasjeskillere og søyler.....	107
Figur 6.6 - dimensjoner for varmvalsede HE-B-bjelker etter EURONORM 53.....	108

Figur 6.5 – dimensjoner for varmvalsede HE-B-bjelker etter EURONORM 53	108
Figur 6.7 - verdi av α for B20-B95 med armering B500C	109
Figur 6.8 – Crosstabell for utregning av moment i stålsøyle	112
Figur 6.9 - momentdiagram fra crossmetoden (ikke i målestokk. Ment for visualisering)	112
Figur 6.10 - crosstabell for utregning av moment i betongsøyle.....	117
Figur 6.11 - momentdiagram fra crossmetoden. (ikke i målestokk. Ment for visualisering)...	118
Figur 6.12 - M/N-diagram for beregning av betongsøyle.	119
Figur 6.13 – kapasitetskart, søyler i betong	124
Figur 6.14 - Kapasitetskart nedbøyning.	124
Figur 6.15 - moment overkant etasjeskiller 1.etg. Tilfelle for fast innspent plate.....	125
Figur 6.16 - moment underkant etasjeskiller 1.etg. Tilfelle for fritt opplagt plate.	125
Figur 6.17 - Illustrasjonstegning overdekning	126
Figur 6.19 - Tabell for eksponeringsklasse XC1-4	127
Figur 6.18 - Tabell for valg av eksponeringsklasse-gruppe	127
Figur 6.20 - Tabell for minimumsverdekning	128
Figur 6.21 – Tabell for valg av fasthetsklasse og eksponeringsklasse	128

SAMMENDRAG

Hensikten med denne oppgaven har vært å tilegne oss bedre kunnskap om enkelte emner og erfaringer som kan komme til nytte i en fremtidig arbeidssituasjon, samt praktisere kunnskapen vi har fått under studiet. I samarbeid med veileder ved ÅF Consult og veileder ved NTNU Ålesund har vi utformet en oppgave som går ut på å prosjektere og dimensjonere et aktivitetshus. Målet for oppgaven er å dimensjonere deler av et toetasjes aktivitetshus, samt beskrive de bygningsfysiske utfordringene ved svømmehall og kinosal. Oppgaven har utfordret oss innen statikk, lastberegning, dataprogrammer, lyd/akustikk og fukt.

Det ble underveis i oppgaven utført informasjonsinnhenting og gjennomgang av relevant litteratur og teori for de forskjellige problemstillingene. Vi har fått tilsendt IFC-fil med informasjon om bygget som vi har benyttet oss av i oppgaven. Prosjektet er presentert i en rapport med håndberegninger, teori og tegninger for løsninger. Rapporten inneholder et teoretisk grunnlag, fremgangsmåte, resultater og løsninger. I vedleggene ligger dokumentasjon for beregningene, e-poster og plantegninger.

TERMINOLOGI

Forkortelser

BIM	Bygningsinformasjonsmodellering
DAK	Dataassistert konstruksjon
CAD	Computer Aided Design
API	Application Programming Interfaces

Symboler og notasjon

S_k	Karakteristisk snølast på mark
S_{k0}	Grunnverdi for snølast i kommunen
H_g	Høydegrense for kommune
m^2	Kvadratmeter
μ	Formfaktor snølast på tak
C_{pe}	Formfaktor utvendig vindlast
C_r	Terrengruhetsfaktoren
C_0	Terrengformfaktoren
V_m	Stedsvindhastigheten
I_v	Turbulensintensiteten
V_p	Vindkasthastigheten
q_p	Hastighetstrykk
A	Areal
w_e	Utvendig vindlast
H	Høyde
D	Dybde
MPa	Megapascal
Pa	Pascal
dB	Desibel

RF	Relativ fuktighet
W/m ² K	Watt per kvadratmeter kelvin
Hz	Hertz
b	Bølgelengde i kapittel om lyd
v	Forplantningshastighet
f	Frekvens
f _r	Resonans
m/s	Meter per sekund
m ₁	Flatens platevekt
m ₂	Flatens platevekt
d	Luftsjiktets tykkelse i kapittel om lyd
L	Lydnivå
P	Lydtrykk
P ₀	Lydtrykk nedre høregrense
I	Intensitet
I ₀	Intensitet nedre høregrense
α	Absorpsjonskoeffisienten i kapittel om lyd
R	Reduksjonstall
L _s	Lydtryknivået i senderrommet
L _m	lydtryknivået i mottakerrommet
S	Skillekonstruksjons areal
A _m	Ekvivalent absorpsjonsareal i mottakerrommet
R _w	Feltmålt reduksjonstall
L _n	Normalisert trinnlydnivå
L _i	Mottakerrommets gjennomsnittlige trinnlydnivå
A	Mottakerrommets ekvivalente absorpsjonsareal
A ₀	Referanseabsorpsjon

R_s	Samlet reduksjonstall for doble vegger
R_w	Laboratoriemålt reduksjonstall
a_n	Etasjereduksjonsfaktor
a_A	Arealreduksjonsfaktor
C_e	Eksponeringsfaktor
C_t	Termisk faktor
\approx	Tilnærmet lik
Q_{Ed}	Jevnt fordelt last
M_{Ed}	Dimensjonerende bøyemoment
g	Egenvekt
p	Nyttelast
γ	Egenvekt betong
f_y	Flytespenning
f_{yd}	Dimensjonerende materialfasthet
W	Motstandsmomentet
N_{Ed}	Dimensjonerende aksialkraft
$N_{b,Rd}$	Dimensjonerende kapasitet ved bøyningsknekking for en stav med sentrisk trykk
k_{yy}	Interaksjonsfaktor for knekking om sterk akse
r	Forholdstall
E	Elastisitetsmodul
G	Skjærmodul
X_{LT}	Reduksjonsfaktor for vipping
k_w	Innspenningsfaktorer ved bjelkens ende
I_w	Hvelvingskonstant
I_t	Torsjonskonstant
$W_{y,el}$	Elastisk tverrsnittsmodul om y-aksen

$W_{y,pl}$	Plastisk tverrsnittsmodul om y-aksen
k_{wt}	Torsjonsparameter
C_1	Lastfaktor
L_k	Knekk lengde
M_{cr}	Ideelle kritiske momentet for knekking
μ_{cr}	Momentfaktor, relative dimensjonsløse kritiske momentet
λ_{LT}	Relativ slankhet
Ψ	Spenningsforhold
A_t	Tverrsnitt
t_f	Tykkelse flens
b	Bredde
h	Høyde
L	Lengde
a_h	Avstand mellom armeringsjern
y_{max}	Maksimal nedbøyning
k_{yy}	Interaksjonsfaktor
C_{my}	Ekvivalent momentfaktor

1 INNLEDNING

1.1 Problemstilling

Vi har delt oppgaven vår opp i flere problemstillinger som vi vil vurdere hver for seg og komme med løsninger uavhengig av hverandre.

1. Hvordan påvirker fukt materialene i svømmehallen?
2. Hvordan lydtette en kinosal?
3. Dimensjonering av utvalgte bærende konstruksjoner i østlige del av bygget

1.1.1 Hvordan påvirker fukt materialene i svømmehallen?

Vestlige del av bygningen består av et svømmeanlegg bestående av to basseng: et svømmebasseng på 25 m x 15,5 m og et opplæringsbasseng på 12,5 m x 8,5 m, garderobes og badstu.

Temperaturen og fukten i anlegget vil skape høy luftfuktighet, kondens, og fare for fuktskader. Vi skal se på hvordan dette påvirker materialene, og hva som dermed gir de beste løsningene for de ulike konstruksjonsdelene i svømmehallen.

1.1.2 Hvordan lydtette en kinosal?

En kinosal har et betydelig lydnivå som vil skape støy og vibrasjoner som forplanter seg i konstruksjonen hvis det ikke løses på en ordentlig måte. Det er derfor essensielt å bygge opp en kinosal på korrekt måte for å unngå dette, og for å skape et godt innemiljø.

Kinosalen i Åfjord aktivitetshus ligger i 1.etg. Under kinoen finner vi en parkeringskjeller, og i 2.etg. over kinoen et bibliotek. Parkeringskjelleren vil være en støykilde og det vil være viktig å isolere godt mellom her for å unngå at støyen forplanter seg til kinoen. Biblioteket i 2.etg er et areal som krever et lavt støynivå, og det kreves derfor også god isolering her.

Vi vil se på hvilke løsninger som gir de mest fornuftige konstruksjonene og hva som gir de beste resultatene. Her vil hovedfokuset ligge på hva som isolerer best innen visse rammer på plassbehov og tykkelse slik at det ikke går utover størrelsen på kinosalen.

1.1.3 Dimensjonering av utvalgte bærende konstruksjoner i østlige del av bygget

For å være sikker på at en bygning skal stå, en søyle ikke kollapse og et golv ikke falle ned er det nødvendig med dimensjonering av en konstruksjon. Man må ta hensyn til alle forutsette og uforutsette laster og dimensjonere for verst tenkelige scenario.

Konstruksjonsdelen av vår oppgave vil bli å ta for oss enkelte av disse komponentene og dimensjonere de. Vi vil se på søyle, bjelker og etasjeskillerne, og bestemme materialvalg og dimensjoner for disse komponentene.

1.2 Avgrensninger

For å få en best mulig rapport innen oppmålt tid, har vi vært avhengig av å avgrense oppgaven. I forprosjektrapporten, vedlegg 12, er det nevnt at vi skal se på byggetid, pris og brannmotstand. Dette har vi valgt å se bort ifra, da vi heller ville fokusere på de beste løsningene for henholdsvis lydisolering, fuktsikring og bæreevne.

2 TEORETISK GRUNNLAG

Under dette punktet skal vi skrive om teorien som omhandler oppgaven. Her skal vi gå nærmere inn på lyd, fukt og bæresystemer, samt beskrive de ulike materialene, programmene vi har brukt og andre ting som kan være relevant å vite noe om for en bedre forståelse av oppgaven.

2.1 Fukt

2.1.1 Generelt

Fuktkildene som påvirker en konstruksjon kan være mange. Dette kan være nedbør, fuktig luft, fukt i grunnen, lekkasjer, svømmeanlegg, badstu etc.

(Sintef, 2018) opplyser at omtrent 75% av alle skader i bygninger kommer av fukt. Det kan gi skader som råte, korrosjon, muggsopp, frostsprengning, svinn, telehiv, svelling og saltvandring i konstruksjonen og i materialene. Fukt kan også skape biologisk aktivitet, som f.eks. soppvekst, som kan ha en negativ effekt på innemiljøet i en bygning.

For å unngå disse fuktskadene er det viktig å vite hvordan fukten sprer seg, og det er i all hovedsak fire transportmetoder for fukt. Den første er vanndampdiffusjon og betyr at vanndamp transporteres rundt om i bygget på grunn av forskjeller i vanndamptrykket. Metode to går også ut på spredning av vanndamp, men her ved luftstrømmer. Altså er det en form for konveksjon, der vanndamp transporteres på grunn av forskjeller i lufttrykk. Fukt kan også transporteres gjennom kapillærkrefter i materialporene. Den siste og kanskje den mest opplagte er væskestrømning, for eksempel fra en vannlekkasje eller bruksvann fra dusjer og vasker. Dette gir strømninger av vann som vil spre seg langs materialene, og også gjennom materialene om de ikke er godt nok beskyttet mot fukt. (Sintef, 2018)

2.1.2 Fukt i svømmehall

Påkjenninger

Svømmehaller utsettes for påkjenninger både fra innsiden og utsiden, men det er de indre påkjenningene i form av permanent høy fuktbelastning som er det spesielle med slike bygninger. De ytre påkjenningene er ikke nødvendigvis større på et svømmeanlegg enn på andre typer bygninger. (Norges byggforskningsinstitutt, 2004)

De indre påkjenningene kan være mange. Den høye lufttemperaturen og luftfuktigheten i svømmehaller skaper store problemer, og gjør svømmehaller til svært komplekse konstruksjoner. Den høye luftfuktigheten i en svømmehall skyldes normalt

høy fuktproduksjon. Fuktproduksjonen skyldes ofte åpne vannflater eller vannsøl hvor vannet fordamper og fukter opp lufta. Svømmehallens høye lufttemperatur gjør at lufta kan ta opp mer fukt og skaper med det en betydelig større RF (relativ fuktighet). Den høye luftfuktigheten skaper problemer med vanndampdiffusjon hvis konstruksjonen er bygd opp feil, eller luftlekkasjer hvis det ikke er tett i sperresjiktene. Tradisjonelt har luftlekkasjene vært et større problem enn vanndampdiffusjon. Vannsprut fra dusjing, spyling o.l. på vegger og golv er en påkjenning for overflatematerialene, og gir en viss fare for at fukt trenger inn i konstruksjonen. Høyt innvendig overtrykk, som er vanlig i store svømmehaller, skaper større fuktvandring som igjen fører til at luftlekkasjene øker. (Geving og Thue, 2002)

Følger

Fuktskader i bygninger med fuktig inneklima skyldes som regel dårlige byggtekniske løsninger, dårlig utførelse eller feil bruk og drift av klimaanleggene. For bygninger med høy luftfuktighet eller vannpåkjenning bør derfor prosjektmaterialet sjekkes ekstra nøye i prosjekteringsfasen. (Geving og Thue, 2002)

Erfaringer viser at mange av skadene skyldes utette dampsperrer. Hvis denne sperren ikke er tett vil det alltid føre til fuktskader. Områder som man spesielt bør være oppmerksom på er: (Skaset, 1996)

- Overganger mellom tak og vegg
- I forbindelser med dragere og søyler
- Rundt innfelte rør, kanaler og liknende
- Åpne omleggsskjøter i dampsperran
- For tynn dampsperre
- Overgang mellom ulike konstruksjoner.

Et annet problem er kondens og påfølgende råte- og muggskader. Kondens oppstår når varm og fuktig luft avkjøles til luftas duggpunkt. Lufttemperaturen i svømmeanlegg ligger vanligvis mellom 26–30 °C, og RF ligger på 50–55 %. Inneluftas duggpunkt ved 30 °C og 55 % RF er ca. 20 °C. Det vil si at det oppstår fare for kondensproblemer dersom lufttemperaturen i svømmehallen kommer i kontakt med bygningsdeler med overflatetemperatur på 20 °C eller lavere, for eksempel et vindu eller andre kuldebroer. Vanndamptransport i form av diffusjon og konveksjon kan føre med seg den varme inneluften mot den kalde siden av ytterkonstruksjonen. Dersom det ikke er luft- og diffusjonstett kan det oppstå kondensproblemer inne i konstruksjonen. (Thomassen, 2013)

Den økende relative fuktigheten forårsaker at tettheten til den fuktige luften synker, dersom lufttrykket og temperaturen holdes konstant.

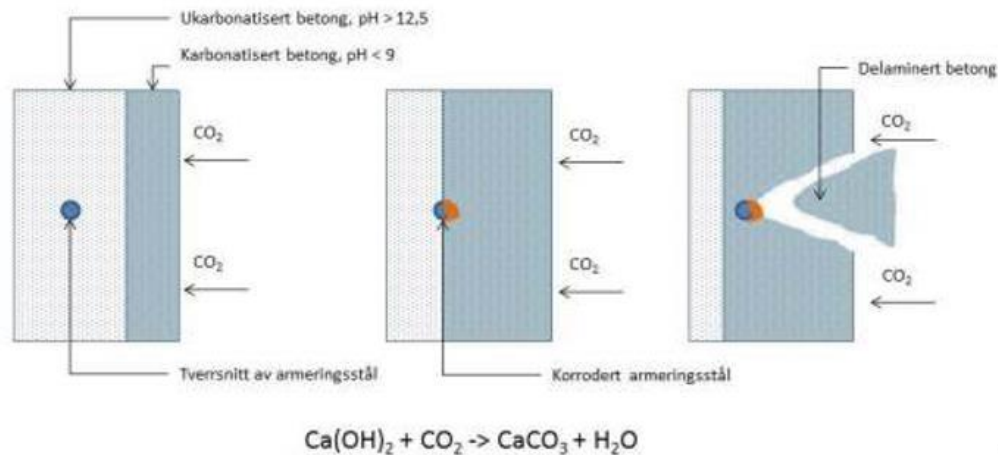
Luftsjiktet over bassengvannsoverflaten er mettet med vanndamp og har den samme temperaturen som overflatevannet. Dersom romluften i svømmehallen er lavere enn bassengvannet vil dette prinsippet føre til oppdriftsstrømmer av fuktig varm luft. Fordi avdampningen fører til at romlufta tilføres fuktighet og bassengvannet taper varme anbefales det at lufttemperaturen i svømmehallen er 2 °C høyere enn bassengvannet. (Thomassen, 2013)

I svømmeanlegg vil naturlig konveksjon skje når den varme og fuktige lufta strømmer fra svømmehallen til garderobene med lavere lufttrykk. Garderobene må derfor planlegges slik at kondens som kommer fra svømmehallen ikke skaper problemer.

Det største problemet på bassengkonstruksjoner i betong er armeringskorrosjon. Korrosjon kan oppstå på metaller dersom det oppstår kondens, eller den relative luftfuktigheten overstiger ca. 60 %. Faren for korrosjon er spesielt stor i svømmehaller hvor det brukes klorert vann. (Geving og Thue, 2002)

Når armering korroderer dannes det korrosjonsprodukter som har et volum som er to til sju ganger større enn selve stålet. Dette medfører at det kan slå sprekker og vi vil få avskalling av armeringsoverdekningen. Det mest kritiske angående armeringskorrosjon er når korrosjonen blir så stor at armeringstverrsnittet og bæreevnen reduseres. Hvis dette pågår lenge nok vil faren for sammenbrudd i konstruksjon øke betraktelig. I svømmeanlegg er det klorider og karbonatisering som er de vanligste årsakene til armeringskorrosjon. Helse og omsorgsdepartementets sin forskrift om badeanlegg, basseng og badstu stiller krav om at bassengvannets pH-verdi bør være mellom 7,2 og 7,6. Dette pH-verdi kravet skal sikre effektiv desinfeksjon og redusere korrosjon. (Thomassen, 2013)

Karbonatisering av armert betong gjør at pH-verdien til betongen synker fra ca. 13 til karbonatiseringsfronten på ca. 9, hvor armeringen begynner å ruste. Videre vil dette føre til oppsprekking og avskalling på grunn av utvidelsen av armeringen. (Thue, 2014) Hastigheten på karbonatiseringsfronten er noen millimeter per tiår, men den skjer raskere når RF er rundt 50-60%, noe den er i en svømmehall.



Figur 2.1 - Karbonisering av armert betong

Korrosjonsproblemer knyttet til klorid er mer kompliserte enn armeringskorrosjon i karbonisert betong. Betongkonstruksjoner i marine miljøer og konstruksjoner i moderne infrastrukturer er spesielt utsatt. Kloridsalter i betongen har den egenskapen at de kan bryte ned passivfilmen og forårsake svært kraftige, lokale korrosjonsangrep, såkalt pittingkorrosjon. (Sintef, 2009)

Korrosjon oppstår derimot svært sjelden på helt glatte overflater i svømmehaller. Korrosjonen oppstår som oftest i sammenføyningspunkter som sveiser, under skruehoder, mellom plateskjøter, under nagler osv. Det kan også forekomme på ru overflater, områder med vannansamling eller områder med bunnfallansamlinger som kan være vanskelig å holde rene. Disse problemene skyldes ofte feil og mangler ved materialvalg, utførelse, design eller renhold.

Der det vanligvis aksepteres litt korrosjon i de fleste konstruksjoner, er det ønskelig sett fra et estetisk perspektiv, å holde overflatene glatte, blanke og fri for korrosjon i svømmehaller. Dette medfører svært strenge krav til materialvalg, prosjektering og utførelse. (Norges byggforskningsinstitutt, 2004)

2.2 Lyd

2.2.1 Generelt

Lyd er sanseintrykk vi kan oppfatte med hørselen vår. Lyd er trykkvariasjoner i luften, og vi er i stand til å oppfatte trykkvariasjoner mellom 20 til 20 000 ganger i sekundet. Antall variasjoner i sekundet kalles frekvens og måles i Hertz (Hz). (Gjestland, 2018)

Støykildene i et bygg kan være så mangt. Tekniske installasjoner, parkeringskjeller, rom med bruksområder som har et høyere lydnivå etc. Støy fra tekniske installasjoner skyldes enten lyd fra selve komponenten, eller vibrasjoner fra kilden som forplanter seg videre i bygget. Hvor i bygget man plasserer disse tekniske installasjonene har derfor stor betydning for lydnivået og for hvor store tiltak man må ta for å redusere støynivået. Man bør til enhver tid prøve å unngå og plassere slike tekniske rom direkte over eller inntil et støyømfintlig rom, f.eks. et bibliotek.

Problemet med en parkeringskjeller er at rommene direkte over kan bli berørt av støyen fra kjøretøyene, og man bør derfor unngå å legge de mest støyømfintlige rommene her. Jo mer sensitivt rommet er for lyd, jo viktigere blir det med god planlegging og gode tekniske løsninger for overføring av strukturlyd og vibrasjoner i etasjeskilleren mellom parkeringsarealet og 1.etg. (Sintef, 2004)

2.2.2 Rom-i-rom-løsning

Løsningen går ut på å bygge et nytt innvendig rom med golv, vegger og himling som ikke er i direkte kontakt med det eksisterende bygget. Golvet må ligge på et elastisk dempesjikt for å få den nye konstruksjonen mest frikoblet. Rom-i-rom-løsninger brukes før å øke lydisoleringen til en del av bygget eller holde lyd ute. Slike rom bygges for å oppnå høyere lydklasse enn klasse C etter NS 8175. Lydklassene er delt inn 4 klasser med forskjellige verdier for ulike bygningstyper, men samme klasseinndeling for luftlyd, trinnlyd og etterklang. De klassifiseres fra klasse A til D, der A har de strengeste kravene og D de mildeste.

Rom-i-rom-løsninger gir betydelig større lydreduksjon enn en vanlig romkonstruksjon. Forutsetningen er at innervegger og himlingen ikke har mekanisk forbindelse med den ytre konstruksjonen. Bærebjelkene for himlingen kan derfor bare holdes opp fra det indre stenderverk. Uten bærebjelker for himlingen kan man vurdere en systemhimling som henger rett fra etasjeskilleren/tak. Golvet må være flytende og på et elastisk dempesjikt, som også forbedrer lydreduksjonstallet hvis det ligger som en etasjeskiller.

De to parameterne som bidrar mest til lydisolering er avstanden mellom eksisterende vegg og den nye innerveggen og flatemassen til den nye platedekningen. (Sintef, 2000)

2.2.3 Spesialprodukter

Sylomer

Sylomer er et produkt som består av celleformet polyuretan som brukes til vibrasjons- og strukturisolering i tilfeller hvor kravene til lydisolering er høye. Materialet har en fjærende effekt samtidig som det har en høy indre demping. Materialet har eksistert siden 70-tallet og har bevist at det er godt vibrasjonsdempende og tåler de fleste miljøer. Under tester har Sylomer bevist at det opprettholder full funksjon over lang tid, til tross for ekstrem last og miljø. Noen viktige egenskaper til Sylomer er:

- vibrasjonsisolerende, selv ved lave amplituder.
- strukturisolerende, også ved høye amplituder.
- høy kjemisk resistens.
- godt dokumentert.
- lang levetid.

Det finnes ti forskjellige typer av Sylomer som er standard, der forskjellen er hvor mye last de kan bære uten å få for stor nedbøyning. (Christian Berner AS, 2019)

Sylodyn

Sylodyn er et vibrasjonsprodukt brukt i bygninger som for eksempel skal ta opp støt i trapper, golv, isolasjon mellom vegger og tak. Sylodyn absorberer ikke vann. Dette materialet er en videreutvikling av Sylomer og har de samme egenskapene, men har bedre dynamiske egenskaper. Det fins 5 forskjellige typer av Sylodyn der forskjellen er hvor stor last de kan bære uten å få for stor nedbøyning. Det er godt forsket på i laboratorium for å vise at det kan øke kravene til lydisolering. (Christian Berner AS, 2019)

Stålfjærhengere

Dette er et produkt for hengende takkonstruksjoner som skal sørge for at den indre konstruksjonens tak er i minst mulig kontakt med den ytre konstruksjonen. Hengerne leveres galvaniserte slik at de ikke skal ruste. Det finnes flere typer, avhengig av hvor tungt taket er. Slike hengere har en nominell resonansfrekvens på 3 Hz. (Christian Berner AS, n.d.)

Akustikk + SYLOMER-hengere

Med dette produktet oppnås høy akustisk isolering av undertak. Sylomermaterialet kombinerer både en fjærende og en vibrasjonsisolerende funksjon for støydemping. Produktet leveres i flere typer avhengig av det ønskelige lydnivået og hvor stor last produktet skal bære. (Christian Berner AS, n.d.)

2.2.4 Lydtekniske begreper

Frekvens og bølgelengder

Enheten for frekvens er Hertz (Hz) og er trykkvariasjoner som svingninger per sekund. De dypeste basstonene har en frekvens på 17-18 Hz, men de høyeste tonene har en frekvens på 17-18 000 Hz. Når vi kjenner en lyds frekvens og hastighet kan vi regne ut *bølgelengden*. En lydkilde i luft produserer lydbølger, litt som om man kaster en stein i vann og det blir dannet bølger i vannet. Lydhastigheten er ca. 340 m/s. (Espedal, 2017)

Formelen for bølgelengde er $b = \frac{v}{f}$

der

b = bølgelengden

v = forplantningshastigheten

f = frekvensen

Egenfrekvens

Alle faste gjenstander har en egenfrekvens, en vibrasjonstakt. Hvilken frekvens dette er varierer for forskjellige typer materialer. I et bygg vil de forskjellige konstruksjonsdelene til en viss grad vibrere på egen hånd, men bygningsdelen vil også kunne vibrere med sin egenfrekvens. Materialers egenfrekvens vil variere ut ifra elastisitet og masse.

Resonans

Når en påtrykt kraft, en vibrasjonskraft, som blir påført hele systemet har samme frekvens som systemets egenfrekvens får vi det som kalles *resonans*. Når det oppstår en resonans, vil bygningsdelenes isoleringsevne bli betydelig svekket. Man klarer ikke unngå resonans når alle faste gjenstander har en egenfrekvens. Man må derfor prosjektere med løsninger som gir resonans i frekvensområder som har mindre betydning for det menneskelige øret. Byggeforskriftene stiller krav til at man bør unngå frekvens i områder mellom 100 – 3200 Hz.

Dobbeltveggresonans, eller dobbeltveggenes grunnresonans, der vegger og luftrom utgjør et svingesystem som har en grunnresonans, kan regnes ut ved ligningen:

$$f_r = 600 \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 * m_1 * d}}$$

der

m_1 og m_2 = platenes flatevekt i kg/m^2

d = luftsjiktets tykkelse i cm.

Lydstyrke

Den svakeste lyden vi kan høre har en trykkvariasjon på 0,000 02 (2×10^{-5}) Pa (Pascal) og en intensitet på 0,000 000 000 001 (10^{-12}) W/m^2 . Man kan se at det kommer til å bli veldig mange nuller bak svaret hvis man skal oppgi lyd som trykkvariasjon eller intensitet. Derfor blir lydstyrke angitt i desibel (dB), som er en logaritmisk skala. Sammenhengen mellom lydnivå og lydtrykk er gitt med formelen:

$$L = 20 \log * \frac{p}{p_0}$$

der

L = lydnivå

P = lydtrykk i Pa

P_0 = lydtrykk nedre høregrense (2×10^{-5} Pa)

Sammenhengen mellom lydnivå og intensitet er gitt ved formel:

$$L = 10 \log * \frac{I}{I_0}$$

der

L = lydnivå

I = intensitet (W/m^2)

I_0 = intensitet nedre høregrense (W/m^2)

Akustikk

Akustikk er knyttet til hørselsinntrykket av lyd. Når et rom har god akustikk betyr det at rommet gjengir lyd godt. Den viktigste faktoren for å si om et rom har god akustikk er *etterklangstiden*. Den er definert som den tiden det tar fra en lyd er avsluttet til det gjennomsnittlige lydnivået i rommet har sunket 60 dB. Den ligger vanligvis på mellom 0,5 og 2 sekunder. Når en lydbølge treffer en konstruksjonsflate i bygget vil deler av

lydenergien absorberes, mens resten blir reflektert ut i rommet. Materialers evne til å ta imot lyd uttrykkes ved *absorpsjonskoeffisienten* α , som ligger mellom 0 og 1. Når vi kjenner absorpsjonskoeffisienten i et rom kan vi beregne rommets etterklangstid. Etterklangstiden vil variere ved ulike frekvenser. NS 8175 stiller krav til etterklangstiden til forskjellige typer rom. (Espedal, 2017), (Thue, 2016)

NS 8175 har også krav om:

- Luftlydisolasjon
- Trinnlydnivå
- Maksimalt lydnivå (støynivå) fra innvendige og utvendige kilder.
- Beskyttelse mot vibrasjoner.

Lydklasser

Klasse A:

Tilsvarende lydmessig spesielt gode forhold der berørte personer kun unntaksvis blir forstyrret av lyd og støy.

Klasse B:

Tilsvarende meget gode lydforhold, men berørte personer kan bli forstyrret av lyd og støy til en viss grad.

Klasse C:

Tilsvarende tilfredsstillende lydforhold for en stor andel berørte personer.

Klasse D:

Tilsvarende lydforhold der en stor andel av berørte personer kan forvente å bli forstyrret av lyd og støy.

Hentet fra NS 8171:2012, lydforhold i bygninger, lydklasser for ulike bygningstyper.

Desibel

De fysiske størrelsene som brukes i akustikken har et veldig stort variasjonsområde. Slik som lydtrykket som kan variere fra nedre høregrense $2 \cdot 10^{-5}$ Pa til smertegrensen 100 Pa. Det er derfor ikke hensiktsmessig å bruke en lineær graf for å angi lydtrykket. Derfor er det valgt å bruke en logaritmisk skala som har måleenhet desibel (dB). I akustikken brukes desibel på to forskjellige måter.

1. for å angi forholdet mellom to størrelser
2. for å angi absoluttstørrelse.

Siden desibel er logaritmisk kan vi ikke bare addere de sammen. Beregning må derfor foregå i en lineær skala som effekt eller trykk. (Thue, 2016)

Reduksjonstall og normalisert trinnlydnivå

Reduksjonstallet, R_w , er et mål for en skillekonstruksjons egenskap med hensyn til luftlydisolering. Dette måles i laboratorium der flanketransmisjonen er så og si lik null. I virkeligheten måler vi reduksjonstallet ved å plassere en lydkilde i det ene rommet og måle lydtrykknivået i senderrommet og mottakerrommet for å vise hvor mye lyd veggen demper.

R_w finner vi ved:

$$R_w = L_s - L_m + 10 \log \frac{S}{A_m} \text{ (dB)}$$

der

L_s = lydtrykknivået i senderrommet

L_m = lydtrykknivået i mottakerrommet

S = skillekonstruksjonens areal

A_m = ekvivalent absorpsjonsareal i mottakerrommet.

R_w er feltmålt reduksjonstall, der man måler lydoverføring mellom to eksisterende vegger i en konstruksjon og ikke i laboratorium. R_w er vanligvis noe lavere enn R_w på grunn av at det vil være noe flanketransmisjon mellom veggene. Byggetekniske forskrifter stiller krav til feltmålte verdier fordi disse verdiene sier om rommet har de kravene brukerne vil ha. Luftlydisolasjonen er bedre jo høyere reduksjonstallet er.

Når man skal undersøke trinnlydisoleringen til en etasjeskiller må man stimulere støy og vibrasjoner fra fottrinn. For dette bruker man et standardisert trinnlydapparat med et lodd som slår i etasjeskilleren. Mens apparatet slår i det eksisterende golvet måler vi lydtrykknivået i underliggende eller sideliggende rom. Normalisert trinnlydnivå, L_n , er et mål for konstruksjonens trinnlydisolerende egenskap og er definert ved:

$$L_n = L_i + 10 * \log \left(\frac{A}{A_0} \right) \text{ (dB)}$$

der

L_i = Mottakerrommets gjennomsnittlige trinnlydnivå (dB)

A = Mottakerrommets ekvivalente absorpsjonsareal (m^2)

A_0 = Referanseabsorpsjon (m^2)

Her er det også etablert ettallsverdier for skillekonstruksjonens trinnlydisolerende egenskaper. Dette er både feltmålte verdier, L_n , og laboratoriemålte verdier, L_n . Isolasjonsevnen til en golvkonstruksjon er bedre jo lavere verdien for normalisert trinnlydnivå er. (Thue, 2016)

2.2.5 Lydisolering

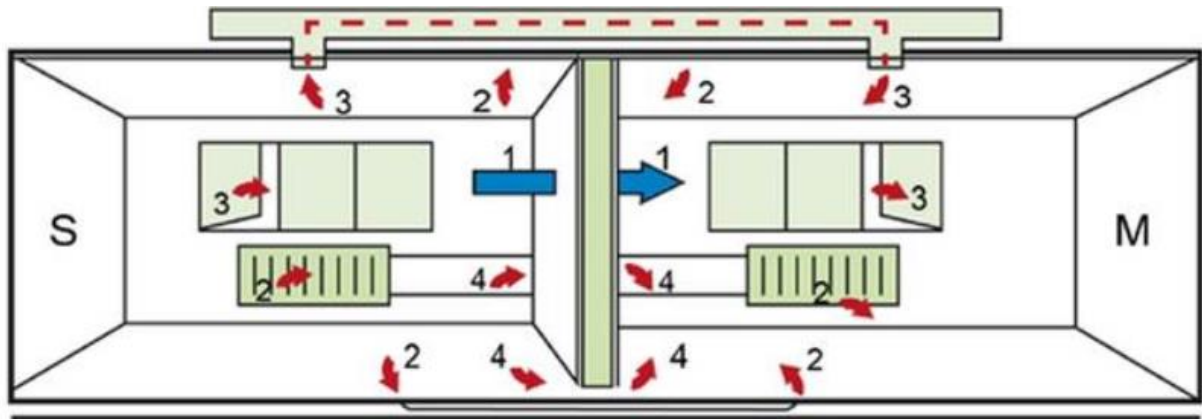
Kravet til lydisolering har de siste årene fått en større betydning, som skyldes en økende trafikk og bruk av maskiner som skaper en del støy og vibrasjoner som er uønsket i et bygg. Når byggverk er i stadig utvikling øker også kravene fra brukerne som vil ha god komfort. Det er viktig at man derfor allerede i detaljprosjekteringen tar hensyn til lydproblemene bygget vil gi med forskjellige rom som maskinrom, ventilasjon, arealer der flere mennesker oppholder seg samtidig osv. Også utendørs støy må planlegges, dokumenteres og vurderes i plasseringsfasen til bygget.

Forskrifter stiller krav til lydisolering mellom rom og utendørsstøy. Det er viktig å vite at det fort kan bli dyrt å gjøre endringer for å forbedre lydisolasjonen etter bygget er ferdig. Målinger av lyd kvalitet blir ofte tatt når brukere klager, så man bør ta de nødvendige forholdsreglene under prosjekteringen. Erfaringsdata og tester av ulike typer lydkonstruksjoner kan være nødvendig å hente inn i prosjekteringen for å sikre at lydisolasjonen er god nok. (Thue, 2016) (Espedal, 2017)

Lydoverføring mellom rom

Lydoverføring mellom rom kan skje på forskjellige måter:

1. Direkte gjennom felles vegg. Det er dette problemet det rettes størst søkelys på.
2. Gjennom hull, utettheter og eventuelle kanaler. Viktig med god tetting mellom konstruksjonsdelene.
3. Gjennom flankerende bygningsdeler, som i hovedsak er strukturlydforplantning. (Thue, 2016)



Figur 2.2 - Lydoverføring mellom rom

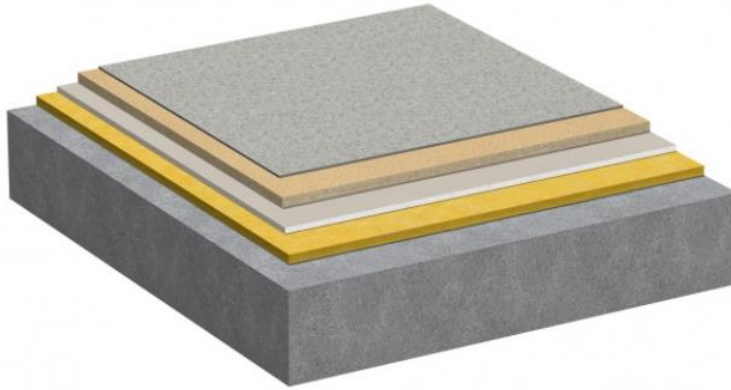
2.2.6 Lydkonstruksjoner

Reduksjonstall for dobbeltvegger

Ved å øke massen til en vegg øker vi også reduksjonstallet til veggene. Hvis vi bruker dobbeltvegger blir økningen vesentlig større, selv for doble lettkonstruksjoner kan tallet bli høyt mest på grunn av hulrommet mellom veggene. Man kan regne at to vegger gir et reduksjonstall R_s som ligger i området $R + 6 \text{ dB} < R_s < 2R$. Er hulrommet mellom veggene lik null vil vi i praksis få en verdi lik $R + 6 \text{ dB}$, men hulrommet må være så stort at vi praksis aldri vil oppnå R_s lik $2R$. Det mest gunstige blir da å ha en total adskillelse for å hindre vibrasjonsoverføring mellom veggene. Hulrommet bør også være stort nok for å oppnå ønsket reduksjonstall. (Thue, 2016)

Flytende golv

Et flytende golv har et elastisk sjikt som f.eks. en trinnlydmatte som skal skille overgolvet fra den bærende delen. Det er viktig at det flytende golvet ikke får strukturell kontakt med etasjeskillere. Et flytendegolv vil i tillegg til god trinnlyddemping gi en bedre luftlydisolasjon. Grunnen til dette er at vi får en dobbeltveggvirkning siden vi har to flater med minimal kontakt. Trinnlyddempingen vil være avhengig av den underliggende konstruksjonen, f.eks. flatemassen. (Thue, 2016)



Figur 2.3 - Prinsipiell oppbygning av flytende golv

2.2.7 Oppbygning av en kinosal

For oppbygning av en kinosal er det utarbeidet en rekke anbefalinger fra Film og kino, som er en bransje- og medlemsorganisasjon for kommunale og private kinoanlegg. Her beskriver man hvordan man bør utforme en kino for å få en best mulig kinoopplevelse. Dette innebærer elementer som antall saler og plasser, størrelse på saler, logistikk, utforming av saler, maskinrom osv.

For å sikre at det ikke lekker lyd fra kinoen som forstyrrer andre rom rundt kinosalen bygges kinosaler i dag som rom-i-rom-konstruksjoner. Film og kino setter krav til en optimal bildestørrelse ut fra størrelsen på kinosalen, hvilken takhøyde man skal ha, avstand fra 1. rad til lerret, radavstander, totalt antall rader man kan ha ut ifra størrelsen til kinoen, krav til stolbredder og hvor bred trappegangen må være for å oppfylle brannkravene. (Film & kino, n.d.)

2.3 Bæresystem

2.3.1 Søylar

En søyle er et frittstående, vertikalt bygningsledd som gjerne har et rundt eller firkantet tverrsnitt og som har en bærende funksjon. Stålkomponenter som brukes som søylar kan imidlertid ha andre typer tverrsnitt. Søylar kan utføres i ulike typer materiale. Søylens funksjon i tillegg til å være bærende er å føre kreftene fra overliggende konstruksjon nedover mot fundamentet og grunnen hvor kreftene blir tatt opp. (Storsletten, 2018)

2.3.2 Bjelker

En bjelke er en konstruksjonsdel som har som funksjon å bære laster. En bjelke er opplagret, tilnærmet horisontalt, på vegger, søylar eller andre understøttinger. Dens oppgave er å bære vertikale laster, og da særlig etasjeskillere og tak. Bjelker kan

være fritt opplagte, innspenne eller gå sammenhengende over flere opplegg. Bjelken forekommer som regel i betong, tre, stål eller aluminium. (Store norske leksikon, 2017)

2.3.3 Vegger

En vegg er en vertikal bygningsdel som har som funksjon å være bærende for neste etasje eller et tak, samt avgrense rom i en bygning. Det finnes bærende vegger og det finnes lettvegger som kun skal avgrense rom, men her er det i hovedsak snakk om den bærende funksjonen hos en vegg. Bærende vegger kan bygges opp av betong, murverk, tømmer, bindingsverk i tre eller stål- og aluminiumsprofiler. (Thue, 2014)

2.3.4 Fundament

Fundamentet er den delen av konstruksjonen som fører vekten av bygget og annen belastning bygget utsettes for ned i grunnen. Det skal utformes på en måte som gir det tilstrekkelig bæreevne uten at store deformasjoner og setninger oppstår i grunnen under bygget eller i selve bygget. Det finnes flere typer fundamentering, da det ofte er ulike grunnforhold på mange av byggeplassene. Metoden som brukes når det er fast fjell i grunnen kalles direkte fundamentering og baseres på at kreftene ledes ned i et fundament som er støpt direkte på den faste grunnen. (Thue, 2018)

2.3.5 Dekker

Et dekke er en etasjeskiller som er utført som en hel plate, og utformes vanligvis i betong. (Thue, 2017)

Standard dekketyper har stor fleksibilitet og tilpasningsmulighet til forskjellige situasjoner. Nye løsninger gir mulighet for lave byggehøyder kombinert med stor frihet til føring av tekniske installasjoner. Overalt hvor man kommer til med kran, og dekket kan bygges opp av standard dekkeelementer, vil betongelementer være et lønnsomt valg. (Alexander, 2017)

2.4 Betong

2.4.1 Generelt

Betong har egenskaper som gjør den i stand til å ta opp store krefter. Formbarheten og dens mulighet til å støpes ut i alle former og dimensjoner er noe som er ekstremt viktig innenfor byggebransjen. I tillegg er betong et material som har god brannmotstand.

Betong er et material som i hovedsak er sammensatt av sement, stein, sand, vann, tilsetningsstoffer og tilsetningsmaterialer. Som Maage informerer i Betong (2015), utgjør stein og sand omtrent 70 % av volumet i betongen, mens sementlimet utgjør det resterende. (Maage, 2015)

Betong kan i hovedsak benyttes på to måter, plasstøpt og prefabrikkert.

2.4.2 Plasstøpt betong

Plasstøpt betong er en betongkonstruksjon som blir støpt på stedet. (Thue, 2014)
Det er flere fordeler ved å bruke plasstøpt betong. Dette kan blant annet være:

- Formbarhet: betongen er svært formbar, og kun fantasien kan sette grenser for betongens formbarhet
- Fleksibel mht. laster, utsparinger og tekniske framføringer: under hele byggeprosessen og i bruksfasen gir plasstøpt betong store muligheter for forandringer og tilpasninger.
- Større fleksibilitet i prosjektering: muligheten for tilpasninger underveis gir mulighet for tidligere byggestart enn andre byggesystemer
(Norsk fabrikkbetongforening, n.d.)

Den største ulempen med plasstøpt betong er dog den lange byggetiden.

Det er mange typer betong som kan benyttes. Betongen velges ut fra hvilket bruksområde den skal ha og styrke. (Hjelseng, 2014)

2.4.3 Prefabrikkert betong

Prefabrikkert betong er elementer som blir produsert på fabrikk før de blir transportert ut til byggeplass hvor de blir montert. Det er flere fordeler med den prefabrikkerte metoden, men den største fordelene kontra plasstøpt betong er at konstruksjonen kan oppføres mye raskere enn en plasstøpt konstruksjon. Det krever også mindre lagringsplassen på byggeplass da elementene leveres direkte til montering.

Prefabrikkerte elementer har imidlertid færre muligheter for tilpasninger underveis og i ettertid. (Hjelseng, 2014)

2.5 Stål

2.5.1 Generelt

Stål er legering av jern som kan smis. Stål har veldig mange bruksområder som i tungindustri, vei, jernbane og bygningskonstruksjoner for å nevne noen. Stål har bidratt til den moderne sivilisasjon mer enn noe annet metall.

Stål kjennetegnes for å inneholde mindre enn 1,7 - 2 % karbon. Stålets egenskaper varierer ut ifra innholdet av legeringsstoffer og behandlingen av stålet. Stål har en enorm betydning for oss siden det kan produseres i store mengder, men også fordi at stålets egenskaper kan endres innen vide grenser ved legering og egnet varmebehandling. De viktigst legeringstypene er aluminium, silisium, krom, molybden og vanadium. (Christensen & Almar-Næss, 2018)

NS-EN 1993-1-1:2005+A1:2014+NA:2015 stiller krav til stålqualiteten og spesifikasjoner. Stålet blir navngitt etter fasthetsklasser som angir stålets karakteristiske flytespenning.

For 30 år siden var flytespenningen for det vanligste konstruksjonsstålet $f_y = 235$ MPa, mens stål med $f_y = 355 - 460$ MPa dominerer i dag. Utviklingen i retning av mer høyfast stål fortsetter, og i spesielle situasjoner benytter vi stål med flytespenning fra 700 - 1100 MPa. E-modulen er imidlertid uavhengig av flytespenningen, så bøyestivheten EI av en bjelke økes ikke med mindre den konstruktive utformingen, og dermed I, endres. I stedet for kapasitet kan derfor krav til deformasjoner, stabilitet og dynamiske egenskaper bli dimensjonerende ved bruk av de høyste stålene. (Larsen, 2013)

2.5.2 Stålbjelkeprofiler

Stålbjelkeprofiler benyttes hovedsakelig i bærende konstruksjonselementer som søyler og bjelker i bygninger og infrastruktur. Slike bjelkeprofiler har en mye høyere bøyestivhet enn for eksempel rundstål eller solide firkantseksjoner som har likt tverrsnitt. Som bjelker har de også en veldig høy bestandighet mot bøyning ved sidebelastning, mens de som søyler har høy bestandighet mot bøyning som følge av aksiallast. Profilene kan produseres ved sveising eller varmvalsing. (Tibnor, n.d.)

HEA-bjelker

Dette er en europeisk standardisert bredflensbjelke. Bokstaven «H» kommer av profilets form, som ser ut som en H. Prinsippet bak denne formen er at materialet utsettes for størst påkjenning i overflaten ved tverrgående bøyebelastning. Flensene,

som er tykkere og sterkere enn midtdelen (steget), tar da opp en større del av belastningen. (Tibnor, n.d.)

HEB-bjelker

Tilsvarende for HEA-bjelken, er dette en europeisk standardisert bredflensbjelke, med det samme prinsippet bak profilets form. HEB-bjelken har imidlertid tykkere midtdel og flens enn HEA-bjelken, og har dermed høyere stivhet ved både langsgående- og aksialbelastning. HEB-bjelken har også bedre vridningsstivhet, selv om åpne H-bjelker vanligvis har dårligere vridningsstivhet enn lukkede profiler, som f.eks. rør. (Tibnor, n.d.)

HEM-bjelker

Dette er den tyngste av de europeisk standardiserte H-bjelkene, da den har vesentlig større flens og midtdel enn både HEA- og HEB-bjelker. Sammenlignet med den største av de to, HEB, har HEM-bjelken midtdel og flens som er mellom 30-100 % tykkere. HEM-bjelken har jo derfor også den høyeste stivheten i langsgående og aksial retning, samt den største vridningsstivheten, av de standardiserte H-profilene. (Tibnor, n.d.)

2.5.3 Tverrsnittsklasser

For noen tverrsnitt kan det oppstå lokal knekking før spenningen når flytegrensen. Lokal knekking kan gjøre at momentkapasiteten til bjelken reduseres. Det er derfor viktig å fastsette hvordan lokal knekking påvirker bjelkens bæreevne på en enkel måte. I Eurokode 3 gjøres dette ved å dele inn bjelker i fire forskjellige tverrsnittsklasser. Tverrsnittsklasse 1 og 2 kan regnes plastisk, mens tverrsnittsklasse 3 og 4 må dimensjoneres elastisk. (*Hauan Kaasa, 2012*)

2.6 Programmer

2.6.1 Revit

Revit er et program for bygningsinformasjonsteknikk (BIM) som har funksjoner for arkitektur, VVS, elektro, byggeteknikk og konstruksjon. Det brukes til å modellere byggets struktur i 3D. Revit kan brukes som et visualiseringsprogram, der all informasjon og dimensjoner på de ulike komponentene ligger. Bygg modelleres i 3D for å øke forståelsen av hvordan det kommer til å se ut i virkeligheten. (Autodesk, 2019)

2.6.2 Mathcad

Mathcad er et ingeniørfaglig matematikkprogram som tillater deg å beregne, analysere og dele dine viktigste data. Dette programmet tillater deg å presentere dine

kalkulasjoner i regneark, grafer, tekster og bilder i samme dokument. Det er laget for å gjøre håndberegninger lettere. Mye brukte symboler og formler er lagret i programmet for å gjøre det mer brukervennlig. (ptc, 2019)

2.6.3 EUROCODEexpress

EUROCODEexpress er et integrert og forståelig program som inkluderer alle de strukturelle Eurokodene. Det er et hjelpemiddel både til arbeid og studier for alle Eurokodene, 0-8. Det er en komplett pakke, og en informasjonskilde for utforming og forståelse av Eurokoder og de nasjonale tilleggene. Programmet er bygd opp av grupper av komponenter basert på de strukturelle Eurokodene. Du kan designe et bestemt strukturobjekt basert på de ulike Eurokodene, velge nasjonale bilag, justere parametere, og gjøre design og analyse av 2D-strukturer. Det er også inkludert designkart og grafer for bruk og forståelse av Eurokodene. Det produseres ut en detaljert designrapport for de konstruerte komponentene. Forutsetninger, grafikk og referanser til Eurokodene og de nasjonale vedleggene finner man i rapporten, der brukeren kan velge det aktuelle nasjonale vedlegget. Kodeparametere, materialverdier og standardverdier kan også justeres. (EUROCODEexpress n.d.)

2.6.4 AutoCAD 2018

AutoCAD er en av de mest brukte DAK-programmene i verden. DAK er en forkortelse for Data Assistert Konstruksjon, eller på engelsk CAD (Computer Aided Design). Alle bransjer kan benytte seg av denne programvaren til å formgi sitt produkt. AutoCAD er utviklet av Autodesk i USA og er et selvstendig og fullverdig 2D og 3D DAK-program. AutoCAD støtter flere APIs (Application Programming Interfaces) og det er mange applikasjoner som er bygget på AutoCAD-plattformen. (Kolstad, 2017)

2.6.5 Focus Konstruksjon 2019

Fokus konstruksjon er et analyseprogram som benytter seg av elementmetoden for å beregne både enkle og komplekse konstruksjoner. Programmet har en enkel og intuitiv oppbygning som gjør det enkelt å ta i bruk fra første stund. I dette programmet kan man modellere alt fra en enkelt bjelke til mer komplekse modeller i både 2D og 3D.

Man kan modellere i materialene stål, tre og betong, og kjøre en full global analyse av konstruksjonen i henhold til eurokodene med nasjonale tillegg for enten Sverige eller Norge. (Focus, n.d.)

2.6.6 FreqCalc

FreqCalc er et beregningsprogram utviklet av Getzner. For å få tilgang må man registrere seg for så å spørre om å få tilgang til programmet. I FreqCalc får du mulighet til å velge hvilke av de to materialene Sylodyn og Sylomer du skal bruke i prosjektet ditt, størrelsen på materialet og hvilke laster som virker på dem. Ut ifra disse opplysningene beregner FreqCalc hvilken type innen Sylodyn og Sylomer du skal ha, hvor mye den tåler og hvor god lydisolasjon du får. Programmet er nettbasert som betyr at du ikke trenger å laste det ned. Det finnes på hjemmesiden til Getzner. (Werkstoffe, 2019)

Figur 2.4 - Visning av programmet FreqCalc

2.7 Etasje- og arealreduksjonsfaktor

Etasjereduksjonsfaktor

For bygninger med flere enn to etasjer kan man bruke en reduksjonsfaktor på nyttelasten når man dimensjonerer søylene. Denne reduksjonsfaktoren gjelder for brukskategoriene A-D (se figur 2.5), og baseres på tanken om at det er liten sannsynlighet for at alle etasjene har full nyttelast samtidig. Formelen for etasjereduksjonsfaktoren er:

$$\alpha_n = \frac{2 + (n - 2) * 0.7}{n}$$

Der n er antall etasjer over den belastede konstruksjonsdelen. (Rørvik, 2010.)

Arealreduksjonsfaktor

For bygninger med belastningsflater større enn 30 m² kan man bruke en reduksjonsfaktor på nyttelasten ved dimensjonering av søylene. Faktoren tar hensyn til at på store gulvareal er sannsynligheten mindre for at hele arealet er fullt utnyttet samtidig. For brukskategoriene A-D er formelen:

$$\alpha_A = \frac{1}{2} + \frac{15}{A}$$

Mens for brukskategori E:

$$\alpha_A = \frac{5}{7} + \frac{15}{A}$$

Der A er det belastede arealet til én konstruksjonsdel.

Man kan bare bruke en av disse to reduksjonsfaktorene av gangen. (Rørvik, 2010)

Kategori	Bruk	Eksempler
A	Arealer for inneaktiviteter og hjemmeaktiviteter	Rom i boligbygg og hus; rom og avdeliger i sykehus; soverom i hoteller og gjestgiverier; kjøkken og toaletter. - Gulv - Trapper - Balkonger - Loft med liten takhøyde eller begrenset adgang
B	Kontorarealer	
C	Arealer hvor personer kan samles (med unntak av arealer som er definert i kategori A, B, D og E)	Arealer med bord, for eksempel i skoler, kafeer, restauranter, spisesaler, leserom, resepsjoner. C1 Arealer med faste seter, for eksempel arealer i kirker, teatre, kinosaler, konferanserom, forelesningssaler, forsamlingsaler, venterom og lignende. C2 Arealer uten hindringer for personer i bevegelse, for eksempel arealer i museer, utstillingsrom, ankomstområder i offentlige bygg, administrasjonsbygg, hoteller C3 Arealer med mulige fysiske aktiviteter, for eksempel dansesaler, gymnastikkrom, scener og lignende C4 Arealer som lett overfylles, for eksempel i bygg for offentlig bruk som konsertsaler, idrettshaller inklusive tribuner og atkomstområder, utendørs idrettsanlegg C5
D	Forretningsarealer	Arealer i detaljhandel, varehus, bok- og papirhandel ... D1 Arealer belastet med pallet papir og lignende D2
E	Arealer for oppsamling av varer, innbefattet ankomstområder	Arealer for oppbevaring, innbefattet biblioteker. E1

Figur 2.5 - Brukscategori A-E

3 LASTER

3.1 Permanente laster

Permanente laster er en last som virker på samme sted med samme verdi på en konstruksjon over lengre tid. Et eksempel på dette kan være egenlast. Egenlast er vekten av selve konstruksjonen eller andre konstruksjonsdeler som hviler på den. Egenlasten kan ofte bestemmes med stor nøyaktighet, noe som gjør at lastfaktoren γ , ikke trenger å være så stor som hos variable laster. (Rørvik, 2010)

3.2 Variable laster

Variable laster er laster som varierer over tid. Det kan også være en fri last som varierer hvor på konstruksjonen den virker. En typisk variabel last er nyttelast. Dette kan være personer og inventar i en bygning. Snølast og vindlast er andre eksempler på variable laster. Det er ofte knyttet stor usikkerhet til de variable lastene, spesielt hos vind- og snølast. På grunn av dette skal de variable lastene ha større lastfaktor enn de permanente lastene. (Rørvik, 2010)

3.3 Snølast

3.3.1 Generelt

Snølasten vi kjenner i dag ble utarbeidet etter at en rekke takkonstruksjoner kollapset under snørike vintre på 1960- og 70-tallet. Dette viste at det var behov for en mer kompleks beregning av snølasten enn hva som hadde vært vanlig til da.

Hovedforskjellen gikk ut på at den karakteristiske snølasten i kommunene skulle baseres på 50-årslasten, og ikke 5-årslasten som den tidligere ble basert på.

Hvor store mengder snø som samler seg på et tak preges av mange ulike faktorer. Variasjoner i topografi, materialruhet på taktekingen, hvor mye varme som slippes gjennom taket etc. For å gjøre snølastberegningen så praktisk som mulig, men fortsatt nøyaktig, ble det i hovedsak tatt hensyn til to kriterier:

1. Karakteristisk snølast på mark
2. Takets geometri

(Rørvik, 2010)

Karakteristisk snølast på mark

Snølast på mark varierer selvfølgelig mellom landsdelene, kommunene og til og med mindre områder der det er topografiske ulikheter som påvirker snømengden. Det er

likevel utarbeidet en oversikt over grunnverdien for snølast, s_{k0} , i alle landets kommuner som baserer seg på 50-årslasten i kommunen. Den karakteristiske snølasten på mark betegnes med s_k og beregnes ut ifra s_{k0} , samt et tillegg om byggestedets høyde ligger over høydegrensen for kommunen, H_g . (Rørvik, 2010)

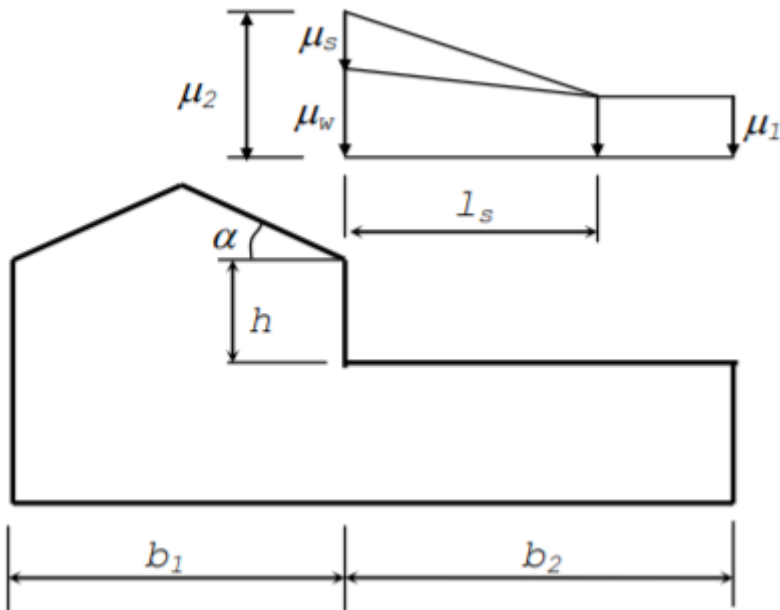
Snølast på tak

Man får som regel ikke like stor snømengde per m^2 på tak som på marken, noe som også gjelder for flate tak. Dette skyldes at det så å si alltid vil være litt vind i luften under snøvær. Dette medfører også at det på lesiden av skråtak, sagtak og på tak som avsluttes ved en vegg vil kunne samle seg større mengder snø enn på resten av taket, og også mer snø enn på marken. For å ta hensyn til de forskjellige takgeometriene og takvinklene er det derfor innført en formfaktor μ . Denne er avhengig av takvinkelen som vi ser på «figur 3.1».

Formfaktor	Takvinkel		
	$0^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8(60^\circ - \alpha)/30^\circ$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8\alpha/30^\circ$	1,6	-

Figur 3.1 – Formfaktorer for saltak, pulttak og sagtak

Hvis et tak går inn mot en vegg og avsluttes der, se «figur 3.2», må snølasten for den lave delen av taket beregnes ut ifra fire formfaktorer. μ_1 er formfaktoren for takvinkelen til den lave delen av taket, som vi finner i «figur 3.1». μ_2 som er faktoren helt inne ved veggene finner vi ved å legge sammen formfaktorene μ_s og μ_w , der μ_w kommer fra fonnvirkningen som vinder gir og μ_s tar hensyn til evt. ras fra det øverste taket. Vinkelen på det øverste taket betegnes med α , som på et flatt tak blir satt til null. (Rørvik, 2010)



Figur 3.2 – snølastfordeling på tak med nivåforskjell

3.3.2 Metode

Den karakteristiske snølasten på marken (s_k) kan beregnes ut ifra formel:

$$s_k = s_{k0} + n\Delta s_k$$

der

- s_{k0} = grunnverdi for karakteristisk snølast i kommunen
- $n = (H - H_g)/100$, der n avrundes oppover til nærmeste heltall
- H_g = høydegrensen for kommunen
- Δs_k = snølasttillegg per 100m

H_g , s_{k0} og Δs_k finnes i tabell NA.4.1(901) i det nasjonale tillegget til NS-EN 1991-1-3.

Dette kan brukes videre til å finne snølast på tak (s) som beregnes av formelen:

$$s = \mu C_e C_t s_k$$

der

- s = snølast på tak per m^2 horisontal grunnflate
- μ = formfaktoren
- C_e = eksponeringsfaktor
- C_t = termisk faktor
- s_k = karakteristisk snølast på mark (Rørvik, 2010)

C_e og C_t finnes i tabell NA.5.1 og NA.5.2 i NS-EN 1991-1-3.

3.3.3 Resultat

$$s_{k0} := 3.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{gir} \quad s_k := 3.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\mu := 0.8 \quad C_e := 1.0 \quad C_t := 1.0$$

$$S := \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

3.3.4 Diskusjon

Der høyden over havet på byggestedet, H , er lavere enn høydegrensen for kommunen, H_g , kan karakteristisk snølast på mark, s_k , settes lik grunnverdien for karakteristisk snølast i kommunen, s_{k0} . Byggestedet for Åfjord Aktivitetshus ligger ca. 10 moh., mens høydegrensen H_g for Åfjord kommune er 150 moh.

Vi kan dermed si med sikkerhet at $H < H_g$, og dermed $s_k = s_{k0}$.

Eksponeringsfaktor, C_e , tar hensyn til at sterk vind kan redusere snøtyngden på taket, og termisk faktor, C_t , tar hensyn til at snølast på taket kan bli redusert pga. varmegjennomgang i taket. Dette bestemmes som sagt ut ifra tabell NA.5.1 og NA.5.2 i NS-EN 1991-1-3.

Topografi	C_e
Vindutsatt ^a	0,8
Normal ^b	1,0
Skjernet ^c	1,2

^a *Vindutsatt topografi*: flate områder uten hindringer, som gir eksponering på alle sider, helt uten eller med liten terrengbeskyttelse, høyere byggverk eller trær.
^b *Normal topografi*: områder der vinden ikke i vesentlig grad fjerner snø fra byggverk som følge av terreng, andre byggverk eller trær.
^c *Skjernet topografi*: områder der det aktuelle byggverket er vesentlig lavere enn terrenget omkring, eller er omgitt av høye trær og/eller av høyere byggverk.

Figur 3.3 – anbefalte verdier for C_e for forskjellige topografier

Ut ifra det vi vet om terrenget rundt byggestedet, vil normal topografi være mest korrekt, og vi setter derfor $C_e = 1.0$.

Når det gjelder C_t skal det kun reduseres i tilfeller der varmegjennomgangen i taket er større enn $1 \text{ W/m}^2\text{K}$, som kan være enkelte typer glassdekte tak o.l. Åfjord

aktivitetshus skal ha passivhusstandard, og vi kan derfor være sikker på at varmegjennomgangen er såpass lav at noen reduisering av C_t ikke vil bli aktuelt.

Formelen på snølast på tak kan derfor forkortes til:

$$s = \mu * s_k$$

Som vi ser i figur 3.1 vil et flatt tak gi $\mu_1 = 0.8$. Vi velger å bruke μ_1 da dette er et flatt tak. Det er noen små nivåforskjeller på taket, men disse er såpass små at vi neglisjerer de og ser på hele taket som en stor flate.

3.3.5 Konklusjon

Den karakteristiske snølasten i Åfjord er 3.0 kN/m² og formfaktoren er 0.8. Dette gjør at snølasten på taket vårt blir 2.4 kN/m², som må tas hensyn til i videre beregninger.

3.4 Vindlast

3.4.1 Generelt

Den karakteriske vindbelastningen på en bygning beregnes ut ifra den største vindhastigheten som i gjennomsnitt forekommer hvert 50. år. Vindlasten påvirkes av tid på året, beliggenhet, topografi, terrengruhet, omkringliggende konstruksjoner og bygningens geometri. Dagens standard for vindlaster i Norge tredde i kraft 1.april 2010 og er i samsvar med den europeiske standarden innenfor samme område. (Rørvik, 2010)

Referansevindhastighet

Vindhastigheten som meteorologene operer med, referansevindhastigheten $v_{b,0}$, varierer over hele landet og defineres som gjennomsnittlig vindhastighet i en 10.minuttsperiode 10m over bakken i et tenkt flatt landskap med spredt småbebyggelse og trær, og som opptrer hvert 50 år. For en bygning derimot vil den maksimale hastigheten på vindkastene bli dimensjonerende, så den karakteristiske vindbelastningen må derfor baseres på hastigheten på de kraftigste vindkastene. (Rørvik, 2010)

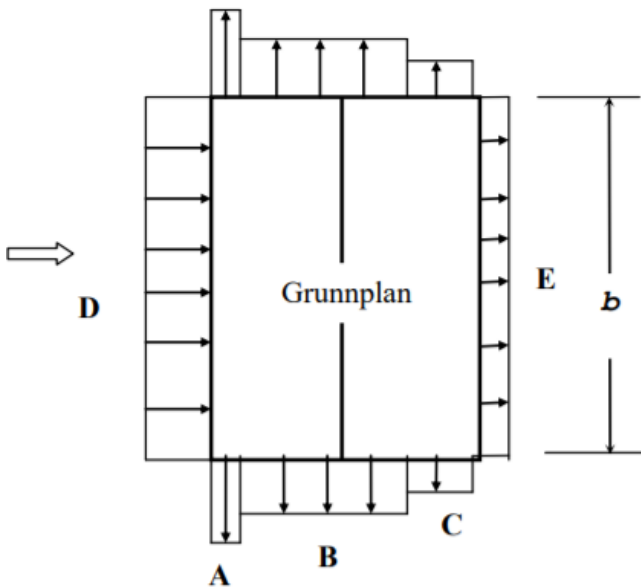
Vindlast på vegg

Når vinden blåser på en vegg vil dette skape belastning både på innsiden og utsiden av vegg, som vil skape enten et overtrykk eller undertrykk inne i rommet. For å finne denne vindlasten må man multiplisere med en formfaktor.

Formfaktor for utvendig vindlast, c_{pe} , er blant annet avhengig av det belastede arealet på vegg. Bakgrunnen for denne formfaktoren er at trykket som vindkastene gir,

opptrer på mindre flater i gangen. På en større flate vil derfor det gjennomsnittlige trykket bli noe mindre enn på de mest påkjente plassene.

Når vinden treffer en vegg vil dette gi et noenlunde jevnt trykk på veggen, som vist i areal D i figur 3.4. Det vil også skape et undertrykk, et såkalt sug, på baksiden av bygget. På sideveggene, de som ligger parallelt med vindretningen, vil det bli et variabelt sug som er størst nærmest der vinden treffer og minker nærmere bakveggen. Dette ser vi godt beskrevet med sone A-C i figur 3.4. (Rørvik, 2010)



Figur 3.4 – vindlastens fordeling rundt et bygg

3.4.2 Metode

Vi starter med å finne z , som er høyden over bakken vi skal måle vindlasten på bygget. Deretter må vi finne referansevindhastigheten for den valgte kommunen, og terrengruhetskategorien til området bygget skal stå. Ut ifra denne kategorien kan vi finne verdiene k_r , z_0 og z_{min} .

Vi må så finne terrengruhetsfaktoren, C_r , og terrengformfaktoren, C_0 . Disse brukes for å regne ut stedsvindhastigheten, V_m , fra denne formelen:

$$V_m = C_r * C_0 * V_b$$

- der $V_b = V_{b,0}$ i lavereliggende strøk i landet

Vi regner så ut turbulensintensiteten, I_v , ut ifra formelen:

$$I_v = \frac{k_1}{C_0 * \ln \frac{z}{z_0}}$$

- der k_1 er turbulensfaktoren som vanligvis settes lik 1.0

Dette brukes videre til å regne ut vindkasthastigheten, V_p :

$$V_p = V_m * \sqrt{1 + 7 * I_v}$$

Vi kan så regne ut hastighetstrykket, q_p :

$$q_p = 0.625 * V_p^2$$

Deretter må vi multiplisere med formfaktoren for utvendig vindlast, C_{pe} . Denne er som tidligere beskrevet avhengig av arealet på veggen:

- for belastet areal $A \leq 1 \text{ m}^2$ gjelder $C_{pe,1}$.
- for belastet areal $A \geq 1 \text{ m}^2$ gjelder $C_{pe,10}$.
- for belastet areal $1 \leq A \leq 10 \text{ m}^2$ kan C_{pe} beregnes ut ifra formel:

$$C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) * \log_{10} * A$$

Hvor stor denne formfaktoren blir avhenger av forholdet mellom høyde på veggen og dybden på bygget, h/d

Til slutt finner vi utvendig vindlast w_e fra formel:

$$w_e = C_{pe} * q_p$$

Den utvendige vindlasten kan variere rundt omkring på bygget ut ifra hvilken sone vi ser på. Dette er illustrert i figur 3.4. (Rørvik, 2010)

3.4.3 Resultat

Referansevindhastighet Åfjord: $V_{b,0} := 29 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Byggets høyde over terreng: $z := 8\text{m}$

Terrengruhet I (kystnær): $k_r := 0.17$ $z_0 := 0.01\text{m}$ $z_{\text{min}} := 2\text{m}$

I lavere strøk er korreksjonsfaktor lik 1.0: $V_b := V_{b,0}$

Ser bort fra topografiske effekter: $c_0 := 1.0$

Turbulensfaktor: $k_1 := 1.0$

Terrengruhetsfaktor: $c_r := k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 1.136$

Stedsvindhastighet: $V_m := c_r \cdot c_0 \cdot V_b = 32.955 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Turbulensintensitet: $I_v := \frac{k_1}{c_0 \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = 0.15$

Vindkasthastighet: $V_p := V_m \cdot \sqrt{1 + 7 \cdot I_v} = 47.152 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Hatighetstrykk: $q_p := 0.625 \cdot (V_p)^2 = 1.39 \times 10^3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$

$A > 10\text{m}^2$ gjør at vi må bruke $c_{pe,10}$

$h := 8\text{m}$ $d := 40\text{m}$

$$\frac{h}{d} = 0.2 \quad \text{gir}$$

$$c_{pe.10D} := 0.7 \quad \text{sone D}$$

$$c_{pe.10E} := 0.3 \quad \text{sone E}$$

$$c_{pe.10A} := 1.2 \quad \text{sone A}$$

$$w_{eD} := c_{pe.10D} \cdot q_p = 972.704 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

Utvendig vindlast blir da:

$$w_{eE} := c_{pe.10E} \cdot q_p = 416.873 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$w_{eA} := c_{pe.10A} \cdot q_p = 1.667 \times 10^3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

	Sone D (trykk)	Sone E (sug)	Sone A (sug)
utvendig vindlast, w_e	972.70 N/m ²	416.87 N/m ²	1.667x10 ³ N/m ²

Figur 3.5 - utvendig vindlast for de forskjellige sonene

3.4.4 Diskusjon

Vi velger å se på vindlasten øverst på veggene, da den er størst her. Vi setter derfor z lik byggets høyde, 8m. Terrengruhetskategorien til bygget setter vi til I. Den tilsvarer et kystnært område, som vi føler passer best til vårt byggeområde. Byggeområde ligger som nevnt i snølastkapittelet 10 moh., altså lavereliggende strøk, og vi kan derfor sette basisvindhastigheten v_b lik referansevindhastigheten $v_{b,0}$ da korreksjonsfaktoren blir 1.0.

Stedsvindhastigheten er avhengig av terrengformfaktoren C_0 . Dette er en formfaktor som tar hensyn til at vindhastigheten kan få store endringer over åser, fjell o.l. Vi ser i disse beregningene bort fra eventuelle topografiske effekter, og setter denne faktoren lik 1.0.

For å finne turbulensintensiteten er vi avhengig av k_1 , en faktor som tar hensyn til vindakselerasjoner over åser og skråninger. I og med at vi ser bort ifra eventuelle topografiske effekter settes denne også til 1.0.

Vi har valgt å se på trykket og suget på sør- og nordveggen, samt det største suget på østveggen. Vi måtte derfor finne formfaktoren C_{pe} for både sone A, D og E. Når det

gjelder belastningsarealet har vi sett mot belastningen på hele veggen, og arealet er dermed mye større enn 10 m^2 (ca. $35\text{m} \times 8\text{m}$).

I figur 3.5 ser vi hva den utvendige vindlasten kommer på. For å ta opp denne vindlasten i bygget har vi etasjeskillere som er støpt for å gi en skivevirkning for å ta opp mest mulig horisontal last. I tillegg er det en heissjakt i bygget som vil ta opp mye av den horisontale lasten, samt avstivninger i alle hjørnene. Vi velger derfor å se bort ifra vindlast i de videre beregningene våre.

3.4.5 Konklusjon

Det største trykket fra vindlasten blir i sone D på 972.7 N/m^2 og det største suget blir i sone A på 1667 N/m^2 , som vist i figur 3.4.

På grunn av etasjeskiller med skivevirkning, heissjakt og avstivninger i hjørnene, velger vi å se bort ifra disse lastene i våre beregninger av søyle, bjelke og plater.

3.5 Seismisk last

3.5.1 Generelt

Seismologi er læren om jordskjelv og om bevegelser i jorden. (Fossen, 2018) Den seismiske lasten hos bygninger tar med andre ord hensyn til faren for jordskjelv og andre bevegelser i bakken som kan påvirke konstruksjonen negativt.

I Norge er det spesielt fem områder som er utsatt for jordskjelv. Dette er Oslo-regionen, sørlige deler av Agder-fylkene, Bergensregionen, rundt Stad og i Helgeland. I tillegg er Svalbard utsatt. (Løset, 2011)

3.5.2 Diskusjon

Området rundt Åfjord hvor aktivitetshuset skal stå er ikke blant de utsatte områdene her til lands, som er nevnt over. Vi har også fått vite fra vår veileder i ÅF Consult, Taale Arstad, at seismiske bevegelser ikke er noe de tar ekstra hensyn til i dette tilfellet. Ifølge betongelementboka, regnes ikke vindlast samtidig som jordskjelv (Løset, 2011). I vår oppgave har vi regnet på vindlast (selv om vi ser bort ifra det i videre dimensjonering), og vi vurderer det derfor dithen at vi vil se bort ifra seismisk last i vår oppgave.

3.5.3 Konklusjon

På grunn av byggets plassering i et lite utsatt område og våre beregninger av vindlast, velger vi å se bort ifra de seismiske lastene ved videre beregninger.

4 SVØMMEHALL

Tidligere har vi skrevet litt generelt om hvilke fuktkilder vi har i og på en bygning, hvilke typer fuktskader vi har og hvordan fukten transporteres. Vi har sett nærmere på hvilke påkjenninger vi har i svømmehaller og hvilke følger dette gir. Her skal vi ta for oss mer spesifikt hvordan situasjonen er i svømmehallen som er under prosjektering i Åfjord aktivitetshus.

Svømmehallen skal ha to basseng; ett svømmebasseng og ett varmtvannsbasseng. Svømmebassenget skal ha dimensjoner 25m x 15,5m. Her skal det også være stupetårn med høyder på 1m, 3m og 5m, samt en sklie med utgangspunkt fra plattform 5m. Varmtvannsbassenget skal ha dimensjoner 12,5m x 8,5m med hev- og senkbar bunn for vanntilvenning. I dette bassenget skal det også være tilgang via en rampe.

Det skal også være tilgang til en tørrbadstu direkte fra svømmehallen, samt to garderober med toalett, dusj og omkledeareal.

Et av våre hovedproblem vil bli å unngå kondens på vinduer. I tillegg til den synlige kondensen på vinduene, er det et stort problem med kondens inne i ytterkonstruksjonene som kan skape påfølgende råte. Dette kan skje enten ved diffusjon eller konveksjon, altså at vanndamp eller fuktig luft strømmer fra svømmehallen med høyt trykk til inne i konstruksjonen med lavere trykk. For å motvirke dette er vi avhengig av å ha en dampsperre i vegger og tak som har en tilstrekkelig motstand mot denne strømmen av damp og fuktig luft. Hva som er viktig å tenke på med dampsperrer er tydeligere beskrevet i kapittel 2.1.2. (Norges byggforskningsinstitutt, 2004)

Det vil også bli viktig for oss å vurdere materialbruken i svømmehallen, da alle bygningsmaterialer har forskjellige egenskaper. I svømmehaller er det spesielt den høye fuktbelastningen i tillegg til høy temperatur og klorider som man må ta ekstra hensyn til. I de delene hvor det er stor sannsynlighet for opphoping av fukt i perioder, for eksempel i isolerte vegger og tak, og vegger og golv i våtsone, må materialegenskapene vurderes opp imot disse påkjenningene. Her må man tenke på hvor mye fukt materialet tåler, hvor lett det er å vedlikeholde, og utformingen i overganger o.l. Her skal vi derfor gå nærmere inn på de ulike materialene som brukes i svømmehaller, og deres egenskaper.

4.1 Metode

Under dette punktet skal vi beskrive de ulike arbeidsmetodene vi har brukt for å finne informasjon og kunnskap til denne oppgaven. Målet med denne oppgaven er å finne de beste metodene for konsept- og materialvalg i svømmehallen og beskrive hvordan fukt påvirker de ulike materialene. Vi delte denne delen av oppgaven opp i to kvalitative metoder, hvor den ene var litteraturstudium og den andre delen var erfaringer fra fagpersoner. Vi skal kombinere innsamlet teori med erfaringer fra fagpersoner og ta en vurdering av dette.

4.1.1 Litteraturstudium

Vi startet med å samle inn informasjon fra ulike litteraturkilder. I det teoretiske grunnlaget har vi hentet informasjon fra masteroppgaver, flerfoldige Sintef byggforsksblader og informasjon om hvilke påkjenninger konstruksjonen får med tanke på fukt fra Sintef byggforsks Håndbok 50 «Fukt i bygninger» av Geving og Thue fra 2002 og Håndbok 52 «Bade- og svømmeanlegg» fra 2004 av Norges byggforskningsinstitutt representert ved flere forfattere, blant annet Trond Bøhlerengen. I tillegg er kilder som boken «Bad og svømmeanlegg» fra 1996 av Kulturdepartementet brukt til å innhente noe informasjon. Informasjon om materialer i svømmehaller er hentet fra Håndbok 52 og informasjon om hvordan de ulike konstruksjonsdelene i hallen er hentet fra Håndbok 50 og Håndbok 52. Kunnskap om de generelle påvirkningene og følger fukt har i en svømmehall er i all hovedsak hentet fra Geving og Thue, og Thomassen. Mye av informasjonen vi har funnet fra disse litteraturkildene er beskrevet i kapittel 2.1 i det teoretiske grunnlaget.

4.1.2 Erfaringer fra fagpersoner

Vi har samlet inn informasjon fra fagpersoner som er en god kilde. Vi har fått en del nyttig informasjon fra Ole Øiene Smedegård om ventilasjon og hvordan man oppnår godt inn klima. Ole Øiene Smedegård skriver doktorgrad ved NTNU i Trondheim og jobber ved COWI. Han har gitt oss noen erfaringer som blir brukt i praksis og noen løsninger som skal bli vurdert. Vi har også snakket med Helge Weidemann Moxness fra COWI, som har fortalt om bygningsfysikken rundt svømmehaller. Han har fortalt om ulike materialer og hvordan de blir påvirket i svømmehaller og gitt oss noen fordeler og ulemper med dette. Han har også gitt oss noe informasjon om hvordan tak og yttervegger kan bygges opp.

4.2 Resultater

4.2.1 Materialbruk

Tre

Ifølge Helge Weidemann Moxness (COWI) er det ingen problemer i at tre blir fuktig, men det er kritisk om tre forblir fuktig. Derfor kan kun de færreste treslag benyttes i svømmehaller, på grunn av den høye luftfuktigheten. Det finnes likevel noen treslag som tåler høyere fuktighet enn andre. Både teak og kebony er treslag som egner seg godt hvis vi skal benytte oss av tre i svømmehallen.

Trond Bøhlerengen (Norges byggforskningsinstitutt) på den andre siden, opplyser at i det inneklimate vi har i en svømmehall (RF 50-55 % og temperatur 30 °C) er trevirke relativt tørt. Tre er et materiale som tar opp fukt i dampform og vil til enhver tid innstille seg i fuktlikevekt med romlufta. Variasjoner i luftas fuktinnhold vil derfor gi fuktbevegelser i trevirket. Hvis bassenget skulle blitt tømt for vann i en periode vil trevirket bli så tørt at det kan sprekke opp. Dette gjør at tre er uegnet til for eksempel klemlister eller panel for klemming av skjøter for å sikre tette tilslutninger. Men hvis det brukes på riktig måte så vil trevirke som er eksponert mot svømmehallen rent fuktteknisk ligge i et stabilt, varmt klima med liten sjanse for mugg og råte.

I områder med risiko for vedvarende vannsøl og vannsprut derimot bør ikke trematerialer brukes, verken som kledning eller i bæresystemet. I dusjanlegg og rom med regelmessig vannsøl bør man da heller benytte materialer som ikke skades av fukt. Dørterskler som ligger nedstøpt eller som er i direkte kontakt med vått underlag bør også alltid velges i annet materiale enn tre, og trepanel eller trebaserte plater må avsluttes i god tid før våtsonene og andre områder med regelmessig vannsøl. (Norges byggforskningsinstitutt, 2004)

Betong

Helge Moxness forteller også at hvis man bruker betong er det ikke noe store problemer, men at det er viktig å sørge for at overdekningen er tilstrekkelig. Dette er viktig slik at det ikke skal forekomme noe skade på armeringsjernene.

Hvis det blir brukt på riktig måte er betong et bestandig materiale som tåler store påkjenninger over lang tid. Dette gjelder både for bassengkonstruksjonene som utsettes for et konstant vanntrykk, og overflater i betong som er eksponert mot det varme og fuktige romklimaet. I tillegg egner betong seg svært godt som en påstøp som ligger mellom en membran og golvoverflaten.

Svakhetene til betong er i de bestanddelene som lettere brytes ned når de utsettes for fukt i kombinasjon med klorider og ugunstige temperaturer. Det vil derfor bli viktig å ha stor nok overdekning til armeringen for å unngå korrosjon. Andre forhold vi må ta hensyn til er for eksempel påstøpen i våtsoner som er konstant fuktbelastet. Her må betongen ha tilstrekkelig fasthet og tetthet, slik at vi unngår utvasking av betongens bestanddeler og unngår risikoen for ansamlinger av skitt og bakterier fra daglig bruk. (Norges byggforskningsinstitutt, 2004)

Metaller

Helge Moxness informerer at stål kan brukes i svømmehaller, men det som er viktig å passe på er at stålkvaliteten er god nok. I Pirbadet som ligger i Trondheim brukte de en ståltype som ikke var egnet til langvarig klorpåvirkninger. Dette medførte til rust, og stålet måtte rehabiliteres. De rehabiliterte det med syrefast stål, som er en ståltype som skal tåle påkjenningene i svømmehaller. Dette er imidlertid et svært kostbart materiale.

Rustfritt stål brukes til flere ting i en svømmehall. Det kan være alt fra rekkverk, gripestenger og stiger til beslag rundt bassengvinduer, rister osv., alle komponenter som er veldig utsatte for korrosjon. Det benyttes også en del aluminium og overflatebehandlet konstruksjonsstål til branndører, vinduskarmer og bærende konstruksjoner.

Ekstruderte aluminiumsprofiler, altså aluminium som er formet til et spesielt profil, brukes mer og mer i vinduskarmer, beslag, lister og bærerammer til vinduskarmer i bade- og svømmeanlegg. Selv om enkelte aluminiumslegeringer har gode korrosjonsegenskaper, er miljøet i en svømmehall så aggressivt at aluminiumsprofilene trenger overflatebehandling.

I svømmehaller er det vanlig å beskytte stålkonstruksjoner med ulike typer belegg. Dette kan være komponenter som bærebjelker, branndører, spikerplater, festelementer og vegg- og takplater. Dette overflatebehandlede stålet er mest utsatt i soner hvor det blir utsatt for vannsprut, og belastningen på belegget vil avta jo lengre unna bassenget det er. Man bør unngå sveising av stålet da det fjerner det beskyttende belegget. Hvis det evt. sveises må stålet overflatebehandles på nytt, men miljøet i svømmehallen er ikke så ideelt for overflatebehandling, og dette går utover kvaliteten. (Norges byggforskningsinstitutt, 2004)

4.2.2 Konstruksjonsdeler

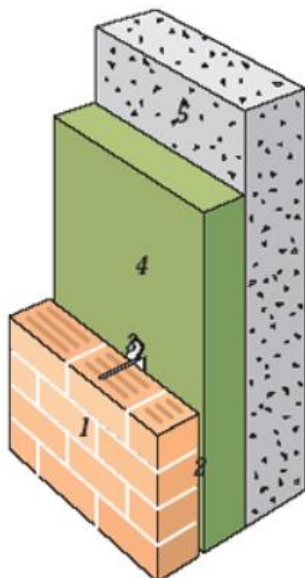
Yttervegger

Når det kommer til konstruksjonen informerer Helge Moxness fra COWI om at man kan benytte hva som helst i ytterveggen, men de generelle prinsippene gjelder enda mer i svømmehaller. Det er ekstra viktig med helt tett dampsperre og ingen isolerte utforinger innenfor dampsperran. Dampsperre bør også ligge så varmt som mulig. Stål kan gi kuldebroer og gir mer varmegjennomgang enn tre. Der tre råtner, vil stål ruste, med mindre man bruker syrefast stål.

Det som gjør yttervegger i rom med høy RF så spesielle er at det stilles strenge krav til lufttetthet og dampsperrsjikt. Vannsprut og spyling av veggelementer skjer daglig, og derfor stilles det ekstra krav til overflatematerialer.

Ytterveggene i svømmehallen kan bygges opp på flere ulike måter, f.eks. skallmurvegg. En skallmurvegg er en yttervegg som består av to vanger og er bundet sammen med tråder av forsinket eller rustfritt stål. Den ytre vangen er alltid murt og som oftest av teglstein, mens den indre vangen kan være murt, armert betong eller en bindingsverkvegg av tre. Mellom vengene er det isolasjon. (Thue, 2019)

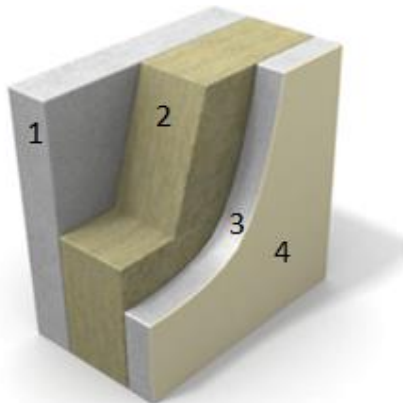
Ved bruk av en slik vegg bør dampettingen utføres i forbindelse med overflatebehandlingen på innvendig side. Dette kan være en påstrykningsmembran som er dekket av keramiske fliser eller annen overflatebehandling. Dampsperre på utsiden av den innvendige vangen anbefales ikke da det kan medføre perforering og utette tilslutninger mot dører og vinduer. Bruk av skallmurvegger kan også gi problemer med tette tilslutninger i overgang mellom vegg og tak, som gjør det til en sårbar løsning når det kommer til fukttransport. (Norges byggforskningsinstitutt, 2004)



1. *1/2 stens teglvange*
2. *20 mm spalte*
3. *Murbinder med plastskive*
4. *Murplate*
5. *Betong*

Figur 4.1 - prinsipiell oppbygging av skallmurvegg

Prefabrikkert betongelementer er også en mulighet for yttervegger. Dette er som oftest såkalte sandwichelementer, hvor man har to betongsjikt med et mellomliggende isolasjonssjikt. Isolasjonssjiktet kan være mineralull eller polystyren, eller en kombinasjon. I slike elementer kan man allerede på fabrikken gjøre klart for innsetting av vinduer, dører o.l. (Alexander, 2017)

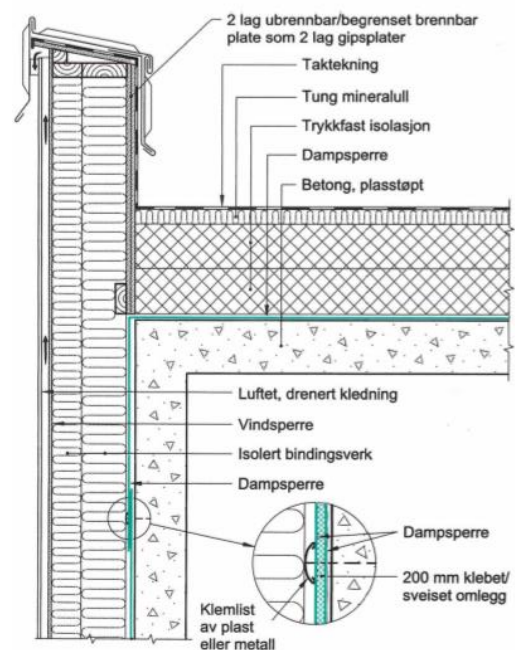


1. Betong
2. Varmeisolering
3. Betong
4. Overflatebehandling

Figur 4.2 - prinsipiell oppbygging av betongelementvegg

En annen veggkonstruksjon er yttervegger i plasstøpt betong. Slike vegger bør kombineres med tunge takkonstruksjoner, som f.eks. tak på plasstøpt betong. Betongen har relativt høy vanddampmotstand, men på nye bygg anbefales det likevel å bruke en separat dampsperre. En slik betongvegg vil være lufttett så lenge den holdes fri for sprekker, hull o.l. Sammen med en utenpåliggende dampsperre på 0,15 mm vil også veggen få tilstrekkelig diffusjonstetthet. Den innvendige overflaten kan bestemmes ut ifra utseende og funksjon. Veggen må være vanntett hele to til tre meter opp fra golvet i områder som utsettes for vannsøl.

En vanlig og enkel løsning er derfor å bruke keramiske fliser som innvendig kledning. (Norges byggforskningsinstitutt, 2004)



Figur 4.3 - eksempel på yttervegg og tak i plasstøpt betong og overgang mellom. Her med dampsperre mellom betong og isolasjon

Veggene kan også bygges opp av lettbetongblokker. Slike vegger er robuste mot de innvendige påkjenningene, og gir et godt underlag for puss eller kledning med keramiske fliser. Slike vegger må som regel tettes på begge sider, da lufttettheten til veggen alene ikke er god nok. Veggene vil imidlertid være sårbare for lekkasjer i overgang mot taket. Det trengs derfor en dampsperre med tette skjøter som monteres på utsiden.

Skjøtene og tilslutningene mellom dampsperrene i tak og vegg må også være tette. Hvis en slik vegg bygges med isolerende materialer som lettklinker, må også kondensfaren på innsiden av dampsperra kontrolleres. (Norges byggforskningsinstitutt, 2004)

En lett ytterveggskonstruksjon kan være av bindingsverk i tre eller tynnplateprofil i stål. Slike vegger må bygges med sammenhengende dampsperrsjikt som ligger mellom bindingsverket og bæresystemet. Den utvendige kledningen på veggene må utføres med en drenert og luftet løsning. Dampsperra må være minimum 0,15 mm polyetylen, men et mer robust sperresjikt kan godt benyttes. Egentettheten til slike lette konstruksjoner bidrar lite til veggens tetthet, og det må derfor være et ekstra stort fokus på å utføre dampsperra med helt tette skjøter og gjennomføringer, passe på at den ikke skades under bygging og sørge for at den bygges inn i veggen så den ikke blir utsatt for mekaniske skader. Dampsperra kan med fordel kles med en plate av et materiale som tåler fuktpåkjenninger, som f.eks. sementplater. Innvendig kledning bør lektes ut for å minske sannsynligheten for perforering av dampsperra. Lette vegger bør kun brukes der det ikke er et daglig vannsøl mot veggflatene. (Norges byggforskningsinstitutt, 2004)

Innervegger

Det er ikke nødvendig med dampsperre i innerveggene dersom det er mot rom med tilsvarende romtemperatur. Er det en skillevegg mellom to rom der det ene har betydelig lavere romtemperatur derimot, blir en dampsperre nødvendig, da det vil være vesentlig høyere damptrykk på den ene siden av veggen. Det er ikke anbefalt med dampsperrer på begge sidene av materialer som står i fare for å råtne. Innervegger bør imidlertid alltid være lufttette for å unngå at fuktig luft og klor trenger ut i de omliggende konstruksjonene. Her, som andre plasser, er det kritiske punkt i overgangen mellom vegg og tak, og ved eventuelle gjennomføringer.

Innervegger kan være lette eller tunge. En typisk tung innervegg kan være av plasstøpt betong eller betongelementer. Siden betong ikke er så ømfintlig mot fukt passer det seg godt i soner som utsettes for vannsøl eller lignende. I slike soner må uansett veggene ha et sjikt som er vanntett.

En lett innervegg kan være av bindingsverk av tre eller tynnplateprofiler i stål. Mellom en svømmehall og et spesialrom hvor det er ønskelig med visuell kontakt, f.eks. et vaktrom, kan også glassvegger nyttes. Det bør imidlertid ikke brukes i soner hvor det er sannsynlighet for vannsprut. Lettvegger der det er fare for vannpåkjenninger må utføres som en vegg i et våtrom, altså med overflatematerialer som tåler påkjenningene i tillegg til et vanntett sjikt.

Vindu

Ole Øiene Smedegård (COWI) informerer at når det gjelder U-verdier på vinduene bør de være på minimum 0,7-0,8 W/m²K, men at det i praksis har vist seg å ikke være nok. Man må i tillegg sikre at det ikke dannes såkalte «lommer» med stillestående luft, da det ofte vil oppstå kondens, også på superisolert-glass. Slike lommer kan oppstå ved for eksempel kombinasjon av kort avstand mellom dype horisontale sprosser på vindusfeltet og fravær av luftbevegelse. Ofte ser man at tillufta under vinduene i svømmehaller, som er en tradisjonell løsning for å hindre kondens på vinduene, er lagt for langt inn på golvet og dermed ikke bidrar som tiltenkt. Det er også andre løsninger for å løse problemene med kondens på vinduene, for eksempel:

- En løsning der vinduene ligger i fukt med innervegg og er av superisolertglass. En har da ingen mulighet for stillestående luft og kondensering. Dette viser seg å være vanskelig på grunn av kuldeproblematikken.
- Ingen horisontale sprosser i vindusfelt, noe som vil begrense behovet for ventilasjon til den nedre delen av vindusfeltet.
- Dobbelt glassfasade med luftsirkulasjon i glassfasaden. Dette gir imidlertid utfordringer med renhold.
- Tilførsel av luft fra trykksatte rør langs vinduene. Dette byr på noen utfordringer som f.eks.:
 - Korrosjon (må minst være sjøvannsbestandig aluminium).
 - Tette dyser (liten lufttilførsel fra profiler med lite tverrsnitt medfører et behov for små dyser).
 - Trykk i profilene (det vil si trykk kontra luftmengde.) For å oppnå jevn luftfordeling må trykkfallet over luftspalten være relativt stort i forhold til trykktapet i profilet, noe som vil gi stort trykktap totalt sett.
 - Hvis det skal brukes kompressor må det brukes oljefri kompressor, som medisinsk kompressor. Dette vil gi en ekstra kostnad.

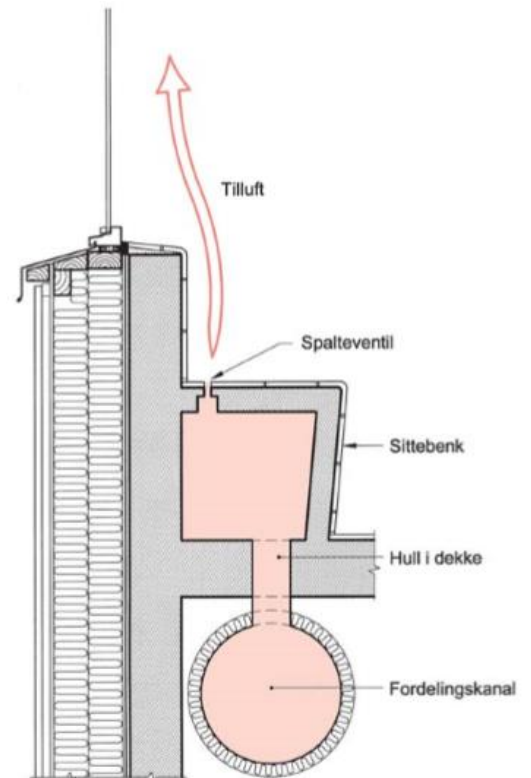
Kondens på vinduer skyldes gjerne høy U-verdi, kuldebroer og høy varmeovergangsmotstand, og i rom med høy RF som svømmehaller er vinduene spesielt utsatt med sin lave overflatetemperatur. Det er derfor viktig med vindu med lav U-verdi. I tillegg er det nødvendig å bestryke vindusflatene med tørr og varm ventilasjonsluft for å unngå kondens. Med andre ord så må det plasseres tilluftsventiler under vinduene i hele bredden som har kapasitet nok til å bestryke hele vindusflaten med luft. For å få til dette er det viktig å ikke ha noen hindringer i form av vindusposter, og ikke ha for høye vindu. Færre overganger mellom vegg og vindu vil også redusere muligheten for at det oppstår kondens. (Geving og Thue, 2002)

Til tross for lave U-verdier og bestrykning av luft langs vinduene kan det fortsatt bli kondens langs kanten på vinduene i et så fuktig klima. Dette skyldes den kuldebroen vi får i overgangen mellom glassene og karmene. Avstandslistor av materialer med høy varmeledningsevne, som f.eks. aluminium, vil også gi mer kondens i randsonen. (Sintef, 2018) For å unngå dette kan man redusere vindusarealet samt benytte trelags vinduer i stedet for tolags, noe som ofte brukes i passivhus. Ved å unngå bruk av trevirke i vinduene vil man også slippe råteproblemer i disse utsatte partiene.

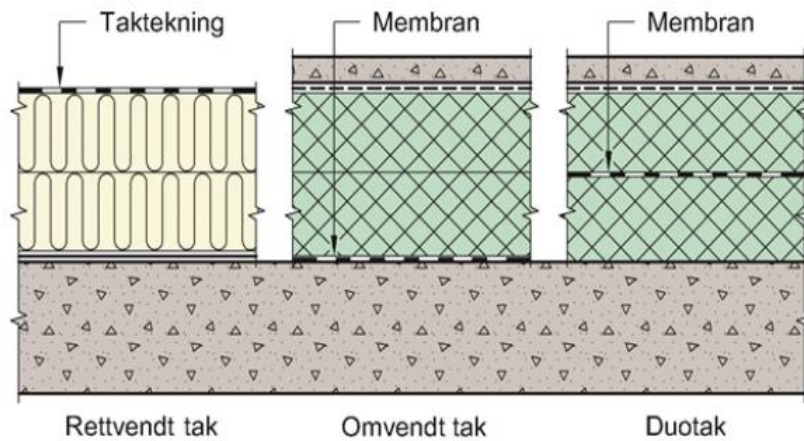
Tak

Tak over svømmehaller kan utføres enten som luftede eller kompakte tak. Kompakte tak kan brukes både på flate tak og skråtak, og regnes som den sikreste løsningen fuktteknisk. Kompakte tak består av ett eller flere lag, der lagene ligger så tett sammen som mulig. I motsetning til luftede tak, har ikke slike tak et luftsjikt mellom varmeisolasjon og undertaket. Taktekningen vil derfor bidra betydelig til takets lufttetthet. Slike tak kan benyttes på tre ulike måter:

- Rettvendt tak hvor taktekningen ligger ytterst
- Omvendt tak der man har taktekning under isolasjonen
- Duotak der man har isolasjon på begge sider av taktekningen.



Figur 4.4 - eksempel på tilførsel av ventilasjonsluft under vindu for å hindre kondens



Figur 4.5 - de tre typene kompakte tak

Ser vi på figur 4.5 har duotak og omvendte tak dampsperran slik at den ikke blir perforert ved festing av tekningen, men kan også kun benyttes på flate tak. Når taktekningen ligger slik, ligger den skjult for inspeksjon og vedlikehold. Det kan føre til noen problemer. Rettvendte tak forutsetter at det ikke benyttes fuktømfintlige materialer mellom tekningen og dampsperre. Det vil være gunstig fuktteknisk hvis taktekningen har en viss vanndampåpenhet da det gir mulighet for uttørking over tid.

Den andre taktypen, luftede tak, har som tidligere nevnt et luftsjikt under tekningen. Dette skal redusere uønsket snøsmelting på taket, da det avkjøler taktekningen. Luftsjiktet gir også god uttørkningsevne som gjør at man kan bruke fuktømfintlige materialer. Takvinkelen bør være minimum 10° , men dette må tilpasses takets størrelse. Store takflater krever bedre lufting enn små, og effekten til luftsjiktet øker med høyden på sjiktet og takvinkelen. Store takflater som over en svømmehall bør derfor ha 15° helning eller mer for å få tilstrekkelig ventilering av taket. Luftede tak har også større risiko for luftlekkasjer enn et kompakt tak, og er avhengig av at vindsperran er helt tett. Denne taktypen vurderes likevel som aktuell over en svømmehall, men da med den forutsetningen at det utføres med takfuktsperre, solid vindsperre og en oppbygning som sørger for at isolasjonen og dampsperra ligger kontinuerlig utenpå bæresystemet.

Kompakte tak kan legges på ulike materialer, f.eks. plasstøpt betong. Plasstøpt betong gir god tetthet mot luft- og vanndamptransport, og i sammenheng med en betongvegg gir det en sikker løsning for dampsperre i overgangen mellom vegg og tak. Det er også den mest fuktsikre løsningen, og man har gode erfaringer med denne løsningen. Plasstøpt betong har noe lengere byggetid enn hvis vi velger andre materialtyper. En slik løsning krever gjerne en tung vegglesning, da en kombinasjon av lette og tunge konstruksjoner i ytterkonstruksjonen kan føre til brudd i sperresjiktene. Dersom veggan også utføres i plasstøpt betong, kan man være ganske

sikker på at man har en lufttett overgang mellom vegg og tak. Et eksempel på en slik oppbygging ser vi i figur 4.3. Hvis betongen er fri for sår og sprekker vil det være enklere å oppnå god lufttetthet med betong enn ved bruk av andre materialer.

(Norges byggforskningsinstitutt, 2004)

Et annet alternativ er kompakt tak på prefabrikkerte betongelementer. Denne løsningen er i likhet med plasstøpt betong en god løsning da den har god tetthet mot luft- og vanndamptransport, er et godt underlag for dampsperre og en sikker løsning i overgang mellom vegg og tak. I tillegg har et tak med prefabrikkerte betongelementer en vesentlig kortere byggetid enn plasstøpt betong, samtidig som det gir en god fuktsikkerhet om det utføres riktig. Noe som kan være kritisk med denne løsningen er faren for utette fuger som gir luftlekkasjer, og løsningen krever også en fleksibel dampsperre i overgang mellom vegg og tak på grunn av nedbøyning.

Betongelementene kan være av betong eller lettbetong, men betong er mest aktuelt da det gir mulighet for store spennvidder. Skal man bruke lettbetong må man gjennomføre beregninger for å avklare hvor mye kondens som legger seg på undersiden av elementene. Bruk av slike elementer gir et godt utgangspunkt for en god fuktteknisk løsning, men svakheten ligger i risikoen for utettheter mellom elementene. Skal man bruke betongelementer er man derfor avhengig av en solid dampsperre som føres godt ned på underliggende betongvegg.

Man kan også bruke stålplater som underlag for et kompakt tak. Bruker man denne taktypen gir det en lav egenvekt, kort byggetid samt at det har en helt akseptabel fuktsikkerhet hvis det utføres med en kontinuerlig dampsperre i tak/vegg og en solid dampsperre i taket som legges på et jevnt og stabilt underlag. Det har derimot liten egentetthet i bæresystemet, all lufttetting ligger i dampsperra, det er sårbart i overgang mellom vegg og tak, og det har gitt blandede resultater ved tidligere bruk. En slik konstruksjon er å betrakte en lett takkonstruksjon, men har erfaringsmessig vært utsatt for en del fuktproblemer. Dette skyldes i hovedsak dårlig planlegging og utførelse, der løsningene ikke har vært tilpasset de innvendige fuktbelastningene og man ikke har tatt hensyn til at dampsperra står for all tetting. Gjør man det riktig derimot, kan denne taktypen, med en god planlegging, fint benyttes over en svømmehall.

Den siste taktypen vi skal ta for oss er kompakt tak på bæresystem av tre. Det som taler for en slik løsning er den lave egenvekten, akseptabel fuktsikring ved bruk av kontinuerlig dampsperre i tak/vegg og mulighet for store spennvidder. Også her, som i stålplateløsningen, er det liten egentetthet i bæresystemet og all lufttetting må derfor tas i dampsperra, samt sårbarhet i overgang mellom tak og vegg. Et slikt tak kan bygges opp på flere forskjellige måter. Det kan være et hovedbæresystem i tre

hvor man bruker bjelker, rammer, fagverk, takstoler o.l., med et sekundærbæresystem i et annet materiale, f.eks. stål, eller det kan bestå av bare tre. Slike løsninger baseres på at alt av treverk ligger på innvendig side av dampsperra. Løsningen kan da regnes som fuktsikker. (Norges byggforskningsinstitutt, 2004)

Prinsipløsning

Fra Helge Moxness har vi fått oppgitt en løsning som vil fungere bra i en svømmehall. Denne løsningen består av innvendig vegger og tak av betong, dette er fordi betong er et materiale som tåler påkjenninger som forekommer i svømmehaller svært godt. Det er viktig med en overdekning som er tilstrekkelig. Deretter skal det komme en tekking som skal være av asfaltmembran, denne fungerer også som dampsperre. Her er det viktig å bruke en god dampsperretape. Etter asfaltmembranen skal det være kompaktisolasjon på vegg og tak. Så skal det komme et nytt lag taktekking for tak, mens veggene får montert luftet kledning. Så lenge vi har luftet kledning i vegg, kan vi benytte tradisjonelle stendere utenfor betongen og dampsperra. Flate tak bør alltid utføres som kompaktetak. Se vedlegg 1, prinsipløsning svømmehall.

4.2.3 Dusjanlegg

Det overordnede kravet for dusjanlegg er at det alltid skal bygges for å tåle store fuktbelastninger. Dette innebærer at golvene skal ha sluk, overflatene skal være fuktbestandige, overflatematerialer skal være vanntette eller ha et egnet vanntett sjikt, og det skal benyttes materialer med minimal sopp- og muggdannelse.

Angående plassering av dusjanlegg så er det selvfølgelig valget å plassere det mellom bassengområdet og omkledningsavdelingen, slik at de fuktbelastede områdene ligger i tilknytning til hverandre. Fra dusjanlegget skal det også være rask tilgang til toaletter. Å sørge for at det er vanntett er helt avgjørende for å oppnå skadefrie og bestandige løsninger. I et dusjanlegg må derfor hele rommet anses som våt sone, med de følger det gir for materialvalg og konstruksjonsoppbygning. (Norges byggforskningsinstitutt, 2004)

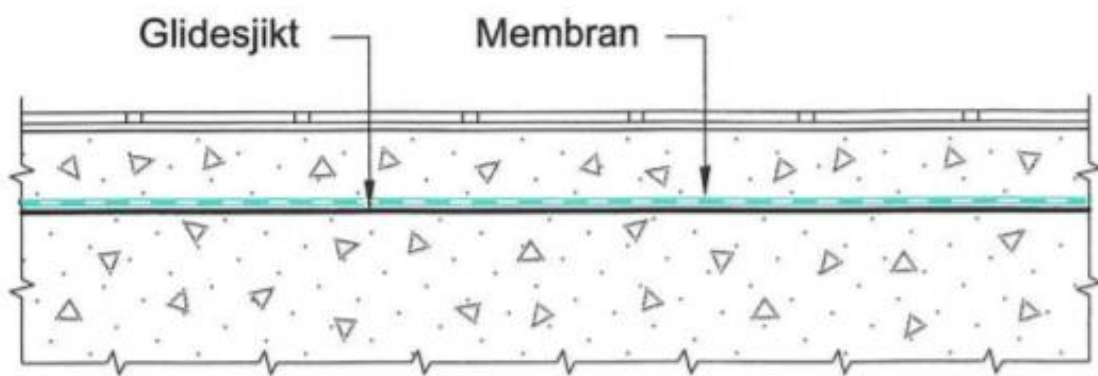
Golv

Dette underkapittelet vil se spesielt på golv i dusjanlegg, men de samme prinsippene vil gjelde for golvet i resten av svømmehallen. Som bærende del i dusjgolv i store svømmehaller er det kun betongelementer og plasstøpt betong som er aktuelle innen materialvalg. Golvet bør bygges med et fall til avløp eller renner på minimum 1:100. Dette fallet kan entes bygges inn i den bærende konstruksjonen i etasjeskilleren eller løses i en påstøp. Hvis membranen ligger under påstøpen er banemembraner av bitumen, PVC eller butylgummi de aktuelle løsningene. (Norges

byggforskningsinstitutt, 2004) Banemembraner er en membran som kommer ferdig på rull fra fabrikk. Den monteres ved å legge ut bredder som dekker hele rommet i tillegg til 15-20 cm oppbrett på veggene.

Fordelene med en slik banemembran er: (Boligkanalen, n.d.)

- Sikrer jevn og ensartet tykkelse i membranen
- Den har lang levetid og god diffusjonstetthet
- Tåler mye
- Rask montering og krever ikke tørketid før videre arbeid



Figur 4.6 - golv med membran på betong. Membran under påstøp. Typisk tilfelle med banemembran

Hvis membranen ligger rett under flissjiktet vil kun fliskonstruksjonen utsettes for vannbelastning. Dette gir enkle og gode løsninger i overganger mot renner og sluk. En påstrykningsmembran på en sementbasis er en aktuell membran på oversiden av en påstøp. (Norges byggforskningsinstitutt, 2004)

Påstrykningsmembran kan fungere meget godt som vanntett membransystem så lenge det utføres på en god måte og det benyttes produkter som passer til systemet. Dette innebærer at en påstrykningsmembran ikke er god nok alene, men er avhengig av en primer og tilhørende tettetetaljer. (Sintef, 2017)

Golvbelegget i en dusjvdeling må kunne motstå kontinuerlige påkjenninger fra fukt og vann, og samtidig være utført slik at det er enkelt å rengjøre, og motstå de kjemikalierne som brukes i forbindelse med rengjøring. Keramiske fliser er vanlige å bruke i slike områder. De har stor slitastyrke, god sklisikkerhet, er enkle å rengjøre, og finnes i utallige farger og formater. Vinylbelegg og utstøpbare plastbelegg er andre alternativer. Man må imidlertid være klar over at et utstøptbart plastbelegg får redusert styrke ved påkjenning av høy temperatur over tid. I områder med vann på golvet må likevel sklisikkerheten prioriteres høyt for å unngå fallskader.

De keramiske flisene deles inn i klasser fra A-C, der C har størst sklisikkerhet. I dusjområder må man derfor benytte seg av fliser fra klasse C om man bruker denne typen golvbelegg. Til sammenligning trenger områder man bruker sko fliser i klasse A og en garderobe klasse B. (Norges byggforskningsinstitutt, 2004)

Vegger, dører og himlinger

Vegger som avgrenser dusjområdet fra tørre rom eller uteklime bør bygges opp med tunge konstruksjoner med fuktbestandige materialer og et kontinuerlig membransjikt for å være vanntette. Dette kan for eksempel være vegger av plasstøpt betong eller murverk. Kun membraner med dokumenterte egenskaper for vanntetthet og bestandighet kan nyttes. Fliser er også her, som i golv, vanlig å benytte som kledning. Dette krever som nevnt på golv en påstrykningsmembran bak flisene som et vanntett sjikt. Et alternativ til keramiske fliser og påstrykningsmembran er sveiset veggvinyl, men det anbefales kun i tilfeller der de mekaniske påkjenningene er beskjedne.

Alle dører som benyttes i dusjanlegget må forventes å bli utsatt for direkte vannsprut, enten fra vanlig bruk eller ved rengjøring. Dørene må derfor ha et tettesjikt som hindrer fukt i å bryte ned dørkonstruksjonen. Spesielt i områder som kan bli utsatt for høytrykksspyling er dette viktig. Aktuelle materialer kan da være høytrykkslaminat, rustfritt eller korrosjonsbestandig stål, eller aluminium.

Himlinger utsettes ikke for direkte vannsprut, men kan fortsatt ha så store fuktpåkjenninger at det stilles krav til de fukttekniske egenskapene til himlingsmaterialene. Himlingen må også tåle rengjøring og ikke gi grunnlag for bakterie- og soppvekst. (Norges byggforskningsinstitutt, 2004)

4.3 Diskusjon

Hvis vi ser bort i fra noen treslag som tåler høy fuktpåkjenninger, er trevirke som nevnt et materiale som er svært utsatt ved endringer i fuktinnholdet i lufta. Ved store variasjoner vil det kunne sprekke opp, og gjør det dermed svært uegnet for bruk i klemlister og panel for klemming av skjøter og lignende løsninger. I slike områder må andre materialer benyttes, som tåler fuktvariasjonene bedre.

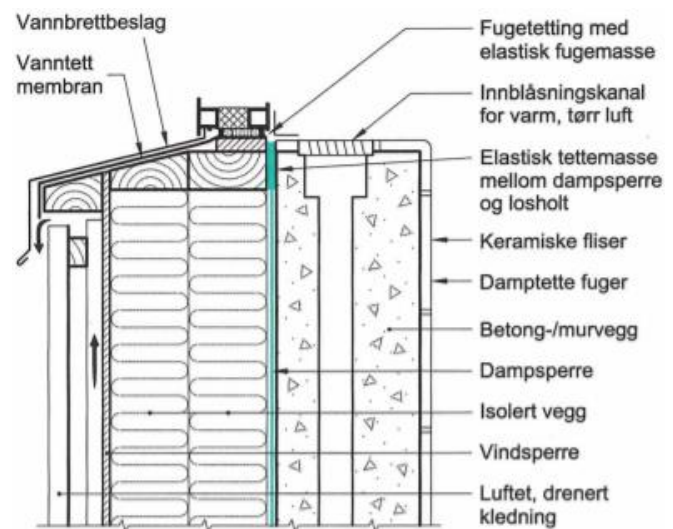
I kapittel 4.2.2 ser vi at stål kan gi kuldebroer og gir mer varmegjennomgang enn tre. Der tre råtner, vil stål ruste, med mindre man bruker syrefast stål. Dermed er det bare syrefast stål som er relevant for vår del, men som vi har fortalt tidligere koster dette deretter også, og vil heller se på andre løsninger.

I områder med store mengder vannpåkjenning fra vannsøl og vannsprut, f.eks. golvet i svømmehallen og dusjene, vil trevirke være uaktuelt, både i kledning og bæresystem. Her bør man heller gå for et materiale som ikke tar så stor skade av

fuktpåkjenningene, f.eks. betong. Betong tåler fuktpåkjenningene fint, så frem til at det ikke er store mengder klorid i kombinasjon med fukten. Dette kan være kritisk for et materiale som betong. For å hindre disse påkjenningene på betongen er vi avhengig av en membran, som kan dekkes av keramiske fliser. Sammen vil dette utgjøre den beste løsningen i områdene med stor vannpåkjenning.

Ytterveggene kan som nevnt konstrueres med ulike type løsninger. Det kan benyttes lette konstruksjoner av tre eller stål, men kun der de ikke utsettes for regelmessig vannsøl. Ytterveggene i svømmehallen vår ligger såpass nære bassenget at man må anta at de kommer til å bli utsatt for en hel del vannsøl og vannsprut, ikke bare i daglig bruk, men også ved rengjøring. Slike lette konstruksjoner er også mindre egnet i rom med høy RF på grunn av materialenes manglende lufttetthet. Dette gjør at vi ser på disse lettere konstruksjonene som mindre aktuelle.

Skal vi gå for prefabrikerte betongelementer innebærer det større risiko enn plasstøpt betong, dette på grunn av den høye luftfuktigheten som er i svømmehaller. Elementene har tilstrekkelig tetthet mot luftfuktigheten, men overgangene er vesentlig mer kritisk. Går vi for denne løsningen er de kritiske punktene fugekryss og overgang mellom veggelementene, og mellom vegg og takkonstruksjonen. Det vil også være nødvendig med en dampsperre i et slikt tilfelle. Fordelen med denne måten er at selve byggetiden minker noe.



Figur 4.7 - yttervegg av betong med kanal for tilluft for vindusbetrykning og overgang vindu

Alternativet med skallmurvegg er også et reelt alternativ, så lenge det utføres korrekt med dampsperre på varm side, membran og god overflatebehandling. I overgang mellom tak og vegg vil det likevel være vanskelig å oppnå helt tette tilslutninger, og konstruksjonen blir sårbar.

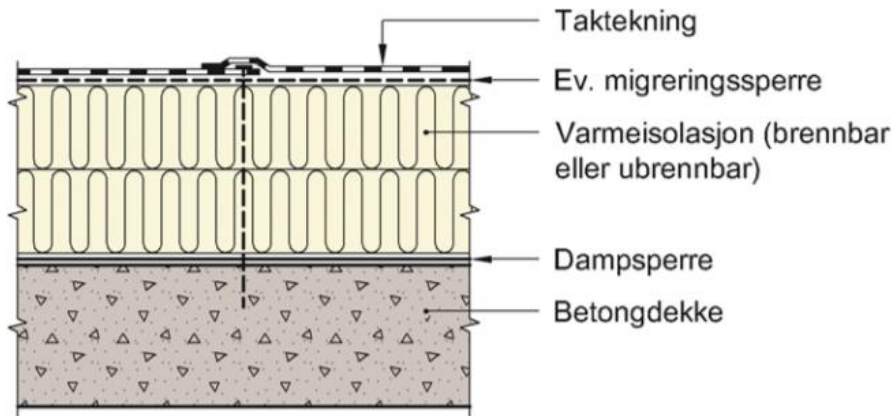
Det siste aktuelle alternativet, plasstøpt betong, er også det alternativet med best egentetthet og dampmotstand, og er godt egnet i rom med høy RF. Om den holdes fri for sår og sprekker vil dette være den letteste måten og oppnå god lufttetthet. Kombineres det med tak i plasstøpt betong vil det også gi gode overganger. Alt sett under ett vil nok også her, som i golvet, plasstøpt armert betong være det mest

fornuftige valget. Dette sikrer et klimaskall som har god lufttetthet og er en fuktsikker løsning.

Noe som bør unngås i svømmehallen er veggelement stålkassetter, dette er fordi det er vanskelig i praksis å oppnå tilfredsstillende luft- og dampetting i elementfugene. (Geving og Thue, 2002)

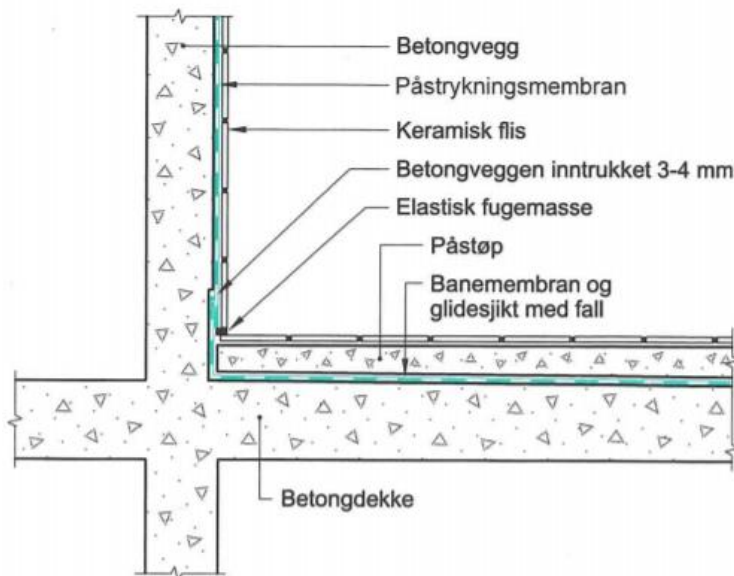
I vinduene vil vi prøve å unngå for mye bruk trevirke da dette kan gi råteproblemer grunnet kondensen. Vi vil også bruke trelags vinduer i stedet for tolags, for å redusere varmetapet gjennom vinduene. Et lavere varmetap tilsvarer en lavere U-verdi og vil gi mindre sannsynlighet for kondens på vindusflatene. I karmene vil vi prøve å unngå bruk av materialer som leder varme godt da det gir oss mer kondens i ytterkantene av vinduet, samt unngå kuldebroer så langt det lar seg gjøre. Som vist i figur 4.4 vil vi også bestryke vinduene med ventilasjonsluft. For at dette skal fungere optimalt vil vi unngå bruk av vindusposter og andre elementer som kan hindre luften å bestryke hele vindusflaten, og redusere høyden på vinduene slik at luften når hele veien opp til toppen av vinduene.

For den øvrige delen av klimaskallet, taket, er situasjonen en litt annen. På grunn av den store takhøyden vil ikke dette utsettes for direkte vannsøl, men den høye luftfuktigheten i rommet må tas hensyn til. Her kan vi velge mellom de to overordnede kategoriene kompakte og luftede tak. Kompakte tak kan brukes både som flate tak og som skråtak. Luftede tak derimot kan kun brukes på skråtak pga. behovet for lufting. For slike luftede tak med en så stor takflate og over et så varmt lokale som en svømmehall bør som nevnt takvinkelen være minimum 15° for å oppnå god nok ventilering. I svømmehallen i Åfjord aktivitetshus skal taket være flatt eller tilnærmet flatt og luftede tak blir dermed uaktuelt i vårt tilfelle. Kompakte tak kan utføres på de tre måtene som ble beskrevet tidligere (rettvendt tak, omvendt tak og duotak). Erfaringsmessig er de to første mest aktuelle i svømmehall. Ifølge Sintef byggforsk egner rettvendte tak seg i tak hvor man har en tung bærekonstruksjon i betong over lokaler med store fuktbelastninger. (Sintef, 2018) Vi vurderer det derfor dithen at et rettvendt tak av betong, enten plasstøpt eller prefabrikkerte elementer, vil gi den mest fuktsikre og trygge løsningen for vår del. I og med at ytterveggene også er av betong vil betong i taket gi den minst utsatte løsningen i overgangen mellom tak og vegg. Når det kommer til valget mellom de to, er ulempene flere hos de prefabrikkerte elementene. På grunn av sin oppbygning er man avhengig av fuger mellom elementene. Disse kan være utette og gi risiko for luftlekkasjer, samt at de krever en mer fleksibel dampsperr-løsning i overgang mellom vegg og tak pga. nedbøyning. Ulempen med plasstøpt betong er at det har lang byggetid, men det er noe vi kan leve med.



Figur 4.8 – eksempel på kompakt rettventt tak med bæresystem av betong

Innerveggene kan bygges opp enten som lette eller tunge vegger. Som tidligere nevnt kan en typisk tung innervegg bestå av plasstøpt betong eller betongelementer, mens en lett vegg gjerne er av tre eller stål. Flere av innerveggene i svømmehallen vender ut mot selve bassengområdet på den ene siden og inn mot avlukkede rom med en annen romtemperatur og luftfuktighet på den andre siden. I slike tilfeller er vi avhengige av en dampspærre i vegg. Fordelen med de tunge veggene av betong er at de er mer fuktsikre enn de lette veggene av tre og stål, og tåler derfor mer vannpåkjenning. I bygningen vi ser på ligger mange av disse innerveggene ganske nære bassenget, og må derfor antas å ha stor fuktpåkjenning.



Figur 4.9 - prinsippkisse tung innervegg betong, overgang vegg/golv, og golv med banemembran under påstøp

Når det gjelder vegg som adskiller svømmehallen med resten av bygget, som har et normalt inn klima og en vesentlig lavere luftfuktighet og temperatur enn svømmehallen, må denne vegg ha en god dampspærre for å forhindre at den fuktige

Luften sprer seg ut i resten av bygget. Deler av denne veggen er av arkitektene tegnet inn som glassvegg, men på grunn av de store fuktbelastningene på den ene siden og nærhet til bassenget vil dette være et mindre fornuftig valg. Som resten av innerveggene og ytterveggene som har en stor påkjenning av direkte vannsøl det mest fornuftige valget her være en tung innervegg av plasstøpt betong. Alternativt kan mindre deler av veggen utføres i glass uten hindringer med lufttilførsel for bestrykning for å unngå kondens.

4.4 Konklusjon

Ut ifra de resultatene vi har funnet og hva vi har diskutert oss fram til vil vi gå for disse løsningene i de respektive konstruksjonsdelene i svømmehallen:

- **Golv:** plasstøpt armert betong med membran og keramiske fliser med god slitestyrke. Samme type golv for svømmehall og dusjanlegg. Viktig med fall mot sluk og fliser med god sklisikkerhet.
Se figur 4.6 og 4.9
- **Yttervegg:** plasstøpt armert betong med membran og keramiske fliser på innvendig side. Dampsperre skal ligge så varmt som mulig og være helt tett. Isolasjon skal ligge mellom dampsperre på innvendig side og vindsperre på utvendig side. Luftet kledning utenfor vindsperre på utvendig side.
Se figur 4.3 og 4.7
- **Tak:** rettventd kompakt tak på plasstøpt betong med taktekning over isolasjonssjikt. Dette er ifølge Sintef den løsningen som egner seg best i tak med tung bærekonstruksjon i betong over lokaler med stor fuktbelastning.
Se figur 4.8
- **Vindu:** trelags vinduer med lav U-verdi. 4m høye, glatte vindu uten hindringer, i stedet for vindu som strekker seg helt opp til taket. Tilluftsventiler i undersiden av vinduene som kan bestryke hele vindusflaten med luft for å unngå kondens.
Se figur 4.4
- **Innervegger:** Tunge innervegger i plasstøpt betong med dampsperre på én side. I områder med direkte vannpåkjenning må membran og fliser føres på vegg. På tørr side av innervegg er det nok med vanlig puss eller annen kledning.
Se figur 4.9

Sammenlikner vi løsningen vi har gått for med prinsipløsningen Moxness anbefalte oss, ser vi at de er ganske like. Vi kan derfor være trygg på at vi har valgt gode løsninger.

Som vi ser over her har vi valgt å konstruere bæresystemet i plasstøpt betong, med tilstrekkelig overdekning. Her ønsker vi å benytte oss av betongkvalitet B45. Ifølge figur 6.21 skal denne kvaliteten være god nok for svømmebasseng, og dermed også resten av svømmehallen. På grunn av at det er moderat fuktighet i svømmehallen, vil korrosjon framkalt av karbonatisering ligge i klasse XC3. Videre vil vi se at minimumsoverdekningen blir 45 mm, hvis det er korrosjonsømfintlig armering og 100 års levetid.

Basert på resultatene vi har fått er det mulig å bygge en svømmehall i både stål og trevirke, men dette vil bli dyrere og mindre fuktsikkert enn betong. Prefabrikkerte betongelementer er også mulig, men det er vanskelig å få overgangene helt tette. Vi konkluderer derfor med at plasstøpt betong er det beste valget i svømmeanlegg med høy fuktpåkjenning.

5 KINOSAL

Vi har tidligere beskrevet det generelle om lyd, hva lyd er og hvordan den kan forplante seg i et rom. Vi har også beskrevet noen lydkonstruksjoner som, rom-i-rim, flytende golv og doble vegger. Videre har vi beskrevet mer nøye hvordan man bør bygge opp en kinosal, forskjellige spesialprodukter som kan benyttes og viktige lydtekniske begreper man må forstå om lyd. I dette kapittelet skal vi gå mer nøye inn på hvordan en kinosal bygges opp med tanke på lydproblemene den vil gi til resten av bygget.

Kinosalen skal ha plass til 70 personer fordelt på 6 rader. Takhøyden er på 4,3 meter. Rommet skal inneholde en kinosal, tekniske rom og en sluse for å komme inn i salen. I forhold til resten av bygget er kinosalen plassert på en gunstig plass. Den ligger i den østlige delen av bygget og har ingen sideliggende rom som har krav om at det skal være helt stille.

Noen av våre hovedproblemer med kinosalen vil bli å bestemme lydklassen, hvilke tiltak vi må ta i forhold til biblioteket som ligger over salen og hvordan bestemme hvor god lydisolering de forskjellige konstruksjonene vil gi. Selv om lyd kan gå mange ulike veier gjennom en konstruksjon har vi valgt å begrense oss til å bare se på direkte gjennomgang av veggen. Vi kommer med konkrete valg av råbygget til en kinokonstruksjon. En annen problemstilling vil bli å ikke velge så tykke vegger, tak og golv så det går utover antall plasser i salen.

Det blir viktig for oss å vurdere ulike typer materialer i kinosalen og lyd kvaliteten til disse. Materialene vil variere i kvalitet og tykkelse som vi må vurdere. Det høye lydkravet til kinosaler setter også store krav til at gjennomføring blir gjort korrekt. Vi vil ikke komme med konkrete løsninger for tilslutningsdetaljer og hvordan oppnå god akustikk, men heller måter dette kan gjøres på.

5.1 Metode

Under dette punktet skal vi beskrive de ulike arbeidsmetodene vi har brukt for å finne informasjon og kunnskap til denne oppgaven. Målet med denne oppgaven er å finne de beste valgene for materialvalg og oppbygning av den indre konstruksjonen i kinosalen og beskrive hvordan lyd påvirker de ulike materialene. Vi delte denne delen av oppgaven opp i to kvalitative metoder, hvor den ene var litteraturstudium og den andre delen var samtaler og erfaringer fra fagpersoner. Vi sammenligner informasjonen fra litteraturkildene med de ulike erfaringene/samtalene fra fagpersoner.

5.1.1 Litteraturstudium

Siden forkunnskapen om lyd var ganske liten ble det helt nødvendig å starte med å lære seg opp på lyd. Gjennom lærebøkene BYGNINGSFYSIKK, skrevet av Jan Vincent Thue (2016) kapittel 7 og Bygningsfysikk av Knut Jonas Espedal (2017) kapittel 6 har vi fått kunnskap om hva lyd er og hvordan den utbreder seg, samt helt avgjørende innsikt i forskjellige lydbegreper. Disse bøkene har økt kompetansen vår innen lyd som blir avgjørende for å forstå artikler og standarder.

For å bestemme lydklassen til kinosalen har vi brukt NS 8175:2012, lydforhold i bygninger, lydklasser for ulike bygningstyper. Her finner man lydklassen fra tabell og forskjellige krav som stilles for å oppnå god akustikk i kinosalen. Dette er norsk standard og må følges.

Gjennom Byggforskserien har vi funnet fram til flere gode artikler som vi har brukt for å bestemme oppbygningen av kinosalen. Artikkelen «Forbedring av lydisolering med rom-i-rom løsninger» er brukt for å hente inn informasjon om hvordan man bygger opp et rom i rom. Artikkelen «lydisolasjonsegenskaper til lette innervegger»(Sintef, 2000b) og «lydisolasjonsegenskaper til tunge innervegger»(Sintef, 2000a) er brukt for å innhente informasjon om ulike veggtyper og deres isolasjonsevne mot lyd. Her har man mange forskjellige materialer og dimensjoner å velge i.

5.1.2 Samtaler og erfaringer fra fagpersoner

Ved å innhente erfaringer og kunnskap fra fagpersoner har vi fått større forståelse i hvordan man bygger opp en kinosal for å oppnå de gitte lydkravene. Siden oppbygningen av en kinosal er komplekst, har det vært helt nødvendig å få erfaringer og forslag på hvordan man kan løse problemene. I Rambøll har vi fått hjelp fra Åsmund Flagstad, sivilingeniør og seksjonsleder Akustikk. Han har god erfaring på området og har hjulpet oss i valg av løsninger. Sigurd Hveem er seniorforsker ved Sintef og kontaktperson på akustikk i Sintef. Han har hjulpet oss med å finne de rette data å bruke.

I en kinosal er det behov for bruk av spesialprodukter som leveres av flere forskjellige firma. Vi valgte å kontakte Christian Berner AS, som har et bredt utvalg av spesialprodukter til forskjellige løsninger med god dokumentasjon av produktene sine. Gjennom vår kontaktperson Magnus Sköld, som er avdelingsleder på vibrasjonsteknikk, har vi fått opplyst flere ulike løsninger for gulv, vegger og tak og hvilke produkter som er aktuelt å bruke.

5.2 Resultater

5.2.1 Lydklasse

Etter NS 8175:2012 har vi valgt lydklasse A, som tilsvarer spesielt gode forhold der personer kun unntaksvis blir forstyrret av lyd og støy. Vi har valgt denne lydklassen på grunn av at lydkravene til en kinosal skal være strenge ettersom den vil gi fra seg mye lyd og støy til omgivelsene rundt seg. En kinosal vil sende ut både høye og lave frekvenser som kan være vanskelig for konstruksjonen å holde på.

Film og Kino har er et fagforbund for kinosaler i Norge og har anbefalt lydkrav til gulv, vegger og tak til 75 dB.

NS 8175:2012 Har krav om hvor gode lydforhold det skal være i ulike typer rom. Det er en utfordring å finne et krav i denne standarden til kinosaler, men vi har valgt å se på tabell 7 – Lydklasser for spesialrom i skoler og i bygninger til undervisningsformål. Fra tabellen har vi lydklasse A, så vi ser på kolonne med klasse A. Det er flere typer bruksområder og vi har valgt «mellom spesialrom som musikkrom, formingsrom, rom for kroppsøving, enkle lydstudio eller annet spesialrom med støyende aktiviteter.» Da får vi Luftlydisolasjon R'_w på 70 dB.

Tabell 7 – Lydklasser for spesialrom i skoler og i bygninger til undervisningsformål.
Luftlydisolasjon

Type brukerområde	Klasse A $R'_w + C_{50-5000}$ dB	Klasse B $R'_w + C_{50-5000}$ dB	Klasse C R'_w dB	Klasse D R'_w dB
Mellom spesialrom som musikkrom, formingsrom, rom for kroppsøving, enkel lydstudio eller et annet spesialrom med støyende aktiviteter, og et annet undervisningsrom/personalrom/fellesareal	70	65	60	52
Mellom spesialrom som nevnt ovenfor, og kommunikasjonsvei, som fellesgang/korridor med dørforbindelse (se merknad 2)	60	55	50	38
Mellom musikkrom for elektrisk forsterket musikk, slagverksrom osv. og et annet undervisningsrom o.l.	75	75	70	65
Mellom spesialrom som nevnt ovenfor, og kommunikasjonsvei, som fellesgang/korridor med dørforbindelse (se merknad 3)	65	60	55	50
Mellom større undervisningsrom/auditorium og et annet undervisnings- og personalrom	65	60	55	50
Mellom større undervisningsrom/auditorium som foran, og kommunikasjonsvei, som fellesgang/korridor med dørforbindelse (se merknad 4)	60	55	50	45

Figur 5.1 - NS 8175, lydklasser for spesialrom i skoler og bygninger til undervisningsformål

NS 8175:2012 har også krav til rom med spesiell akustisk regulering. Grenseverdiene for at rommet skal ha god akustikk ser vi i figur 5.2.

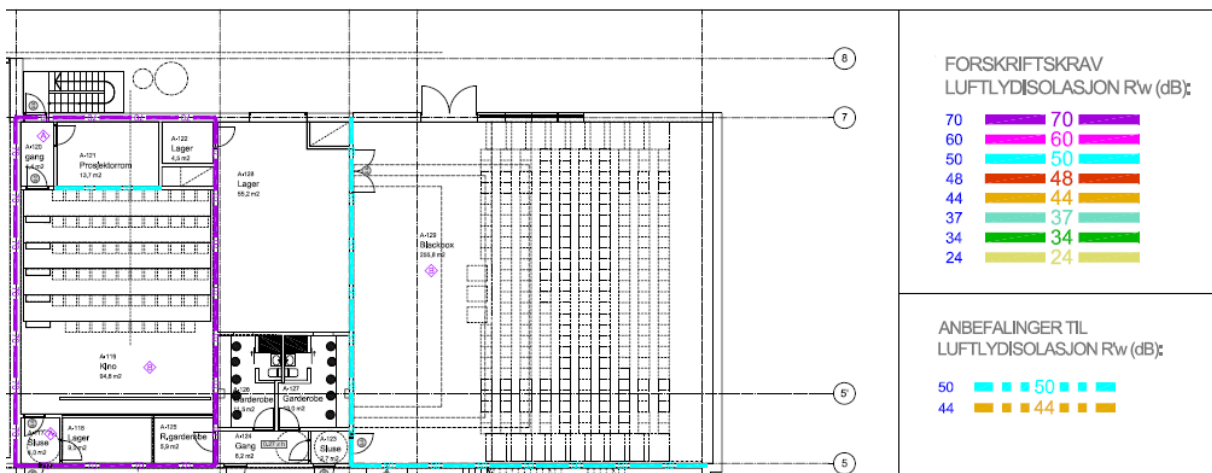
Tabell 43 – Lydklasser for museer, biblioteker, kunstgallerier o.l. Romakustikk og innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Type brukerområde/ type grenseverdi	Målestørrelse	Klasse A ^a	Klasse B ^a	Klasse C ^a	Klasse D
Midlere lydabsorpsjonsfaktor i museum, bibliotek, mediatek o.l.	$\bar{\alpha}$	0,30	0,25	0,20	0,15
Høyeste etterklangtid i museum, bibliotek, mediatek o.l. relatert til rommets høyde	T_h (s)	$0,13 \times h$	$0,16 \times h$	$0,20 \times h$	$0,27 \times h$
Lydnivå i museum, bibliotek, mediatek, kunstgalleri o.l. fra tekniske installasjoner i samme bygning eller i en annen bygning	$L_{p,AT}$ (dB)	23	28	33	38
	$L_{p,AF,max}$ (dB)	25	30	35	40

^a Lydoverføringsutstyr skal sikre god taleforståelighet av informasjonsformidling, kommunikasjon og varsling, se 5.5. Slikt utstyr skal kompletteres med teleslynge eller tilsvarende, se også tabell 39.

Figur 5.2 - NS 8175, lydklasser for museer, biblioteker, kunstgallerier o.l. Romakustikk og innendørs lydnivå

Gjennom vår kontaktperson i Rambøll, Åsmund Flagstad, har vi fått tilgang til deres lydkrav til kinoen og lydtegningene som de har laget for prosjektet. De har satt kravet til $R'_{w} = 70$ dB.



Figur 5.3 - Lydtegning av kinoen fra Rambøll

5.2.2 Kinokonstruksjon

Film og Kino har anbefalt at nye kinoanlegg bygges etter rom-i-rom konseptet. Det baseres på at kinoanlegg fortrinnsvis skal ha et ytre skall av betong og deretter en indre vegg som ikke skal ha kontakt med den ytre. Om salen ikke skal ha rom-i-rom løsning må det likevel beregnes minst 0,25m tykkelse fra betong til innvendig rom. Det må i tillegg være et luftlag i vegg som skal ta opp de miste frekvensene, men den vil ha kontakt med den ytre vegg.

Rambølls Åsmund Flagstad vil bygge kinosalen som en rom-i-rom-løsning for å få god nok lydisolering og ha kontroll på flanketranmisjon, vibrasjoner og lydforplantning gjennom materialer. Å ikke velge rom-i-rom, men heller gå for en vanlig vegg-, tak-, og golvkonstruksjon er uaktuelt for en kinosal da det vil være vanskelig å oppnå lydkravet som er gitt.

5.2.3 Oppbygning av kinosal

Dimensjonering av kinosal Åfjorden aktivitetshus.

$$\text{Rom høyde} = R_h := 4320\text{mm}$$

$$\text{Rom bredde} = R_b := 8540\text{mm}$$

$$\text{Astand fra lerret til bakveggen: } A_1 := 10340\text{mm}$$

Bildehøyde = 0,25 x avstand til lerret fra bakveggen

$$B_h := 0.25 \cdot A_1 = 2.585\text{m}$$

$$\text{Bildebredde} = B_b := B_h \cdot 2.39 = 6.178\text{m}$$

Takhøyde:

$$\text{Taktykkelse} = T_t := 516\text{mm}$$

$$R_{ht} := R_h - T_t = 3.804\text{m}$$

$$\text{Total takhøyde} - 0,5 = R_{ht} - 500\text{mm} = 3.304\text{m}$$

Avstand fra rad 1 til lerret:

$$\text{Anbefalt avstand: } L_1 := B_b \cdot 0.6 = 3.707\text{m}$$

$$\text{Minimum avstand: } L_2 := B_b \cdot 0.5 = 3.089\text{m}$$

$$\text{Radavstand: } A_r := 1200\text{mm}$$

$$\text{Antall rader: } \frac{(A_1 - L_2)}{A_r} = 6.042 \text{ Runder ned til 6 rader}$$

$$\text{Stolbredde} := 600\text{mm}$$

Krav til 1200mm gang

$$\text{Antall stoler per rad: } \frac{(R_b - 1200\text{mm})}{\text{Stolbredde}} = 12.233 \text{ Runder ned til 12 stoler per rad}$$

$$\text{Totalt antall plasser: } 12 \cdot 6 = 72$$

5.2.4 Ytre konstruksjon i rom-i-rom

For den ytre konstruksjonen har valget av materiale og størrelse blitt tatt ut ifra de beregningene som er gjort for å dimensjonere bygget. Se punkt 6.3.2. Der har vi beregnet etasjeskillere til å være 350mm tykke. For å gjøre det enklere for oss selv har vi også valgt 350mm tykke vegger. Veggene er i plasstøpt betong B35.

Type			flate masse kg/m ²	Veggtykkelse mm	Laboratoriemålte verdier Rw (dB)	b R'w (dB)	
Massiv betong		Tykkelse mm					
		60	135	60	43		
		90	210	90	49		
		120	275	120	55	47-50	
		150	345	150	58	50-52	
		180	415	180	61	54-56	
		250	575	250	64		
		350	805	350	66		
Kompakte vegger av lettklinkbetong		Blokktykkelse (mm)	Puss på en eller to sider (mm)	Flatemasse (kg/m ²)	Veggtykkelse (mm)	Laboratoriemålte verdier Rw (dB)	Verdier i ferdig bygg R'w (dB)
	Standard lettklinker- blokker	100	1*10	120	110	43	40
		150	1*10	160	160	48	45
		200	1*10	170	210	52	49
		200	2*10	190	220	52	49
		250	2*10	230	270	55	52

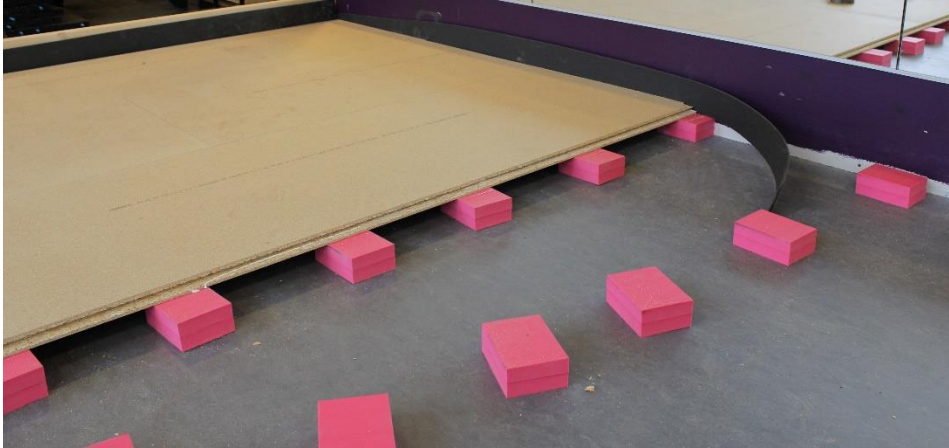
Figur 5.4 - Fra Byggforsk artikkel 524.321, lydisolasjonsegenskaper til betong- og lettklinkerbetongvegger

Tabellen over er hentet fra Sintef byggforsk-artikkel «lydisolasjonsegenskaper til tunge innervegger.» (Sintef, 2000). Sintef har gjennomført forskning på tunge innervegger i betong og som vi kan lese ut fra tabellen vil en betongvegg med tykkelse 350mm ha laboratoriemålt verdi på $R_w = 66\text{dB}$. Med et lydkrav på 75 dB, vil denne vegg hjelpe betraktelig på lydisolasjonen. I det teoretiske grunnlaget 2.2.6, har vi beskrevet reduksjonstall for dobbeltvegger. Den sier at en dobbeltvegg vil minst gi $R+6\text{dB}$, som vil gi rom-i-rom konstruksjonen vår $66\text{dB}+6\text{dB} = 72\text{dB}$ laboratoriemålt. Dessuten skal de ytre veggene i kinosalen holde opp biblioteket i 2. etasje, noe veggene og etasjeskilleren vil gjøre. Det er også oppgitt flatemassen til vegg som gjør at man kan beregne egenresonansen til vegg.

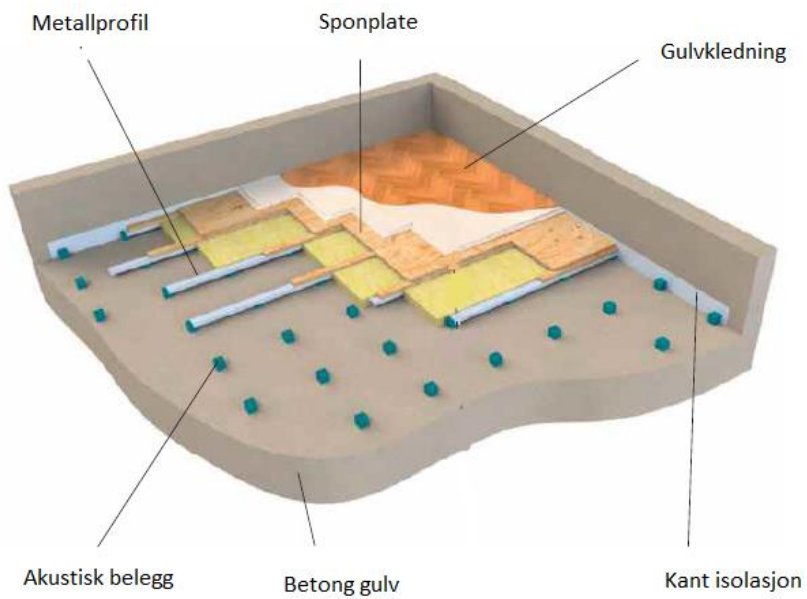
5.2.5 Indre konstruksjon, golv

Fra teorien bak rom-i-rom er det avgjørende at gulvet til den innvendige konstruksjonen er flytende. For å oppnå dette har vi valgt noen spesialprodukter til å hjelpe oss å få gulvet flytende samtidig som det ikke «faller sammen» av egenvekten til rommet.

Etter samtaler med Christian Berner har vi fått opplysninger om at for å dimensjonere Sylodyn-klossene skal ikke lastfaktorer benyttes, men 100% av egenvekten og 30% av nyttelasten til kinosalen. Henviser til vedlegg 2, «Beregning av Spesialprodukter i golv».



Figur 5.5 – Illustrasjonsbilde for oppbygning av golv i kinosal



Figur 5.6 – Illustrasjonsbilde for prinsipiell oppbygning av flytende golv med spesialprodukter

Kategori	Bruk	Eksempler	q_k (kN/m ²)	Q_k (kN)
A	Arealer for inneaktiviteter og hjemmeaktiviteter	Rom i boligbygg og hus; rom og avdeliger i sykehus; soverom i hoteller og gjestgiverier; kjøkken og toaletter.		
		- Gulv	2,0	2,0
		- Trapper	3,0	2,0
		- Balkonger	4,0	2,0
		- Loft med liten takhøyde eller begrenset adgang	1,0	1,5
B	Kontorarealer		3,0	2,0
C	Arealer hvor personer kan samles (med unntak av arealer som er definert i kategori A, B, D og E)	Arealer med bord, for eksempel i skoler, kafeer, restauranter, spisesaler, leserom, resepsjoner. C1	3,0	4,0
		Arealer med faste seter, for eksempel arealer i kirker, teatre, kinosaler, konferanserom, forelesningssaler, forsamlingsaler, venterom og lignende. C2	4,0	4,0
		Arealer uten hindringer for personer i bevegelse, for eksempel arealer i museer, utstillingsrom, ankomstområder i offentlige bygg, administrasjonsbygg, hoteller C3	5,0	4,0
		Arealer med mulige fysiske aktiviteter, for eksempel dansesaler, gymnastikkrom, scener og lignende C4	5,0	7,0
		Arealer som lett overfylles, for eksempel i bygg for offentlig bruk som konsertsaler, idrettshaller inklusive tribuner og atkomstområder, utendørs idrettsanlegg C5	5,0	4,0

Figur 5.7 - Nyttelast for kinosaler

Dimensjonering av speisal lydklosser i golv

Spesialklossene C/C 600mm

$h := 50\text{mm}$

$b := 120\text{mm}$

$l_1 := 120\text{mm}$

Belastnings areal: $A_1 := 600\text{mm} \cdot 600\text{mm} = 0.36\text{m}^2$

Påstøp:

$h_p := 0.1\text{m}$

$\gamma_p := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Sponplate:

$h_s := 0.022\text{m}$

$\gamma_s := 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Nyttelast:

$p := 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Egenvekt(g_1) + 30% av nyttelast($p_{0,3}$) = N_{Ed}

$g_1 := (\gamma_p \cdot h_p \cdot A_1) + (\gamma_s \cdot h_s \cdot A_1) = 0.919\text{kN}$

$p_{0,3} := p \cdot 30\% \cdot A_1 = 0.432\text{kN}$

$N_{Ed} := g_1 + p_{0,3} = 1.351\text{kN}$

Med en styrke på 1.35 kN som virker på hver kloss har vi brukt beregningsprogrammet FreqCalc for å bestemme styrken til spesialklossene som skal

holde opp det flytende golvet. I vedlegg 3 er resultatene og valg av Sylodyntype beregnet. I vedlegg 4 er resultatene og valg av Sylomertype beregnet.

Undergolvet i kinoen er et 350 mm plasstøpt betongdekke. Overgolvet er flytende og består av spesialklosser med avstand c/c 600 mm med isolasjon. Deretter følger en 22 mm sponplate før en 100 mm uarmert påstøp kommer på toppen. Golvdekningen over påstøpen kan variere og vi har derfor valgt å ikke ta denne med i beregningen av egenvekten til golvet. Den utgjør uansett såpass lite at det er neglisjerbart.

Sylodyn

Fra vedlegg 3 har vi beregnet oss fram til at Sylodyn NC er det optimale Sylodynmaterialet for bruk i vårt golv. Det har en tykkelse på 50 mm og en bredde og lengde på 120 mm. Med en kraft på hver kloss på 1,35 kN blir nedbøyningen 3,9 mm. Dempingen ved 50 Hz blir 30,8 dB. Naturlig frekvens, der klossene slipper gjennom mest lyd, er på 8,2 Hz.

Sylomer:

Fra vedlegg 4 har vi beregnet oss fram til at Sylomer SR110 er det optimale valget for spesialklossene. De har samme dimensjoner som Sylodynklossen. Med en kraft på 1,35 kN på hver kloss blir nedbøyningen 4,1 mm. Dempingen ved 50 Hz blir her 29,9 dB. Den naturlige frekvensen er også her på 8,2 Hz.

5.2.6 Indre konstruksjon, vegger

Innervegg av Leca

		Blokkykkelse (mm)	Puss på en eller to sider (mm)	Flatemasse (kg/m ²)	Veggtykkelse (mm)	Laboratiemålte verdier R _w (dB)	Verdier i ferdig bygg R _w (dB)
Kompakte vegger av lettklinkbetong	Standard lettklinkerblokker	100	1*10	120	110	43	40
		150	1*10	160	160	48	45
		200	1*10	170	210	52	49
		200	2*10	190	220	52	49
		250	2*10	230	270	55	52

Figur 5.8 - Laboratiemålt og feltmålte verdier for lecablokker

150 mm Leca med puss på en side + 2 plater 13 mm gips er en mulig løsning av den indre konstruksjonen. Lecablokkene mures sammen opp mot taket, men det er viktig at den indre veggkonstruksjonen ikke er i kontakt med det ytre betongskallet. Dette er for å hindre at vibrasjoner og lyd overføres mellom veggene. For at den indre veggkonstruksjonen av Leca skal stå trygt uten å falle ut mot kinosalen eller mot den ytre veggen har vi valgt å bruke vegghengere med spesialprodukt som Sylodyn eller Sylomer for å sørge for at selv om det teoretisk er kontakt mellom veggene på grunn

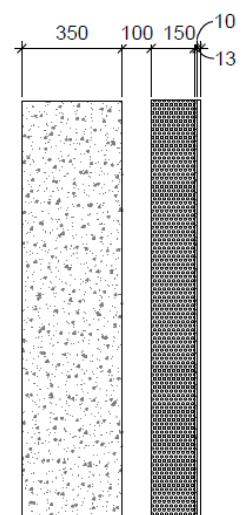
av disse hengerne vil det i praksis være som om veggene står fritt. Hengerne festes med en avstand på c/c 600. Spesialproduktet vil sørge for at vibrasjoner som kommer gjennom skruene vil tas opp og ikke føres videre.

Lecablokkene er veldig porøse og inneholder mye luft som gir en bra isolasjonsevne. I tillegg er det ekstra isolasjon i blokkene og den ene siden har en 10 mm puss for å stoppe de høyeste frekvensene. Vegg ut mot kinosalen blir kledd med 2 x 13 mm gips for å øke flatemassen og bedre de akustiske forholdene. Oppbygningen av den indre konstruksjonen stiller store krav til de som skal utføre arbeidet da en liten feil vil kunne påvirke lydreduksjonskvaliteten.

Vi vet fra Sintef sin forskning på lyd at den ytre konstruksjonen med 350 mm betong har en laboratiemålt verdi på $R_w = 66$ dB. Lecaveggen i den dimensjonen vi har valgt vil ha en laboratiemålt verdi $R_w = 48$ dB. Etter samtale med Sigurd Hveem i Sintef har vi fått vite at den indre konstruksjonen vil øke reduksjonstallet med ca. 15 dB. Siden beregninger er vanskelige for doble konstruksjoner har vi valgt å følge denne anbefalingen som er vist i vedlegg 5.

Totalt vil hele veggkonstruksjonen ha et laboratiemålt reduksjonstall $R_w = 66$ dB + ca. 15 dB = ca. 81 dB. Som forklart i det teoretiske grunnlaget 2.2.4 vil en laboratiemålt verdi være større enn en feltmålt verdi pga. at laboratiemålte verdier ikke inkluderer noe flanketransmisjon, og bare fokuserer på den ene vegg og ikke hele konstruksjonen som ett, som en feltmålt verdi gjør. Vi har gitt et krav på feltmålt reduksjonstall i vegger på $R'_w = 70$ dB. Av erfaringer fra Sintef og Rambøll vet vi at laboratiemålte verdier normalt vil være 5-6 dB større enn feltmålte verdier.

Fra dette kan vi etter vurderinger si at vegg, hvis den blir bygget rett, skal ha en feltmålt verdi på $R'_w > 70$ dB.



Figur 5.9 - Leca innervegg

Innervegg med stålstendere

Type	Hulromsdybde (mm)	Antall platelag	Veggtykkelse (mm)	Mineralull (mm)	Labiratoriemålte verdier R _w (dB)	Verdier i ferdig bygg R _w (dB)
Felles stålstendere	50	1+1	75	50	41	35
	50	2+2	100	50		38
	75	1+1	100	70	43-49	42
	75	2+2	125	70	48-53	47
	100	1+1	125	70	46-47	43
	100	2+2	150	70	55-57	48
	125	1+1	150	45	50-52	48
	125	2+2	175	90	56-58	52

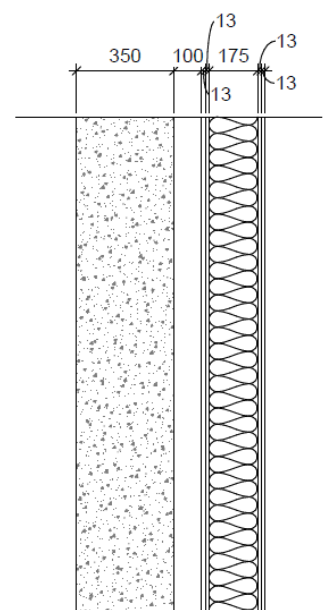
Figur 5.10 - Laboratiemålt og feltmålte verdier for stålstendere

175 mm felles stålstendere med 2 + 2 platelag 13 mm gips på hver side er en annen løsning for oppbygning av den indre konstruksjonsdelen i kinosalen. Stålstenderne plasseres her i en avstand på c/c 600 mm.

For at den indre konstruksjonen ikke skal ha kontakt med den ytre bruker vi også her vegghengere med spesialmateriale Sylodyn eller Sylomer for å sørge for at veggen står fritt, uten kontakt og ikke faller ut mot kinoen eller mot veggen. Stenderne skal ikke gå helt opp til taket som kan være en utfordring ved bruk av stål når materialet er veldig bøyeelig når det skal stå så fritt som her. Dette setter store krav til god gjennomføring. Stål har en god egenfrekvens og kan vibrere sammen med lyden som kommer fra kinoen for å minske lysgjennomgangen. Hulrommet blir fylt med mineralull og 2 gipsplater på hver side som øker flatemassen og bedrer lyd kvaliteten betraktelig.

Fra tabellen hentet fra Sintef, figur 5.9, kan vi se at en stålstender med hulromsdybde 125 mm og 2 platelag på hver side har en laboratiemålt verdi på 56 – 58 dB. Siden vi har en stålstender med 175 mm hulromsdybde og 2 platelag på hver side kan vi si at den laboratiemålte verdien blir over 56 dB. Å øke tykkelsen på veggen vil aldri gjøre lydverdien lavere. Vi valgte å gå opp i dimensjon for å øke styrken på veggen slik at den står mest mulig stabilt.

For å finne det samlede reduksjonstallet for denne doble veggkonstruksjonen har vi etter råd fra Åsmund Flagstad i Rambøll valgt å sammenligne Lecaveggen med stålstenderveggen for finne samlet reduksjonstall. 160 mm Leca + betong gir R_w = ca. 80 dB. Siden Leca har en R_w = 48 dB og



Figur 5.11 - Innervegg av stenderverk i stål

det ga ca. + 15 dB bidrag på betongveggen, vil stål med $R_w > 56$ dB få et tillegg på mer enn 15 dB for hele veggkonstruksjonen.

Total laboratoriemålt verdi for den doble veggen blir da: $R_w = 66 \text{ dB} + >15 \text{ dB} = >81$ dB. Etter vurderinger og diskusjon med Flagstad kan vi si at veggen vil få en feltmålt verdi $R_w \geq 70 \text{ dB}$, som er kravet til veggen. Dette stiller store krav til at oppbygning og tetting av veggen er gjort rett.

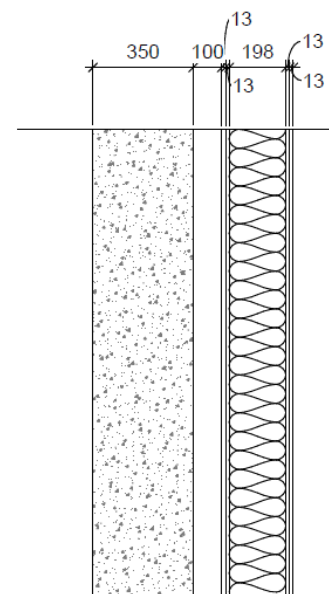
Innervegg med trestendere

Type	Hulromsdybde (mm)	Antall platelag	Veggtykkelse (mm)	Mineralull (mm)	Labiratoriemålte verdier R_w (dB)	Verdier i ferdig bygg R_w (dB)
Felles trestendere	48	1+1	75	50	37	30
	73	1+1	100	70	41-44	38
	73	2+2	125	70	47	42
	98	1+1	125	100	48	42
	98	2+2	150	100	49	44

Figur 5.12 - Laboratoriemålt og feltmålte verdier for trestendere

198 x 98mm felles trestendere med 2 + 2 platelag 13mm gips er også en mulig løsning for oppbygning av den indre konstruksjonen i kinosalen. Trestenderne plasseres i avstand c/c 600 mm. Den indre veggen skal ikke ha kontakt med den ytre betongveggen, men være festet med spesialvegghengere av Sylodyn eller Sylomer for å holde veggen på plass og sørge for at den ikke faller ut. Veggen skal ikke gå helt opp til taket for å sikre at det ikke er en direkte forbindelse mellom konstruksjonene. Hulrommet mellom stenderne blir fylt med mineralull og dekt med to plater gips på hver side for å øke flatemassen og bedre reduksjonstallet og de akustiske forholdene. Tre er veldig sterkt i seg selv og lett å montere. Det stilles fortsatt strenge krav til at sluttdetaljer og overganger blir gjort rett for å unngå kontakt med den ytre konstruksjonen.

Fra figur 5.10 ser vi at et trestenderverk med hulromsdybde 98 mm og 2 gipsplater på hver side har en laboratoriemålt verdi på $R_w = 49$ dB. Vi har valgt en større dimensjon enn det tabellen gir informasjon om, men vi vet at ved å øke veggtykkelsen øker også reduksjonstallet. Vi kan derfor si at vår vegg med 198 mm hulromsdybde og 2 platelag på hver side vil ha en verdi $R_w > 49$ dB. Vi har økt dimensjonen på stenderne for å øke styrken til veggen slik at den står mest mulig fritt uten å bevege seg og står tryggere hvis den skal få støtskader på seg.

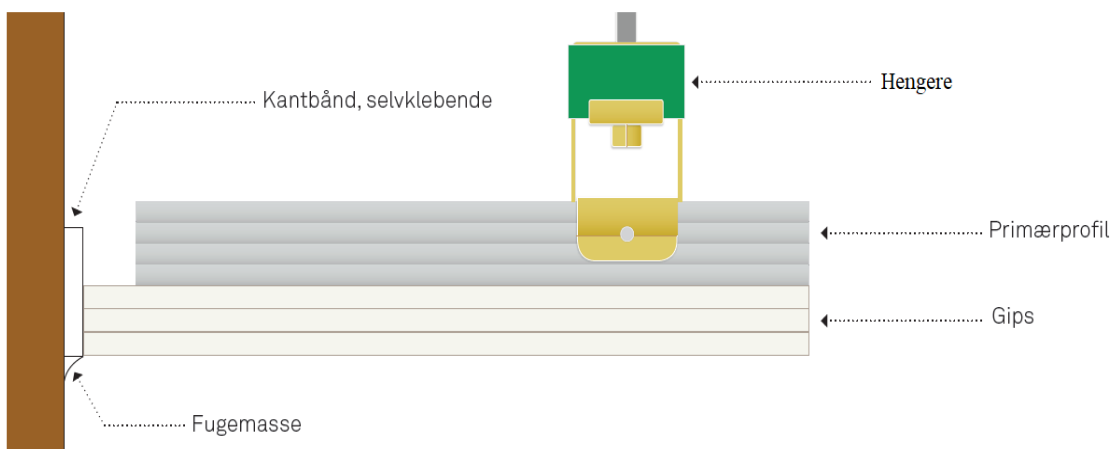


Figur 5.13 - Innervegg av stenderverk i tre

Det samlede reduksjonstallet for den doble vegg blir da, etter sammenligning med Lecaveggen, $R_w = 66 \text{ dB} + >15 \text{ dB} = >81 \text{ dB}$. Den feltmålte verdien kan vi da etter vurderinger fra Flagstad si blir $R_w > 70 \text{ dB}$, som er kravet til vegg.

5.2.7 Himling kinosal

Tar vi for oss himlingen i kinosalen så er den festet med hengere i betongdekket. Hovedoppgaven til hengerne er å holde på plass himlingen og sørge for at det ikke er noen knutepunkt mellom den indre og ytre konstruksjonen. Etter anbefalinger fra Flagstad er en mulig oppbygging av himlingen å plassere 70 mm isolasjon og ha 20 til 30 mm luftrom mellom betongdekket og selve himlingen. Etter isolasjonen anbefalte han å montere en systemhimling samt 2 x 13 mm gips.



Figur 5.14 - Himling med systemhengere

På andre siden anbefalte Magnus Sköld i Christian Berner AS å ikke benytte isolasjon, men bare ha et luftrom under betongdekket. Vindere anbefalte Sköld å benytte systemhimling, og deretter dobbel eller trippel gips. Hvis man velger dobbel gips, bør avstanden være c/c 600 mm x c/c 1200 mm. Skal man gå for trippel gips bør avstanden ligge på c/c 600 mm x c/c 900 mm.

Himlingen skal ligge inn mot den indre vegg, med en elastisk fugemasse i overgangen. Dette er for at himlingen skal kunne bevege seg med vibrasjonene som kommer fra lydtrykket. I teorien skal man kunne bevege taket litt opp hvis man presser på det.

Golv 2. etasje.

For å oppnå et størst mulig reduksjonstall i takkonstruksjonen til kinosalen har vi fått anbefalt av Flagstad at det er en god løsning å legge et flytende golv i biblioteket som ligger over kinosalen. Dette vil øke tykkelsen på takkonstruksjonen til kinosalen og dermed føre til et økt reduksjonstall. Samtidig vil det oppholde seg en del mennesker i biblioteket som kan skape en del trinnlyd. Dette blir ikke et problem bort med det flytende golvet. Etter anbefalinger vil ikke bruk av spesialklosser være et alternativ her da de ikke kommer til å ha noen hensikt.

I det teoretiske grunnlaget under kapitlet 2.2.6 – lydkonstruksjoner, er flytende golv beskrevet. Ved å bygge et slikt golv vil vi få en dobbelveggvirkning med den eksisterende etasjeskilleren. Hvis vi ser i det teoretiske grunnlaget kapittel 2.2.6, reduksjonstall for dobbeltvegger, ser vi at $R_s = R_w + 6 \text{ dB}$. Det betyr at vi vil få en laboriemålt verdi $R_w = 66 \text{ dB} + 6 \text{ dB} = 72 \text{ dB}$. Siden vi i tillegg har en himling under etasjeskilleren vil vi få 3 uavhengige konstruksjoner som til sammen vil gi reduksjonstallet $R_w \approx 70 \text{ dB}$, som kravet er satt til. Dette setter store krav til at gjennomføringen av himlingen blir korrekt utført og uten feil. Hvis en henger blir satt skjevt inn kan vi få en kontakt mellom himlingen og etasjeskilleren som gjør at vi ikke oppnår den doble konstruksjonen vi vil ha. Det flytende golvet må også gjennomføres etter anbefalinger fra byggforsk eller fagpersoner.

5.3 Diskusjon

5.3.1 Lydklasse

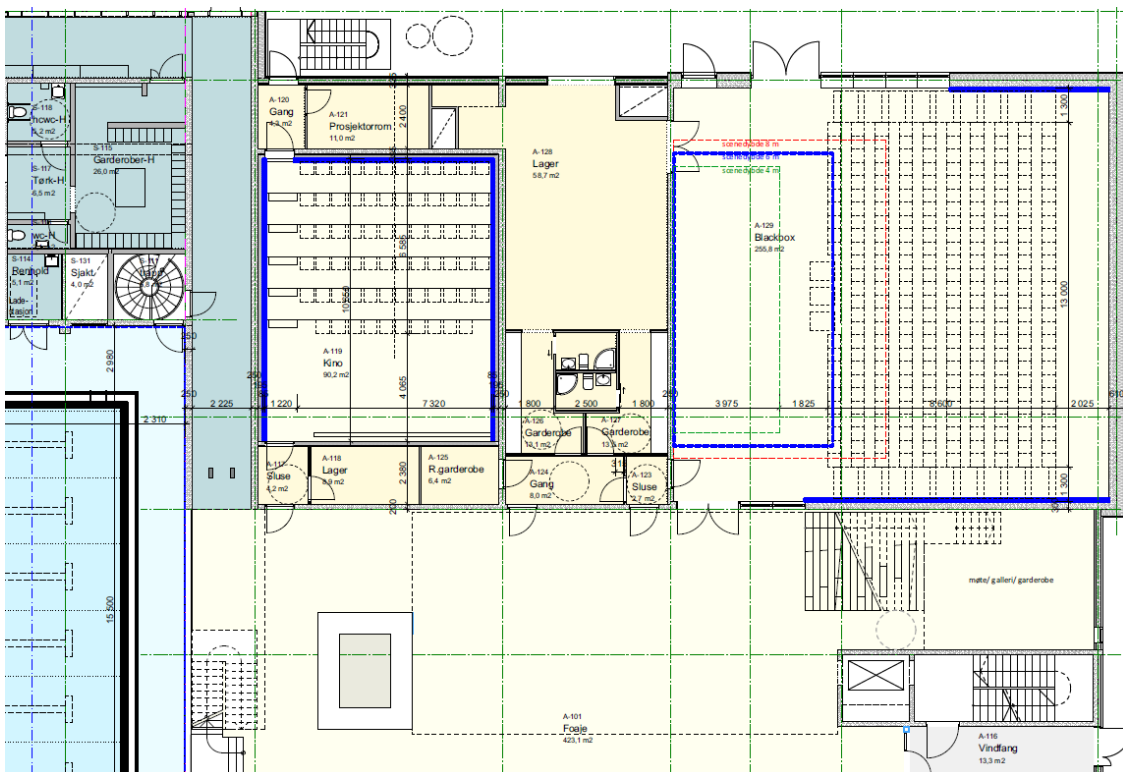
For å velge hvilken lydklasse vi skal ha til kinosalen må vi vurdere hvordan lyd og støy fra kinosalen vil påvirke hele bygget, og spesielt de sideliggende rommene. På den ene siden av kinosalen har vi en gang som leder inn til garderobene til svømmehallen. Det er ikke noe krav til meget god lydisolasjon i denne gangen, siden det ikke vil oppholde seg mennesker her. På den andre siden, mot Blackboxen, er det et lager der personer ikke skal oppholde seg over lengre tid, og en garderobe for Blackbox teateret, se «figur 5.15». Hvis vi setter et lydkrav til vegger over 70dB vil disse få en minimal påvirkning fra kinoen, men noen vibrasjoner og lyd vil nok komme gjennom. Det må derfor defineres at garderoben kan få noe lyd og støy fra kinosalen, men at det ikke skal være på et nivå der de føler seg plaget. Ved å velge lydklasse A, skal berørte personer kun unntaksvis blir forstyrret av lyd og støy.

Det at vi har et lager og en garderobe før teateret vil være til stor hjelp slik at det i praksis ikke vil forplante seg noe lyd og støy fra kinosalen til teateret. Hadde disse to rommene ligget vegg i vegg, måtte vi vurdert dette nærmere. Med en meget god

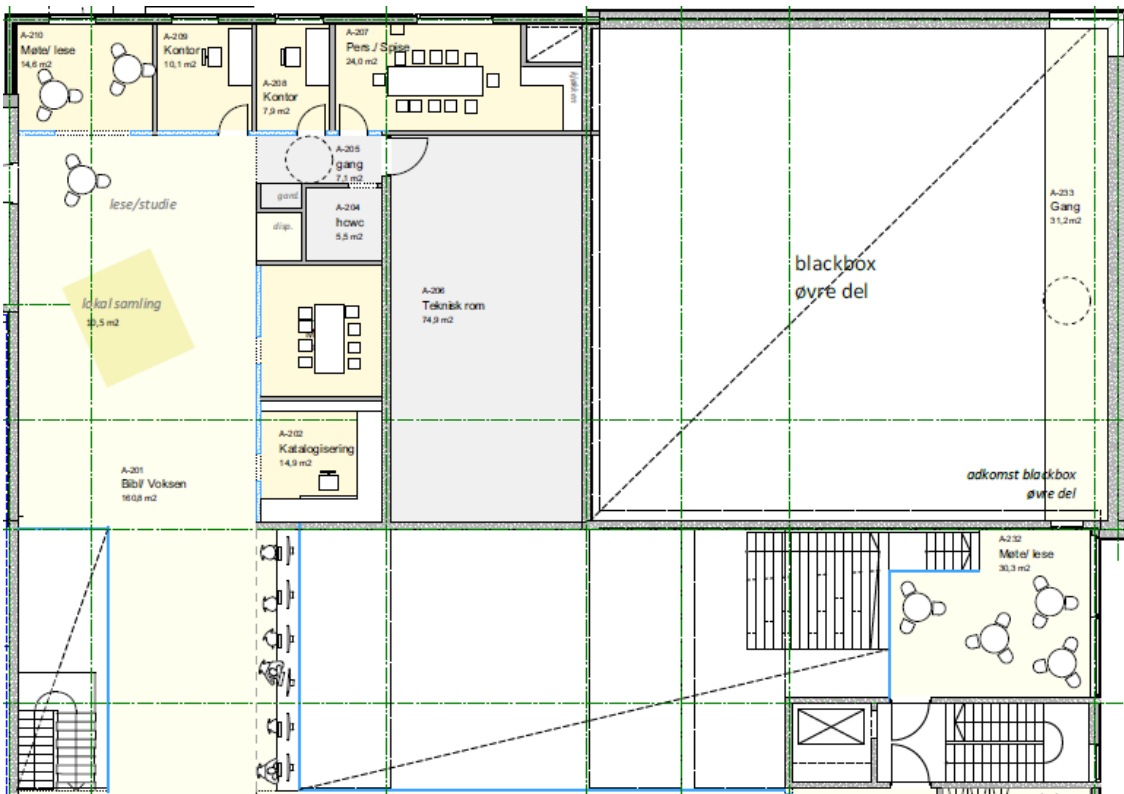
luftlydisolasjon i veggene, og ved å sørge for at det ikke er noen kanaler eller hull som fører til teateret, vil vi ikke få noe flanketransmisjon mellom de to rommene. Det er derfor en stor fordel hvis kinosalen har et eget ventilasjonssystem slik at vi unngår dette problemet.

Under kinosalen er det en parkeringskjeller som ikke er ment for varig opphold av personer. Biler som kjører inn og ut vil dessuten lage en del støy i dette planet allerede, så at man kan høre noe lyd fra kinosalen vil ikke påvirke personer negativt, men heller øke «livligheten» til bygget.

Over kinosalen ligger det et bibliotek som har et strengere krav til at det skal komme minst mulig lyd og støy fra kinosalen. Biblioteket skal være bygd som en åpen løsning, der det er sagt i kravspesifikasjonene til bygget at det ikke skal være helt stille men en plass der mennesker kan møtes. Det er uansett avsatt noen kontor- og møte/leseplasser som man må tenke ikke skal bli forstyrret av lyd og støy, se «figur 5.16». Det vil derfor være naturlig å ha en strengere lydklasse i taket enn i de andre konstruksjonene rundt kinosalen. Man bør også vurdere om det skal legges inn ekstra lydisolering i golvet til biblioteket og i kontor- og møte/leserom.



Figur 5.15 - Utsnitt av plantegning i 1. etasje



Figur 5.16 - Utsnitt av plantegning 2. etasje

Ved å se på anbefalinger til lydnivå fra NS 8175, Norsk film og kino og Rambøll, kan vi se at lydisolasjonen i vegger, golv og tak skal være 70 dB. Standarden og Rambøll har satt anbefaling på 70 dB som er et meget høyt lydreduksjonstall, mens Film og kino har en anbefaling på 75 dB. Det er flere ulike forhold vi må tenke på når vi skal bestemme lydisolasjonsevnen til kinosalen. Det mest kritiske området blir himlingen til kinosalen og golvet til biblioteket. Dessuten vil biblioteket gi fra seg trinnlyd ned til kinosalen som er uønsket. Derfor er ekstra trinnlydisolasjon i etasjeskilleren i 2. etasje en faktor som bør vurderes.

I det teoretiske grunnlaget 2.2.4, under laboratorie- og feltmålt, vises det til at feltmålt lydisolasjon er noe lavere og et krav på 75 dB vil være vanskelig å oppnå på grunn av alle de forskjellige veiene lyd kan forplante seg gjennom en konstruksjon. I en kinosal vil de lave frekvensene være de mest kritiske. Et reduksjonstall på 75 dB er ekstremt høyt og stiller krav til perfekt utførelse. Man kan håpe på et reduksjonstall på 75 dB, men det vil i praksis være vanskelig å oppnå. I samtale med rådgiver på akustikk i Rambøll, Åsmund Flagstad, har vi fått vite at det er unormalt å sette kravet til 75 dB, da man ikke med 100% sikkerhet kan si at man vil oppnå dette. Man setter seg derfor i en vanskelig posisjon hvis dette ikke blir oppfylt når bygget er ferdig.

5.3.2 Rom-i-rom-konstruksjon eller tykk lydvegg?

Det viser seg at å velge en rom-i-rom-konstruksjon er den beste måten å bygge opp en kinosal på. Både Film og kino og Rambøll har anbefalt at rom-i-rom er den beste løsningen. Man har alt for liten kontroll på lyd og støy ut i resten av bygget uten en slik konstruksjon. Man vil uansett måtte velge en veggkonstruksjon med et luftrom for å oppnå et godt nok reduksjonstall, så å velge en rom-i-rom-løsning der man har to separate lydkonstruksjoner i alle retninger er gunstig.

Med en rom-i-rom-konstruksjon vil man få kontroll på flanketransmisjon av lyd, strukturlyd og vibrasjoner mellom materialene. Det at den innvendige konstruksjonen ikke er i direkte kontakt med den ytre gir et luftrom som vil øke luftisolasjonen betraktelig for alle frekvenser. Har man en enkel vegg vil lyd forplante seg og føre den videre inn i neste rom. For den doble konstruksjonen vil deler av lyden stoppe når den går igjennom den innvendige veggen, mens resten stopper i luftrommet før det skal passere en tung betongvegg. Golvet og taket i en rom-i-rom-konstruksjon vil ha en dempende effekt på lydbølgene og vil ta opp vibrasjonene lyd vil gi istedenfor å føre den videre.

5.3.3 Golv

Undergolvet av 350 mm betong gir en stor flatemasse som vil være til stor hjelp for å oppnå god trinnlydisolasjon. Ettersom dekket er bestemt ut fra dimensjonering av bygget blir det 350 mm betong B35 undergolv.

For å oppnå flytende golv har vi valgt en type oppbygning med spesialklosser og isolasjon, 22 mm sponplate og en 100 mm påstøp på toppen. Dette vil sikre at golvet er flytende. Det er viktig at det flytende golvet ikke er i kontakt med den ytre konstruksjonsveggen.

Vi har vurdert to typer spesialmaterialer, Sylodyn og Sylomer. Begge har de samme dimensjonene og avstand mellom hverandre. Etter å ha beregnet begge ser vi fra vedlegg 3 og 4 at Sylodyn NC kommer bedre ut enn Sylomer SR110. Sylodyn vil med en kraft på 1,35 kN ha: $4,1 \text{ mm} - 3,9 \text{ mm} = 0,2 \text{ mm}$ mindre nedbøyning enn Sylomer. Utnyttelsen til Sylodyn er på 81 %, mens Sylomer har 96 % utnyttelse. Det vil si at Sylomer er allerede ganske nær ved å ta opp all sin kapasitet mens Sylodyn har noe mer å gå på. Begge har en naturlig frekvens 8,2 Hz. Sylodyn gir også en bedre isolasjonsevne (30,8 dB ved 50 Hz) enn Sylomer (29,9 dB ved 50 Hz). Fra isolasjonsgrafene kan vi se at Sylomer er bedre på de lave frekvensene enn det Sylodyn er, mens Sylodyn er bedre på de høye frekvensene. Prismessig er Sylomer noe billigere enn Sylodyn, men det utgjør ikke den store forskjellen.

Under innerveggen vil det bli en større belastning på klossene pga. den økte lasten fra veggen. Sylodyn er det produktet som er sterkest og vil kunne ta opp lasten bedre hvis man legger den tettere sammen enn c/c 600mm, eller som en hel remse under veggen.

5.3.4 Indre konstruksjon, vegger

En innervegg av Lecablokker vil som sett i resultatene, 5.2.6, ha en god nok lydisolasjonsevne hvis den utføres korrekt. Lecablokkene er veldig stabile når de blir murt sammen pga. sin store vekt. Det fører til at veggen står veldig stabilt for seg selv uten å ha spesial-vegghengere. Med en veggtykkelse på 160 mm + 13 mm gips vil ikke innerveggen ta så mye areal fra kinosalen, som kan føre til at man får oppfylt kravet på 70 sitteplasser. Lecaveggen har en kort byggetid og er lett å mure sammen. Lecablokkene har også en god brannmotstand som er en fordel hvis det skulle oppstå en brann inne i kinosalen. Det porøse materialet med mineralull gir en meget god lydisolerende evne.

Sett fra et økonomisk perspektiv vil Lecablokker være dyrere enn en del andre materialer, som tre og stål. At Lecaveggen blir relativt tung hjelper på stabiliteten, men gir en ekstra utfordring i forhold til at spesialklossene i det flytende golvet vil få en større last på seg. Det vil i verste tilfelle skje at de «klapper sammen», og mister sin evne til å ta opp friksjoner som gjør at vi får et lavere lydreduksjonstall. Det vil derfor være nødvendig å enten legge inn klossene ekstra tett sammen eller legge en hel remse med spesialprodukt under hele veggen. Dette vil være med å øke prisen på kinosalen. Det kan også være en mulighet å gå opp i dimensjon på spesialklossene, men dette fører også til ekstra kostnad.

Det settes store krav til utførelsen av veggen, da man må være nøye med plasseringen av vegghengerne slik at det ikke blir kontakt mellom indre og ytre vegg. Settes de inn skjevt vil man ikke få den effekten man vil ha fra de, og lydisolasjonen kan bli dårligere. Det er viktig å være klar over at det kan brytes av deler av Lecaen som kan falle ned i sprekker til det flytende golvet å skape en kobling mellom yttervegg og golv som er ugunstig. Også i overgangen vegg-vegg er det viktig at det ikke ligger noe og blokkerer vegghengerne.

En innervegg av stenderverk i stål med hulromsdybde på 175 mm + 2 platelag av 13 mm gips på hver side har en feltmåltverdi $R_w > 70$ dB. Det at vi ikke kan fastslå en verdi kommer av at det er vanskelig å anslå en verdi på doble veggkonstruksjoner når det ikke fins nok forskning eller tall på ulike oppbygninger av to forskjellige vegger. Dette gjelder for alle de tre forskjellige veggkonstruksjonene. Alle de tre løsningene skal ikke komme under 70 dB, som er kravet vi har satt.

Grunnen til å bruke en større dimensjon enn det tabellen oppgir er pga. at veggen skal stå mest mulig fritt selv. Stål i seg selv vil ha en bedre lydisolasjon enn tre, men sett i sammenheng med betongveggen vil den gi den samme lydisoleringen, som sett i figur 5.10 og 5.12. Stålstenderverk er lett å jobbe med og raskt å montere.

Økonomisk sett er det også rimeligere enn en Lecavegg. Stål er god på vibrasjonslyd, da det kan svinge i bevegelser med lyden uten å sende vibrasjonene videre. Veggen blir festet til betongveggen med spesialvegghengere for å øke stabiliteten til veggen.

Med et stålstenderverk som ikke skal festes i taket, men som må stå mest mulig fritt, er det noen problemer. Stålstenderne er veldig bøyelege når de blir så lange som nå. Det gjør monteringen utfordrende og stenderne vil være mer ustabile i forhold til trestendere og Lecablokker. Hadde vi kunnet feste stålet i topp og bunn hadde vi ikke hatt noen problemer, men når det skal stå mest mulig alene uten feste i begge ender får vi et problem med stabiliteten.

En innervegg av stenderverk i tre, med 198 mm hulromsdybde + 2 platelag gips på hver side, vil ha de samme gode lydegenskapene som et stenderverk i stål.

Reduksjonstallet er satt til $R_w > 70$ dB. Her har vi også valgt å gå opp i dimensjon på stenderverket utenfor de gitte verdiene i figur 5.12. Dette gjør vi for at stenderverket skal være mest mulig stabilt alene. Tre er mye brukt som stenderverk og derfor er det mye erfaring om gjennomføring på en god og rask måte. Tre er mye stivere enn stål når det skal stå fritt uten å bli festet i topp og bunn, og har en lavere vekt enn en Lecablokk vil ha. Det vil fortsatt bli en større vekt på spesialklossene i det flytende golvet, men her er det ikke nødvendig å legge en hel remse av Sylodyn/Sylomer under veggen, men heller minske avstanden eller gå opp i dimensjon.

Med tanke på pris er tre det beste valget. Med hjelp av spesialvegghengere vil den også stå veldig stabilt. Man må være nøye i arbeidet slik at veggen ikke har noen kontaktpunkter med den ytre veggen. Spesialproduktene må gjennomføres slik leverandør har sagt og avfallsrester fra byggingen må fjernes slik at de ikke kan bidra til å lage kontaktpunkter mellom vegg-vegg, vegg-golv og golv-golv.

Ulempen med å velge stenderverk av stål eller tre er at de tar mer areal fra kinosalen. Trestenderne har en tykkelse på 250 mm, mens en Lecavegg har tykkelse på 173 mm. At stenderverk av tre tar mer av bredden til kinosalen kan gå utover antall sitteplasser i salen. Det ligger i kravspesifikasjonen at den skal ha 70 sitteplasser, men hvis veggen blir for tykk kan det forsvinne 1 stol per rad. Hvis dette skjer vil kinosalen kun ha plass til 66 stoler. En Lecavegg vil ha en bedre brannklasse enn stål og tre.

5.3.5 Himling

Hvis vi følger løsningen til Cristian Berner er dette en mer generell utforming av en rom-i-rom-konstruksjon. Ved å bruke denne løsningen fremfor løsningen Flagstad informerte oss om, vil vi få et lavere reduksjonstall. Dette er fordi det er lagt inn isolasjon, som tar opp noe mer lydbølger enn luftlaget. Å velge dobbel eller trippel gips vil ikke gjøre de helt store endringene med tanke på reduksjonstallet. Ser vi på reduksjonstall sammenlignet med antall gipslag, vil det ikke gi en lineær graf. Her vil de første lagene ta mest, før lagene vil ta mindre for hvert lag man legger til.

Overgangen mellom himling/tak og veggkonstruksjonen er kritisk. Å feste himlingen til veggkonstruksjonen er noe som er mulig, men det er ikke anbefalt. Det er fordi det vil oppstå vibrasjoner fra lyden som gjør at himlingen vil bevege på seg. Hvis vi fester himlingen til veggen vil hengerne miste en del av sin funksjon, med tanke på at den ikke vil kunne ta opp enkelte frekvenser. Så i overgangen blir det nødvendig å fuge, da vi kan bruke en elastisk fugemasse. Det er viktig at hengerne som er mellom tak og himling blir satt inn rett. Utførelsen av hengerne blir viktig slik at de blir satt inn helt rett og at ingen hengere blir satt inn skjevt. Er det en eller flere hengere som blir satt inn skjevt kan det medføre at reduksjonstallet synker og at kravet om $R_w > 70$ dB ikke blir nådd.

Golvet i 2. etasje bør utføres som et flytende golv for å være sikker på at lydkravet blir nådd. Som vist i resultatene er det vanskelig å vise nøyaktig hva lydkravet kommer til å bli, men gjennom diskusjoner med Åsmund Flagstad og andre fagpersoner skal denne konstruksjonen være god nok til å oppnå $R_w = 70$ dB. Når biblioteket ikke har det samme lyd- og støynivået som kinosalen har er det ikke noe grunn til å bruke spesialklosser her. En elastisk trinnlydmatte etterfulgt av en bærende del er en måte å bygge opp det flytende golvet på. Den elastiske trinnlydmatten skal skille overgolvet fra etasjeskilleren i betong.

5.4 Konklusjon

5.4.1 Lydklasse

Lydklassen er bestemt etter diskusjon i gruppen og veiledning fra Flagstad.

- Krav til lydisolasjon i vegger og golv $R_w = 70$ dB
- Krav til lydisolasjon i himling $R_w = 70$ dB

5.4.2 Romkonstruksjon

Vi har valgt å gå for en rom-i-rom-konstruksjon, og bygge opp kinosalen etter det. Alle beregninger og løsninger som er gjennomført i oppgaven bygger på rom-i-rom. Et ytre konstruksjonsskall, innvendige frittstående vegger, et flytende golv og en fritthengende himling. Ingen av de indre konstruksjonsdelene skal være i kontakt med det ytre skallet.

5.4.3 Golv

Undergolv – 350mm plasstøpt betong B35

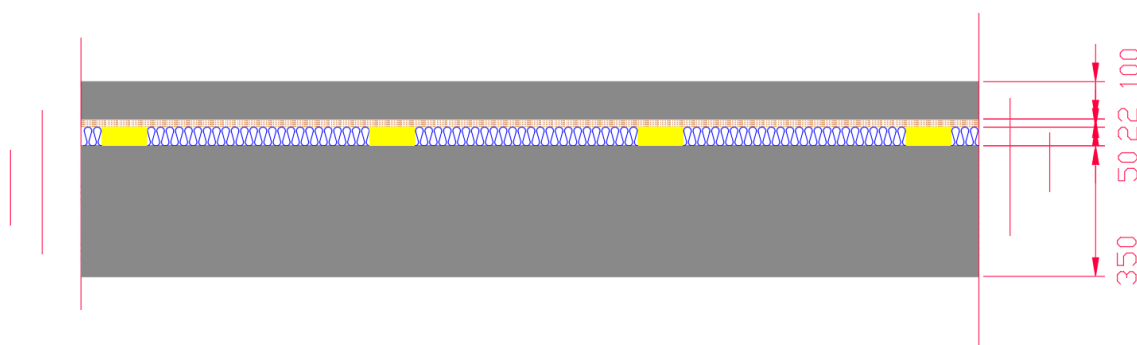
Flytendegolv – Sylodyn NC 120mm x 120mm x 50mm med c/c 600mm, 50mm

isolasjon mellom klossene, 22mm sponplate og 100mm påstøp (uarmert betong).

Valget falt på klosser av Sylodyn pga. sin styrke. Vil man ha en rimeligere pris, kan

Sylomer velges. På toppen av påstøpen kommer det parkett, teppe, gummibelegg

eller lignende. Hvordan byggherre velger å legge klossene under den indre veggen er noe vi ikke har vurdert, men sagt hvordan kan løses.



Figur 5.17 - Prinsipiell oppbygging av golv i kinosal med Sylodyn NC

5.4.4 Indre konstruksjon, vegger

Innervegg	Pris	Byggetid	Brannmotstand	Erfaring	Risiko	Tykkelse
Tre	1	1	3	1	1	3
Stål	2	2	2	3	3	2
Leca	3	3	1	2	2	1

Rangering der 1 er best og 3 er dårligst.

Stenderverk i tre = 10

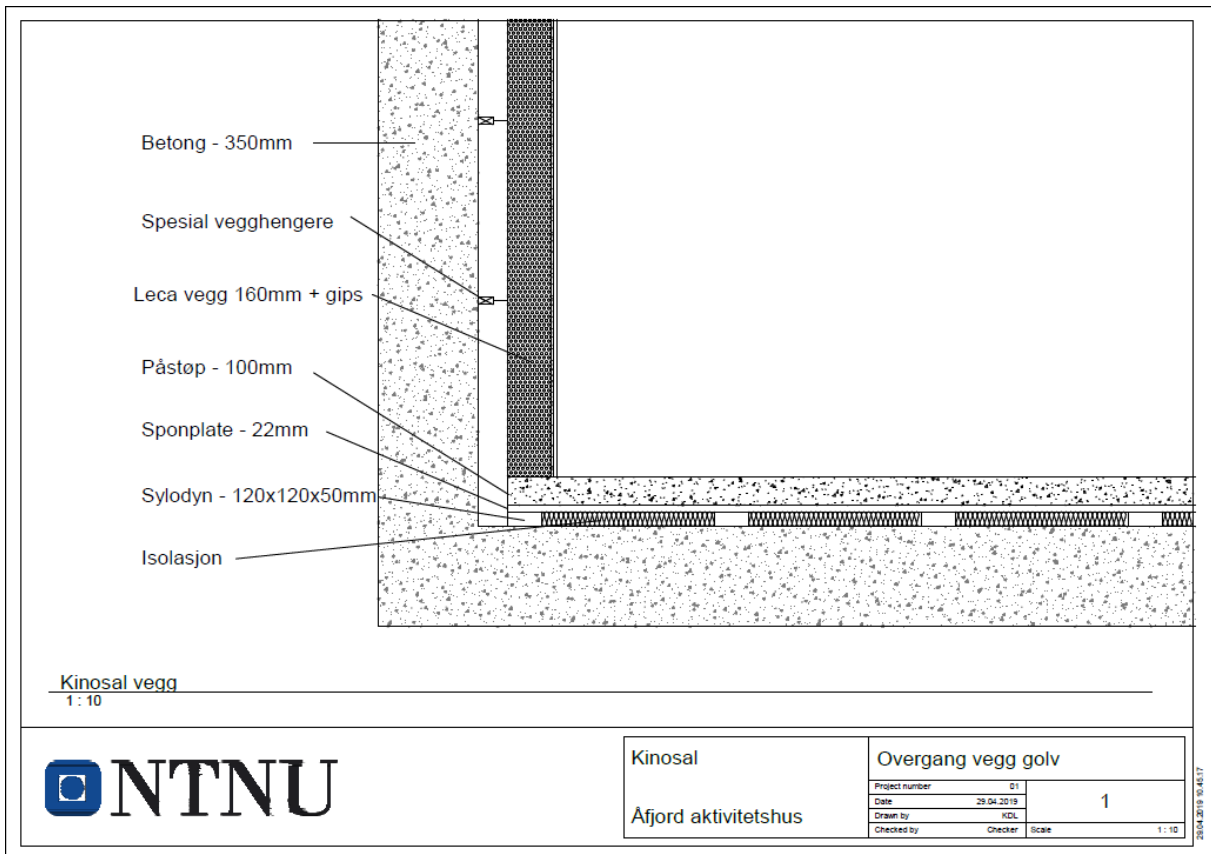
Stenderverk i stål = 15

Leca = 12

Vi skal i vår oppgave finne den beste løsningen. Vi har derfor bare diskutert prisaspektet men ikke tatt det med i vurderingen av hva som er den beste løsningen. Trekker vi fra pris i tabellen kommer Leca best ut.

- Løsningen vi har valgt å gå for er ytre konstruksjon i plasstøpt betong, 350 mm. En indre konstruksjon av murt Leca vegg med puss på en side, 160 mm. med en plate gips på en side, 13 mm. Figur 5.18 viser oppbygningen av valgt vegg med golv.

Vi har valgt å bare se på direkte lysgjennomgang gjennom veggen. Videre anbefales det å vurdere tetting mellom konstruksjonene, ventilasjon i kinosalen og ekstra belegg for å få god akustikk i rommet.



Figur 5.18 - Overgang vegg/golv i kinosal

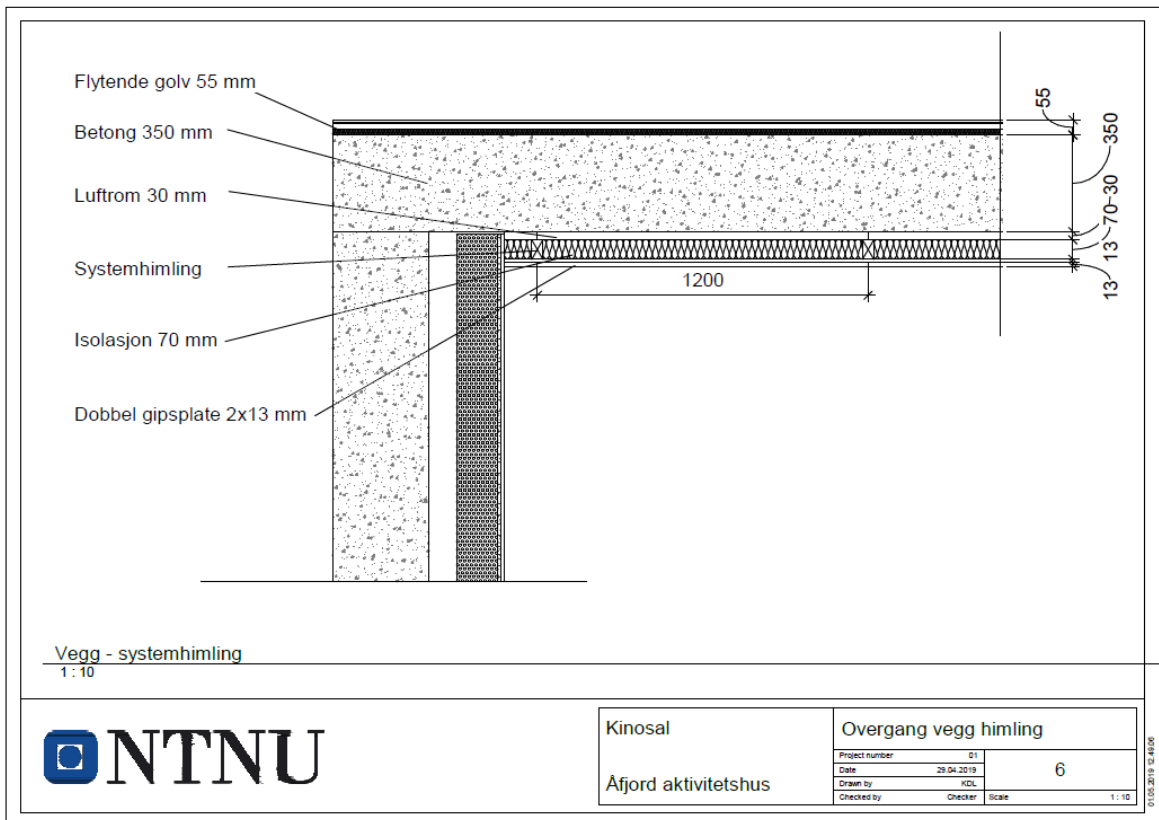
5.4.5 Himling

For å få en best mulig himling uten å ta for mye av takhøyden har vi valgt å bruke en systemhimling som sørger for at man ikke får kontakt med etasjeskilleren. En systemhimling med isolasjon og to platelag gips er løsningen vi har valgt å gå for. Den vil isolere nok mot lyd uten å ta for mye av takhøyden.

Golv til biblioteket i 2.etasje skal utføres som et flytende golv for å sørge for tre uavhengige konstruksjoner som gir den isolasjonsevnen mot lyd vi ønsker. Vi har i figur 5.19 brukt byggforsk sine anbefalinger.

Oppbygning:

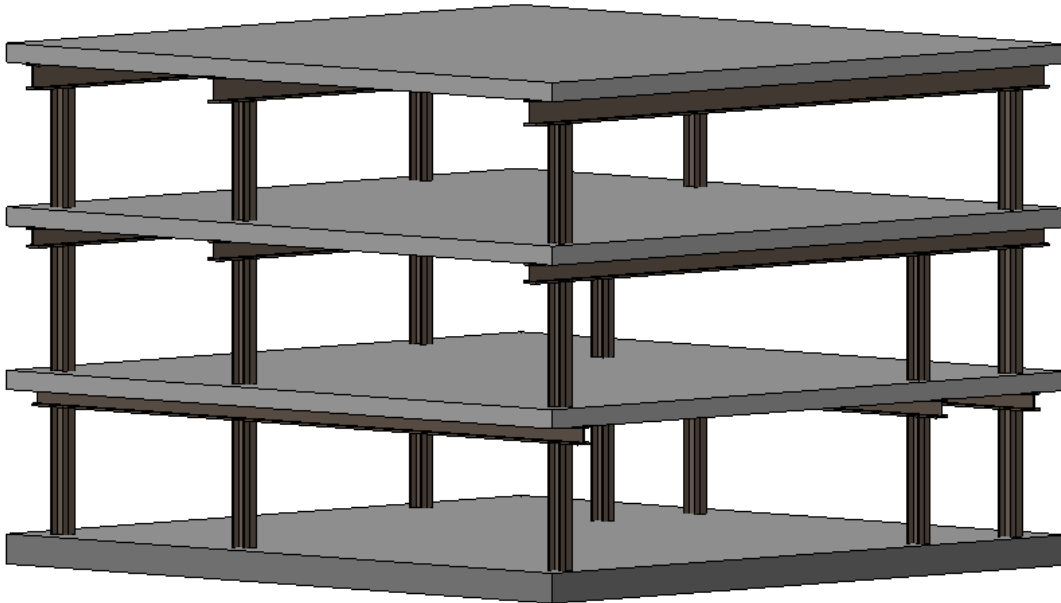
- Systemhimling med spesialprodukter, avstand på c/c 600 mm x c/c 1200 mm. 2 platelag med gips. 70 mm med isolasjon og 30 mm med luft opp mot etasjeskilleren.
- Etasjeskiller i plasstøpt betong, 350 mm.
- Flytende golv i biblioteket. (Hveem, 2009)



Figur 5.19 – Overgang vegg/himling

6 BEREGNINGER

Ved oppstarten av vårt arbeid fikk vi en god del tegninger fra veileder og arkitekt, og løsningene vi valgte er basert på disse tegningene. Avstand mellom søylene, og lengden på bjelkene, er derfor tatt ut fra disse arkitekttegningene.



Figur 6.1 - utsnitt av bygningen med søyler, dekker og bjelker

6.1 Bjelke

Vi har tatt for oss bjelker i plasstøpt betong og i stål. Vi har regnet på ganske store spenn på 8.1 m, 9.35 m og 11.75 m. Betongbjelkene har betongkvalitet B35 med armering med stålfasthet B500C. Stålbjelkene har ulike dimensjoner i de tre etasjene, men alle er H-bjelker.

6.1.1 Metode

Vi har beregnet bjelkene for hånd og utvalgte bjelker i EUROCODEexpress. På denne måten får vi to uavhengige resultater som vi kan sammenligne med hverandre på de mest aktuelle bjelkene.

For betong regnet vi ut alt av laster som virker på bjelken før vi regnet moment i bjelken ut ifra formel:

$$M_{Ed} = \frac{q_{Ed} * L^2}{8}$$

der

q_{Ed} = jevnt fordelt last på bjelken

L = lengden av bjelken

Ut ifra momentet kan vi finne armeringsmengden, samt størrelse på jern og antall jern.

For stål gjør vi innledende det samme som betong hvor vi regner ut alle lastene på bjelken samt momentet i bjelken. Momentet kan brukes til å sjekke om stålfastheten i valgte profil er godkjent, hvis ikke må profilstørrelsen økes for å være sterkt nok til å ta momentet i bjelken.

6.1.2 Resultat

Alle resultatene fra EUROCODEexpress for stålbjelker ligger vedlagt under vedlegg 6-8.

Under følger alle håndberegningene for bjelkene, både stål og betong.

Bjelke kjeller stål:

$$\xi_{\text{HEM300}} := 2.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad h := 0.35\text{m} \quad b := 9.35\text{m} \quad \gamma := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Egenlast: } g := \xi_{\text{HEM300}} + h \cdot b \cdot \gamma = 84.192 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_k := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Nyttelast: } p := q_k \cdot b = 28.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{B1: } q_{Ed} := g \cdot 1.35 + p \cdot 1.05 = 143.112 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{B2: } q_{Ed1} := g \cdot 1.2 + p \cdot 1.5 = 143.106 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

B1 > B2 Velger med det B1 videre

$$L := 8.1\text{m}$$

$$M_{Ed} := \frac{q_{Ed} L^2}{8} = 1.174 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad W := 4080 \cdot 10^3 \text{mm}^3$$

$$f_{yd} := \frac{355\text{MPa}}{1.05} = 338.095 \cdot \text{MPa} > \frac{M_{Ed}}{W} = 287.672 \cdot \text{MPa} \quad \text{OK!}$$

Bjelke 1.etg stål:

$$s_{\text{HEM340}} := 2.48 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad h := 0.35\text{m} \quad b := 9.05\text{m} \quad \gamma := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Egenlast: } g := s_{\text{HEM340}} + h \cdot b \cdot \gamma = 81.668 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_k := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Nyttelast: } p := q_k \cdot b = 27.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{B1: } q_{Ed} := g \cdot 1.35 + p \cdot 1.05 = 138.759 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{B2: } q_{Ed1} := g \cdot 1.2 + p \cdot 1.5 = 138.726 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

B1 > B2 Velger med det B1 videre

$$L := 9.35\text{m}$$

$$M_{Ed} := \frac{q_{Ed} L^2}{8} = 1.516 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$W := 4720 \cdot 10^3 \text{mm}^3$$

$$f_{yd} := \frac{355\text{MPa}}{1.05} = 338.095\text{MPa} > \frac{M_{Ed}}{W} = 321.256\text{MPa}$$

OK!

Bjelke 2.etg stål:

$$S_{HEM450} := 2.63 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad h := 0.3\text{m} \quad b := 9.25\text{m} \quad \gamma := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Egenlast: } g := S_{HEM450} + h \cdot b \cdot \gamma = 72.005 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$s_k := 2.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Nyttelast (snølast): } p := s_k \cdot b = 22.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{B1: } q_{Ed} := g \cdot 1.35 + p \cdot 1.05 = 120.517 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

B1 > B2 Velger med det B1 videre

$$\text{B2: } q_{Ed1} := g \cdot 1.2 + p \cdot 1.5 = 119.706 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L := 11.75\text{m}$$

$$M_{Ed} := \frac{q_{Ed} L^2}{8} = 2.08 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W := 6340 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$f_{yd} := \frac{355\text{MPa}}{1.05} = 338.095\text{MPa} \quad >$$

$$\frac{M_{Ed}}{W} = 328.053\text{MPa} \quad \text{OK!}$$

Som vi ser på resultatene over får vi for stål dimensjonene HEM300, HEM340 og HEM450 for henholdsvis kjeller, 1.etg. og 2.etg. Dette er ganske store dimensjoner, men vi ser det som gunstig på grunn av de store kreftene som virker på bjelkene.

Bjelke kjeller betong:

Egenlast :

$$\text{Bjelken: } b := 0.5\text{m} \quad h := 0.7\text{m}$$

$$\text{Plate: } b_1 := 9.35\text{m} \quad h_1 := 0.3\text{m}$$

$$\gamma := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$g := \gamma \cdot b \cdot h + \gamma \cdot b_1 \cdot h_1 = 78.875 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Nyttelast:

$$q_k := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p := q_k \cdot b_1 = 28.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B1: \quad q_{Ed.1} := g \cdot 1.35 + p \cdot 1.05 = 135.934 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B2: \quad q_{Ed} := g \cdot 1.2 + p \cdot 1.5 = 136.725 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L := 8.1\text{m}$$

$$M_{Ed} := \frac{q_{Ed} L^2}{8} = 1.121 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{35\text{MPa}}{1.5} = 19.833\text{MPa}$$

$$d := \sqrt{\frac{M_{Ed}}{0.275 \cdot f_{cd} \cdot b}} = 641.231\text{mm}$$

$$z := 0.835 \cdot d = 535.428\text{mm} \quad f_{yd} := \frac{500\text{MPa}}{1.15} = 434.783\text{MPa}$$

$$A_{s_n} := \frac{M_{Ed}}{f_{yd} \cdot z} = 4.817 \times 10^3 \text{ mm}^2 \quad A_{s_{\phi 32}} := \pi \cdot (16\text{mm})^2 = 804.248 \text{ mm}^2$$

$$n := \frac{A_{s_n}}{A_{s_{\phi 32}}} = 5.989 \quad \text{Runder opp til 6 jern med } \phi 32$$

$$\phi_{32} := 32\text{mm} \quad \phi_8 := 8\text{mm} \quad c_{\text{nom}} := h - d - \frac{\phi_{32}}{2} - \phi_8 = 34.769\text{mm}$$

Velger $c_{\text{nom}} = 35\text{mm}$ $c_{\text{nom}1} := 35\text{mm}$

$$a_h := \frac{b - 6 \cdot \phi_{32} - 2 \cdot c_{\text{nom}1} - 2 \cdot \phi_8}{5} = 44.4\text{mm}$$

Bjelke 1.etg betong:

Egenlast :

$$\begin{aligned} \text{Bjelken: } & b := 0.7\text{m} & h &:= 0.7\text{m} \\ \text{Plate: } & b_1 := 9.05\text{m} & h_1 &:= 0.3\text{m} \end{aligned}$$

$$\gamma := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$g := \gamma \cdot b \cdot h + \gamma \cdot b_1 \cdot h_1 = 80.125 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Nyttelast:

$$q_k := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad p := q_k \cdot b_1 = 27.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B1: q_{Ed,1} := g \cdot 1.35 + p \cdot 1.05 = 136.676 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B2: q_{Ed,2} := g \cdot 1.2 + p \cdot 1.5 = 136.875 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L := 9.35\text{m}$$

$$M_{Ed} := \frac{q_{Ed} L^2}{8} = 1.496 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{35\text{MPa}}{1.5} = 19.833\text{MPa}$$

$$d := \sqrt{\frac{M_{Ed}}{0.275 \cdot f_{cd} \cdot b}} = 625.915\text{mm}$$

$$z := 0.835 \cdot d = 522.639\text{mm} \quad f_{yd} := \frac{500\text{MPa}}{1.15} = 434.783\text{MPa}$$

$$A_{s_n} := \frac{M_{Ed}}{f_{yd} \cdot z} = 6.582 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2 \quad A_{s_{\phi 32}} := \pi \cdot (16\text{mm})^2 = 804.248\text{mm}^2$$

$$n := \frac{A_{s_n}}{A_{s_{\phi 32}}} = 8.185 \quad \text{Runder opp til 9 jern med } \phi 32$$

$$\phi_{32} := 32\text{mm} \quad \phi_8 := 8\text{mm} \quad c_{\text{nom}} := h - d - \frac{\phi_{32}}{2} - \phi_8 = 50.085\text{mm}$$

$$\text{Velger } c_{\text{nom}} = 50\text{mm} \quad c_{\text{nom1}} := 50\text{mm}$$

$$a_h := \frac{b - 9 \cdot \phi_{32} - 2 \cdot c_{\text{nom1}} - 2 \cdot \phi_8}{8} = 37\text{mm}$$

Vi ser ut ifra håndberegningene at dimensjonene på betongbjelkene ble veldig store, og valgte derfor å droppe å inkludere beregningene for 2.etg betong da spennvidden her er enda større enn hos kjeller og 1.etg, og dimensjonene ville blitt ekstremt store.

Nedbøyning HEM 300-bjelke kjeller:

Antar fast innspent 1 side:

$$\begin{aligned} B &:= 9.35\text{m} & \gamma_b &:= 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} & h &:= 0.35\text{m} & \gamma_{Gj} &:= 1.0 & \gamma_{Q1} &:= 0.7 \\ L &:= 8100\text{mm} & E &:= 2.1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} & I &:= 592 \cdot 10^6 \text{mm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{Nyttelast:} \quad p := B \cdot 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 28.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Egenvekt bjelke:} \quad G_{bj} := 2.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Egenvekt dekke:} \quad G_d := \gamma_b \cdot h \cdot B = 81.813 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Egenlast:} \quad G := G_{bj} + G_d = 84.192 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q := G \cdot \gamma_{Gj} + p \cdot \gamma_{Q1} = 103.828 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$y_{\text{max}} := \frac{q \cdot L^4}{185 \cdot E \cdot I} = 19.433 \text{mm} < \frac{L}{300} = 27 \text{mm} \quad \rightarrow \text{OK!}$$

Under sjekker vi om slakhetskravene etter NS-EN 1993-1-1 for både flensene og stegene. Vi bestemmer hvilken tverrsnittsklasse flensene og stegene befinner seg i.

HEM 300:

Flens:

$$b_1 := 310\text{mm} \quad s := 21\text{mm} \quad r := 27\text{mm} \quad t_1 := 39\text{mm}$$

$$c_{1f} := \left(\frac{b_1}{2}\right) - \left(\frac{s}{2}\right) - r = 117.5\text{mm} \quad f_y := 355\text{MPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235\text{MPa}}{f_y}} = 0.814$$

$$\frac{c_{1f}}{t_1} = 3.013 < \varepsilon \cdot 9 = 7.323 \quad \rightarrow \quad \text{Tverrsnittsklasse 1}$$

Steget:

$$h_1 := 340\text{mm}$$

$$c_{1s} := h_1 - 2 \cdot (t_1 + r) = 208\text{mm}$$

$$\frac{c_{1s}}{s} = 9.905 < \varepsilon \cdot 72 = 58.58 \quad \rightarrow \quad \text{Tverrsnittsklasse 1}$$

HEM 340:

Flens:

$$b_2 := 309\text{mm} \quad t_2 := 40\text{mm}$$

$$c_{2f} := \left(\frac{b_2}{2}\right) - \left(\frac{s}{2}\right) - r = 117\text{mm}$$

$$\frac{c_{2f}}{t_2} = 2.925 < \epsilon \cdot 9 = 7.323 \quad \rightarrow \quad \text{Tverrsnittsklasse 1}$$

Steget:

$$h_2 := 377\text{mm}$$

$$c_{2s} := h_2 - 2 \cdot (t_2 + r) = 243\text{mm}$$

$$\frac{c_{2s}}{s} = 11.571 < \epsilon \cdot 72 = 58.58 \quad \rightarrow \quad \text{Tverrsnittsklasse 1}$$

HEM 450:

Flens:

$$b_3 := 307\text{mm} \quad t_3 := 40\text{mm}$$

$$c_{3f} := \left(\frac{b_3}{2}\right) - \left(\frac{s}{2}\right) - r = 116\text{mm}$$

$$\frac{c_{3f}}{t_3} = 2.9 < \epsilon \cdot 9 = 7.323 \quad \rightarrow \quad \text{Tverrsnittsklasse 1}$$

Steget:

$$h_3 := 478\text{mm}$$

$$c_{3s} := h_3 - 2 \cdot (t_3 + r) = 344\text{mm}$$

$$\frac{c_{3s}}{s} = 16.381 < \epsilon \cdot 72 = 58.58 \quad \rightarrow \quad \text{Tverrsnittsklasse 1}$$

Avstivning av stålbejelke i kjeller

$$b := 24\text{mm} \quad h := 280\text{mm} \quad b_1 := 160\text{mm} \quad h_1 := 21\text{mm}$$

$$H := 340\text{mm} \quad t := 39\text{mm} \quad \gamma_m := 1.05$$

$$l_k := H - (2 \cdot t) = 262\text{mm} \quad f_y := 355\text{MPa} \quad E := 2.1 \cdot 10^5\text{MPa}$$

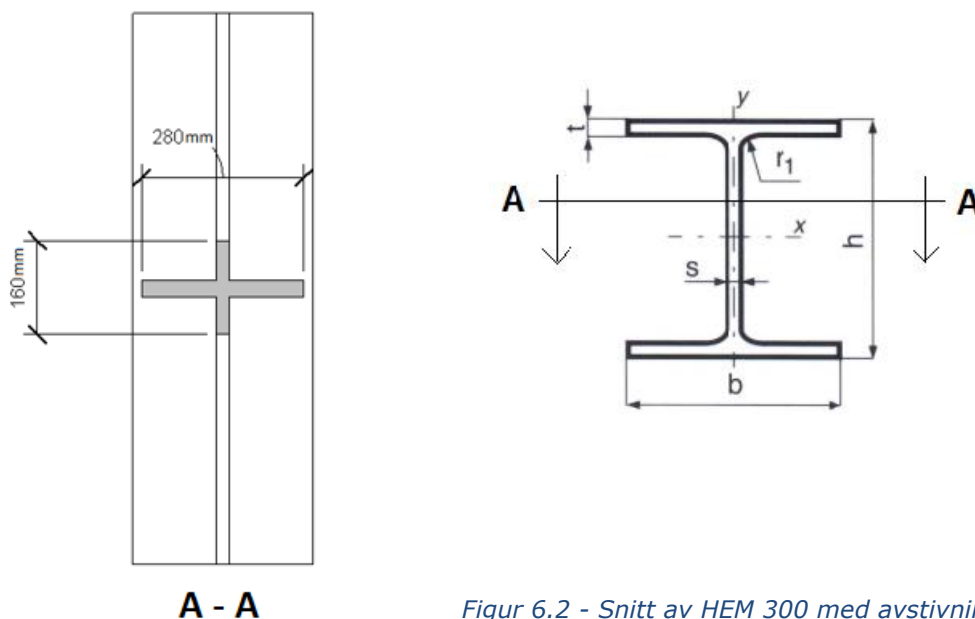
$$I := \frac{1 \cdot b \cdot h^3}{12} = 4.39 \times 10^7\text{mm}^4 \quad A := b \cdot h + (b_1 \cdot h_1) = 1.008 \times 10^4\text{mm}^2$$

$$i := \sqrt{\frac{I}{A}} = 65.997\text{mm}$$

$$\lambda_y := \left(\frac{l_k}{\pi \cdot i} \right) \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0.052 \quad \rightarrow \quad \chi_y := 1.0$$

$$N_{bRd} := \chi_y \cdot \left(\frac{f_y}{\gamma_m} \right) \cdot A = 3.408 \times 10^3\text{kN} \quad > \quad N_{Ed} := 3372.8\text{kN} \quad \rightarrow \quad \text{OK!}$$

Vi ser at et element med målene 24 mm x 280 mm på tvers av steget vil avstive bejelken nok til at den tåler belastningene. Dette er vist i figur 6.2



Figur 6.2 - Snitt av HEM 300 med avstivning skravert

6.1.3 Diskusjon

Bjelkene kan enten utføres i stål eller betong. Det finnes både fordeler og ulemper med begge alternativene, så vi må derfor vurdere hva som er det beste valget for vår del. For plasstøpt betong vil vi være avhengig av svært store dimensjoner for å ta opp de nødvendige lastene. Så store dimensjoner vil ta stor plass og går dermed utover rommets høyde. Her vil stålbjelker bygge mye mindre og gi bedre plass til andre ting. Sett fra et økonomisk perspektiv vil plasstøpt betong være bedre enn stål, da det er et rimeligere material. Ser vi på byggetid vil plasstøpt ta en del lengere tid enn stål. Alt sett under ett vil stål være det beste valget, da betongbjelkene vil bli alt for store til at det blir en fornuftig løsning.

Stålbjelkene kommer i mange forskjellige former og fasonger. Vi har valgt å se på H-bjelker, da vi ble anbefalt disse av vår veileder innen konstruksjon her på skolen. H-bjelkene kommer også i ulike typer og dimensjoner. De tre hovedtypene som vi har vurdert er HEA-, HEB- og HEM-bjelker, som alle kommer i flere ulike dimensjoner.



Figur 6.3 - H-bjelke

HEA-bjelken er den minste av disse tre.

Fordelene med HEA-bjelkene er at de er ganske lette i forhold til andre, lignende profiler. Ulempen

blir jo derfor at de er mye svakere enn de andre to. HEB-bjelken er større enn HEA og derfor også både sterkere og tyngre. Dette er en ganske vanlig bjelketype, men i vårt tilfelle blir den fortsatt for svak. Den siste, og største, av de tre er HEM-bjelken. Dette er en bjelke som har veldig tykke flenser og steg i forhold til begge de to andre, og veier dermed også vesentlig mer. Dette er et spesialprofil som ikke er fullt så vanlig, og som er relativt kostbart, men spennviddene i bygget vårt er likevel så store at beregningene våre har vist at det kan være gunstig med såpass kraftige profiler for å ta opp den store lasten som bjelkene blir påført.

Vanligvis ville bjelkedimensjonen kunne blitt lik i de ulike etasjene, så lenge nyttelastene er relativt like. Her er derimot spennviddene økende for hver etasje, med henholdsvis 8.1 m, 9.35 m og 11.75 m for kjeller, 1.etg og 2.etg. Dette medfører at bjelkedimensjonene også må øke for hver etasje for å ta hensyn til det økende momentet.

Om vi skulle regne plastisk eller elastisk var også noe vi måtte diskutere. Derfor regnet vi på slankhetskravene til stålprofilene, hvor vi fant ut at alle profilene lå i tverrsnittsklasse 1. Siden våre profiler kom i tverrsnittsklasse 1, vil profilet

opprettholde sin styrke selv om det får en betydelig plastisk deformasjon. Hadde profilene våre havnet i tverrsnittsklasse 3 eller 4 måtte vi ha regnet dette elastisk.

Avstivning av bjelken er noe vi ser på som nødvendig på grunn av de store trykkreftene som blir påført på bjelken. Her skal det støpes betong slik vist på figur 6.2 i resultatene under avstivning av bjelke.

I våre beregninger har vi sett bort fra noen faktorer som kan gi endring i størrelse på våre elementer. Vi har ikke tatt hensyn til brann, noe som egentlig må gjøres. Vi har også sett bort i fra vindlast og seismisklast, noe vår veileder anså som ikke nødvendig på grunn av byggets høyde i forhold til byggets fotavtrykk.

6.1.4 Konklusjon

Vi har valgt å gå for stålbjelker med disse dimensjonene:

Kjeller	-	HEM 300
1.etg	-	HEM 340
2.etg	-	HEM 450

Vi har valgt å bruke stålbjelker istedenfor betongbjelker for å unngå de store dimensjonene betong ville ha gitt. Hvis vi skulle valgt betongbjelker ville det ha krevd så mye av romhøyden at vi vurderte det til å være et ugunstig alternativ.

Grunnen til at størrelsen på profilene øker for hver etasje er at spennvidden på de aktuelle bjelkene øker for hver etasje.

Resultantene fra håndberegningene samsvarer med resultatene vi fikk fra EUROCODEexpress, og vi kan med det bekrefte at vi har regnet rett.

På grunn av at våre bjelker havnet i tverrsnittsklasse 1, spiller det ingen rolle om vi regner plastisk eller elastisk. Vi har dog valgt å regne plastisk.

6.2 Søyle

Søylen vi har tatt for oss står i parkeringskjelleren med søyler i etasjene over stående i samme posisjon. Søylen påvirkes derfor av laster fra kjeller og helt opp til taket. Søylen vi har valgt er den med størst belastningsareal i overliggende etasjer. Søylen er beregnet i både stål og betong.

6.2.1 Metode

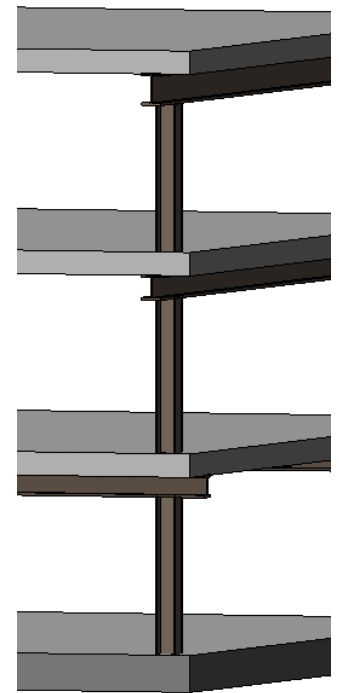
Vi startet med å finne belastningsareal i de tre etasjene. På grunn av ulik plassering av bærende konstruksjoner i alle etasjene, vil belastningsarealet være ulikt i alle etasjene. Videre finner vi alle lastene som virker på søylen: bjelkene, etasjeskillere og tak, nyttelaster og snølast. For den dominerende nyttelasten må vi også multiplisere med arealreduksjonsfaktor. Disse lastene danner sammen den totale aksiallasten i søylen, som er felles for både stål og betong. På grunn av ulik spennvidde på bjelkene på hver side av søylen, vil vi få et moment i søylen, og det er dermed ikke nødvendig å regne med full nyttelast på den ene siden og halv nyttelast på andre siden for å framprovosere et moment i søylen. For å finne momentet i søylen benyttet vi oss av crossmetoden. Når vi skal finne forholdstallet i Crossmetode-beregningen bruker vi formel:

$$r = \frac{3 \cdot E \cdot I \cdot \varphi}{l}$$

denne gjelder for et system som er fritt opplagt.

Videre sjekket vi søylen for vipping og knekking. Tilslutt brukte vi denne interaksjonsformelen for å finne ut om søylen tålte all belastningen (moment og aksiallast):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{bRd}} + k_{yy} \frac{M_{Ed}}{X_{LT} \cdot W_{y,pl} \cdot f_{yd}}$$



Figur 6.4 - søyle p-kjeller med overliggende bjelker, etasjeskillere og søyler

Betegnelse	For bøyingsakse								I_t mm ⁴ x10 ³	I_w mm ⁶ x10 ⁹
	y - y				z - z					
	I_y mm ⁴ x10 ⁶	$W_{el,y}$ mm ³ x10 ³	i_y mm	$W_{pl,y}$ mm ³ x10 ³	I_z mm ⁴ x10 ⁶	$W_{el,z}$ mm ³ x10 ³	i_z mm	$W_{pl,z}$ mm ³ x10 ³		
HE 100 B	4,5	88,9	41,6	104	1,67	33,5	25,3	50	92,9	3,375
HE 120 B	8,64	144	50,4	165	3,18	52,9	30,6	79,2	139	9,41
HE 140 B	15,1	216	59,3	246	5,5	78,5	35,8	118	201	22,48
HE 160 B	24,9	311	67,8	354	8,89	111	40,5	166	314	47,94
HE 180 B	38,3	426	76,6	482	13,6	151	45,7	227	423	93,75
HE 200 B	57	570	85,4	642	20	200	50,7	300	595	171,1
HE 220 B	80,9	736	94,3	828	28,4	258	55,9	387	768	295,4
HE 240 B	112,6	938	103	1054	39,2	327	60,8	490	1030	486,9
HE 260 B	149,2	1150	112	1282	51,3	395	65,8	592	1240	753,7
HE 280 B	192,7	1380	121	1534	65,9	471	70,9	706	1440	1130
HE 300 B	251,7	1680	130	1868	85,6	571	75,8	855	1860	1688

Figur 6.5 – dimensjoner for varmvalsede HE-B-bjelker etter EURONORM 53

Betegnelse	Masse kg/m ¹	Mål i mm						Tverr- snitt mm ² x10 ³
		H	B	s	t	r	h_1 ²⁾	
HE 100 B	20,4	100	100	6	10	12	56	2,6
HE 120 B	26,7	120	120	6,5	11	12	74	3,4
HE 140 B	33,7	140	140	7	12	12	92	4,3
HE 160 B	42,6	160	160	8	13	15	104	5,43
HE 180 B	51,2	180	180	8,5	14	15	122	6,53
HE 200 B	61,3	200	200	9	15	18	134	7,81
HE 220 B	71,5	220	220	9,5	16	18	152	9,1
HE 240 B	83,2	240	240	10	17	21	164	10,6
HE 260 B	93	260	260	10	17,5	24	177	11,8
HE 280 B	103	280	280	10,5	18	24	196	13,1
HE 300 B	117	300	300	11	19	27	208	14,9

Figur 6.6 - dimensjoner for varmvalsede HE-B-bjelker etter EURONORM 53

Fasthetsklasse	B20-B45	B55	B65	B75	B85-B95
$\alpha = x/d$	0,412	0,383	0,359	0,346	0,342

Figur 6.7 - verdi av α for B20-B95 med armering B500C

6.2.2 Resultat

Her har vi beregnet søylen for hånd både i stål og betong. For begge alternativene har vi brukt crossmetoden, og for stål har vi også tatt for oss vipping og knekking om søylens sterke akse.

Vi har regnet dette systemet som fritt opplagt for å være på den sikre siden, noe som gjør at vi antageligvis har overdimensjonert søylen noe. På grunn av at vi har en bjelke som fortsetter over søylen, ville det antageligvis vært mer korrekt å regne bjelken som fast innspent. Dette ville imidlertid gitt en søyle som hadde vært i grenseland.

Når vi skulle regne på betong antok vi at det var normalarmert betong og satte derfor $\alpha = 0,412$, på grunn av at vi har fasthetsklasse B35.

Stålsøyle:

$$A_1 := 60.31 \text{ m}^2 \quad A_2 := 84.62 \text{ m}^2 \quad A_3 := 97.59 \text{ m}^2$$

$$g_1 := 2.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad g_2 := 2.48 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad g_3 := 2.63 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L_{1.} := 9.35 \text{ m} \quad L_2 := 11.75 \text{ m}$$

Bjelke kjeller: $B_k := g_1 \cdot L_{1.} = 22.253 \text{ kN}$

Bjelke 1. etg.: $B_1 := g_2 \cdot L_{1.} = 23.188 \text{ kN}$

Bjelke 2. etg.: $B_2 := g_3 \cdot L_2 = 30.902 \text{ kN}$

$$\gamma := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad h := 0.35 \text{ m} \quad h_1 := 0.3 \text{ m}$$

Dekke 1. etg.: $G_{D1} := \gamma \cdot h \cdot A_1 = 527.712 \text{ kN}$

Dekke 2. etg.: $G_{D2} := \gamma \cdot h \cdot A_2 = 740.425 \text{ kN}$

Tak: $G_T := \gamma \cdot h_1 \cdot A_3 = 731.925 \text{ kN}$

$$q_k := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Arealreduksjonsfaktor: $\alpha_{A1} := 0.5 + \frac{15 \cdot \text{m}^2}{A_1} = 0.749 \quad \alpha_{A2} := 0.5 + \frac{15 \text{ m}^2}{A_2} = 0.677$

Nyttelast 1. etg.: $p_1 := q_k \cdot A_1 \cdot \alpha_{A1} = 135.465 \text{ kN}$

Nyttelast 2. etg.: $p_2 := q_k \cdot A_2 \cdot \alpha_{A2} = 171.93 \text{ kN}$

$$s_k := 2.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Snølast: $s := s_k \cdot A_3 = 234.216 \text{ kN}$

$$g := B_k + B_1 + B_2 + G_{D1} + G_{D2} + G_T = 2.076 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$p := p_1 + p_2 = 307.395 \text{ kN}$$

B1: $N_{Ed} := g \cdot 1.35 + p \cdot 1.05 + s \cdot 1.05 = 3.372 \times 10^3 \text{ kN}$

B2: $N_{Ed.1} := g \cdot 1.2 + p \cdot 1.5 + s \cdot 1.05 = 3.199 \times 10^3 \text{ kN}$

$$q_k := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad L_1 := 9.35\text{m} \quad l_1 := 8.1\text{m} \quad l_2 := 4.8\text{m} \quad l_3 := 2.91\text{m}$$

$$q := q_k \cdot L_1 = 28.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Bjelke: } I_{yB} := 592 \cdot 10^6 \text{mm}^4 \quad \text{Søyle: } I_{yS} := 251.7 \cdot 10^6 \text{mm}^4$$

$$M_{AC} := \frac{q \cdot l_1^2}{8} = 230.045 \text{kN}\cdot\text{m} \quad M_{BC} := \frac{q \cdot l_2^2}{8} = 80.784 \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$E := 2.1 \cdot 10^5 \text{MPa} \quad \varphi := 1$$

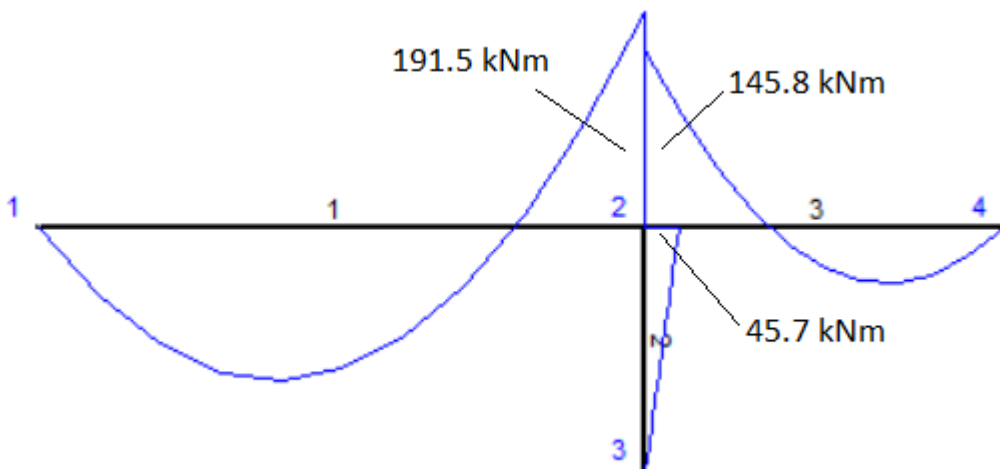
$$r_{AC} := \frac{\frac{3E \cdot I_{yB} \cdot \varphi}{l_1}}{\frac{3E \cdot I_{yB} \cdot \varphi}{l_1} + \frac{3E \cdot I_{yB} \cdot \varphi}{l_2} + \frac{3E \cdot I_{yS} \cdot \varphi}{l_3}} = 0.258$$

$$r_{BC} := \frac{\frac{3E \cdot I_{yB} \cdot \varphi}{l_2}}{\frac{3E \cdot I_{yB} \cdot \varphi}{l_1} + \frac{3E \cdot I_{yB} \cdot \varphi}{l_2} + \frac{3E \cdot I_{yS} \cdot \varphi}{l_3}} = 0.436$$

$$r_{DC} := \frac{\frac{3E \cdot I_{yS} \cdot \varphi}{l_3}}{\frac{3E \cdot I_{yB} \cdot \varphi}{l_1} + \frac{3E \cdot I_{yB} \cdot \varphi}{l_2} + \frac{3E \cdot I_{yS} \cdot \varphi}{l_3}} = 0.306$$

	AC (bjelke)	BC (bjelke)	DC (søyle)
$r=$	0,258	0,436	0,306
230,1 kN=1,0	1	0	0
$\Delta M1$	-0,258	-0,436	-0,306
Σ	0,742	-0,436	-0,306
1)	170,7	-100,3	-70,4
80,78kN=1,0	0	-1	0
$\Delta M2$	0,258	0,436	0,306
Σ	0,258	-0,564	0,306
2)	20,8	-45,5	24,7
$\Sigma 1)+2)$ (kNm)	191,5	-145,8	-45,7

Figur 6.8 – Crosstabell for utregning av moment i stålsøyle



Figur 6.9 - momentdiagram fra crossmetoden (ikke i målestokk. Ment for visualisering)

Vipping søyle (HEB 300):

Dobbeltsymmetri og angriper skjærsenter: $\rightarrow z_g = z_j = 0$

$$k_w := 1 \quad E := 2.1 \cdot 10^5 \text{ MPa} \quad I_w := 1688 \cdot 10^9 \text{ mm}^6 \quad G := 8 \cdot 10^4 \text{ MPa} \quad I_t := 1860 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$L := 2.91 \text{ m} \quad I_z := 85.6 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad f_y := 355 \text{ MPa} \quad w_{y,el} := 1680 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$k_{wt} := \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = 1.666$$

$$\psi := 0 \quad C_1 := (0.31 + 0.428\psi + 0.262\psi^2)^{-0.5} = 1.796$$

$$M_{0cr} := \frac{\pi}{L} \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t} = 1.766 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \mu_{cr} := C_1 \cdot \sqrt{1 + k_{wt}^2} = 3.49$$

$$M_{cr} := M_{0cr} \cdot \mu_{cr} = 6.163 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{f_y \cdot w_{y,el}}{M_{cr}}} = 0.311 \quad \rightarrow \quad \text{Kurve b} \quad \rightarrow \quad \chi_{LT} > 1 \quad \rightarrow \quad \text{Bruker:} \quad \chi_{LT} := 1$$

Knekking:

$$L_k := 2.91 \text{ m} \quad i_y := 130 \text{ mm}$$

$$\lambda_y := \frac{L_k}{i_y} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0.293$$

$$h := 0.3 \text{ m} \quad b := 0.3 \text{ m}$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1.2 \quad t = 19 < 100 \quad \rightarrow \quad \text{Kurve b} \quad \rightarrow \quad \chi_y := 0.96$$

$$c_{my} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi = 0.6 \quad f_{yd} := \frac{355 \text{ MPa}}{1.05} = 338.095 \text{ MPa} \quad A_T := 14.9 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$N_{bRd} := \chi_y \cdot f_{yd} \cdot A_T = 4.836 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$N_{Ed} := 3.372 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$k_{yy} := c_{my} \left(1 + 0.6 \cdot \lambda_y \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{bRd}} \right) = 0.674 \quad M_{Ed} := 45.7 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad w_{y,pl} := 1868 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{bRd}} + k_{yy} \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot w_{y,pl} \cdot f_{yd}} = 0.746 < 1,0 \rightarrow \text{OK!}$$

Vi ser at resultatet fra interaksjonsformelen blir < 1.0 og stålprofilet er dermed godkjent.

Betongsøyle:

$$A_1 := 60.31 \text{ m}^2 \quad A_2 := 84.62 \text{ m}^2 \quad A_3 := 97.59 \text{ m}^2$$

$$g_1 := 2.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad g_2 := 2.48 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad g_3 := 2.63 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L_1 := 9.35 \text{ m} \quad L_2 := 11.75 \text{ m}$$

Bjelke kjeller: $B_k := g_1 \cdot L_1 = 22.253 \text{ kN}$

Bjelke 1. etg.: $B_1 := g_2 \cdot L_1 = 23.188 \text{ kN}$

Bjelke 2. etg.: $B_2 := g_3 \cdot L_2 = 30.902 \text{ kN}$

$$\gamma := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad h := 0.35 \text{ m} \quad h_1 := 0.3 \text{ m}$$

Dekke 1. etg.: $G_{D1} := \gamma \cdot h \cdot A_1 = 527.712 \text{ kN}$

Dekke 2. etg.: $G_{D2} := \gamma \cdot h \cdot A_2 = 740.425 \text{ kN}$

Tak: $G_T := \gamma \cdot h_1 \cdot A_3 = 731.925 \text{ kN}$

$$q_k := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Arealreduksjonsfaktor: $\alpha_{A1} := 0.5 + \frac{15 \cdot \text{m}^2}{A_1} = 0.749$ $\alpha_{A2} := 0.5 + \frac{15 \text{ m}^2}{A_2} = 0.677$

Nyttelast 1. etg.: $p_1 := q_k \cdot A_1 \cdot \alpha_{A1} = 135.465 \text{ kN}$

Nyttelast 2. etg.: $p_2 := q_k \cdot A_2 \cdot \alpha_{A2} = 171.93 \text{ kN}$

$$s_k := 2.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Snølast: $s := s_k \cdot A_3 = 234.216 \text{ kN}$

$$g := B_k + B_1 + B_2 + G_{D1} + G_{D2} + G_T = 2.076 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$p := p_1 + p_2 = 307.395 \text{ kN}$$

B1: $N_{Ed} := g \cdot 1.35 + p \cdot 1.05 + s \cdot 1.05 = 3.372 \times 10^3 \text{ kN}$

B2: $N_{Ed.1} := g \cdot 1.2 + p \cdot 1.5 + s \cdot 1.05 = 3.199 \times 10^3 \text{ kN}$

B1 > B2 --> Velger B1

Antar normalarmert betong og kan med det sette $\alpha=0,412$

$$\alpha := 0.412 \quad E_{cm} := 3.4 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_s := 2.1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Prøver med } 4\phi 25: A_s := 1963.5 \text{mm}^2$$

$$\varphi_8 := 8 \text{mm} \quad \varphi_{25} := 25 \text{mm} \quad c_{nom} := 35 \text{mm}$$

$$h := 300 \text{mm} \quad b := 300 \text{mm} \quad d := h - c_{nom} - \varphi_8 - \frac{\varphi_{25}}{2} = 244.5 \text{mm}$$

$$I_{s2} := \left[A_s \cdot [(1 - \alpha) \cdot d]^2 \right] = 4.058 \times 10^7 \text{mm}^4 \quad I_{c2} := \frac{b \cdot (\alpha \cdot d)^3}{3} = 1.022 \times 10^8 \text{mm}^4$$

$$EI_s := I_{s2} \cdot E_s + I_{c2} \cdot E_{cm} = 1.2 \times 10^{13} \text{N} \cdot \text{mm}^2$$

$$q_k := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad L_1 := 9.35 \text{m} \quad l_1 := 8.1 \text{m} \quad l_2 := 4.8 \text{m} \quad l_3 := 2.91 \text{m}$$

$$q := q_k \cdot L_1 = 28.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Bjelke: } I_{yB} := 592 \cdot 10^6 \text{mm}^4 \quad \text{Søyle: } I_{yS} := 251.7 \cdot 10^6 \text{mm}^4$$

$$M_{AC} := \frac{q \cdot l_1^2}{8} = 230.045 \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{BC} := \frac{q \cdot l_2^2}{8} = 80.784 \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$E_s := 2.1 \cdot 10^5 \text{MPa} \quad \varphi := 1$$

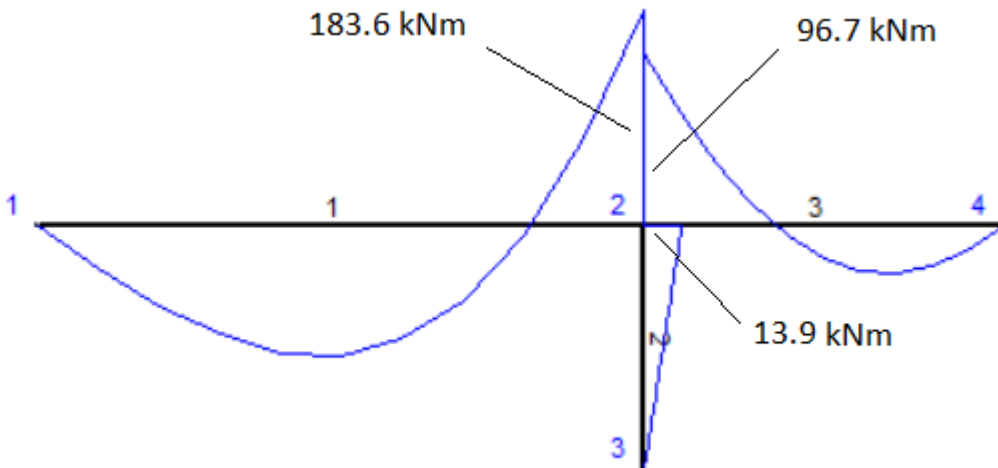
$$r_{AC} := \frac{\frac{3E_s \cdot I_{yB} \cdot \varphi}{l_1}}{\frac{3E_s \cdot I_{yB} \cdot \varphi}{l_1} + \frac{3 \cdot E_s \cdot I_{yB} \cdot \varphi}{l_2} + \frac{3 \cdot EI_s \cdot \varphi}{l_3}} = 0.338$$

$$r_{BC} := \frac{\frac{3E_s \cdot I_{yB} \cdot \varphi}{l_2}}{\frac{3E_s \cdot I_{yB} \cdot \varphi}{l_1} + \frac{3 \cdot E_s \cdot I_{yB} \cdot \varphi}{l_2} + \frac{3 \cdot EI_s \cdot \varphi}{l_3}} = 0.571$$

$$r_{DC} := \frac{\frac{3EI_s \cdot \varphi}{l_3}}{\frac{3E_s \cdot I_{yB} \cdot \varphi}{l_1} + \frac{3 \cdot E_s \cdot I_{yB} \cdot \varphi}{l_2} + \frac{3 \cdot EI_s \cdot \varphi}{l_3}} = 0.091$$

	AC (bjelke)	BC (bjelke)	DC (søyle)
r=	0,388	0,571	0,091
230,05=1,0	1	0	0
ΔM1	-0,388	-0,571	-0,091
∑	0,662	-0,571	-0,091
1)	152,29	-131,36	-20,93
80,78=1,0	0	-1	0
ΔM2	0,388	0,571	0,091
∑	0,388	-0,429	0,091
2)	31,34	34,65	7,35
∑1)+2)	183,63	-96,71	-13,85

Figur 6.10 - crosstabell for utregning av moment i betongsøyle



Figur 6.11 - momentdiagram fra crossmetoden. (ikke i målestokk. Ment for visualisering)

$$M_{Ed} := 13.85 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$d_2 := c_{nom} + \varphi_8 + \frac{\varphi_{25}}{2} = 55.5 \text{ mm}$$

$$\frac{d_2}{h} = 0.185 \quad \text{Velger med det} \rightarrow \quad \frac{d_2}{h} = 0.20$$

$$\frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{ck}} = 1.07$$

$$\rightarrow \quad w := 0.77$$

$$\frac{M_{Ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{ck}} = 0.015$$

$$A_{sn} := \frac{w \cdot b \cdot h \cdot f_{ck}}{f_{yk}} = 4.851 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

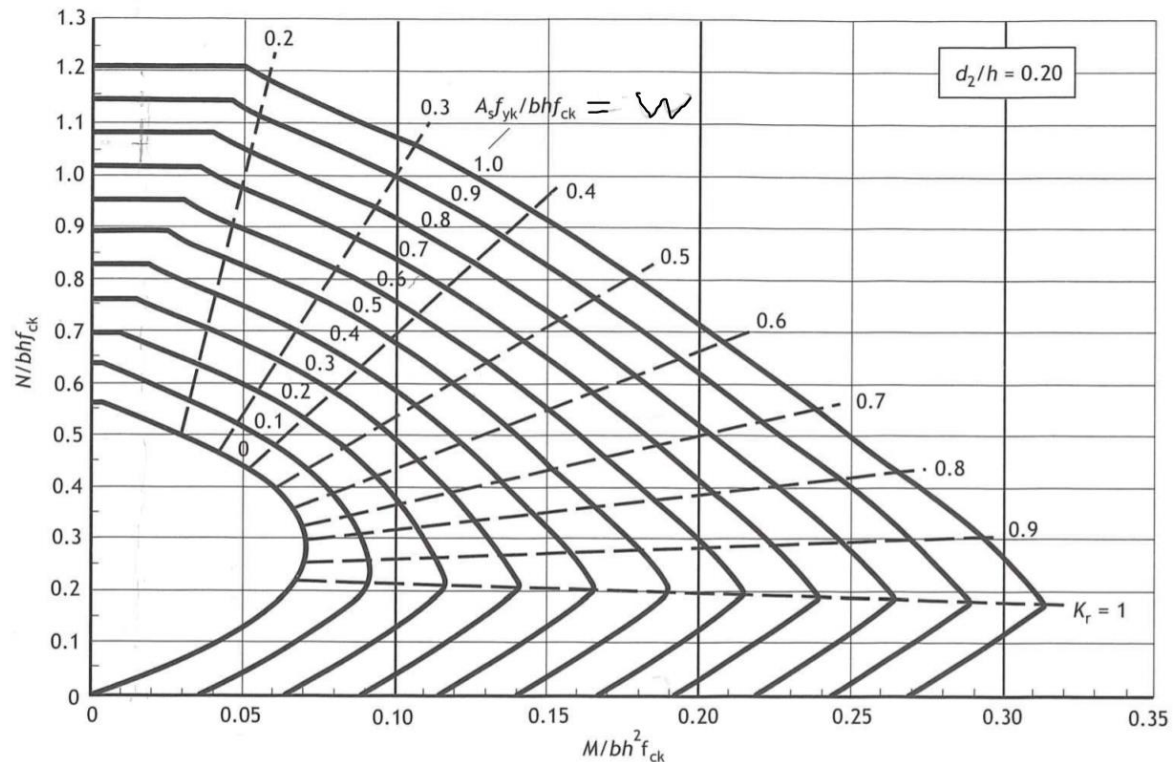
$$\frac{A_{sn}}{2} = 2.425 \times 10^3 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \quad \text{Er } 2425 \text{ mm}^2 \text{ armering på hver side i av søyleverrsnittet}$$

$$A_{\varphi 25} := \pi \cdot (12.5 \text{ mm})^2 = 490.874 \text{ mm}^2$$

Antall armeringsjern på hver side blir da:

$$n := \frac{2425 \text{ mm}^2}{A_{\varphi 25}} = 4.94 \quad \rightarrow \quad \text{Runder opp antall armeringsjern på hver side til 5 jern}$$

Benytter oss her av M/N-diagram, vist i figur 6.12



Figur 6.12 - M/N-diagram for beregning av betongsøyle.

Under sjekker vi slankhetskravet for trykkpåkjennte tverrsnittsdeler til et HEB 300-profil opp mot NS-EN 1993-1-1.

Flens:

$$b := 300\text{mm} \quad s := 11\text{mm} \quad r := 27\text{mm} \quad t := 19\text{mm}$$

$$c := \left(\frac{b}{2}\right) - \left(\frac{s}{2}\right) - r = 117.5\text{mm} \quad f_y := 355\text{MPa}$$

$$\frac{c}{t} = 6.184 \quad \epsilon := \sqrt{\frac{235\text{MPa}}{f_y}} = 0.814$$

$$\frac{c}{t} = 6.184 < 9 \cdot \epsilon = 7.323 \quad \rightarrow \quad \text{Tverrsnittsklasse 1}$$

Steg:

$$h := 300\text{mm}$$

$$c_1 := h - (2 \cdot t) - (2 \cdot r) = 208\text{mm}$$

$$\frac{c_1}{t} = 10.947 < 33 \cdot \varepsilon = 26.849 \quad \rightarrow \quad \text{Tverrsnittsklasse 1}$$

6.2.3 Diskusjon

Vi har regnet på søyle i både stål og betong, og på begge valgene har vi funnet løsninger som vi kan bruke. Vi må derfor vurdere hvilke av de to som er den beste og mest fornuftige løsningen.

Under denne beregningen har vi antatt at aksialkraften går gjennom søylen og blir tatt opp i fundamentet. Denne kraften er derfor ikke benyttet i dimensjoneringen av søylen, men brukes for å sjekke søylen for knekking i interaksjonsformelen for knekking/vipping og til å finne armeringsmengden i betongsøylen.

På grunn av at vi hadde forskjellige lengder på bjelkene som var tilknyttet søylen, fikk vi et moment i søylen. Når vi regnet på dette momentet, brukte vi crossmetoden. Der kunne vi velge om bjelkene skulle beregnes som fritt opplagt eller fast innspent. Siden bjelkene våre fortsetter etter neste søyle, vil det være mest naturlig å regne det som fast innspent. Om vi regner bjelkene som fritt opplagt vil vi få et større moment i søylen. Med et system som er fritt opplagt, vil vi få en noe overdimensjonert søyle.

Fordelen med betongsøylar er at betong er et materiale med stor holdbarhet og slitestyrke, og passer derfor godt i aggressive miljøer som f.eks. en parkeringskjeller, hvor man risikerer at biler kolliderer med søylene. I store konstruksjoner medfører også bruk av betong ofte bedre økonomi enn bruk av stål. (kynningsrud, n.d.) Betong har også bedre motstandsevne enn stål med tanke på brann.

Ut ifra at betong er det beste valget både mtp. slitestyrke/holdbarhet og økonomi, vil det naturlige valget bli å velge betongsøyle, da den aktuelle søylen er plassert i en parkeringskjeller.

I denne beregningen, lik beregningen for bjelkene, har vi sett bort fra vindlast, seismisklast og brann. Dette kan medføre endringer i dimensjoner og armering.

6.2.4 Konklusjon

Vi velger betongsøyle med dimensjonene 300mm x 300mm og overdekning 35mm. Armeringen i søylen blir 5 jern av typen $\Phi 25$ på hver side av søylen, altså 10 jern totalt. Hovedgrunnen til at vi velger betong fremfor stål er betongens styrke og holdbarhet, spesielt med tanke på at søylen står i parkeringskjelleren. Vi velger også å dimensjonere alle søylene i bygget etter denne dimensjonen, på grunn av at dette er den mest belastete søylen.

Ser vi på Crossmetode-beregningene våre under resultatene ser man at vi har sett på bjelkene som fritt opplagt. Med dette får vi et større moment i søylen, enn hvis vi skulle se på bjelken som fast innspent. Siden vi har bjelker som fortsetter videre etter søylene, er det mest riktig å regne det som at bjelkene er fast innspent. Med fritt opplagt får vi større moment og vi har derfor overdimensjonert søylen noe.

6.3 Etasjeskillere

Dekkene vi har tatt for oss er mellom kjeller og 1.etg og mellom 1.etg og 2.etg. Sistnevnte, etasjeskiller 2.etg, er ikke heldekkende over hele etasjen, da det har en åpen løsning, men vi har valgt å se på et område der den er hel og dimensjonert ut ifra dette. Etasjeskillerne er utført i plasstøpt betong med betongkvalitet B35 og stålfasthet B500C i armeringen

6.3.1 Metode

Ser vi på håndberegningene, har vi regnet på etasjeskillerne som bjelker og regnet en meter inn i planet. Etasjeskillerne er opplagret på bjelkene som er i konstruksjonen. Disse resultatene ble sammenlignet med beregningene vi gjorde fra Focus konstruksjon. Når vi beregnet tilfelle i Focus konstruksjon, så vi på hele systemet under et.

Lastene som virker på etasjeskilleren (egenlast og nyttelast) summeres og regnes ut med lastfaktor for å finne momentet i dekket ut ifra formel:

$$M_{Ed} = \frac{q * L^2}{8}$$

Momentet brukes deretter videre til å finne armeringsmengden med antall jern per meter og størrelse på jernene.

I vår læringsplan har vi kun fokusert på beregning av betongplater, og det er derfor kun det som blir vurdert her.

6.3.2 Resultat

Under følger håndberegningene for etasjeskiller 1. og 2.etg.

Etasjeskiller 1.etg

$$f_{yd} := \frac{500\text{MPa}}{1.15} = 434.783\text{MPa} \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{35\text{MPa}}{1.5} = 19.833\text{MPa}$$

$$B35 \quad B500C \quad b := 1000\text{mm} \quad h := 350\text{mm} \quad c_{nom} := 35\text{mm}$$

$$\phi_{20} := 20\text{mm}$$

$$d := h - c_{nom} - \frac{\phi_{20}}{2} = 305\text{mm}$$

$$M_{Rd} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = 507.374\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$\gamma := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad q_k := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$B1 := 1.35 \cdot \gamma \cdot h \cdot b + 1.05 \cdot q_k \cdot b = 14.963 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B2 := 1.2 \cdot \gamma \cdot h \cdot b + 1.5 \cdot q_k \cdot b = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$B2 > B1 \rightarrow$ velger med det B2 videre i regningen

$$q := 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad L := 9.35\text{m}$$

$$M_{Ed} := \frac{q \cdot L^2}{8} = 163.917\text{kN}\cdot\text{m} \quad M_{Rd} > M_{Ed} \rightarrow \text{OK!}$$

$$c := 0.17$$

$$z := \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right) \cdot d = 288.249\text{mm}$$

$$A_s := \frac{M_{Ed}}{f_{yd} \cdot z} = 1.308 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2 \quad r := 10\text{mm}$$

$$n := \frac{A_s}{\pi \cdot r^2} = 4.163 \quad \text{Må ha 4,163 jern per meter, runder derfor opp til 5 jern per meter.}$$

$$s := \frac{b}{n} = 240.196 \text{ mm} \quad \text{Velger med det: } 5\phi 20 \text{ s250}$$

Etasjeskiller 2.etg

$$f_{yd} := \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} = 434.783 \text{ MPa} \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{35 \text{ MPa}}{1.5} = 19.833 \text{ MPa}$$

$$B35 \quad B500C \quad b := 1000 \text{ mm} \quad h := 350 \text{ mm} \quad c_{nom.} := 35 \text{ mm}$$

$$\phi_8 := 8 \text{ mm} \quad \phi_{20} := 20 \text{ mm}$$

$$d := h - c_{nom.} - \frac{\phi_{20}}{2} = 305 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = 507.374 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\gamma := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad p := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$B1 := 1.35 \cdot \gamma \cdot h \cdot b + 1.05 \cdot p \cdot b = 14.963 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B2 := 1.2 \cdot \gamma \cdot h \cdot b + 1.5 \cdot p \cdot b = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{B2 > B1 --> velger med det B2 videre i regningen}$$

$$q := 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad L_1 := 8.1 \text{ m}$$

$$M_{Ed1} := \frac{q \cdot L_1^2}{8} = 123.019 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{M}_{Rd} > M_{Ed} \text{ --> OK!}$$

$$c := 0.17 \quad z_1 := \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed1}}{M_{Rd}} \right) \cdot d = 292.428 \text{ mm}$$

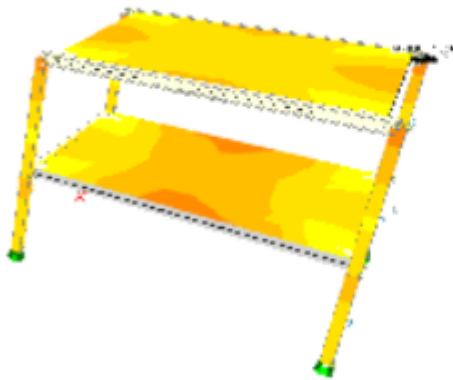
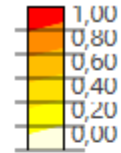
$$A_{s1} := \frac{M_{Ed1}}{f_{yd} \cdot z_1} = 967.564 \text{ mm}^2 \quad r := 10 \text{ mm}$$

$$n_1 := \frac{Asl}{\pi \cdot r^2} = 3.08$$

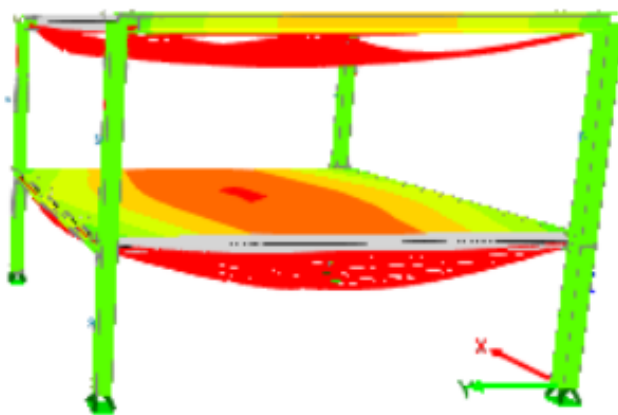
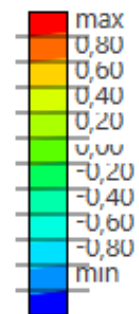
Må ha 3,08 jern per meter, runder derfor opp til 4 jern per meter.

$$s := \frac{b}{n_1} = 324.691\text{-mm}$$

Velger med det: 4φ 20 s350



Figur 6.13 – kapasitetskart, søyler i betong

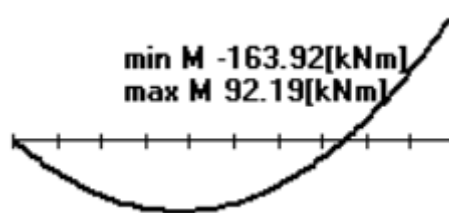


Figur 6.14 - Kapasitetskart nedbøyning.

Over ser vi nedbøyingskontroll av etasjeskillerne i Focus konstruksjon. Den største nedbøyningen på etasjeskilleren er 12,9 mm for stålsøyler og 13,7 mm for betongsøyler. Dette kan vi se i vedlegg 9 og 10.

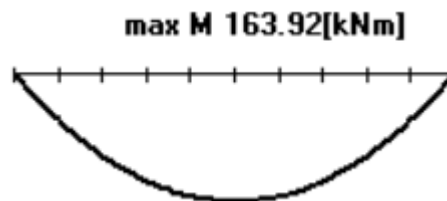
6.3.3 Diskusjon

Ut ifra figur 6.15 under ser vi at vi får moment i både overkant og underkant i plata, men det største momentet virker i overkant og er på 163,92 kNm.



Figur 6.15 - moment overkant etasjeskiller 1.etg. Tilfelle for fast innspent plate.

Man kan legge inn armering etter figur 6.15, eller man kan legge inn lik armering i underkant som overkant. For å være på sikker side kan man legge inn lik armering på begge sider.

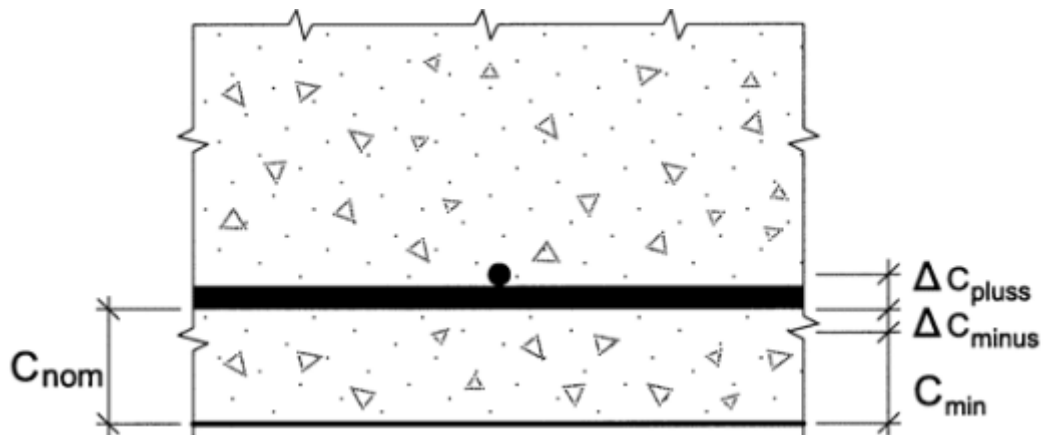


Figur 6.16 - moment underkant etasjeskiller 1.etg. Tilfelle for fritt opplagt plate.

Over ser vi at det er likt moment i underkant, som i overkant på figur 6.15, om man betrakter det som fritt opplagt.

Når det gjelder valg av betongtype kunne vi valgt alt fra B20 til B45, noe som forteller hvilken kvalitet vi ønsker å ha. Det som skiller kvaliteten fra hverandre er styrken og bestandigheten til betongen. Veldig grovt kan man si at B45 er 2-3 ganger sterkere og har 2-3 ganger lengere levetid enn B20. For å bestemme denne klassen kan vi se i figur 6.18. Her ser vi at B35 passer fint i områder på kysten som utsettes for fuktig sjøluft.

Tilstrekkelig overdekning er viktig for å unngå skade på armeringsjernene. I figur 6.17 ser vi en illustrasjon av hvordan overdekning av et armeringsjern i betong ser ut.



Figur 6.17 - Illustrasjonstegning overdekning

Når vi skal sammenligne resultatene vi fikk i håndberegningene våre med resultatene fra Focus konstruksjon er det vanskelig å få eksakt samme tall. Dette er fordi Focus konstruksjon tar med noen faktorer som vi ikke har tatt hensyn til. I Focus konstruksjon er det tatt med torsjon, vridningsmoment og membranskjærkraft, noe som vi har sett bort i fra i vår oppgave.

6.3.4 Konklusjon

Ut ifra diskusjonen vår har vi valgt å gå for plasstøpt betongdekke med betongkvalitet B35 på 300mm pluss en påstøp på 50mm. I betongdekke i 1.etg. vil vi bruke armering $\Phi 20$ s 250 og i 2.etg $\Phi 20$ s 350.

Ut fra vurderingene under diskusjon angående hvor mye armering som skal ligge hvor, har vi bestemt oss for å legge sammen de to figurene i diskusjonen. Vi legger dermed like mye armering i overkant og underkant. Dette er for å være på den sikre siden, slik at etasjeskillerne er noe overdimensjonert.

Vi har valgt gruppe 2 for eksponeringsklasser, korrosjon framkalt av karbonatisering. Dette medfører at vi får betong med eksponeringsklasse XC1-4, se figur 6.18. I og med at vi fokuserer på den tørre delen av bygget i denne beregningsoppgaven, vil eksponeringsklasse XC1 være godt nok. Dette kan vi se i figur 6.19. Dette medfører at bruk av korrosjonsømfintlig armering med 100 års levetid, gir oss en armeringsoverdekning på 35 mm, som vi ser i figur 6.20.

Ut ifra eksponeringsklasse XC1, skulle vi som vi ser i figur 6.21 egentlig ha brukt betongkvalitet B25 eller B30. Vi ville likevel bruke B35 for å få en litt bedre betongkvalitet i beregningene. Vi forhørte oss også med veileder på skolen, og fikk også her anbefalt å benytte B35.

Selv om vi har fått forskjellige svar på håndberegningene og fra dataprogrammet, ser vi at resultatene er godkjente. Med det kan vi også konkludere med at vi har et godkjent system.

Ser vi på dimensjoneringene fra Focus Konstruksjon, ser vi at dekkene ikke ligger helt ut på søylene. Dette er fordi programmet beregnet det til at søylene skulle bære hele konstruksjonen og bjelkene skulle ikke ta noe. Vi satte derfor platene litt lengere inn på bjelkene, for at bjelkene skulle bli belastet i stedet.

Gruppe	Eksponeerings-klasse	Beskrivelse av nedbrytningsmekanisme – miljøeksponering
1	X0	Ingen risiko for korrosjon eller nedbrytning
2	XC 1–4	Korrosjon framkalt av karbonatisering
3	XD 1–3	Korrosjon framkalt av klorider som ikke stammer fra sjøvann
4	XS 1–3	Korrosjon framkalt av klorider fra sjøvann
5	XF 1–4	Fryse-/tineangrep med og uten avisingsmiddel
6	XA 1–3	Kjemisk angrep
7 ¹⁾	XA4	Kjemisk angrep fra husdyrgjødsel
8 ¹⁾	XSA	Særlig aggressivt miljø

Figur 6.18 - Tabell for valg av eksponeringsklasse-gruppe

2 Korrosjon framkalt av karbonatisering		
XC1	Tørr eller permanent vått	Betong inne i bygninger med lav luftfuktighet Betong som permanent er neddykket i vann
XC2	Vått, sjelden tørr	Betongoverflater i kontakt med vann over lengre tid Fundamenter
XC3	Moderat fuktighet	Betong inne i bygninger med moderat eller høy luftfuktighet Utvendige konstruksjoner som er beskyttet mot regn
XC4	Vekselvis vått og tørr	Betongoverflater i kontakt med vann, som ikke er i eksponeringsklasse XC2

Figur 6.19 - Tabell for eksponeringsklasse XC1-4

Eksponeeringsklasse	Minimumsoverdekning (mm)			
	50 års levetid		100 års levetid	
	Korrosjonsømfintlig armering ¹⁾	Lite korrosjonsømfintlig armering ²⁾	Korrosjonsømfintlig armering ¹⁾	Lite korrosjonsømfintlig armering ²⁾
X0	–	–	–	–
XC1	25	15	35	25
XC2, XC3, XC4	35	25	45	35
XD1, XD2, XD3	50	40	60	50
XS1, XS2	50	40	60	50
XS3	60	50	70	60
XSA	Fastsettes særskilt		Fastsettes særskilt	

Figur 6.20 - Tabell for minimumsoverdekning

Eksponeerings-klasse	Tilhørende fasthetsklasser	Bestandighets-klasse	Minimum luftinnhold	Bruksområder (eksempler)
X0	B20	M90		Betong inne i bygninger med lav luftfuktighet
XC1, XC2, XC3, XC4, XF1	B25 B30	M60		Fundamenter el. utendørs betong beskyttet mot regn. Vertikale flater utsatt for regn og frost
XD1, XS1, XA1, XA2, XA4	B35 B45	M45		Landbrukskonstruksjoner samt konstruksjoner nær/på kysten
XF2, XF3, XF4	B35 B45	MF45	4%	Horisontale konstruksjonsdeler utsatt for regn og frost
XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XSA	B45 B55	M40		Svømmebasseng
XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XSA	B45 B55	MF40	4%	Veidekker, parkeringsanlegg eller maritime konstruksjoner i tidevannssone

Figur 6.21 – Tabell for valg av fasthetsklasse og eksponeeringsklasse

7 SLUTTKONKLUSJON

Under denne oppgaven fikk vi frie tøyler til å gjøre det vi ville, men i samtaler med veiledere og diskusjoner innad i gruppen fant vi ut at vi ville fokusere på fukt, lyd og beregninger. Vi har utfordret oss selv på fagfelt som vi ikke har gått særlig innom i vårt studium, som akustikkforhold og fukt. Vi fikk også et godt innblikk i hva som kan vente oss i arbeidslivet.

Skulle vi gått videre med dette prosjektet hadde vi også vurdert pris og byggetid for de ulike materialene, noe som ville gitt påvirkning for våre resultater. Videre på fukt ville vi ønsket å vurdere overgangen mellom svømmehall og resten av bygget, med tanke på de store fukt- og temperaturforskjellene. Videre under akustikk ville vi sett mer på andre veier lyd vil ta, og ikke bare direkte gjennom veggen. Vi ville også sett på løsninger som bedrer de akustiske forholdene og beregninger av disse. Under beregningene kunne vi gått videre med beregninger av svømmehallen.

8 REFERANSER

- Alexander, S. (2017). Betongelementboken - 2017. Retrieved February 13, 2019, from
http://betongelementboka.betongelement.no/betongapp/BookA.asp?isSearch=0&liID=61&DocumentId=BindA/Del_2/A6/6_1_Generelt.pdf&BookId=A
- ByggeBolig. (n.d.). Vanntett med banemembran. Retrieved March 27, 2019, from
<https://boligkanalen.no/byggebolig/vanntett-med-banemembran>
- Christensen, N., & Almar-Næss, A. (2018). stål. In *Store norske leksikon*. Retrieved from <http://snl.no/st%C3%A5l>
- Christian Berner AS. (2019). Sylomer® SR | Sylomer & Sylodyn | Christian Berner AS. Retrieved March 1, 2019, from
<http://www.christianberner.no/produktomrader/vibrasjonsteknikk/sylomer-sylodyn?p=sylomerr-sr>
- Christian Berner AS. (n.d.-a). Akustik+SYLOMER-hengere - Vibrasjonsdemping innen bygg - Christian Berner | Christian Berner. Retrieved March 26, 2019, from
<https://www.christianberner.no/produkter/vibrasjonsteknikk/vibrasjonsdemping-innen-bygg/akustiksylomer-hengere/>
- Christian Berner AS. (n.d.-b). ISOTOP® SN/Z og SD/Z stålfjærhengere - Vibrasjonsdemping innen bygg - Christian Berner | Christian Berner. Retrieved March 26, 2019, from
<https://www.christianberner.no/produkter/vibrasjonsteknikk/vibrasjonsdemping-innen-bygg/isotop-snz-og-sdz-stalfjarhengere/>
- Espedal, K. J. (2017). *Bygningsfysikk*. Byggenæringens forlag.
- EUROCODEExpress Design of structures with Eurocodes. (n.d.). Retrieved March 27, 2019, from <http://www.runet-software.com/EUROCODEexpress.htm>

Film & kino. (n.d.). Utforming av kinobygg. Retrieved March 25, 2019, from
<https://www.kino.no/incoming/article967065.ece>

Focus. (n.d.). Focus Konstruksjon. Retrieved April 4, 2019, from Focus Software AS
website: <https://www.focus.no/focus-konstruksjon/>

Fordeler_plasstopte_losninger.pdf. (n.d.). Retrieved from
https://fabeko.no/assets/Fordeler_plasstopte_losninger.pdf

Fossen, H. (2018). seismologi. In *Store norske leksikon*. Retrieved from
<http://snl.no/seismologi>

Geving og Thue. (2002). *Fukt i bygninger*.

Gjestland, T. (2018). lyd. In *Store norske leksikon*. Retrieved from <http://snl.no/lyd>

Hjelseng, G. V. (2014). *Plasstøpt vs. prefabrikkert betong*. 100.

Hveem, S. (2009). 522.515 Lydisolerende golv og golvbelegg - Byggforskserien.
Retrieved May 1, 2019, from
https://www.byggforsk.no/dokument/341/lydisolerende_golv_og_golvbelegg

Knekking, Hauan Kaasa. (n.d.). Retrieved from
<https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/188875/Masteroppgave%20Knekking%2C%20Jan%20Olav%20Hauan%20Kaasa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kolstad, O. S. (2017). *AUTOCAD 2018*. Gyldendal Norsk forlag AS.

kynningsrud. (n.d.). Søylar og bjelker | Produkter – Kynningsrud Prefab. Retrieved
April 23, 2019, from Kynningsrud website:
<https://www.kynningsrud.no/forretningsomrader/prefab/produkter/betongprodukter/soyler-og-bjelker/>

Larsen, P. (2013). *Dimensjonering av stålkonstruksjoner*. 554: Fagbokforlaget.

LASTKOMPENDIUM. (n.d.). Retrieved from

https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-142511-dt-content-rid-905484_1/courses/194_IB204714_1_2017_H_1/2011-09-08%20LASTKOMPENDIUM%20.pdf

Løset, Ø. (2011). *Betongelementboken Bind H*. Retrieved April 23, 2019, from

<http://betongelementboka.betongelement.no/betongapp/BookH.asp?isSearch=0&liID=Forord&DocumentId=BindH/Forord.pdf&BookId=H>

Maage, M. (2015). *Betong*.

Norges byggforskningsinstitutt. (2004). *Bade- og svømmeanlegg*.

ptc. (2019). PTC Mathcad | PTC. Retrieved February 13, 2019, from PTC Matchad

website: <https://www.ptc.com/en/products/mathcad>

Sintef. (2000a). 524.321 Lydisolasjonsegenskaper til tunge innervegger -

Byggforskserien. Retrieved April 1, 2019, from

https://www.byggforsk.no/dokument/378/lydisolasjonsegenskaper_til_tunge_innnervegger

Sintef. (2000b). 727.305 Forbedring av lydisolering med rom i rom-løsninger -

Byggforskserien. Retrieved February 6, 2019, from

https://www.byggforsk.no/dokument/2921/forbedring_av_lydisolering_med_rom_i_rom-loesninger

Sintef. (2004). 321.015 Planlegging av gode lydforhold i bygninger - Byggforskserien.

Retrieved February 13, 2019, from

https://www.byggforsk.no/dokument/77/planlegging_av_gode_lydforhold_i_bygninger

Sintef. (2009). 520.061 Armeringskorrosjon - Byggforskserien. Retrieved February 13,

2019, from <https://www.byggforsk.no/dokument/298/armeringskorrosjon#i12>

- Sintef. (2017). Bygg fuktsikre badrom med påstrykningsmembran. Retrieved March 27, 2019, from SINTEF website: <http://www.sintef.no/siste-nytt/bygg-fuktsikre-baderom-med-pastrykningsmembran/>
- Sintef. (2018a). 421.132 Fukt i bygninger. Teorigrunnlag - Byggforskserien. Retrieved February 6, 2019, from https://www.byggforsk.no/dokument/184/fukt_i_bygninger_teorigrunnlag#
- Sintef. (2018b). 525.207 Kompakte tak - Byggforskserien. Retrieved March 21, 2019, from https://www.byggforsk.no/dokument/387/kompakte_tak
- Sintef. (2018c). 533.102 Vinduer. Typer og funksjoner - Byggforskserien. Retrieved March 29, 2019, from https://www.byggforsk.no/dokument/437/vinduer_typer_og_funksjoner
- Skaset, H. (1996). Nasjonalbiblioteket. Retrieved February 19, 2019, from https://www.nb.no/items/URN:NBN:no-nb_digibok_2008071004042?page=121
- Store norske leksikon. (2017). bjelke – bygningsteknikk. In *Store norske leksikon*. Retrieved from http://snl.no/bjelke_-_bygningsteknikk
- Storsletten, O. (2018). søyle. In *Store norske leksikon*. Retrieved from <http://snl.no/s%C3%B8yle>
- Thomassen, A. M. (2013). *Utbedring av svømmehall*. 146.
- Thue, J. V. (2014a). karbonatisering. In *Store norske leksikon*. Retrieved from <http://snl.no/karbonatisering>
- Thue, J. V. (2014b). plasstøpt betong. In *Store norske leksikon*. Retrieved from http://snl.no/plasst%C3%B8pt_betong
- Thue, J. V. (2014c). vegg. In *Store norske leksikon*. Retrieved from <http://snl.no/vegg>
- Thue, J. V. (2016). *Bygningsfysikk Grunnlag*. Fagbokforlaget.

Thue, J. V. (2017). dekke – bygningsteknikk. In *Store norske leksikon*. Retrieved from http://snl.no/dekke_-_bygningsteknikk

Thue, J. V. (2018). fundament. In *Store norske leksikon*. Retrieved from <http://snl.no/fundament>

Thue, J. V. (2019). skallmurvegg. In *Store norske leksikon*. Retrieved from <http://snl.no/skallmurvegg>

Tibnor. (n.d.). Bjelker. Retrieved March 28, 2019, from Tibnor website: <https://www.tibnor.no/vart-tilbud/materialer/bjelker>

Werkstoffe, G. (2019). Getzner Werkstoffe. Retrieved April 3, 2019, from Getzner Werkstoffe website: <https://www.getzner.com/en/external/content>

VEDLEGG

Vedlegg 1 – Prinsippløsning svømmehall	s. 136
Vedlegg 2 – Beregning av spesialprodukter i golv	s. 138
Vedlegg 3 – Dimensjonering av Sylodyn klosser i golv	s. 142
Vedlegg 4 – Dimensjonering av Sylomer klosser i golv	s. 146
Vedlegg 5 – Reduksjonstall fra Sigurd Hveem i Sintef	s. 150
Vedlegg 6 – Resultater bjelke kjeller stål	s. 152
Vedlegg 7 – Resultater bjelke 1.etg stål	s. 155
Vedlegg 8 – Resultater bjelke 2.etg stål	s. 158
Vedlegg 9 – Rapport Focus Konstruksjon stålsøyle	s. 161
Vedlegg 10 – Rapport Focus Konstruksjon betongsøyle	s. 180
Vedlegg 11 – Plantegninger	s. 204
Vedlegg 12 – Forprosjektrapport	s. 208
Vedlegg 13 – Framdriftsrapporter	s. 220

VEDLEGG 1

Prinsipløsning svømmehall

7.5.2019

E-post – Erlend Herford – Outlook

RE: Bacheloroppgave

Helge Weidemann Moxness <HWMO@cowi.com>

ti. 02.04.2019 12.47

Til: Erlend Herford <erlend_herford@hotmail.no>

Litt travelt i dag, så det blir kort svar:

Tre har ikke vondt av å bli fuktig, men det tar skade av å være/forbli fuktig. De fleste treslag kan derfor ikke brukes inne i svømmehaller pga vedvarende høy luftfuktighet. Imidlertid finnes det treslag som tåler mye høyere luftfuktighet enn andre. Ta dere et raskt googlesøk på dette, så finner dere de treslagene evt behandlingene som ikke skades av 100%RF. Undersøk også for eksempel med Kebony, kanskje Kebony SYP eller tilsvarende kan brukes.

Stål kan brukes i svømmehaller, men vær veldig nøye med stålkvaliteteten. (google på stålkvaliteten i Pirbadet, så forstår dere hvorfor). Syrefast stål går bra, men det koster skjorta.

Betong er ikke noe problem, men husk nok overdekning på armeringen

Det er viktig at dampsperra ligger så varmt som mulig, og er potte tett. Bruk en god dampsperretape over alt, husk å bruke dokumenterte aldringsbestandig produkt, eksempelvis siga Rissan eller Siga Sicrall. Svømmehall-luft som blir nedkjølt vil kondensere, det er derfor veldig viktig at denne lufta ikke får komme ut i konstruksjonen. (ofte blir dette bra først, deretter kommer rørleggeren eller elektrikerens og lager masse hull)

En konstruksjon som funker godt på yttervegg og tak (om eksponert betong er ok): Innvendig betong både i vegg og tak. Deretter hellimt asfaltmembran (tekking) utenfor betongen (denne fungerer som dampsperre). Deretter kompaktisolasjon på vegg og tak, typisk rockwool redAir eller tilsvarende system på vegg. Deretter nytt lag tekking på tak, mens dere monterer luftet kledning på vegg. På vegg kan det benyttes tradisjonelle stendere også utenfor betongen/dampsperra bare kledningen er luftet.

Flate tak bør alltid utføres som kompakttak, uavhengig av om det er svømmehaller eller ikke (finnes noen få og sære unntak)

Dere kan benytte hva som helst inne i yttervegger, men de generelle prinsippene gjelder enda mer i svømmehaller: Dampsperra må være helt tett. Ingen innvendig isolert utforing innenfor dampsperre i svømmehaller, stål kan gi kuldebroer og stålstendere gir mer varmegjennomgang enn tre. Husk at der tre råtner vil stål ruste med mindre dere bruker syrefast stål.

Spør gjerne videre om dere har konkrete utfordringer.

Med vennlig hilsen / Best regards

Helge Weidemann Moxness

Senioringeniør bygningsfysikk
Buildings Central/North Norway

COWI

COWI AS
Company Reg. no.: 979 364 857
Otto Nielsens vei 12
7414 Trondheim
Norway

Phone: +47 02 69 4# #

VEDLEGG 2

Beregning av spesialprodukter i golv

2.4.2019

E-post – Kristoffer Darell Lurvik – Outlook

SV: Bacheloroppgave

Magnus Sköld

ti. 02.04.2019 07.37

Til: Kristoffer Darell Lurvik <kristdlu@stud.ntnu.no>

■ 2 vedlegg (2 MB)

FreqCalc_Sylodyn SN_NC-50mm.pdf; FreqCalc_Sylodyn SN_NC-50mm.pdf;

Hej Kristoffer,

Når Sylodyn dimensioneres ska inte vanlig brukslast användas utan istället använder man 100% av egenlast + 30% av nyttelast. Utan lastfaktorer. 4 kN/m² kanske därför är lite högt (beror ju i hög grad på inredningen) Vi använder oss av vårt beräkningsprogram Freqcalc som du också kan få tillgång till. Gå in på www.getzner.com och registrera dig så får du tillgång.

Målet är att nå så stor dämpning som möjligt utan att överlasta klossarna.
Om vi utgår från 4 kN/m² och klossar på c/c 600 mm blir lasten per kloss ca 1,44 kN.
Lämplig kloss är då Sylodyn NC(gul) 50 mm x 115 mm x 115 mm.
Nedböjning vid 1,44 kN blir 4,7 mm. Dämpning vid 50 Hz blir över 30 dB.

Men den vanliga lasten är antagligen betydligt lägre. Låt säga 1 kN.
Vid en last på 1 kN blir nedböjning vid 1,44 kN blir 3,1 mm. Dämpning vid 50 Hz blir ca 28 dB.

Best Regards

Magnus Sköld

Sales Manager

Vibration Technology

CHRISTIAN BERNER AS

Box 8 Tveita, NO-0617 Oslo

Tvetenveien 156

Mobile: +47 95 04 35 50 (NO), +46 701 86 69 23 (SE)

Magnus.Skold@christianberner.com

www.christianberner.no



[www.christianberner.no]

Från: Kristoffer Darell Lurvik <kristdlu@stud.ntnu.no>

Skickat: den 1 april 2019 12:17

Till: Magnus Sköld <Magnus.Skold@christianberner.com>

Ämne: Sv: Bacheloroppgave

Hei igjen. Tusen takk for all informasjonen vi fikk, har vært til meget stor hjelp.
Har bare et spørsmål om hvordan dere beregner dere fra til styrken på Sylodyn materialet? Må
begrunne valgene vi tar i oppgaven så hadde vært fint å få vite hvordan dere bestemmer dette.

2.4.2019

E-post – Kristoffer Darell Lurvik – Outlook

Kinosalen vår har et areal på 142 m²
Har også funnet at nyttelasten til en kinosal er på 4 kN/m²
Dere har gode tabeller som du sendte sist, men jeg sliter litt med å forstå all informasjonen.
håper du kan hjelpe meg litt 😊

Mvh. Kristoffer Lurvik

Fra: Magnus Sköld <Magnus.Skold@christianberner.com>
Sendt: onsdag 27. mars 2019 09.41
Til: Kristoffer Darell Lurvik
Emne: SV: Bacheloroppgave

Hej Kristoffer.

Tack för din fråga.

Typisk lösning för kino/ kultursal/ teater etc. är:

Golv

50 mm klossar av Sylodyn på c/c 600 mm. Typ och storlek beror på nyttelast. Vanligt är Sylodyn NB 50 x 130 x 130. Bilden är från gym, men principlen är densamma för kino.

22 spånskiva

100 mm betong

Himling

Sylomerhængare (ex-vis Superhængare T60 eller EP700) med dubbel eller trippel gips/ Fermacell.

Væggar

Påbyggnad av væggar med dubbel gips elastiskt infästning med Sylomerhængare. Ex-vis EP700 eller EP.

Best Regards

Magnus Sköld
Sales Manager
Vibration Technology

CHRISTIAN BERNER AS

Box 8 Tveita, NO-0617 Oslo

Tvetenveien 156

Mobile: +47 95 04 35 50 (NO), +46 701 86 69 23 (SE)

Magnus.Skold@christianberner.com

www.christianberner.no



2.4.2019

E-post – Kristoffer Darell Lurvik – Outlook

Från: Kristoffer Darell Lurvik <kristdlu@stud.ntnu.no>
Skickat: den 27 mars 2019 09:07
Till: Magnus Sköld <Magnus.Skold@christianberner.com>
Ämne: Bacheloroppgave

Hei. Vi er 3 studenter fra NTNU som skriver en Bacheloroppgave om et aktivitetshus som skal inneholde en kinosal.

I den forbindelse har vi fått opplyst om at dere leverer flere spesialprodukter som hjelper med å holde lyd inne i kinosalen. De produktene jeg er interessert i er Sylodyn og Sylomer som klosser i gulvet for å få det flytende og bærende. Ser på hjemmesiden deres at det er veldig mange forskjellige varianter av Sylodyn og Sylomer. Så lurer på om dere har noen anbefalinger for hva som kan være lurt og velge når lyd-kravene er så høye som i en kinosal, 75 dB i tak/vegger/gulv?

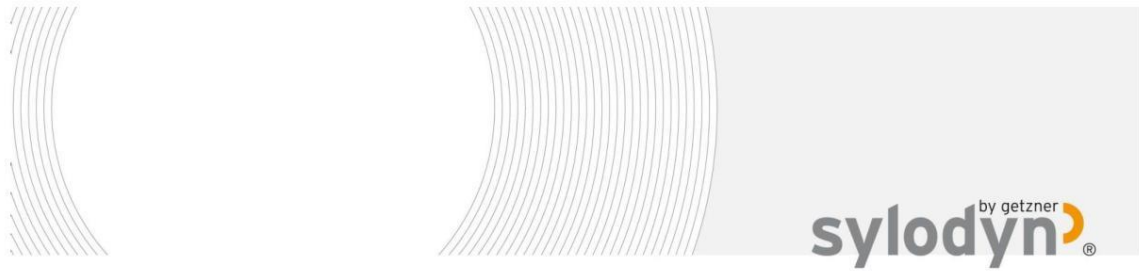
Dere har også forskjellige typer lydbøyer, stålfjær og Sylomerhengere. Har dere noen erfaringer om hva som kan lønne seg og velge for å holde opp et tak i en kino? Hvilke fordeler har enkelte produkter over andre?

Har forståelse for at det kan være litt vanskelig å svare på når du ikke vet hva prosjektet går ut på, men håper du kan hjelpe oss litt på vei.

Mvh. Kristoffer Lurvik

VEDLEGG 3

Dimensjonering av Sylodyn klosser i golv



April 03, 2019

Project

Remark

Bacheloroppgave -kinosal

by

Kristoffer Lurvik

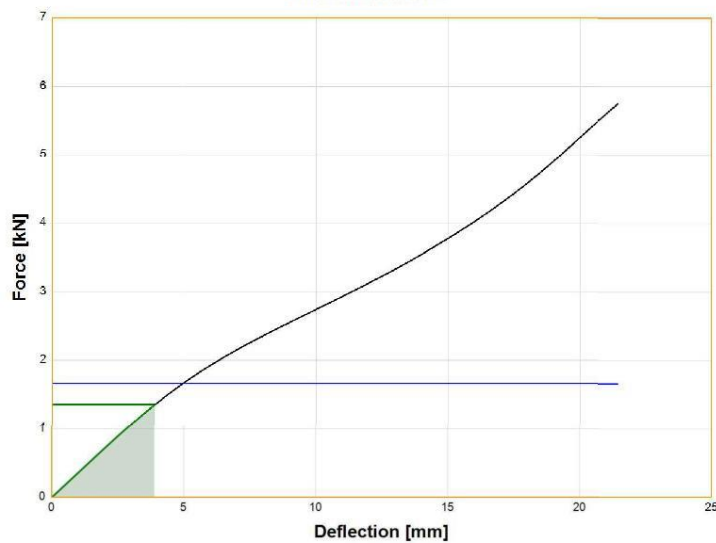
Material

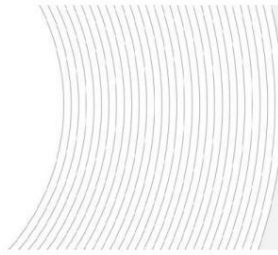
Syلودyn® NC

Quantity	1	Holes	
Length / Width	120 mm / 120 mm	Quantity	0
Surface	14400 mm ²	Diameter	0mm
Thickness	50 mm		
Shape factor	0.6		

Force	1,35 kN	Dyn. Stiffness	0,36 kN/mm
Capacity	81 %	Dyn. Modulus of elasticity	1,25 N/mm ²
Deflection	3,9 mm		
Natural frequency	8,2 Hz		

Deflection curve





Project

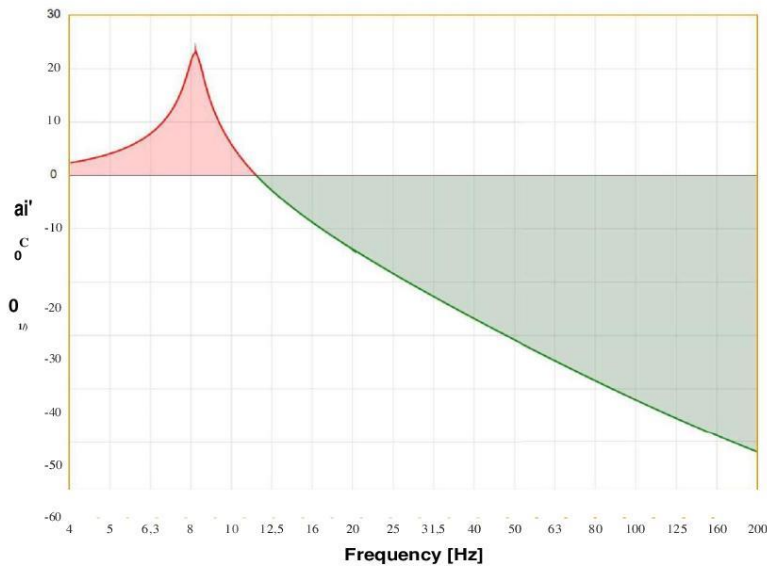
Bacheloroppgave - kinosal

Remark

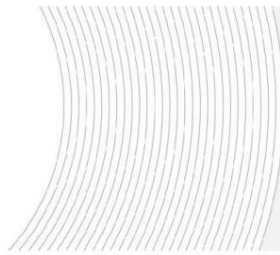
Kristoffer Lurvik

by

Graph of isolation



Frequency	Isolation
4 Hz	2,4 dB /-32%
5 Hz	4,1 dB /-60%
6,3 Hz	7,8 dB /-146%
8 Hz	22,2 dB / -1184%
8,2 Hz	23,1 dB /-1332%
10 Hz	5,8 dB /-96%
12,5 Hz	-2,6 dB/ 26%
16 Hz	-9 dB/ 65%
20 Hz	-13,9 dB/ 80%
25 Hz	-18,3 dB/ 88%
31,5 Hz	-22,7 dB/ 93%
40 Hz	-26,9 dB/ 96%
50 Hz	-30,8 dB/ 97%
63 Hz	-34,7 dB/ 98%
80 Hz	-38,6 dB/ 99%
100 Hz	-42,1 dB/ 99%
125 Hz	-45,4 dB/ 99%
160 Hz	-49 dB/ 100%
200 Hz	-52 dB/ 100%



Basis of calculation:

The calculations base on the physical model of a harmonic oscillator with a massless spring on a rigid and plane subsoil. The calculation program FreqCalc makes calculations based on the assumption of a rigid mass in the centre of gravity. The calculated values are relevant for the degree of freedom in the vertical direction (single degree of freedom), taking into consideration the non-linear behaviour of the material.

The material data takes into account shape-factor-dependency and was last updated on 27-Apr-2017! SW-Version 150610

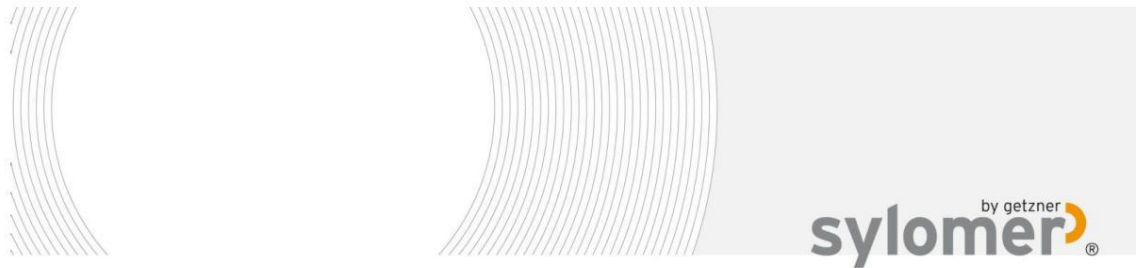
All information and data correspond to the values on the Getzner data sheets, taking production- and material-tolerances into account. Furthermore, this information and data are based on the current knowledge of Getzner. These do not represent warranted properties, however.

The calculations and the associated results apply to and exist exclusively for the purpose of selecting materials from the Getzner range of products. Ensuring suitability for an intended use ultimately remains the responsibility of the customer or their authorised agent (e. g.: planner/structural engineer). All other rights are reserved. Sharing calculations with unauthorised third-parties in particular is expressly prohibited.

As far as is legally permitted, Getzner accepts no liability and gives no warranty regarding the use of the calculation results. This applies in particular to specific customer requirements. The customer shall not be entitled to pursue any claims whatsoever in relation to the use of calculation results.

VEDLEGG 4

Dimensjonering av Sylomer klosser i golv



April 03, 2019

Project

Remark

by

Material

Quantity

Length / Width

Surface

Thickness

Shape factor

Bacheloroppgave -kinosal

Kristoffer Lurvik

Sylomer® SR110

Holes

Quantity

Diameter

0

0mm

Force 1,35 kN

Capacity 96 %

Deflection 4,1 mm

Natural frequency 8,2 Hz

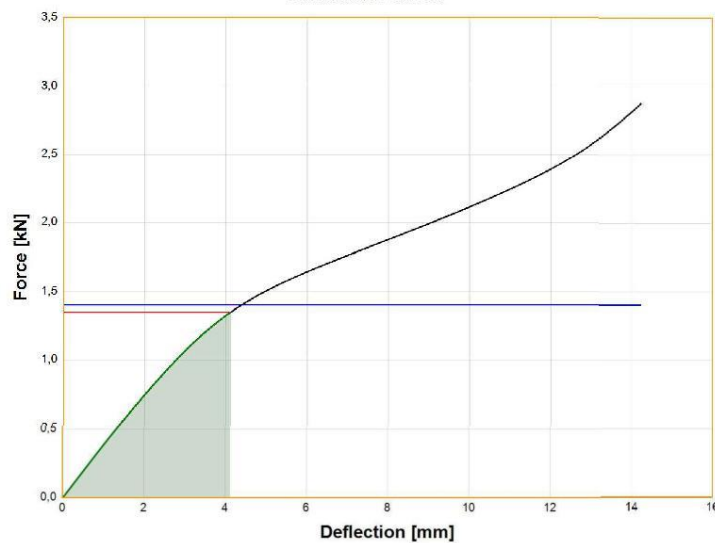
Dyn. Stiffness

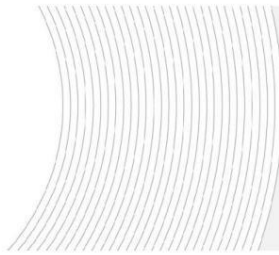
Dyn. Modulus of elasticity

0,36 kN/mm

1,26 N/mm²

Deflection curve





Project

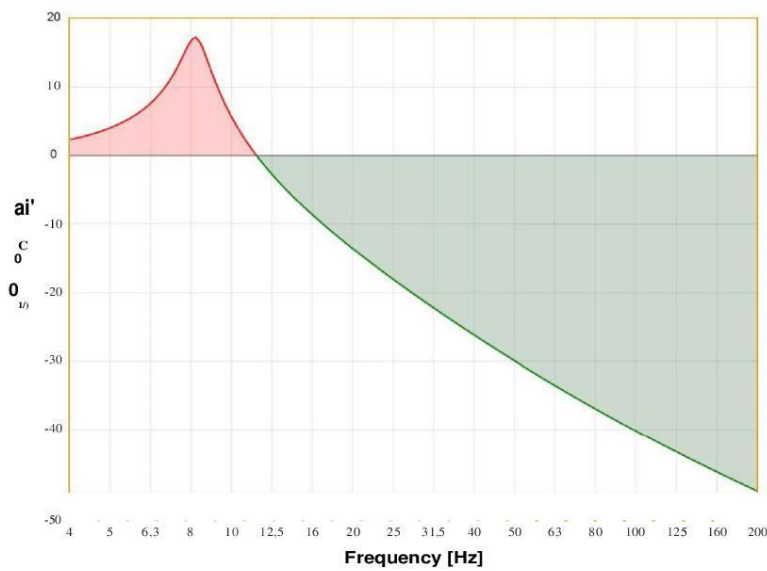
Bacheloroppgave - kinosal

Remark

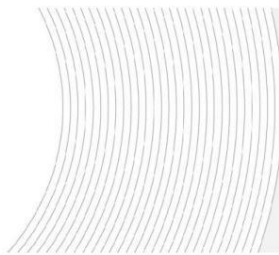
Kristoffer Lurvik

by

Graph of isolation



Frequency	Isolation
4 Hz	2,4 dB /-31%
5 Hz	4 dB /-59%
6,3 Hz	7,6 dB /-140%
8 Hz	17 dB /-604%
8,2 Hz	17,2 dB /-621%
10 Hz	5,7 dB /-92%
12,5 Hz	-2,5 dB / 25%
16 Hz	-8,9 dB / 64%
20 Hz	-13,6 dB / 79%
25 Hz	-18 dB / 87%
31,5 Hz	-22,2 dB / 92%
40 Hz	-26,2 dB / 95%
50 Hz	-29,9 dB / 97%
63 Hz	-33,5 dB / 98%
80 Hz	-37 dB / 99%
100 Hz	-40,2 dB / 99%
125 Hz	-43,2 dB / 99%
160 Hz	-46,3 dB / 100%
200 Hz	-49 dB / 100%



Basis of calculation:

The calculations base on the physical model of a harmonic oscillator with a massless spring on a rigid and plane subsoil. The calculation program FreqCalc makes calculations based on the assumption of a rigid mass in the centre of gravity. The calculated values are relevant for the degree of freedom in the vertical direction (single degree of freedom), taking into consideration the non-linear behaviour of the material.

The material data takes into account shape-factor-dependency and was last updated on 22-May-2018 | SW-Version 150610

All information and data correspond to the values on the Getzner data sheets, taking production- and material-tolerances into account. Furthermore, this information and data are based on the current knowledge of Getzner. These do not represent warranted properties, however.

The calculations and the associated results apply to and exist exclusively for the purpose of selecting materials from the Getzner range of products. Ensuring suitability for an intended use ultimately remains the responsibility of the customer or their authorised agent (e. g.: planner/structural engineer). All other rights are reserved. Sharing calculations with unauthorised third-parties in particular is expressly prohibited.

As far as is legally permitted, Getzner accepts no liability and gives no warranty regarding the use of the calculation results. This applies in particular to specific customer requirements. The customer shall not be entitled to pursue any claims whatsoever in relation to the use of calculation results.

VEDLEGG 5

Reduksjonstall fra Sigurd Hveem i Sintef

10.4.2019 E-post – Kristoffer Darell Lurvik – Outlook

RE: Bacheloroppgave om lydproblemer i kinosal

Sigurd Hveem <Sigurd.Hveem@sintef.no>

ma. 25.03.2019 12.23

Til: Kristoffer Darell Lurvik <kristdlu@stud.ntnu.no>

Kristoffer Darell Lurvik,

Det kan være komplisert å beregne samlet lydisolering for sammensatte vegger.

Jeg ser at dere tenker på en dobbelvegg med tunge vanger bestående av 350 mm betong og 160 mm pusset lettklinker+ 2 x 13 mm gips i avstand 100 mm. 350 mm betongvegg har laboratoriemålt verdi $R_w=66$ dB og samlet snakker vi sikkert om et tillegg på minst 15 dB i laboratorium for en ideell dobbelvegg.

Problemet er at slike doble vegger krever full splitting av fundament, himling og vegg/yttervegg. Med kobling mellom veggskallene vil total lydisolasjon bare være bidraget fra den ene vangen, eller mindre pga flanketransmisjon.

En bedre løsning kan være 350 mm betong + frittstående utlektet, isolert bindingsverksvegg med to lag 13 mm gips.

Sigurd

From: Kristoffer Darell Lurvik <kristdlu@stud.ntnu.no>

Sent: mandag 25. mars 2019 11:56

To: Sigurd Hveem <Sigurd.Hveem@sintef.no>

Subject: Bacheloroppgave om lydproblemer i kinosal

Hei.

Vi er studenter fra NTNUI-Ålesund som skriver en Bacheloroppgave om et aktivitetshus som inneholder en kinosal som vi skal prosjektere. Har opparbeidet oss et godt teoretisk grunnlag, men har noen spørsmål om hvordan man bestemmer hvor god lydisolasjon en vegg har.

Har i byggforsk bladene om lydisolasjon funnet lydreduksjontallet for de forskjellige elementene i en konstruksjon.

Vi har en rom-i-rom løsning der vi har en massiv betong konstruksjon som den ytre konstruksjonen (350mm), så skal vi teste ut flere forskjellige løsninger til den indre konstruksjonen.

Det jeg lurer på er om du vet hvordan jeg kan finne et samlet støyreduksjonstall for alle elementene i en vegg konstruksjon f.eks. Har dere noen eksempler eller erfaringer som jeg kan bruke?

Har så langt brukt deres data for å finne støyreduksjonen til hvert enkelt element. Er det mulig å legge sammen verdiene for flere elementer eller må dette måles?

Legger ved et bilde av hvordan vi kan se for oss at ett tilfelle av en vegg i kinosal kan se ut. Håper det hjelper for forståelsen.

VEDLEGG 6

Resultater bjelke kjeller stål

FRAME-51-26_03_2019

side 1

FRAME-51-26_03_2019

Knutepunkter

Kn.P.	x [m]	y [m]
1	0.000	0.000
2	8.100	0.000

Opplager

Kn.P.	Type	ux [mm]	uy [mm]	ur [rad]
1	Fritt opplagg			
2	Rullelager uy=0			

Materialtyper

Materialtype : Stål, E= 210.000 [GPa]
Egenlast : 78.500 [kN/m³]
Elementegenlast er inkludert i statisk last og masser

Elementtverrsnitt

Tverrsnitt	b [mm]	h [mm]	Ac [mm²]	Ic [mm⁴]
1			3.03100E+004	5.92000E+008
2			2.85000E+003	1.94000E+007

Elementer

Element	Kn.P. 1	Kn.P. 2	Material	Lende (m)	Vinkel (°)
1	1	2	1	8.100	0.000

Fordeelte elementlaster, (γg=1.35, γq=1.05)

Element	lasttype	lastfordeling	G [kN/m]	Q [kN/m]	γgG+γqQ [kN/m]
1	jevnt fordelt	perpendikulært	84.190	28.050	143.109

Fordeling av elementlast fra egenlast, (γg=1.35, γq=1.05)

Element	lasttype	lastfordeling	G [kN/m]	Q [kN/m]	γgG+γqQ [kN/m]
1	jevnt fordelt	vertikalt	2.379	0.000	3.212

Knutepunktsforskyvninger

Kn.P.	ux [mm]	uy [mm]	ur [rad]
1	0.00000	0.00000	0.02606
2	0.00000	0.00000	-0.02606

Opplærerkrefter

Kn.P.	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]
1	0.000	592.599	0.000
2	0.000	592.599	0.000

Element endekrefter (globalkoordinater)

Element	FxA [kN]	FyA [kN]	MA [kNm]	FxB [kN]	FyB [kN]	MB [kNm]
1	0.000	592.599	0.000	0.000	592.599	0.000

Element endekrefter (lokalkoordinater)

Element	fxA [kN]	fYA [kN]	mA [kNm]	fxB [kN]	fYB [kN]	mB [kNm]
1	0.000	592.599	0.000	0.000	592.599	0.000



FRAME-51-26_03_2019

side 2

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 1

n	x/l	x[m]	M[kNm]	V[kN]	N[kN]	dx[mm]	dy[mm]	d[mm]
0	0.000	0.00	0.00	-592.60	0.00	0.000	0.000	0.000
1	0.100	0.81	432.00	-474.08	0.00	0.000	-20.709	20.709
2	0.200	1.62	768.01	-355.56	0.00	0.000	-39.181	39.181
3	0.300	2.43	1008.01	-237.04	0.00	0.000	-53.641	53.641
4	0.400	3.24	1152.01	-118.52	0.00	0.000	-62.824	62.824
5	0.500	4.05	1200.01	0.00	0.00	0.000	-65.970	65.970
6	0.600	4.86	1152.01	118.52	0.00	0.000	-62.824	62.824
7	0.700	5.67	1008.01	237.04	0.00	0.000	-53.641	53.641
8	0.800	6.48	768.01	355.56	0.00	0.000	-39.181	39.181
9	0.900	7.29	432.00	474.08	0.00	0.000	-20.709	20.709
10	1.000	8.10	0.00	592.60	0.00	0.000	0.000	0.000

Maksimalverdi for element 1

maxM= 1200.012 kNm, minM= 0.000 kNm
 maxV= 592.599 kN, minV= -592.599 kN
 maxN= 0.000 kN, minN= 0.000 kN
 maxd= 65.96956 mm

VEDLEGG 7

Resultater bjelke 1.etg stål

FRAME-51-26_03_2019

side 1

FRAME-51-26_03_2019

Knutepunkter

Kn.P.	x [m]	y [m]
1	0.000	0.000
2	9.350	0.000

Opplager

Kn.P.	Type	ux [mm]	uy [mm]	ur [rad]
1	Fritt opplegg			
2	Rullelager uy=0			

Materialtyper

Materialtype : Stål, E= 210.000 [GPa]
Egenlast : 78.500 [kN/m³]
Elementegenlast er inkludert i statisk last og masser

Elementtverrsnitt

Tverrsnitt	b [mm]	h [mm]	Ac [mm²]	Ic [mm⁴]
1			3.15800E+004	7.63700E+008

Elementer

Element	Kn.P. 1	Kn.P. 2	Material	Lengde (m)	Vinkel (°)
1	1	2	1	9.350	0.000

Fordelte elementlaster, (γg=1.35, γq=1.05)

Element	Lasttype	Lastfordeling	G [kN/m]	Q [kN/m]	γgG+γqQ [kN/m]
1	jevnt fordelt	perpendikulært	81.670	27.150	138.762

Fordeling av elementlast fra egenlast, (γg=1.35, γq=1.05)

Element	Lasttype	Lastfordeling	G [kN/m]	Q [kN/m]	γgG+γqQ [kN/m]
1	jevnt fordelt	vertikalt	2.479	0.000	3.347

Knutepunktsforskyvninger

Kn.P.	ux [mm]	uy [mm]	ur [rad]
1	0.00000	0.00000	0.03018
2	0.00000	0.00000	-0.03018

Opplagerkrefter

Kn.P.	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]
1	0.000	664.358	0.000
2	0.000	664.358	0.000

Element endekrefter (Globalkoordinater)

Element	FxA [kN]	FyA [kN]	MA [kNm]	FxB [kN]	FyB [kN]	MB [kNm]
1	0.000	664.358	0.000	0.000	664.358	0.000

Element endekrefter (Lokalkoordinater)

Element	fxA [kN]	fYA [kN]	mA [kNm]	fxB [kN]	fYB [kN]	mB [kNm]
1	0.000	664.358	0.000	0.000	664.358	0.000



FRAME-51-26_03_2019

side 2

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 1

n	x/l	x[m]	M[kNm]	V[kN]	N[kN]	dx[mm]	dy[mm]	d[mm]
0	0.000	0.00	0.00	-664.36	0.00	0.000	0.000	0.000
1	0.100	0.94	559.06	-531.49	0.00	0.000	-27.681	27.681
2	0.200	1.87	993.88	-398.61	0.00	0.000	-52.371	52.371
3	0.300	2.81	1304.47	-265.74	0.00	0.000	-71.700	71.700
4	0.400	3.74	1490.82	-132.87	0.00	0.000	-83.974	83.974
5	0.500	4.68	1552.94	0.00	0.00	0.000	-88.179	88.179
6	0.600	5.61	1490.82	132.87	0.00	0.000	-83.974	83.974
7	0.700	6.55	1304.47	265.74	0.00	0.000	-71.700	71.700
8	0.800	7.48	993.88	398.61	0.00	0.000	-52.371	52.371
9	0.900	8.41	559.06	531.49	0.00	0.000	-27.681	27.681
10	1.000	9.35	0.00	664.36	0.00	0.000	0.000	0.000

Maksimalverdi for element 1

maxM= 1552.937 kNm, minM= 0.000 kNm
 maxV= 664.358 kN, minV= -664.358 kN
 maxN= 0.000 kN, minN= 0.000 kN
 maxd= 88.17869 mm

VEDLEGG 8

Resultater bjelke 2.etg stål

FRAME-51-26_03_2019

side 1

FRAME-51-26_03_2019

Knutepunkter

Kn.P.	x [m]	y[m]
1	0.000	0.000
2	11.750	0.000

Opplaser

Kn.P.	Type	ux [mm]	uy [mm]	ur [rad]
1	Fritt opplegg			
2	Rullelager uy=0			

Materialtyper

Materialtype : Stål, E= 210.000 [GPa]
Egenlast : 78.500 [kN/m³]
Elementegenlast er inkludert i statisk last og masser

Elementtverrsnitt

Tverrsnitt	b [mm]	h [mm]	Ac [mm²]	Ic [mm⁴]
1			3.35400E+004	1.31500E+009

Elementer

Element	Kn.P. 1	Kn.P. 2	Material	Lenge(m)	Vinkel(°)
1	1	2	1	11.750	0.000

Fordelte elementlaster, (γg=1.35, γq=1.05)

Element	lasttype	lastfordeling	Q [kN/m]	Ql [kN/m]	γgG+γqQ [kN/m]
1	jevnt fordelt	perpendikulært	72.010	22.200	120.524

Fordeling av elementlast fra egenlast, (γg=1.35, γq=1.05)

Element	lasttype	lastfordeling	Q [kN/m]	Ql [kN/m]	γgG+γqQ [kN/m]
1	jevnt fordelt	vertikalt	2.633	0.000	3.555

Knutepunktsforskyvninger

Kn.P.	ux [mm]	uy [mm]	ur [rad]
1	0.00000	0.00000	0.03037
2	0.00000	0.00000	-0.03037

Opplaserkrefter

Kn.P.	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]
1	0.000	728.959	0.000
2	0.000	728.959	0.000

Element endekrefter (Globalkoordinater)

Element	FxA [kN]	FyA [kN]	MA [kNm]	FxB [kN]	FyB [kN]	MB [kNm]
1	0.000	728.959	0.000	0.000	728.959	0.000

Element endekrefter (Lokalkoordinater)

Element	fxA [kN]	fya [kN]	mA [kNm]	fxB [kN]	fyb [kN]	mB [kNm]
1	0.000	728.959	0.000	0.000	728.959	0.000



FRAME-51-26_03_2019

side 2

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 1

n	x/l	x[m]	M[kNm]	V[kN]	N[kN]	dx[mm]	dy[mm]	d[mm]
0	0.000	0.00	0.00	-728.96	0.00	0.000	0.000	0.000
1	0.100	1.17	770.87	-583.17	0.00	0.000	-35.007	35.007
2	0.200	2.35	1370.44	-437.38	0.00	0.000	-66.232	66.232
3	0.300	3.53	1798.71	-291.58	0.00	0.000	-90.676	90.676
4	0.400	4.70	2055.66	-145.79	0.00	0.000	-106.200	106.200
5	0.500	5.88	2141.32	0.00	0.00	0.000	-111.517	111.517
6	0.600	7.05	2055.66	145.79	0.00	0.000	-106.200	106.200
7	0.700	8.23	1798.71	291.58	0.00	0.000	-90.676	90.676
8	0.800	9.40	1370.44	437.38	0.00	0.000	-66.232	66.232
9	0.900	10.57	770.87	583.17	0.00	0.000	-35.007	35.007
10	1.000	11.75	0.00	728.96	0.00	0.000	0.000	0.000

Maksimalverdi for element 1

maxM= 2141.316 kNm, minM= 0.000 kNm
 maxV= 728.959 kN, minV= -728.959 kN
 maxN= 0.000 kN, minN= 0.000 kN
 maxd= 111.51675 mm

VEDLEGG 9

Rapport Focus Konstruksjon stålsøyle

Konstruksjon 1

Beregning utført: 01.05.2019 09:29:47

Focus Konstruksjon 2019

INNHOLDSFORTEGNELSE

0. SAMMENDRAG	2
1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER	2
1.1. KNOTEPUNKTSDATA	3
1.2. TVERRSNITTSDATA	4
1.3. MATERIALDATA	4
1.4. SEGMENTDATA	5
1.4.1. Segmentdata EN 1993	5
1.5. SKALLDATA	5
1.5.2. Skalldata kontur	5
1.5.4. Skalldata EN 1992	6
1.6. ARMERING	6
1.6.4. Nødvendig arealarming - skall	6
1.7. LASTTILFELLER	6
1.7.1 Lasttilfeller	7
1.7.2 Lasttilfeller flatelasters kontur	7
2. BEREGNINGER	7
2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER	7
2.1.1. Forskyvninger	7
2.2. OPLEGGSKREFTER	8
2.3. SEGMENTRESULTATER	8
2.4. SKALLRESULTATER	10
2.5. RESULTATER GRAFISK	10
2.5.1. Forskyvning	10
2.5.2. Moment om y-akse - segmenter	11
2.5.3. Moment om z-akse - segmenter	11
2.5.4. Torsjonsmoment - segmenter	11
2.5.5. Aksialkraft - segmenter	12
2.5.6. Skjærkraft i z-retning - segmenter	12
2.5.7. Skjærkraft i y-retning - segmenter	12
2.5.8. Membrankraft i x-retning - skall	13
2.5.9. Membrankraft i y-retning - skall	13
2.5.10. Membranskjærkraft - skall	13
2.5.11. Moment om x-akse - skall	14
2.5.12. Moment om y-akse - skall	14
2.5.13. Vridningsmoment - skall	14
2.5.14. Skjærkraft i zx-planet - skall	15
2.5.15. Skjærkraft i zy-planet - skall	15
Kapasitetskart / Predefinert lastkombinasjon	17

01.05.2019

Side: 3

0. SAMMENDRAG

Modell

Antall segmenter: 12

Antall skall: 2

Antall knutepunkt: 20

Analyse

Antall lastkombinasjoner: 1

Forskyvning / snittkrefter

Største forskyvning: 13,7 mm (Skallnr. 2)

Største N: -489,93 kN (Segmentnr. 3)

Største Vy: 25,09 kN (Segmentnr. 5)

Største Vz: -241,78 kN (Segmentnr. 5)

Største Mx: 16,52 kN·m (Segmentnr. 5)

Største My: -156,03 kN·m (Segmentnr. 11)

Største Mz: 55,54 kN·m (Segmentnr. 7)

Største Nx: 193,72 kN/m (Skallnr. 2)

Største Ny: 102,38 kN/m (Skallnr. 2)

Største Nxy: 37,73 kN/m (Skallnr. 2)

Største Mx: -114,70 kNm/m (Skallnr. 2)

Største My: -156,33 kNm/m (Skallnr. 2)

Største Mxy: 80,07 kNm/m (Skallnr. 2)

Største Vz: -291,15 kN/m (Skallnr. 2)

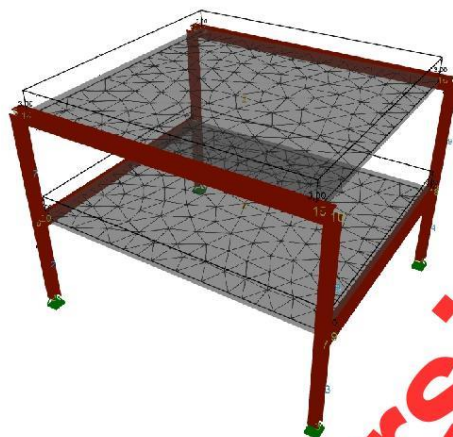
Største Vzy: -494,79 kN/m (Skallnr. 2)

Kapasitet

Største kapasitetsutnyttelse: 69,35 %

Info: EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen

1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER



1.1. KNUTEPUNKTSDATA

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
1	0	0	0
2	8100	0	0
3	8100	9350	0
4	0	9350	0
5	0	0	2910
6	8100	0	2910
7	8100	9350	2910
8	0	9350	2910
9	8100	0	6500
10	8100	9350	6500
11	0	9350	6500
12	0	0	6500
13	0	400	6500
14	8100	400	6500
15	8100	8950	6500
16	0	8950	6500
17	300	0	2910
18	300	9350	2910
19	7800	9350	2910
20	7800	0	2910

01.05.2019

Side: 5

1.2. TVERRSNITTSDATA

Nr.	Navn	Parametre	
1	HE 340 M	A [mm ²]	31600
		I _x [mm ⁴]	1,5100e+007
		I _y [mm ⁴]	7,6370e+008
		I _z [mm ⁴]	1,9710e+008
		Total vekt [kN]	45,51
2	HE 300 M	A [mm ²]	30300
		I _x [mm ⁴]	1,4100e+007
		I _y [mm ⁴]	5,9200e+008
		I _z [mm ⁴]	1,9400e+008
		Total vekt [kN]	37,80
3	HE 300 B	A [mm ²]	14900
		I _x [mm ⁴]	1,8600e+006
		I _y [mm ⁴]	2,5170e+008
		I _z [mm ⁴]	8,5600e+007
		Total vekt [kN]	29,83

1.3. MATERIALDATA

1 B35, Betong	Material: Betong
Varmeutv.koeff.: 1,00e-005 °C ⁻¹	Tyngdetetthet: 25,00 kN/m ³
	Relativ fuktighet [%]: 40,00
Fasthetsklasse: B35	Alder [dager]: 25550
Fasthet lengdearmering: 500,00 N/mm ²	Alder ved pålastning [dager]: 28
Fasthet skjærarmering: 500,00 N/mm ²	Alder da uttørring startet [dager]: 28
Beregn alltid i stadium 2? Nei	Egendefinert maksimal rissvidde? Nei
Ignorer svinn? Nei	Dimensjonerende brukstid: 100 år
Faktor k _{max} : 1,50	Total vekt: 1219,58 kN
Karakteristiske fasthetsparametre:	
f _{ck} = 35,00 N/mm ²	f _{ck,cube} = 45,00 N/mm ²
f _{cm} = 43,00 N/mm ²	f _{ctk,0,05} = 2,20 N/mm ²
f _{ctk,0,95} = 4,20 N/mm ²	f _{ctm} = 3,20 N/mm ²
2 S355, Stål	Material: Stål
Fasthetsklasse: S355	
Varmeutv.koeff.: 1,20e-005 °C ⁻¹	Tyngdetetthet: 77,01 kN/m ³
E-modul: 2,1000e+005 N/mm ²	G-modul: 8,1000e+004 N/mm ²
Total vekt: 113,14 kN	
Karakteristiske fasthetsparametre:	
f _y = 355,00 N/mm ²	for godstykkelse ≤ 40,0 mm
f _y = 335,00 N/mm ²	for godstykkelse ≤ 80,0 mm
f _y = 335,00 N/mm ²	for godstykkelse > 80,0 mm

01.05.2019

Side: 6

1.4. SEGMENTDATA

Seg Nr.	Kn.pkt 1	Kn.pkt 2	Tvsn 1	Tvsn 2	Material	Type / Form	Rot. [°]	Uend. stiv?
1	1	5	HE 300 B	HE 300 B	S355, Stål	Rett bjelke		Nei
2	2	6	HE 300 B	HE 300 B	S355, Stål	Rett bjelke		Nei
3	3	7	HE 300 B	HE 300 B	S355, Stål	Rett bjelke		Nei
4	4	8	HE 300 B	HE 300 B	S355, Stål	Rett bjelke		Nei
5	5	6	HE 300 M	HE 300 M	S355, Stål	Rett bjelke		Nei
6	7	8	HE 300 M	HE 300 M	S355, Stål	Rett bjelke		Nei
7	6	9	HE 300 B	HE 300 B	S355, Stål	Rett bjelke		Nei
8	7	10	HE 300 B	HE 300 B	S355, Stål	Rett bjelke		Nei
9	8	11	HE 300 B	HE 300 B	S355, Stål	Rett bjelke		Nei
10	5	12	HE 300 B	HE 300 B	S355, Stål	Rett bjelke		Nei
11	9	10	HE 340 M	HE 340 M	S355, Stål	Rett bjelke		Nei
12	12	11	HE 340 M	HE 340 M	S355, Stål	Rett bjelke		Nei

1.4.1. Segmentdata EN 1993

Seg. nr.	Gamma_M0 (brudd)	Gamma_M1 (brudd)	L_ky [mm]	L_kz [mm]	L_eff [mm]	k	k_w	C1	C2	C2	z_g [mm]	z_j [mm]
1	1,05	1,05	2910	2910	2910	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0	0
2	1,05	1,05	2910	2910	2910	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0	0
3	1,05	1,05	2910	2910	2910	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0	0
4	1,05	1,05	2910	2910	2910	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0	0
5	1,05	1,05	8100	8100	8100	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0	0
6	1,05	1,05	8100	8100	8100	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0	0
7	1,05	1,05	3590	3590	3590	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0	0
8	1,05	1,05	3590	3590	3590	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0	0
9	1,05	1,05	3590	3590	3590	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0	0
10	1,05	1,05	3590	3590	3590	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0	0
11	1,05	1,05	9350	9350	9350	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0	0
12	1,05	1,05	9350	9350	9350	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0	0

1.5. SKALLDATA

Skall Nr.	Tykkelse [mm]	Areal [m ²]	Material	Type	X-vektor	Z-vektor	Uendelig stivhet?
2	350	69,255	B35, Betong	Plate	[1,00; 0,00; 0,00]	[0,00; 0,00; 1,00]	Nei
2	350	70,125	B35, Betong	Plate	[0,00; 1,00; 0,00]	[0,00; 0,00; 1,00]	Nei

1.5.2. Skalldata kontur

Skall Nr.	Kn.pkt A	Kn.pkt B	LineType	Radius / Pilhøyde [mm]
2	13	14	Rett	
2	14	15	Rett	
2	15	16	Rett	
2	16	13	Rett	

01.05.2019

Side: 7

2	17	18	Rett
2	18	19	Rett
2	19	20	Rett
2	20	17	Rett

1.5.4. Skalldata EN 1992

Skall nr.	GammaC	GammaS	Type	Eksp.kl.	Stivhetsparametre [N/mm ²]	
2	1,50	1,15	Plate	XC1	E = 3,1635e+004	G = 1,3181e+004
2	1,50	1,15	Plate	XC1	E = 3,1635e+004	G = 1,3181e+004

1.6. ARMERING

1.6.4. Nødvendig arealarmering - skall

Sk Nr.	PosX [mm ²]	PosY [mm ²]	ASUx [mm ²]	ASUy [mm ²]	ASOx [mm ²]	ASOy [mm ²]	ASx [mm ²]	ASy [mm ²]	ASUx [mm ²]	ASUy [mm ²]	ASOx [mm ²]	ASOy [mm ²]	ASnx [mm ²]	ASny [mm ²]	Kap
2	-4050	-4275	1963	1963	1963	1963	3927	3927	0	0	1963	1963	1963	1963	0,08
2	-4050	4275	1963	1963	1963	1963	3927	3927	0	1963	1963	0	1963	1963	0,09
2	4050	-4275	1963	1963	1963	1963	3927	3927	0	1963	1963	0	1963	1963	0,10
2	4050	4275	1963	1963	1963	1963	3927	3927	0	0	1963	1963	1963	1963	0,09
2	50	4275	1963	1963	1963	1963	3927	3927	1963	1963	0	71	1963	2034	0,57
2	-4675	-3750	1963	1963	1963	1963	3927	3927	403	490	1963	1963	2367	2454	0,31
2	-4675	3750	1963	1963	1963	1963	3927	3927	951	940	1963	1963	2915	2904	0,56
2	4675	-3750	1963	1963	1963	1963	3927	3927	377	498	1963	1963	2341	2462	0,31
2	4675	3750	1963	1963	1963	1963	3927	3927	952	939	1963	1963	2915	2903	0,56
2	-163	3750	1963	1963	1963	1963	3927	3927	1963	1963	1270	41	3233	2005	0,69

Kolonne: Forklaring:

- PosX - X-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
- PosY - Y-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
- ASUx - innlagt lengdearmring i underkant i x-retning
- ASUy - innlagt lengdearmring i underkant i y-retning
- ASOx - innlagt lengdearmring i overkant i x-retning
- ASOy - innlagt lengdearmring i overkant i y-retning
- ASx - innlagt lengdearmeringsareal totalt i x-retningen
- ASy - innlagt lengdearmeringsareal totalt i y-retningen
- ASUx - nødvendig lengdearmeringsareal i x-retningen i underkant
- ASUy - nødvendig lengdearmeringsareal i y-retningen i underkant
- ASOx - nødvendig lengdearmeringsareal i x-retningen i overkant
- ASOy - nødvendig lengdearmeringsareal i y-retningen i overkant
- ASnx - nødvendig lengdearmeringsareal totalt i x-retningen
- ASny - nødvendig lengdearmeringsareal totalt i y-retningen
- Kap - Kapasitetsutnyttelse

1.7. LASTTILFELLER

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

01.05.2019

Side: 8

1.7.1 Lasttilfeller

3 Nyttelast

Lasttype:	Annen variabel		
Lastvarighet:	Langtidslast		
1 Flatelast	P = 3,00 kN/m ² X (origo) = 4050 mm Retning = [0; 0; -1] Virker på skall: 2 Inkluder masse: Nei	Y (origo) = 4675 mm	Z (origo) = 6500 mm
2 Flatelast	P = 3,00 kN/m ² X (origo) = 4050 mm Retning = [0; 0; -1] Virker på skall: 2 Inkluder masse: Nei	Y (origo) = 4675 mm	Z (origo) = 2910 mm

1.7.2 Lasttilfeller flatelasters kontur

Skall Nr.	Pnkt. A X [mm] Y [mm] Z [mm]			Pnkt. B X [mm] Y [mm] Z [mm]			Linjetype	Radius / Pilhøyde [mm]
2	0	400	6500	8100	400	6500	Rett	
	8100	400	6500	8100	8950	6500	Rett	
	8100	8950	6500	0	8950	6500	Rett	
	0	8950	6500	0	400	6500	Rett	
2	300	0	2910	300	9350	2910	Rett	
	300	9350	2910	7800	9350	2910	Rett	
	7800	9350	2910	7800	0	2910	Rett	
	7800	0	2910	300	0	2910	Rett	

2. BEREGNINGER

2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER

2.1.1. Forskyvninger

Nr.	u [mm]	v [mm]	w [mm]	rotX [°]	rotY [°]	rotZ [°]
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	-0,1	-0,5	0,0	0,1	0,0
6	0,0	0,0	-0,5	0,0	-0,1	0,0
7	0,0	0,0	-0,5	0,0	-0,1	0,0
8	0,0	0,0	-0,5	0,0	0,1	0,0
9	0,0	0,0	-0,7	-0,2	0,0	0,0
10	-0,1	0,0	-0,7	0,2	0,0	0,0
11	0,0	0,0	-0,7	0,2	0,0	0,0
12	0,0	0,0	-0,7	-0,2	0,0	0,0
13	0,0	0,0	-2,0	-0,2	0,2	0,0
14	0,0	0,0	-2,1	-0,2	-0,2	0,0
15	-0,1	0,0	-2,1	0,2	-0,2	0,0

01.05.2019

Side: 9

16	0,0	0,0	-2,1	0,2	0,2	0,0
17	0,0	0,0	-1,0	-0,2	0,1	0,0
18	0,0	0,0	-0,9	0,2	0,1	0,0
19	0,0	0,0	-1,0	0,2	-0,1	0,0
20	0,0	0,0	-1,0	-0,2	-0,1	0,0

2.2. OPPLEGGSKREFTER

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
2 (Seg)	8100	0	0	-37,32	-3,22	490,01	2,93	-32,43	0,00
1 (Seg)	0	0	0	37,33	-3,17	489,95	2,81	32,58	0,00
4 (Seg)	0	9350	0	37,28	3,19	489,95	-2,86	32,64	0,00
3 (Seg)	8100	9350	0	-37,29	3,21	490,01	-2,90	-32,31	0,00
Sum				0,00	0,00	1959,92			

2.3. SEGMENTRESULTATER

Seg Nr.	Snitt mm	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]	u [mm]	v [mm]	w [mm]
1	0	-489,87	-3,17	-37,33	0,00	-32,58	2,81	0,0	0,0	0,0
	1746	-488,03	-3,17	-37,33	0,00	32,59	-2,72	-0,5	0,1	-0,3
	1891	-487,87	-3,17	-37,33	0,00	38,02	-3,19	-0,5	0,1	-0,3
	2328	-487,36	-3,17	-37,33	0,00	54,32	-4,57	-0,4	0,1	-0,4
	2910	-486,70	-3,17	-37,33	0,00	76,04	-6,42	0,0	-0,1	-0,5
2	0	-489,93	-3,22	37,32	0,00	32,42	2,93	0,0	0,0	0,0
	1891	-487,92	-3,22	37,32	0,00	-38,16	-3,16	0,5	0,1	-0,3
	2182	-487,59	-3,22	37,32	0,00	-49,01	-4,10	0,5	0,1	-0,3
	2910	-486,75	-3,22	37,32	0,00	-76,16	-6,44	0,0	0,0	-0,5
3	0	-489,93	3,21	37,29	0,00	32,31	-2,90	0,0	0,0	0,0
	1891	-487,93	3,21	37,29	0,00	-38,23	3,18	0,5	-0,1	-0,3
	2037	-487,76	3,21	37,29	0,00	-43,66	3,64	0,5	-0,1	-0,3
	2910	-486,76	3,21	37,29	0,00	-76,21	6,44	0,0	0,0	-0,5
4	0	-489,87	3,19	-37,28	0,00	-32,64	-2,86	0,0	0,0	0,0
	1746	-487,86	3,19	-37,28	0,00	32,46	2,70	-0,5	-0,1	-0,3
	1892	-487,70	3,19	-37,28	0,00	37,89	3,17	-0,5	-0,1	-0,3
	2473	-487,20	3,19	-37,28	0,00	59,58	5,02	-0,4	0,0	-0,4
	2764	-486,86	3,19	-37,28	0,00	70,43	5,95	-0,1	0,0	-0,4
	2910	-486,69	3,19	-37,28	0,00	75,86	6,41	0,0	0,0	-0,5
5	0	-19,03	-24,96	241,66	-16,40	131,72	0,00	0,0	-0,1	-0,5
	675	-50,11	5,54	31,99	0,28	23,62	-2,84	0,0	0,0	-1,5
	4050	-12,63	-0,01	0,01	-0,03	-86,02	-0,04	0,0	0,0	-4,8
	4425	-12,63	0,02	0,11	-0,03	-86,06	-0,03	0,0	0,0	-4,8

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

01.05.2019

Side: 10

	4800	-13,47	-0,10	-2,74	-0,23	-81,25	-0,01	0,0	0,0	-4,6
	7800	-19,00	25,09	-241,12	16,52	59,50	-7,52	0,0	0,0	-1,0
	7906	-19,00	25,09	-241,33	16,52	85,00	-4,87	0,0	0,0	-0,8
	7959	-19,00	25,09	-241,45	16,52	97,78	-3,54	0,0	0,0	-0,7
	8100	-19,00	25,09	-241,78	16,52	131,90	0,00	0,0	0,0	-0,5
6	0	-19,01	-25,05	241,71	-16,48	131,85	0,00	0,0	0,0	-0,5
	229	-19,01	-25,05	241,22	-16,48	76,49	-5,74	0,0	0,0	-0,8
	300	-19,01	-25,05	241,05	-16,48	59,47	-7,51	0,0	0,0	-1,0
	4050	-12,75	-0,03	0,21	-0,05	-87,94	-0,05	0,0	0,0	-4,8
	5175	-13,22	-0,11	-3,69	-0,25	-79,14	-0,06	0,0	0,0	-4,4
	7800	-50,09	-5,63	-31,99	-0,28	35,56	-4,92	0,0	0,0	-0,9
	8100	-18,98	24,99	-241,72	16,37	131,56	0,00	0,0	0,0	-0,5
7	0	-244,77	21,87	18,32	0,00	55,75	-22,96	0,0	0,0	-0,5
	1436	-243,12	21,87	18,32	0,00	29,45	8,44	-0,8	-1,2	-0,6
	2154	-242,50	21,87	18,32	0,00	16,30	24,14	-0,6	-1,6	-0,6
	2333	-242,29	21,87	18,32	0,00	13,01	28,06	-0,6	-1,7	-0,6
	2692	-241,88	21,87	18,32	0,00	6,44	35,91	-0,4	-1,5	-0,7
	3590	-240,85	21,87	18,32	0,00	-10,00	55,54	0,0	0,0	-0,7
8	0	-244,84	-21,84	18,29	0,00	55,65	22,92	0,0	0,0	-0,5
	1436	-243,19	-21,84	18,29	0,00	29,39	-8,44	-0,8	1,2	-0,6
	2333	-242,36	-21,84	18,29	0,00	12,98	-28,04	-0,6	1,7	-0,6
	3410	-241,13	-21,84	18,29	0,00	-6,72	-51,57	-0,1	0,5	-0,7
	3590	-240,92	-21,84	18,29	0,00	-10,00	-55,49	-0,1	0,0	-0,7
9	0	-244,77	-21,81	-18,31	0,00	-55,72	22,79	0,0	0,0	-0,5
	718	-244,15	-21,81	-18,31	0,00	-42,57	7,13	0,6	0,5	-0,5
	1256	-243,54	-21,81	-18,31	0,00	-32,71	-4,61	0,7	1,0	-0,6
	1436	-243,12	-21,81	-18,31	0,00	-29,43	-8,53	0,7	1,2	-0,6
	2333	-242,30	-21,81	-18,31	0,00	-13,00	-28,10	0,5	1,7	-0,6
	3590	-240,86	-21,81	-18,31	0,00	10,01	-55,50	0,0	0,0	-0,7
10	0	-244,83	21,78	-18,29	0,00	-55,70	-22,82	0,0	-0,1	-0,5
	1436	-243,39	21,78	-18,29	0,00	-29,43	8,46	0,7	-1,2	-0,6
	2333	-242,36	21,78	-18,29	0,00	-13,01	28,01	0,6	-1,7	-0,6
	3051	-241,53	21,78	-18,29	0,00	0,13	43,65	0,2	-1,2	-0,7
	3590	-240,91	21,78	-18,29	0,00	9,98	55,38	0,0	0,0	-0,7
11	0	-21,87	18,32	240,72	-10,00	55,52	0,00	0,0	0,0	-0,7
	60	-21,87	18,32	240,63	-10,00	41,12	1,10	0,0	0,0	-0,9
	400	-21,87	18,32	239,80	-10,00	-40,54	7,33	0,0	0,0	-2,1
	1255	-1,16	-0,50	15,17	0,79	-81,18	0,25	0,0	0,0	-4,5
	4675	-2,09	0,00	0,53	-0,04	-156,01	0,01	0,0	0,0	-9,7
	5102	-2,11	0,00	0,05	-0,04	-156,03	0,01	0,0	0,0	-9,6

01.05.2019

Side: 11

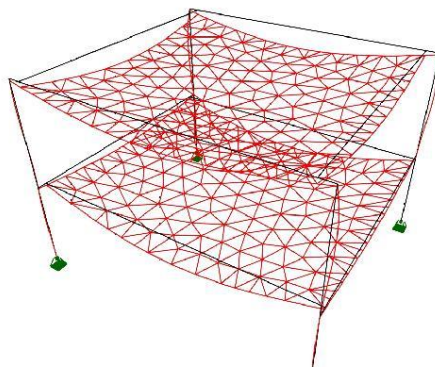
	9350	-21,84	-18,29	-240,80	10,00	55,47	0,00	-0,1	0,0	-0,7
12	0	-21,78	-18,29	240,79	9,98	55,36	0,00	0,0	0,0	-0,7
	4675	-2,10	0,00	-0,46	0,03	-154,48	-0,01	0,0	0,0	-9,7
	8095	1,63	-1,48	-19,05	0,95	-68,85	-0,12	0,0	0,0	-4,5
	8950	-21,81	18,31	-239,81	-10,01	-40,58	-7,32	0,0	0,0	-2,1
	9110	-21,81	18,31	-240,15	-10,01	-2,23	-4,40	0,0	0,0	-1,5
	9210	-21,81	18,31	-240,39	-10,01	21,80	-2,57	0,0	0,0	-1,2
	9330	-21,81	18,31	-240,68	-10,01	50,67	-0,37	0,0	0,0	-0,8
	9350	-21,81	18,31	-240,73	-10,01	55,48	0,00	0,0	0,0	-0,7

2.4. SKALLRESULTATER

Skall Nr.	PosX [mm]	PosY [mm]	Nx [kN/m]	Ny [kN/m]	Nxy [kN/m]	Mx [kNm/m]	My [kNm/m]	Mxy [kNm/m]	Vxz [kN/m]	Vyz [kN/m]	u [mm]	v [mm]	w [mm]
2	-4050	-4275	-72,78	-64,88	-21,38	0,09	25,62	50,97	103,32	178,24	0,0	0,0	-2,0
	-4050	4275	-35,93	-54,17	17,59	-10,71	23,96	-72,91	45,28	-90,83	0,0	0,0	-2,1
	4050	-4275	-37,40	-45,34	22,22	-2,33	25,62	-79,36	-66,90	88,79	0,0	0,0	-2,1
	4050	4275	-37,81	-41,69	-22,80	3,97	25,26	80,07	-65,64	-92,18	-0,1	0,0	-2,1
	4050	0	0,12	-3,81	-0,03	-114,70	-8,28	-2,45	-28,65	7,91	0,0	0,0	-9,7
	50	4275	-4,89	0,06	-0,02	-9,90	-130,72	3,59	-8,69	-24,49	0,0	0,0	-9,7
	-4050	3420	10,70	6,58	-4,90	-66,57	-7,47	-58,51	40,32	-162,46	0,0	0,0	-4,5
	-54	-315	-2,57	-4,63	-0,02	-91,05	-97,09	-0,33	3,50	2,33	0,0	0,0	-13,3
2	-4675	-3750	70,61	45,70	21,81	61,98	45,81	32,01	74,01	157,84	0,0	0,0	-1,0
	-4675	3750	191,18	82,78	-26,64	112,33	98,48	-5,13	287,32	-494,72	0,0	0,0	-1,0
	4675	-3750	66,53	48,61	-17,04	62,63	42,74	-30,26	-58,86	153,65	0,0	0,0	-1,0
	4675	3750	193,72	84,29	26,47	112,10	98,20	4,69	-291,15	-494,79	0,0	0,0	-0,9
	-4175	3750	134,73	102,38	-37,05	25,26	-20,61	-54,83	152,54	-174,82	0,0	0,0	-3,0
	4175	3750	133,67	101,00	37,73	23,27	-21,66	54,21	-159,01	-168,92	0,0	0,0	-3,0
	-163	3750	14,73	0,46	-0,13	-5,75	-156,33	-2,29	7,08	-30,28	0,0	0,0	-13,2
	-4	59	0,51	6,24	-0,13	-57,66	-133,62	-0,55	-0,40	-0,43	0,0	0,0	-13,7

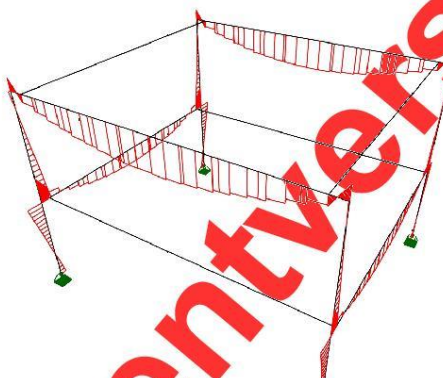
2.5. RESULTATER GRAFISK

2.5.1. Forskyvning



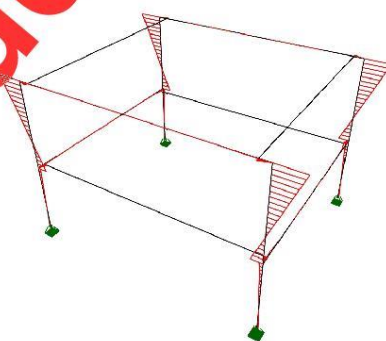
Største forskyvning: 13,7 mm

2.5.2. Moment om y-akse - segmenter



Største moment om y-akse: -156,03 kN·m

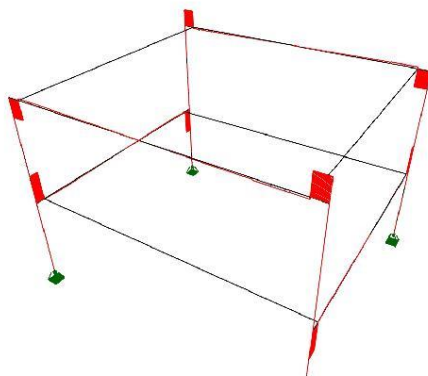
2.5.3. Moment om z-akse - segmenter



Største moment om z-akse: 55,54 kN·m

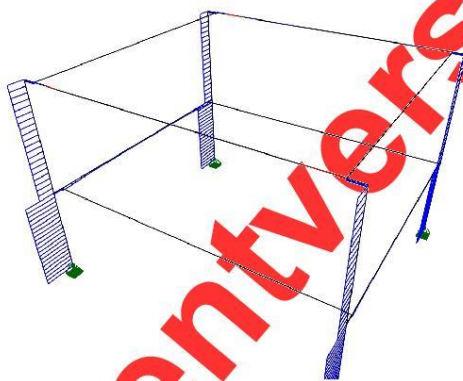
2.5.4. Torsjonsmoment - segmenter

Studentversjon



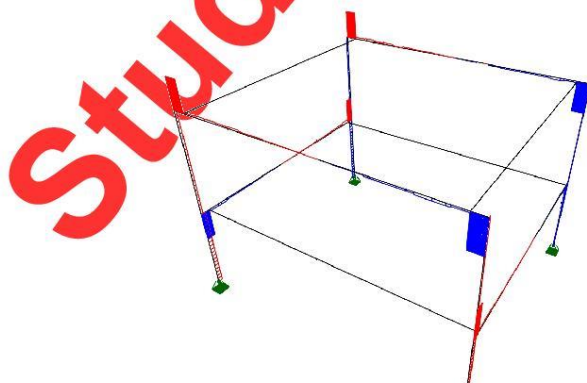
Største torsjonsmoment: 16,52 kN·m

2.5.5. Aksialkraft - segmenter



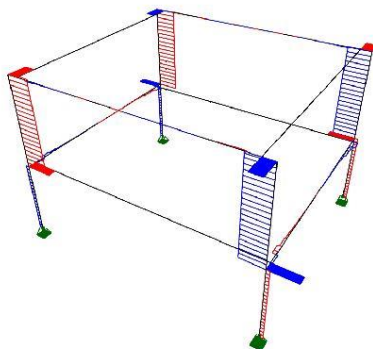
Største aksialkraft: -489,93 kN

2.5.6. Skjærkraft i z-retning - segmenter



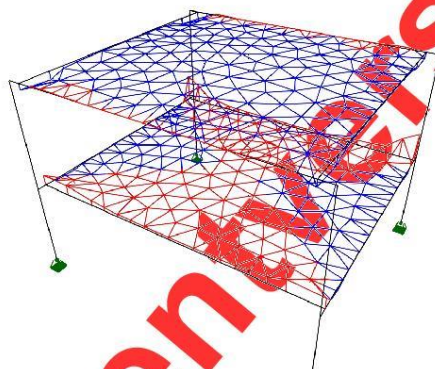
Største skjærkraft i z-retning: -241,78 kN

2.5.7. Skjærkraft i y-retning - segmenter



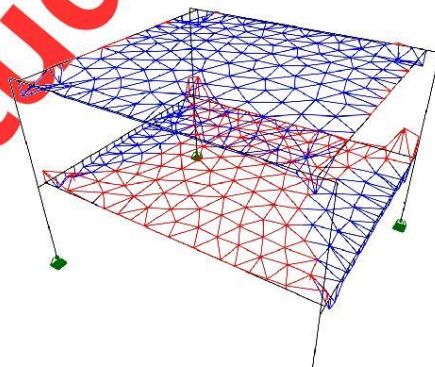
Største skjærkraft i y-retning: 25,09 kN

2.5.8. Membrankraft i x-retning - skall



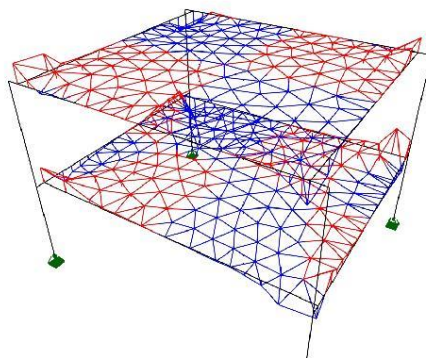
Største membrankraft i x-retning: 193,72 kN/m

2.5.9. Membrankraft i y-retning - skall



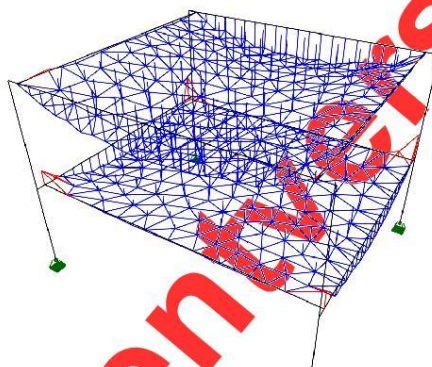
Største membrankraft i y-retning: 102,38 kN/m

2.5.10. Membranskjærkraft - skall



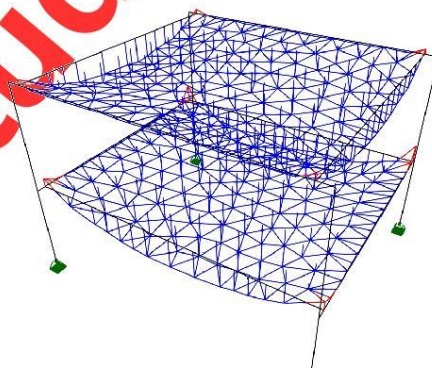
Største membranskjærkraft: 37,73 kN/m

2.5.11. Moment om x-akse - skall



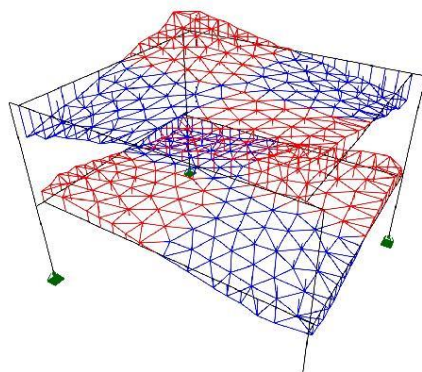
Største moment om x-akse: -114,70 kNm/m

2.5.12. Moment om y-akse - skall



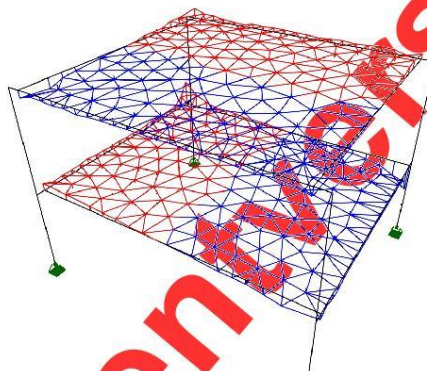
Største moment om y-akse: -156,33 kNm/m

2.5.13. Vridningsmoment - skall



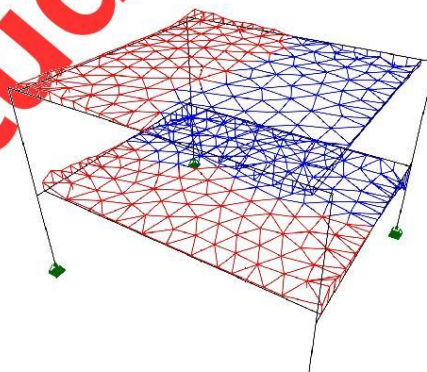
Største vridningsmoment: 80,07 kNm/m

2.5.14. Skjærkraft i zx-planet - skall



Største skjærkraft i zx-planet: -291,15 kN/m

2.5.15. Skjærkraft i zy-planet - skall

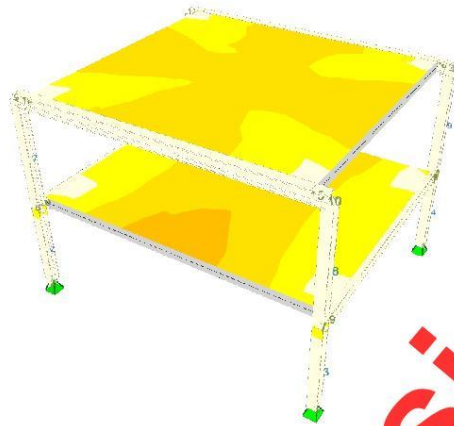


Største skjærkraft i zy-planet: -494,79 kN/m

Studentversjon

01.05.2019

Side: 18



Studentversjon

Største kapasitetsutnyttelse: 69,35 % (EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen)

Focus Konstruksjon 2019 Versjon 19.4.0.0 Focus Software	Konstruksjon 1	FIL C:\Users\erlen\OneDrive\Dokumenter\Bachelor\Focus konstruksjon\Kon1.flon	
	Kapasitetskart / Predefinert lastkombinasjon	DATO 01.05.2019 - 09:29:57	SIGN

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

VEDLEGG 10

Rapport Focus Konstruksjon betongsøyle

Konstruksjon 1

Beregning utført: 07.05.2019 09:23:25

Focus Konstruksjon 2019

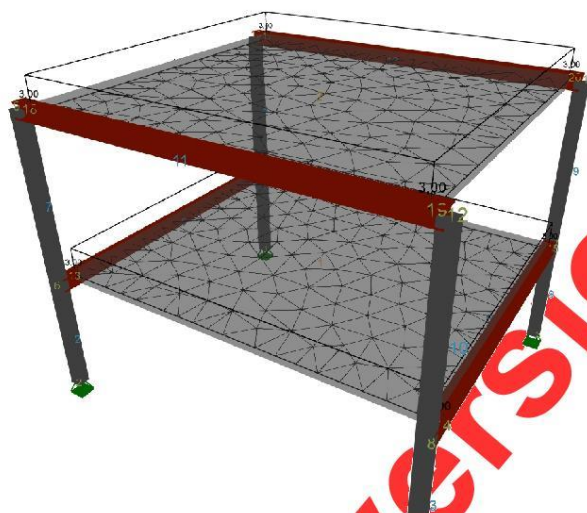
INNHOLDSFORTEGNELSE

1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER	2
1.1. KNOTEPUNKTSDATA	2
1.2. TVERRSNITTSDATA	3
1.3. MATERIALDATA	3
1.4. SEGMENTDATA	4
1.4.1. Segmentdata EN 1992	4
1.4.2. Segmentdata EN 1993	4
1.5. SKALLDATA	4
1.5.2. Skalldata kontur	4
1.5.4. Skalldata EN 1992	5
1.6. ARMERING	5
1.6.1. Lengdearmring - segmenter	5
1.6.2. Nødvendig armering - segmenter	6
1.6.3. Nødvendig arealarmring - skall	8
2. BEREGNINGER	9
2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER	9
2.1.1. Forskyvninger	9
2.2. OPLEGGSKREFTER	10
2.3. SEGMENTRESULTATER	10
2.4. SKALLRESULTATER	14
2.5. RESULTATER GRAFISK	15
2.5.1. Forskyvning	15
2.5.2. Moment om y-akse - segmenter	15
2.5.3. Moment om z-akse - segmenter	15
2.5.4. Torsjonsmoment - segmenter	16
2.5.5. Aksialkraft - segmenter	16
2.5.6. Skjærkraft i z-retning - segmenter	16
2.5.7. Skjærkraft i y-retning - segmenter	17
2.5.8. Membrankraft i x-retning - skall	17
2.5.9. Membrankraft i y-retning - skall	17
2.5.10. Membranskjærkraft - skall	18
2.5.11. Moment om x-akse - skall	18
2.5.12. Moment om y-akse - skall	18
2.5.13. Vridningsmoment - skall	19
2.5.14. Skjærkraft i zx-planet - skall	19
2.5.15. Skjærkraft i zy-planet - skall	19
Kapasitetskart / <Alle komb. Brudd>	22

07.05.2019

Side: 3

1. KONSTRUKSJONSMODELLO OG LASTER



1.1. KNOTEPUNKTSDATA

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
1	0	0	0
2	8100	0	0
3	0	9350	0
4	8100	9350	0
5	0	0	2910
6	8100	0	2910
7	0	9350	2910
8	8100	9350	2910
9	8100	0	7193
10	0	0	7193
11	0	9350	7193
12	8100	9350	7193
13	7600	0	2910
14	7600	9350	2910
15	300	9350	2910
16	200	0	2910
17	0	400	7193
18	8100	400	7193
19	8100	9050	7193

07.05.2019

Side: 4

20 0 9050 7193

1.2. TVERRSNITTSDATA

Nr.	Navn	Parametre	
1	HE 340 M	A [mm ²]	31600
		I _x [mm ⁴]	1,5100e+007
		I _y [mm ⁴]	7,6370e+008
		I _z [mm ⁴]	1,9710e+008
		Total vekt [kN]	45,51
2	HE 300 M	A [mm ²]	30300
		I _x [mm ⁴]	1,4100e+007
		I _y [mm ⁴]	5,9200e+008
		I _z [mm ⁴]	1,9400e+008
		Total vekt [kN]	37,80
3	Rekt 300x300	A [mm ²]	90000
		I _x [mm ⁴]	9,9900e+008
		I _y [mm ⁴]	6,7500e+008
		I _z [mm ⁴]	6,7500e+008
		Total vekt [kN]	64,74

1.3. MATERIALDATA

1 S355, Stål	Material: Stål
Fasthetsklasse: S355	
Varmeutv.koeff.: 1,20e-005 °C ⁻¹	Tyngdetetthet: 77,01 kN/m ³
E-modul: 2,1000e+005 N/mm ²	G-modul: 8,1000e+004 N/mm ²
Total vekt: 83,31 kN	
Karakteristiske fasthetsparametre:	
f _y = 355,00 N/mm ² for godstykkelse ≤ 40,0 mm	
f _y = 335,00 N/mm ² for godstykkelse ≤ 80,0 mm	
f _y = 335,00 N/mm ² for godstykkelse > 80,0 mm	
2 B35, Betong	Material: Betong
Varmeutv.koeff.: 1,00e-005 °C ⁻¹	Tyngdetetthet: 25,00 kN/m ³
	Relativ fuktighet [%]: 40,00
Fasthetsklasse: B35	Alder [dager]: 25550
Fasthet lengdearmering: 500,00 N/mm ²	Alder ved pålastning [dager]: 28
Fasthet skjærarmering: 500,00 N/mm ²	Alder da uttørking startet [dager]: 28
Beregn alltid i stadium 2? Nei	Egendefinert maksimal rissvidde? Nei
Ignorer svinn? Nei	Dimensjonerende brukstid: 50 år
Faktor k _{max} : 1,50	Total vekt: 1279,13 kN
Karakteristiske fasthetsparametre:	
f _{ck} = 35,00 N/mm ²	f _{ck,cube} = 45,00 N/mm ²
f _{cm} = 43,00 N/mm ²	f _{ctk,0,05} = 2,20 N/mm ²
f _{ctk,0,95} = 4,20 N/mm ²	f _{ctm} = 3,20 N/mm ²

07.05.2019

Side: 5

1.4. SEGMENTDATA

Seg. Nr.	Kn.pkt 1	Kn.pkt 2	Tvsn 1	Tvsn 2	Material	Type / Form	Rot. [°]	Uend. stiv?
1	1	5	Rekt 300x300	Rekt 300x300	B35, Betong	Rett bjelke		Nei
2	2	6	Rekt 300x300	Rekt 300x300	B35, Betong	Rett bjelke		Nei
3	4	8	Rekt 300x300	Rekt 300x300	B35, Betong	Rett bjelke		Nei
5	5	6	HE 300 M	HE 300 M	S355, Stål	Rett bjelke		Nei
6	8	7	HE 300 M	HE 300 M	S355, Stål	Rett bjelke		Nei
7	6	9	Rekt 300x300	Rekt 300x300	B35, Betong	Rett bjelke		Nei
8	5	10	Rekt 300x300	Rekt 300x300	B35, Betong	Rett bjelke		Nei
9	7	11	Rekt 300x300	Rekt 300x300	B35, Betong	Rett bjelke		Nei
9	3	7	Rekt 300x300	Rekt 300x300	B35, Betong	Rett bjelke		Nei
10	8	12	Rekt 300x300	Rekt 300x300	B35, Betong	Rett bjelke		Nei
11	12	9	HE 340 M	HE 340 M	S355, Stål	Rett bjelke		Nei
12	11	10	HE 340 M	HE 340 M	S355, Stål	Rett bjelke		Nei

1.4.1. Segmentdata EN 1992

Seg. nr	GammaC	GammaS	Type	Eksp.kl.	L_ky [mm]	L_kz [mm]	Stivhetsparametre [N/mm ²]	G
1	1,50	1,15	Søyle	XC1	2910	2910	E = 3,1635e+004	G = 1,3181e+004
2	1,50	1,15	Søyle	XC1	2910	2910	E = 3,1635e+004	G = 1,3181e+004
3	1,50	1,15	Søyle	XC1	2910	2910	E = 3,1635e+004	G = 1,3181e+004
7	1,50	1,15	Søyle	XC1	4283	4283	E = 3,1635e+004	G = 1,3181e+004
8	1,50	1,15	Søyle	XC1	4283	4283	E = 3,1635e+004	G = 1,3181e+004
9	1,50	1,15	Søyle	XC1	4283	4283	E = 3,1635e+004	G = 1,3181e+004
9	1,50	1,15	Søyle	XC3	2910	2910	E = 3,1635e+004	G = 1,3181e+004
10	1,50	1,15	Søyle	XC1	4283	4283	E = 3,1635e+004	G = 1,3181e+004

1.4.2. Segmentdata EN 1993

Seg. nr.	Gamma_M0 (brudd)	Gamma_M1 (brudd)	L_ky [mm]	L_kz [mm]	L_eff [mm]	k	k_w	C1	C2	C2	z_g [mm]	z_j [mm]
5	1,05	1,05	8100	8100	8100	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0	0
6	1,05	1,05	8100	8100	8100	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0	0
11	1,05	1,05	9350	9350	9350	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0	0
12	1,05	1,05	9350	9350	9350	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0	0

1.5. SKALLDATA

Skall Nr.	Tykkelse [mm]	Areal [m ²]	Material	Type	X-vektor	Z-vektor	Uendelig stivhet?
1	350	68,723	B35, Betong	Plate	[0,00; 1,00; 0,00]	[0,00; 0,00; 1,00]	Nei
2	350	70,065	B35, Betong	Plate	[1,00; 0,00; 0,00]	[0,00; 0,00; 1,00]	Nei

1.5.2. Skalldata kontur

07.05.2019

Side: 6

Skall Nr.	Kn.pkt A	Kn.pkt B	LineType	Radius / Pilhøyde [mm]
1	13	14	Rett	
1	14	15	Rett	
1	15	16	Rett	
1	16	13	Rett	
2	17	18	Rett	
2	18	19	Rett	
2	19	20	Rett	
2	20	17	Rett	

1.5.4. Skalldata EN 1992

Skall nr.	GammaC	GammaS	Type	Eksp.kl.	Stivhetsparametre [N/mm ²]	
1	1,50	1,15	Plate	XC3	E = 3,1635e+004	G = 1,3181e+004
2	1,50	1,15	Plate	XC3	E = 3,1635e+004	G = 1,3181e+004

1.6. ARMERING

1.6.1. Lengdearmring - segmenter

Seg Nr.	Pos	Ø [mm]	n/cc	x1 [mm]	x2 [mm]	z1 [mm]	z2 [mm]	lbd1 [mm]	lbd2 [mm]	f1 [mm]	f2 [mm]
1	UK	12,0	4	0	2910	39,0	39,0	120	120	1,00	1,00
	OK	12,0	4	0	2910	261,0	261,0	120	120	1,00	1,00
2	UK	12,0	4	0	2910	39,0	39,0	120	120	1,00	1,00
	OK	12,0	4	0	2910	261,0	261,0	120	120	1,00	1,00
3	UK	12,0	4	0	2910	39,0	39,0	120	120	1,00	1,00
	OK	12,0	4	0	2910	261,0	261,0	120	120	1,00	1,00
7	UK	12,0	4	0	4283	39,0	39,0	120	120	1,00	1,00
	OK	12,0	4	0	4283	261,0	261,0	120	120	1,00	1,00
8	UK	12,0	4	0	4283	39,0	39,0	120	120	1,00	1,00
	OK	12,0	4	0	4283	261,0	261,0	120	120	1,00	1,00
9	UK	12,0	4	0	4283	39,0	39,0	120	120	1,00	1,00
	OK	12,0	4	0	4283	261,0	261,0	120	120	1,00	1,00
9	UK	12,0	4	0	2910	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00
	OK	12,0	4	0	2910	251,0	251,0	120	120	1,00	1,00
10	UK	12,0	4	0	4283	39,0	39,0	120	120	1,00	1,00
	OK	12,0	4	0	4283	261,0	261,0	120	120	1,00	1,00

Kolonne: Forklaring:
 pos - OK = overkantarmring, UK = underkantarmring
 Ø - diameter
 n - antall stenger (hvis bjelke/søyle)
 cc - senteravstand (hvis plate/vegg)

07.05.2019

Side: 7

- x1 - startpunkt for armering
- x2 - endepunkt for armering
- z1 - avstand fra underkant betong til senter jern i startpunktet
- z2 - avstand fra underkant betong til senter jern i endepunktet
- lbd1 - nødvendig forankringslengde i startpunktet
- lbd2 - nødvendig forankringslengde i endepunktet
- f1 - forankringsfaktor i ende 1
- f2 - forankringsfaktor i ende 2

1.6.2. Nødvendig armering - segmenter

Seg Nr.	x [mm]	ASU [mm ²]	ASO [mm ²]	AS [mm ²]	ASUn [mm ²]	ASOn [mm ²]	ASn [mm ²]	AB [mm ² /m]	ABn [mm ² /m]	Kap	
1	0	452	452	905	450	450	900	931	559	0,58	
	291	452	452	905	450	450	900	931	559	0,58	
	582	452	452	905	450	450	900	559	355	0,58	
	873	452	452	905	450	450	900	559	355	0,58	
	1164	452	452	905	450	450	900	559	355	0,58	
	1455	452	452	905	450	450	900	559	355	0,58	
	1746	452	452	905	450	450	900	559	355	0,58	
	2037	452	452	905	450	450	900	559	355	0,59	
	2328	452	452	905	450	450	900	559	355	0,64	
	2619	452	452	905	453	453	906	931	559	0,69	
	2910	452	452	905	453	453	906	931	559	0,73	
	2	0	452	452	905	450	450	900	931	559	0,55
		291	452	452	905	450	450	900	931	559	0,50
582		452	452	905	450	450	900	559	355	0,49	
873		452	452	905	450	450	900	559	355	0,48	
1164		452	452	905	450	450	900	559	355	0,48	
1455		452	452	905	450	450	900	559	355	0,49	
1746		452	452	905	450	450	900	559	355	0,53	
2037		452	452	905	450	450	900	559	355	0,59	
2328		452	452	905	450	450	900	559	355	0,64	
2619		452	452	905	461	461	922	931	559	0,69	
2910		452	452	905	461	461	922	931	559	0,73	
3		0	452	452	905	450	450	900	931	559	0,57
		291	452	452	905	450	450	900	931	559	0,51
	582	452	452	905	450	450	900	559	355	0,49	
	873	452	452	905	450	450	900	559	355	0,49	
	1164	452	452	905	450	450	900	559	355	0,49	
	1455	452	452	905	450	450	900	559	355	0,50	
	1746	452	452	905	450	450	900	559	355	0,54	
	2037	452	452	905	450	450	900	559	355	0,59	
	2328	452	452	905	450	450	900	559	355	0,64	
	2619	452	452	905	472	472	943	931	559	0,69	
	2910	452	452	905	471	471	943	931	559	0,74	
	7	0	452	452	905	450	450	900	931	559	0,55

07.05.2019

Side: 8

	428	452	452	905	450	450	900	559	355	0,50
	857	452	452	905	450	450	900	559	355	0,46
	1285	452	452	905	450	450	900	559	355	0,41
	1713	452	452	905	450	450	900	559	355	0,37
	2142	452	452	905	450	450	900	559	355	0,46
	2570	452	452	905	450	450	900	559	355	0,55
	2998	452	452	905	450	450	900	559	355	0,64
	3426	452	452	905	450	450	900	559	355	0,72
	3855	452	452	905	450	450	900	559	355	0,80
	4283	452	452	905	450	450	900	931	559	0,88
8	0	452	452	905	450	450	900	931	559	0,58
	428	452	452	905	450	450	900	559	355	0,51
	857	452	452	905	450	450	900	559	355	0,46
	1285	452	452	905	450	450	900	559	355	0,41
	1713	452	452	905	450	450	900	559	355	0,35
	2142	452	452	905	450	450	900	559	355	0,44
	2570	452	452	905	450	450	900	559	355	0,54
	2998	452	452	905	450	450	900	559	355	0,63
	3426	452	452	905	450	450	900	559	355	0,72
	3855	452	452	905	450	450	900	559	355	0,81
	4283	452	452	905	450	450	900	931	559	0,89
9	0	452	452	905	450	450	900	931	559	0,57
	428	452	452	905	450	450	900	559	355	0,52
	857	452	452	905	450	450	900	559	355	0,46
	1285	452	452	905	450	450	900	559	355	0,41
	1713	452	452	905	450	450	900	559	355	0,37
	2142	452	452	905	450	450	900	559	355	0,47
	2570	452	452	905	450	450	900	559	355	0,56
	2998	452	452	905	450	450	900	559	355	0,65
	3426	452	452	905	450	450	900	559	355	0,74
	3855	452	452	905	450	450	900	559	355	0,82
	4283	452	452	905	450	450	900	931	559	0,90
9	0	452	452	905	450	450	900	931	559	0,59
	291	452	452	905	450	450	900	931	559	0,54
	582	452	452	905	450	450	900	559	355	0,50
	873	452	452	905	450	450	900	559	355	0,50
	1164	452	452	905	450	450	900	559	355	0,51
	1455	452	452	905	450	450	900	559	355	0,51
	1746	452	452	905	450	450	900	559	355	0,56
	2037	452	452	905	450	450	900	559	355	0,61
	2328	452	452	905	450	450	900	559	355	0,66
	2619	452	452	905	486	486	972	931	559	0,71
	2910	452	452	905	486	486	971	931	559	0,75
10	0	452	452	905	450	450	900	931	559	0,58
	428	452	452	905	450	450	900	559	355	0,52
	857	452	452	905	450	450	900	559	355	0,47

07.05.2019

Side: 9

1285	452	452	905	450	450	900	559	355	0,42
1713	452	452	905	450	450	900	559	355	0,38
2142	452	452	905	450	450	900	559	355	0,47
2570	452	452	905	450	450	900	559	355	0,56
2998	452	452	905	450	450	900	559	355	0,64
3426	452	452	905	450	450	900	559	355	0,73
3855	452	452	905	450	450	900	559	355	0,81
4283	452	452	905	450	450	900	931	559	0,88

Kolonne:	Forklaring:
x	- avstand fra segmentets startpunkt
ASU	- innlagt lengdearmring i underkant
ASO	- innlagt lengdearmring i overkant
AS	- innlagt lengdearmring totalt
ASUn	- nødvendig lengdearmring i underkant
ASOn	- nødvendig lengdearmring i overkant
ASn	- nødvendig lengdearmring totalt
AB	- innlagt bøylearmring
ABn	- nødvendig bøylearmring
Kap	- Kapasitetsutnyttelse

1.6.3. Nødvendig arealarmring - skall

Sk Nr.	PosX [mm ²]	PosY [mm ²]	ASUx [mm ²]	ASUy [mm ²]	ASOx [mm ²]	ASOy [mm ²]	ASx [mm ²]	ASy [mm ²]	ASUnx [mm ²]	ASUny [mm ²]	ASOnx [mm ²]	ASOny [mm ²]	ASnx [mm ²]	ASny [mm ²]	Kap
1	-4675	-3675	1257	1257	1257	1257	2513	2513	235	1257	1257	166	1492	1422	0,20
1	-4675	3725	1257	1257	1257	1257	2513	2513	355	298	1257	1257	1612	1555	0,30
1	4675	-3675	1257	1257	1257	1257	2513	2513	227	1257	1257	143	1484	1400	0,19
1	4675	3625	1257	1257	1257	1257	2513	2513	721	486	1257	1257	1978	1743	0,60
1	-581	-3675	1257	1257	1257	1257	2513	2513	1257	1257	1087	47	2343	1304	0,88
2	-4050	-4325	1257	1257	1257	1257	2513	2513	0	1257	1257	0	1257	1257	0,12
2	-4050	4325	1257	1257	1257	1257	2513	2513	0	0	1257	1257	1257	1257	0,19
2	4050	-4325	1257	1257	1257	1257	2513	2513	0	0	1257	1257	1257	1257	0,20
2	4050	4325	1257	1257	1257	1257	2513	2513	0	0	1257	1257	1257	1257	0,18
2	50	4325	1257	1257	1257	1257	2513	2513	1257	1257	0	38	1257	1294	0,73

Kolonne:	Forklaring:
PosX	- X-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
PosY	- Y-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
ASUx	- innlagt lengdearmring i underkant i x-retning
ASUy	- innlagt lengdearmring i underkant i y-retning
ASOx	- innlagt lengdearmring i overkant i x-retning
ASOy	- innlagt lengdearmring i overkant i y-retning
ASx	- innlagt lengdearmringsareal totalt i x-retningen
ASy	- innlagt lengdearmringsareal totalt i y-retningen
ASUnx	- nødvendig lengdearmringsareal i x-retningen i underkant
ASUny	- nødvendig lengdearmringsareal i y-retningen i underkant

07.05.2019

Side: 10

- ASOnx - nødvendig lengdearmeringsareal i x-retningen i overkant
 ASOny - nødvendig lengdearmeringsareal i y-retningen i overkant
 ASnx - nødvendig lengdearmeringsareal totalt i x-retningen
 ASny - nødvendig lengdearmeringsareal totalt i y-retningen
 Kap - Kapasitetsutnyttelse

2. BEREGNINGER

2.1. KNUTEPUNKTSRESULTATER

2.1.1. Forskyvninger

Nr.	u [mm]	v [mm]	w [mm]	rotX [°]	rotY [°]	rotZ [°]
1	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)max
	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)min
2	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)max
	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)min
3	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)max
	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)min
4	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)max
	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1)min
5	0,0(2)	0,2(1)	-0,2(2)	0,0(1)	0,1(1)	0,0(1)max
	-0,1(1)	0,1(2)	-0,5(1)	0,0(2)	0,0(2)	0,0(2)min
6	0,0(2)	0,1(1)	-0,2(2)	0,0(1)	0,0(2)	0,0(2)max
	-0,1(1)	0,0(2)	-0,4(1)	0,0(2)	-0,1(1)	0,0(1)min
7	0,0(2)	0,2(1)	-0,2(2)	0,0(2)	0,1(1)	0,0(2)max
	0,0(1)	0,1(2)	-0,5(1)	0,0(1)	0,0(2)	0,0(1)min
8	0,0(2)	0,2(1)	-0,2(2)	0,0(2)	0,0(2)	0,0(1)max
	0,0(1)	0,1(2)	-0,4(1)	0,0(1)	-0,1(1)	0,0(2)min
9	-0,1(2)	0,4(1)	-0,3(2)	-0,1(2)	0,0(1)	0,0(2)max
	-0,4(1)	0,1(2)	-0,8(1)	-0,2(1)	0,0(2)	0,0(1)min
10	-0,1(2)	0,8(1)	-0,3(2)	-0,1(2)	0,0(2)	0,0(2)max
	-0,4(1)	0,2(2)	-0,8(1)	-0,2(1)	0,0(1)	0,0(1)min
11	0,0(2)	0,8(1)	-0,3(2)	0,1(1)	0,0(2)	0,0(2)max
	-0,1(1)	0,2(2)	-0,8(1)	0,1(2)	0,0(1)	0,0(1)min
12	0,0(2)	0,4(1)	-0,3(2)	0,1(1)	0,0(1)	0,0(2)max
	-0,1(1)	0,1(2)	-0,8(1)	0,1(2)	0,0(2)	0,0(1)min
13	0,0(2)	0,1(1)	-0,5(2)	-0,1(2)	0,0(2)	0,0(2)max
	-0,1(1)	0,0(2)	-1,5(1)	-0,2(1)	-0,1(1)	0,0(1)min
14	0,0(2)	0,1(1)	-0,5(2)	0,2(1)	0,0(2)	0,0(1)max
	0,0(1)	0,1(2)	-1,5(1)	0,1(2)	-0,1(1)	0,0(2)min
15	0,0(2)	0,2(1)	-0,4(2)	0,2(1)	0,1(1)	0,0(2)max
	0,0(1)	0,1(2)	-1,0(1)	0,1(2)	0,0(2)	0,0(1)min
16	0,0(2)	0,2(1)	-0,3(2)	-0,1(2)	0,1(1)	0,0(1)max
	-0,1(1)	0,1(2)	-0,8(1)	-0,2(1)	0,0(2)	0,0(2)min

07.05.2019

Side: 11

17	-0,1(2)	0,6(1)	-0,7(2)	-0,1(2)	0,1(1)	0,0(2)max
	-0,4(1)	0,2(2)	-2,0(1)	-0,2(1)	0,1(2)	0,0(1)min
18	-0,1(2)	0,4(1)	-0,7(2)	-0,1(2)	-0,1(2)	0,0(2)max
	-0,4(1)	0,1(2)	-2,0(1)	-0,2(1)	-0,1(1)	0,0(1)min
19	0,0(2)	0,4(1)	-0,6(2)	0,2(1)	-0,1(2)	0,0(2)max
	-0,1(1)	0,1(2)	-1,7(1)	0,1(2)	-0,1(1)	0,0(1)min
20	0,0(2)	0,6(1)	-0,6(2)	0,2(1)	0,1(1)	0,0(2)max
	-0,1(1)	0,2(2)	-1,7(1)	0,1(2)	0,1(2)	0,0(1)min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

2.2. OPPLGGSKREFTER

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
1 (Seg)	0	0	0	24,24 (1)	-0,56 (2)	450,52 (1)	2,66 (1)	23,66 (1)	-0,03 (2) max
				8,83 (2)	-1,83 (1)	158,36 (2)	0,88 (2)	8,62 (2)	-0,09 (1) min
3 (Seg)	8100	9350	0	-8,89 (2)	4,16 (1)	441,35 (1)	-1,04 (2)	-8,43 (2)	-0,12 (2) max
				-24,41 (1)	1,45 (2)	154,85 (2)	-3,05 (1)	-23,14 (1)	-0,34 (1) min
9 (Seg)	0	9350	0	23,81 (1)	2,56 (1)	451,18 (1)	-0,35 (2)	22,81 (1)	0,31 (1) max
				8,66 (2)	0,84 (2)	158,62 (2)	-1,24 (1)	8,30 (2)	0,11 (2) min
2 (Seg)	8100	0	0	-8,60 (2)	-1,73 (2)	435,75 (1)	5,02 (1)	-7,99 (2)	0,44 (1) max
				-23,65 (1)	-4,89 (1)	152,71 (2)	1,79 (2)	-21,97 (1)	0,16 (2) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

2.3. SEGMENTRESULTATER

Seg Nr.	Snitt mm	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]	u [mm]	v [mm]	w [mm]
1	0	-158,36(2)	-0,56(2)	-8,83(2)	0,09(1)	-8,62(2)	2,66(1)	0,0(2)	0,0(1)	0,0(2) max
	0	-450,36(1)	-1,83(1)	-24,24(1)	0,03(2)	-23,66(1)	0,88(2)	0,0(1)	0,0(2)	0,0(1) min
	1309	-158,36(2)	-0,56(2)	-8,83(2)	0,09(1)	8,08(1)	0,27(1)	-0,2(2)	0,1(1)	-0,1(2) max
	1309	-447,74(1)	-1,83(1)	-24,24(1)	0,03(2)	2,94(2)	0,15(2)	-0,6(1)	0,0(2)	-0,2(1) min
	2037	-158,36(2)	-0,56(2)	-8,83(2)	0,09(1)	25,72(1)	-0,26(2)	-0,3(2)	0,1(1)	-0,1(2) max
	2037	-446,10(1)	-1,83(1)	-24,24(1)	0,03(2)	9,36(2)	-1,06(1)	-0,7(1)	0,1(2)	-0,3(1) min
	2764	-158,36(2)	-0,56(2)	-8,83(2)	0,09(1)	43,35(1)	-0,66(2)	-0,1(2)	0,2(1)	-0,2(2) max
	2764	-444,46(1)	-1,83(1)	-24,24(1)	0,03(2)	15,78(2)	-2,39(1)	-0,3(1)	0,1(2)	-0,4(1) min
	2910	-158,36(2)	-0,56(2)	-8,83(2)	0,09(1)	46,88(1)	-0,75(2)	0,0(2)	0,2(1)	-0,2(2) max
	2910	-444,14(1)	-1,83(1)	-24,24(1)	0,03(2)	17,07(2)	-2,65(1)	-0,1(1)	0,1(2)	-0,5(1) min
2	0	-152,71(2)	-1,73(2)	23,65(1)	-0,16(2)	21,97(1)	5,02(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(2) max
	0	-435,59(1)	-4,89(1)	8,60(2)	-0,44(1)	7,99(2)	1,79(2)	0,0(2)	0,0(2)	0,0(1) min
	1891	-152,71(2)	-1,73(2)	23,65(1)	-0,16(2)	-8,28(2)	-1,48(2)	0,6(1)	0,2(1)	-0,1(2) max
	1891	-431,66(1)	-4,89(1)	8,60(2)	-0,44(1)	-22,75(1)	-4,23(1)	0,2(2)	0,1(2)	-0,3(1) min
	2037	-152,71(2)	-1,73(2)	23,65(1)	-0,16(2)	-9,54(2)	-1,73(2)	0,6(1)	0,2(1)	-0,1(2) max
	2037	-431,01(1)	-4,89(1)	8,60(2)	-0,44(1)	-26,20(1)	-4,94(1)	0,2(2)	0,1(2)	-0,3(1) min
	2764	-152,71(2)	-1,73(2)	23,65(1)	-0,16(2)	-15,79(2)	-2,99(2)	0,1(1)	0,1(1)	-0,1(2) max
	2764	-429,70(1)	-4,89(1)	8,60(2)	-0,44(1)	-43,40(1)	-8,50(1)	0,0(2)	0,0(2)	-0,4(1) min

07.05.2019

Side: 12

	2910	-152,71(2)	-1,73(2)	23,65(1)	-0,16(2)	-17,05(2)	-3,24(2)	0,0(2)	0,1(1)	-0,2(2) max
	2910	-429,37(1)	-4,89(1)	8,60(2)	-0,44(1)	-46,84(1)	-9,21(1)	-0,1(1)	0,0(2)	-0,4(1) min
3	0	-154,85(2)	4,16(1)	24,41(1)	0,34(1)	23,14(1)	-1,04(2)	0,0(1)	0,0(2)	0,0(2) max
	0	-441,18(1)	1,45(2)	8,89(2)	0,12(2)	8,43(2)	-3,05(1)	0,0(2)	0,0(1)	0,0(1) min
	1455	-154,85(2)	4,16(1)	24,41(1)	0,34(1)	-4,51(2)	3,00(1)	0,6(1)	0,0(2)	-0,1(2) max
	1455	-438,07(1)	1,45(2)	8,89(2)	0,12(2)	-12,37(1)	1,07(2)	0,2(2)	-0,1(1)	-0,2(1) min
	1746	-154,85(2)	4,16(1)	24,41(1)	0,34(1)	-7,09(2)	4,21(1)	0,7(1)	0,0(2)	-0,1(2) max
	1746	-437,58(1)	1,45(2)	8,89(2)	0,12(2)	-19,48(1)	1,49(2)	0,2(2)	-0,1(1)	-0,3(1) min
	1892	-154,85(2)	4,16(1)	24,41(1)	0,34(1)	-8,39(2)	4,82(1)	0,7(1)	0,0(2)	-0,1(2) max
	1892	-436,93(1)	1,45(2)	8,89(2)	0,12(2)	-23,03(1)	1,70(2)	0,3(2)	0,0(1)	-0,3(1) min
	2764	-154,85(2)	4,16(1)	24,41(1)	0,34(1)	-16,15(2)	8,45(1)	0,2(1)	0,1(1)	-0,2(2) max
	2764	-435,29(1)	1,45(2)	8,89(2)	0,12(2)	-44,34(1)	2,97(2)	0,1(2)	0,0(2)	-0,4(1) min
	2910	-154,85(2)	4,16(1)	24,41(1)	0,34(1)	-17,44(2)	9,06(1)	0,0(2)	0,2(1)	-0,2(2) max
	2910	-434,96(1)	1,45(2)	8,89(2)	0,12(2)	-47,89(1)	3,18(2)	0,0(1)	0,1(2)	-0,4(1) min
5	0	-5,55(2)	-6,71(2)	219,39(1)	-7,69(2)	75,87(1)	0,17(1)	0,0(2)	0,2(1)	-0,2(2) max
	0	-15,34(1)	-18,70(1)	80,40(2)	-20,27(1)	27,68(2)	0,06(2)	-0,1(1)	0,1(2)	-0,5(1) min
	570	-8,38(2)	1,59(1)	14,71(1)	0,58(1)	-3,69(2)	0,33(2)	0,0(2)	0,2(1)	-0,5(2) max
	570	-23,27(1)	0,57(2)	5,32(2)	0,21(2)	-10,10(1)	-0,91(1)	-0,1(1)	0,1(2)	-1,5(1) min
	4270	-3,76(2)	-0,04(2)	1,54(1)	-0,02(2)	-32,09(2)	-0,02(2)	0,0(2)	0,2(1)	-1,9(2) max
	4270	-10,42(1)	-0,11(1)	0,59(2)	-0,04(1)	-88,12(1)	-0,05(1)	-0,1(1)	0,1(2)	-5,2(1) min
	7600	-5,38(2)	20,31(1)	-2,45(2)	9,13(1)	-8,27(2)	-0,58(2)	0,0(2)	0,1(1)	-0,5(2) max
	7600	-39,23(1)	0,29(2)	-6,79(1)	-0,68(1)	-22,48(1)	-1,59(1)	-0,1(1)	0,0(2)	-1,5(1) min
	7900	-5,38(2)	20,31(1)	-74,78(2)	9,13(1)	34,60(1)	-1,27(2)	0,0(2)	0,1(1)	-0,3(2) max
	7900	-14,90(1)	7,33(2)	-204,20(1)	3,46(2)	12,57(2)	-3,52(1)	-0,1(1)	0,0(2)	-0,8(1) min
	7950	-5,38(2)	20,31(1)	-74,78(2)	9,13(1)	44,82(1)	-0,91(2)	0,0(2)	0,1(1)	-0,3(2) max
	7950	-14,90(1)	7,33(2)	-204,31(1)	3,46(2)	16,31(2)	-2,51(1)	-0,1(1)	0,0(2)	-0,7(1) min
	8100	-5,38(2)	20,31(1)	-74,78(2)	9,13(1)	75,49(1)	0,54(1)	0,0(2)	0,1(1)	-0,2(2) max
	8100	-14,90(1)	7,33(2)	-204,66(1)	3,46(2)	27,53(2)	0,19(2)	-0,1(1)	0,0(2)	-0,4(1) min
6	0	-5,28(2)	-7,13(2)	205,66(1)	-3,57(2)	78,41(1)	0,61(1)	0,0(2)	0,2(1)	-0,2(2) max
	0	-14,63(1)	-19,79(1)	75,15(2)	-9,41(1)	28,63(2)	0,22(2)	0,0(1)	0,1(2)	-0,4(1) min
	500	-5,28(2)	-7,13(2)	204,56(1)	-3,57(2)	-8,94(2)	-3,34(2)	0,0(2)	0,1(1)	-0,5(2) max
	500	-14,63(1)	-19,79(1)	75,15(2)	-9,41(1)	-24,11(1)	-9,28(1)	0,0(1)	0,1(2)	-1,5(1) min
	865	-13,68(2)	-0,48(2)	5,68(1)	0,67(1)	-8,48(2)	-0,68(2)	0,0(2)	0,1(1)	-0,8(2) max
	865	-37,97(1)	-1,33(1)	2,04(2)	0,25(2)	-23,15(1)	-1,89(1)	0,0(1)	0,1(2)	-2,1(1) min
	4150	-3,68(2)	0,13(1)	1,29(1)	0,04(1)	-32,01(2)	0,00(2)	0,0(2)	0,2(1)	-1,9(2) max
	4150	-10,22(1)	0,05(2)	0,48(2)	0,01(2)	-87,90(1)	-0,01(1)	0,0(1)	0,1(2)	-5,2(1) min
	7835	-5,11(2)	19,23(1)	-78,92(2)	14,92(1)	19,38(1)	-1,69(2)	0,0(2)	0,2(1)	-0,4(2) max
	7835	-14,19(1)	6,91(2)	-214,85(1)	5,66(2)	6,96(2)	-4,71(1)	0,0(1)	0,1(2)	-1,0(1) min
	7994	-5,11(2)	19,23(1)	-78,92(2)	14,92(1)	53,53(1)	-0,60(2)	0,0(2)	0,2(1)	-0,2(2) max
	7994	-14,19(1)	6,91(2)	-215,23(1)	5,66(2)	19,49(2)	-1,66(1)	0,0(1)	0,1(2)	-0,7(1) min
	8100	-5,11(2)	19,23(1)	-78,92(2)	14,92(1)	76,34(1)	0,38(1)	0,0(2)	0,2(1)	-0,2(2) max
	8100	-14,19(1)	6,91(2)	-215,47(1)	5,66(2)	27,85(2)	0,14(2)	0,0(1)	0,1(2)	-0,5(1) min

07.05.2019

Side: 13

7	0	-77,94(2)	15,42(1)	8,75(1)	0,10(1)	28,67(1)	-6,70(2)	0,0(2)	0,1(1)	-0,2(2) max	
	0	-224,27(1)	5,60(2)	3,22(2)	0,03(2)	10,49(2)	-18,34(1)	-0,1(1)	0,0(2)	-0,4(1) min	
	642	-77,94(2)	15,42(1)	8,75(1)	0,10(1)	23,05(1)	-3,10(2)	-0,3(2)	-0,1(2)	-0,2(2) max	
	642	-223,31(1)	5,60(2)	3,22(2)	0,03(2)	8,42(2)	-8,43(1)	-0,9(1)	-0,3(1)	-0,5(1) min	
	1713	-77,94(2)	15,42(1)	8,75(1)	0,10(1)	13,68(1)	8,08(1)	-0,5(2)	-0,4(2)	-0,2(2) max	
	1713	-220,42(1)	5,60(2)	3,22(2)	0,03(2)	4,97(2)	2,89(2)	-1,4(1)	-1,1(1)	-0,6(1) min	
	2784	-77,94(2)	15,42(1)	8,75(1)	0,10(1)	4,32(1)	24,59(1)	-0,4(2)	-0,5(2)	-0,2(2) max	
	2784	-218,49(1)	5,60(2)	3,22(2)	0,03(2)	1,52(2)	8,89(2)	-1,1(1)	-1,5(1)	-0,7(1) min	
	3641	-77,94(2)	15,42(1)	8,75(1)	0,10(1)	-1,24(2)	37,81(1)	-0,2(2)	-0,3(2)	-0,3(2) max	
	3641	-216,56(1)	5,60(2)	3,22(2)	0,03(2)	-3,18(1)	13,68(2)	-0,7(1)	-0,9(1)	-0,7(1) min	
	4283	-77,94(2)	15,42(1)	8,75(1)	0,10(1)	-3,31(2)	47,71(1)	-0,1(2)	0,4(1)	-0,3(2) max	
	4283	-215,12(1)	5,60(2)	3,22(2)	0,03(2)	-8,80(1)	17,28(2)	-0,4(1)	0,1(2)	-0,8(1) min	
	8	0	-77,96(2)	16,87(1)	-3,28(2)	-0,03(2)	-10,62(2)	-8,43(2)	0,0(2)	0,2(1)	-0,2(2) max
		0	-224,32(1)	6,15(2)	-8,91(1)	-0,08(1)	-29,00(1)	-22,93(1)	-0,1(1)	0,1(2)	-0,5(1) min
642		-77,96(2)	16,87(1)	-3,28(2)	-0,03(2)	-8,51(2)	-4,49(2)	0,6(1)	0,0(2)	-0,2(2) max	
642		-223,36(1)	6,15(2)	-8,91(1)	-0,08(1)	-23,28(1)	-12,09(1)	0,2(2)	0,0(1)	-0,5(1) min	
857		-77,96(2)	16,87(1)	-3,28(2)	-0,03(2)	-7,80(2)	-3,17(2)	0,8(1)	0,0(2)	-0,2(2) max	
857		-222,88(1)	6,15(2)	-8,91(1)	-0,08(1)	-21,38(1)	-8,48(1)	0,3(2)	-0,1(1)	-0,5(1) min	
1499		-77,96(2)	16,87(1)	-3,28(2)	-0,03(2)	-5,70(2)	2,37(1)	1,0(1)	-0,2(2)	-0,2(2) max	
1499		-220,95(1)	6,15(2)	-8,91(1)	-0,08(1)	-15,65(1)	0,78(2)	0,3(2)	-0,6(1)	-0,6(1) min	
2784		-77,96(2)	16,87(1)	-3,28(2)	-0,03(2)	-1,48(2)	24,05(1)	0,5(1)	-0,4(2)	-0,2(2) max	
2784		-218,54(1)	6,15(2)	-8,91(1)	-0,08(1)	-4,21(1)	8,68(2)	0,2(2)	-1,2(1)	-0,7(1) min	
3855		-77,96(2)	16,87(1)	-3,28(2)	-0,03(2)	5,32(1)	42,11(1)	-0,1(2)	-0,1(2)	-0,3(2) max	
3855		-216,13(1)	6,15(2)	-8,91(1)	-0,08(1)	2,03(2)	15,26(2)	-0,1(1)	-0,3(1)	-0,8(1) min	
4069		-77,96(2)	16,87(1)	-3,28(2)	-0,03(2)	7,23(1)	45,73(1)	-0,1(2)	0,1(1)	-0,3(2) max	
4069		-215,65(1)	6,15(2)	-8,91(1)	-0,08(1)	2,74(2)	16,58(2)	-0,3(1)	0,0(2)	-0,8(1) min	
4283	-77,96(2)	16,87(1)	-3,28(2)	-0,03(2)	9,14(1)	49,34(1)	-0,1(2)	0,6(1)	-0,3(2) max		
4283	-215,17(1)	6,15(2)	-8,91(1)	-0,08(1)	3,44(2)	17,89(2)	-0,4(1)	0,2(2)	-0,8(1) min		
9	0	-79,71(2)	-6,07(2)	-3,55(2)	0,07(1)	-10,94(2)	21,12(1)	0,0(2)	0,2(1)	-0,2(2) max	
	0	-228,89(1)	-16,67(1)	-9,62(1)	0,02(2)	-29,87(1)	7,75(2)	0,0(1)	0,1(2)	-0,5(1) min	
	1499	-79,71(2)	-6,07(2)	-3,55(2)	0,07(1)	-5,62(2)	-1,35(2)	1,1(1)	1,4(1)	-0,2(2) max	
	1499	-225,52(1)	-16,67(1)	-9,62(1)	0,02(2)	-15,45(1)	-3,87(1)	0,4(2)	0,5(2)	-0,6(1) min	
	2141	-79,71(2)	-6,07(2)	-3,55(2)	0,07(1)	-3,34(2)	-5,25(2)	1,0(1)	2,0(1)	-0,2(2) max	
	2141	-224,56(1)	-16,67(1)	-9,62(1)	0,02(2)	-9,27(1)	-14,58(1)	0,3(2)	0,7(2)	-0,6(1) min	
	2784	-79,71(2)	-6,07(2)	-3,55(2)	0,07(1)	-1,05(2)	-9,15(2)	0,7(1)	2,2(1)	-0,2(2) max	
	2784	-222,63(1)	-16,67(1)	-9,62(1)	0,02(2)	-3,08(1)	-25,29(1)	0,2(2)	0,8(2)	-0,7(1) min	
	3641	-79,71(2)	-6,07(2)	-3,55(2)	0,07(1)	5,16(1)	-14,35(2)	0,2(1)	1,8(1)	-0,3(2) max	
	3641	-221,19(1)	-16,67(1)	-9,62(1)	0,02(2)	1,99(2)	-39,57(1)	0,1(2)	0,7(2)	-0,7(1) min	
	4069	-79,71(2)	-6,07(2)	-3,55(2)	0,07(1)	9,28(1)	-16,95(2)	0,0(2)	1,1(1)	-0,3(2) max	
	4069	-220,22(1)	-16,67(1)	-9,62(1)	0,02(2)	3,51(2)	-46,71(1)	0,0(1)	0,4(2)	-0,8(1) min	
	4283	-79,71(2)	-6,07(2)	-3,55(2)	0,07(1)	11,34(1)	-18,25(2)	0,0(2)	0,6(1)	-0,3(2) max	
	4283	-219,74(1)	-16,67(1)	-9,62(1)	0,02(2)	4,27(2)	-50,28(1)	-0,1(1)	0,2(2)	-0,8(1) min	
9	0	-158,62(2)	2,56(1)	-8,66(2)	-0,11(2)	-8,30(2)	-0,35(2)	0,0(2)	0,0(2)	0,0(2) max	

07.05.2019

Side: 14

	0	-451,01(1)	0,84(2)	-23,81(1)	-0,31(1)	-22,81(1)	-1,24(1)	0,0(1)	0,0(1)	0,0(1) min
	873	-158,62(2)	2,56(1)	-8,66(2)	-0,11(2)	-0,73(2)	0,99(1)	-0,1(2)	0,0(2)	0,0(2) max
	873	-449,05(1)	0,84(2)	-23,81(1)	-0,31(1)	-2,02(1)	0,38(2)	-0,3(1)	0,0(1)	-0,1(1) min
	1018	-158,62(2)	2,56(1)	-8,66(2)	-0,11(2)	1,44(1)	1,36(1)	-0,1(2)	0,0(2)	-0,1(2) max
	1018	-449,05(1)	0,84(2)	-23,81(1)	-0,31(1)	0,53(2)	0,50(2)	-0,4(1)	0,0(1)	-0,2(1) min
	1892	-158,62(2)	2,56(1)	-8,66(2)	-0,11(2)	22,23(1)	3,59(1)	-0,3(2)	0,0(1)	-0,1(2) max
	1892	-446,76(1)	0,84(2)	-23,81(1)	-0,31(1)	8,09(2)	1,24(2)	-0,7(1)	0,0(2)	-0,3(1) min
	2764	-158,62(2)	2,56(1)	-8,66(2)	-0,11(2)	43,02(1)	5,82(1)	-0,1(2)	0,2(1)	-0,2(2) max
	2764	-445,12(1)	0,84(2)	-23,81(1)	-0,31(1)	15,65(2)	1,97(2)	-0,2(1)	0,1(2)	-0,4(1) min
	2910	-158,62(2)	2,56(1)	-8,66(2)	-0,11(2)	46,49(1)	6,20(1)	0,0(2)	0,2(1)	-0,2(2) max
	2910	-444,79(1)	0,84(2)	-23,81(1)	-0,31(1)	16,92(2)	2,09(2)	0,0(1)	0,1(2)	-0,5(1) min
10	0	-79,70(2)	-5,68(2)	9,78(1)	-0,10(2)	30,54(1)	18,47(1)	0,0(2)	0,2(1)	-0,2(2) max
	0	-228,86(1)	-15,63(1)	3,61(2)	-0,27(1)	11,19(2)	6,75(2)	0,0(1)	0,1(2)	-0,4(1) min
	1071	-79,70(2)	-5,68(2)	9,78(1)	-0,10(2)	20,07(1)	1,74(1)	-0,4(2)	1,0(1)	-0,2(2) max
	1071	-226,94(1)	-15,63(1)	3,61(2)	-0,27(1)	7,33(2)	0,67(2)	-1,1(1)	0,4(2)	-0,5(1) min
	1499	-79,70(2)	-5,68(2)	9,78(1)	-0,10(2)	15,88(1)	-1,76(2)	-0,4(2)	1,4(1)	-0,2(2) max
	1499	-225,97(1)	-15,63(1)	3,61(2)	-0,27(1)	5,78(2)	-4,96(1)	-1,2(1)	0,5(2)	-0,6(1) min
	2356	-79,70(2)	-5,68(2)	9,78(1)	-0,10(2)	7,51(1)	-6,63(2)	-0,4(2)	2,0(1)	-0,2(2) max
	2356	-224,05(1)	-15,63(1)	3,61(2)	-0,27(1)	2,69(2)	-18,34(1)	-1,0(1)	0,7(2)	-0,6(1) min
	2784	-79,70(2)	-5,68(2)	9,78(1)	-0,10(2)	3,32(1)	-9,06(2)	-0,3(2)	2,1(1)	-0,2(2) max
	2784	-223,08(1)	-15,63(1)	3,61(2)	-0,27(1)	1,14(2)	-25,03(1)	-0,8(1)	0,8(2)	-0,7(1) min
	3426	-79,70(2)	-5,68(2)	9,78(1)	-0,10(2)	-1,18(2)	-12,70(2)	-0,2(2)	1,8(1)	-0,3(2) max
	3426	-221,64(1)	-15,63(1)	3,61(2)	-0,27(1)	-2,96(1)	-35,07(1)	-0,5(1)	0,7(2)	-0,7(1) min
	4283	-79,70(2)	-5,68(2)	9,78(1)	-0,10(2)	-4,27(2)	-17,57(2)	0,0(2)	0,4(1)	-0,3(2) max
	4283	-219,71(1)	-15,63(1)	3,61(2)	-0,27(1)	-11,34(1)	-48,46(1)	-0,1(1)	0,1(2)	-0,8(1) min
11	0	-5,68(2)	-3,61(2)	219,44(1)	11,34(1)	48,44(1)	-0,10(2)	0,0(2)	0,4(1)	-0,3(2) max
	0	-15,63(1)	-9,78(1)	79,70(2)	4,27(2)	17,56(2)	-0,27(1)	-0,1(1)	0,1(2)	-0,8(1) min
	40	-5,68(2)	-3,61(2)	219,40(1)	11,34(1)	39,70(1)	-0,24(2)	0,0(2)	0,4(1)	-0,3(2) max
	40	-15,63(1)	-9,78(1)	79,70(2)	4,27(2)	14,39(2)	-0,66(1)	-0,1(1)	0,1(2)	-0,9(1) min
	260	-5,68(2)	-3,61(2)	218,86(1)	11,34(1)	-3,15(2)	-1,04(2)	0,0(2)	0,4(1)	-0,6(2) max
	260	-15,63(1)	-9,78(1)	79,70(2)	4,27(2)	-8,50(1)	-2,81(1)	-0,1(1)	0,1(2)	-1,5(1) min
	280	-5,68(2)	-3,61(2)	218,81(1)	11,34(1)	-4,74(2)	-1,11(2)	0,0(2)	0,4(1)	-0,6(2) max
	280	-15,63(1)	-9,78(1)	79,70(2)	4,27(2)	-12,88(1)	-3,01(1)	-0,1(1)	0,1(2)	-1,6(1) min
	4625	-0,84(2)	0,01(1)	3,16(1)	0,03(1)	-49,89(2)	0,00(2)	-0,1(2)	0,4(1)	-3,2(2) max
	4625	-2,35(1)	-0,01(1)	1,16(2)	-0,07(1)	-139,05(1)	0,00(1)	-0,2(1)	0,1(2)	-8,7(1) min
	8950	-5,60(2)	8,75(1)	-77,94(2)	-3,31(2)	-13,88(2)	-1,32(2)	-0,1(2)	0,4(1)	-0,7(2) max
	8950	-15,42(1)	3,22(2)	-213,93(1)	-8,80(1)	-38,02(1)	-3,60(1)	-0,4(1)	0,1(2)	-2,0(1) min
	9170	-5,60(2)	8,75(1)	-77,94(2)	-3,31(2)	9,06(1)	-0,61(2)	-0,1(2)	0,4(1)	-0,5(2) max
	9170	-15,42(1)	3,22(2)	-214,41(1)	-8,80(1)	3,25(2)	-1,67(1)	-0,4(1)	0,1(2)	-1,3(1) min
	9350	-5,60(2)	8,75(1)	-77,94(2)	-3,31(2)	47,70(1)	-0,03(2)	-0,1(2)	0,4(1)	-0,3(2) max
	9350	-15,42(1)	3,22(2)	-214,85(1)	-8,80(1)	17,27(2)	-0,10(1)	-0,4(1)	0,1(2)	-0,8(1) min
12	0	-6,07(2)	9,62(1)	219,47(1)	-4,27(2)	50,26(1)	0,07(1)	0,0(2)	0,6(1)	-0,3(2) max
	0	-16,67(1)	3,55(2)	79,71(2)	-11,34(1)	18,25(2)	0,02(2)	-0,1(1)	0,2(2)	-0,8(1) min

07.05.2019

Side: 15

200	-6,07(2)	9,62(1)	219,04(1)	-4,27(2)	6,45(1)	1,99(1)	0,0(2)	0,6(1)	-0,5(2) max
200	-16,67(1)	3,55(2)	79,71(2)	-11,34(1)	2,32(2)	0,73(2)	-0,1(1)	0,2(2)	-1,4(1) min
4625	-1,00(2)	0,00(2)	-0,46(2)	-0,02(2)	-50,44(2)	0,00(1)	-0,1(2)	0,6(1)	-3,2(2) max
4625	-2,77(1)	-0,01(1)	-1,29(1)	-0,05(1)	-139,38(1)	0,00(2)	-0,2(1)	0,2(2)	-8,7(1) min
8950	-6,15(2)	-3,28(2)	-77,96(2)	9,14(1)	-13,28(2)	3,64(1)	-0,1(2)	0,6(1)	-0,7(2) max
8950	-16,87(1)	-8,91(1)	-213,98(1)	3,44(2)	-36,42(1)	1,34(2)	-0,4(1)	0,2(2)	-2,0(1) min
8990	-6,15(2)	-3,28(2)	-77,96(2)	9,14(1)	-10,18(2)	3,29(1)	-0,1(2)	0,6(1)	-0,7(2) max
8990	-16,87(1)	-8,91(1)	-214,03(1)	3,44(2)	-27,89(1)	1,21(2)	-0,4(1)	0,2(2)	-1,8(1) min
9310	-6,15(2)	-3,28(2)	-77,96(2)	9,14(1)	40,73(1)	0,44(1)	-0,1(2)	0,6(1)	-0,3(2) max
9310	-16,87(1)	-8,91(1)	-214,81(1)	3,44(2)	14,77(2)	0,16(2)	-0,4(1)	0,2(2)	-0,9(1) min
9350	-6,15(2)	-3,28(2)	-77,96(2)	9,14(1)	49,32(1)	0,08(1)	-0,1(2)	0,6(1)	-0,3(2) max
9350	-16,87(1)	-8,91(1)	-214,90(1)	3,44(2)	17,89(2)	0,03(2)	-0,4(1)	0,2(2)	-0,8(1) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

2.4. SKALLRESULTATER

Skall Nr.	PosX [mm]	PosY [mm]	Nx [kN/m]	Ny [kN/m]	Nxy [kN/m]	Mx [kNm/m]	My [kNm/m]	Mxy [kNm/m]	Vxz [kN/m]	Vyz [kN/m]	u [mm]	v [mm]	w [mm]
1	4675	3625	148,88(1)	62,34(1)	19,64(1)	58,77(1)	75,36(1)	21,97(1)	-98,98(2)	-115,11(2)	0,0(2)	0,2(1)	-0,4(2) max
	4675	3625	53,50(2)	22,39(2)	7,06(2)	21,61(2)	28,23(2)	7,98(2)	-263,34(1)	-316,32(1)	0,0(1)	0,1(2)	-1,0(1) min
	4175	3630	102,80(1)	73,60(1)	27,52(1)	4,79(1)	-8,76(2)	64,31(1)	-50,73(2)	-41,91(2)	0,0(2)	0,2(1)	-1,1(2) max
	-4675	-2935	-25,60(1)	-56,03(1)	-19,81(1)	-51,07(1)	-9,19(1)	19,15(2)	15,20(2)	47,45(2)	-0,1(1)	0,1(2)	-2,7(1) min
	-4675	-3305	-4,76(2)	-16,61(2)	0,50(1)	-8,78(2)	-1,36(2)	52,90(1)	19,19(1)	135,86(1)	0,0(2)	0,1(1)	-0,8(2) max
	4675	340	-0,37(1)	-13,75(1)	-0,17(1)	-86,46(1)	-5,38(1)	2,89(2)	-38,90(1)	-13,91(1)	0,0(1)	0,1(2)	-5,2(1) min
	-4675	-3675	63,92(1)	58,50(1)	19,33(1)	-4,88(2)	22,18(1)	63,13(1)	57,48(1)	79,43(1)	0,0(2)	0,1(1)	-0,5(2) max
	-581	-3675	4,66(2)	0,24(2)	0,18(2)	-6,55(1)	-138,65(1)	3,34(2)	-2,06(1)	9,32(2)	-0,1(1)	0,0(2)	-12,4(1) min
	-133	-531	1,27(1)	4,64(1)	0,18(1)	-20,25(2)	-45,23(2)	-0,03(2)	0,59(1)	2,61(1)	0,0(2)	0,2(1)	-4,9(2) max
	4675	-3675	21,76(2)	19,55(2)	-18,07(1)	-10,33(1)	8,05(2)	-63,23(1)	-56,69(1)	26,98(2)	0,0(1)	0,1(2)	-1,5(1) min
	-4675	-3675	23,06(2)	21,10(2)	6,97(2)	-12,90(1)	8,26(2)	23,26(2)	22,04(2)	28,91(2)	-0,1(1)	0,0(2)	-1,5(1) max
	-133	-531	0,46(2)	1,67(2)	0,07(2)	-54,47(1)	-117,86(1)	-0,08(1)	0,24(2)	0,97(2)	-0,1(1)	0,1(2)	-12,9(1) min
	4175	3630	102,80(1)	73,60(1)	27,52(1)	4,79(1)	-8,76(2)	64,31(1)	-50,73(2)	-41,91(2)	0,0(2)	0,2(1)	-1,1(2) max
	-4675	-3305	-4,76(2)	-16,61(2)	0,50(1)	-8,78(2)	-1,36(2)	52,90(1)	19,19(1)	135,86(1)	0,0(2)	0,1(1)	-0,8(2) min
	-133	-531	1,27(1)	4,64(1)	0,18(1)	-20,25(2)	-45,23(2)	-0,03(2)	0,59(1)	2,61(1)	0,0(2)	0,2(1)	-4,9(2) max
2	4050	-4325	-21,83(2)	-22,66(2)	14,02(1)	9,90(1)	37,14(1)	-17,68(2)	-72,76(2)	165,22(1)	-0,1(2)	0,4(1)	-0,7(2) max
	4050	-4325	-59,19(1)	-61,83(1)	5,15(2)	3,61(2)	13,82(2)	-48,51(1)	-195,28(1)	59,39(2)	-0,4(1)	0,1(2)	-2,0(1) min
	3550	-4325	-16,41(2)	-16,23(2)	19,75(1)	-4,45(2)	-9,45(2)	-27,08(2)	-34,83(2)	75,21(1)	-0,1(2)	0,4(1)	-1,2(2) max
	4050	4325	-33,35(1)	-33,01(1)	-11,05(1)	5,37(2)	11,68(2)	14,02(2)	-99,18(1)	-185,68(1)	-0,1(1)	0,1(2)	-1,7(1) min
	4050	-432	-0,02(2)	-1,44(2)	0,15(1)	-37,65(2)	-1,02(2)	-1,84(2)	-13,65(2)	2,88(1)	-0,1(2)	0,4(1)	-3,1(2) max
	4050	-432	-0,04(1)	-4,01(1)	0,06(2)	-103,66(1)	-2,78(1)	-5,07(1)	-35,18(1)	1,00(2)	-0,2(1)	0,1(2)	-8,7(1) min
	50	4325	-0,54(2)	0,07(1)	-0,01(2)	-1,95(2)	-43,99(2)	6,10(1)	-0,14(2)	-10,90(2)	0,0(2)	0,5(1)	-3,2(2) max
	50	4325	-1,40(1)	0,02(2)	-0,02(1)	-5,27(1)	-115,73(1)	2,25(2)	-0,41(1)	-29,56(1)	-0,1(1)	0,2(2)	-8,4(1) min
	-4050	-4325	-5,31(2)	-10,08(2)	-3,16(2)	-3,83(2)	20,45(1)	64,38(1)	41,76(1)	65,85(1)	-0,1(2)	0,6(1)	-0,7(2) max
	3550	-4325	-44,51(1)	-44,14(1)	7,26(2)	-12,07(1)	-25,13(1)	-73,78(1)	-92,46(1)	27,06(2)	-0,4(1)	0,1(2)	-3,3(1) min

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

07.05.2019

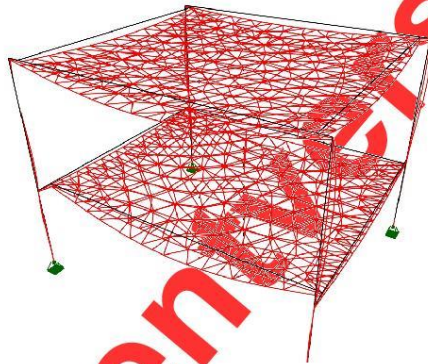
Side: 16

-4050	4325	-11,65(2)	-11,90(2)	10,93(1)	15,94(1)	33,81(1)	-14,07(2)	100,89(1)	-67,93(2)	0,0(2)	0,6(1)	-0,6(2)	max
-4050	4325	-31,49(1)	-32,46(1)	4,02(2)	5,79(2)	12,52(2)	-38,76(1)	37,89(2)	-187,88(1)	-0,1(1)	0,2(2)	-1,7(1)	min
-144	52	-0,73(2)	-0,87(2)	-0,03(2)	-30,31(2)	-32,73(2)	0,70(1)	2,11(1)	-0,35(2)	-0,1(2)	0,5(1)	-4,4(2)	max
-4050	-4325	-14,35(1)	-27,40(1)	-8,62(1)	-10,33(1)	7,57(2)	23,50(2)	16,25(2)	23,73(2)	-0,4(1)	0,2(2)	-2,0(1)	min
-144	52	-2,01(1)	-2,36(1)	-0,08(1)	-82,48(1)	-85,01(1)	0,26(2)	0,81(2)	-0,96(1)	-0,2(1)	0,2(2)	-12,0(1)	max
3550	-4325	-16,41(2)	-16,23(2)	19,75(1)	-4,45(2)	-9,45(2)	-27,08(2)	-34,83(2)	75,21(1)	-0,1(2)	0,4(1)	-1,2(2)	min
4050	-432	-0,02(2)	-1,44(2)	0,15(1)	-37,65(2)	-1,02(2)	-1,84(2)	-13,65(2)	2,88(1)	-0,1(2)	0,4(1)	-3,1(2)	max
50	4325	-0,54(2)	0,07(1)	-0,01(2)	-1,95(2)	-43,99(2)	6,10(1)	-0,14(2)	-10,90(2)	0,0(2)	0,5(1)	-3,2(2)	min
-144	52	-0,73(2)	-0,87(2)	-0,03(2)	-30,31(2)	-32,73(2)	0,70(1)	2,11(1)	-0,35(2)	-0,1(2)	0,5(1)	-4,4(2)	max

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

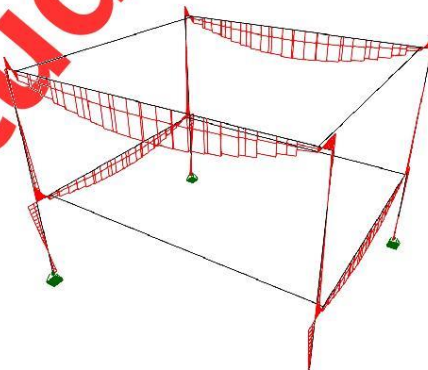
2.5. RESULTATER GRAFISK

2.5.1. Forskyvning



Største forskyvning: 12,9 mm

2.5.2. Moment om y-akse - segmenter

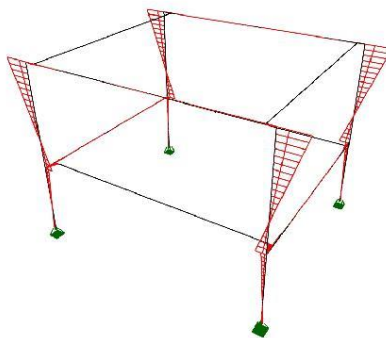


Største moment om y-akse: -139,38 kN·m

2.5.3. Moment om z-akse - segmenter

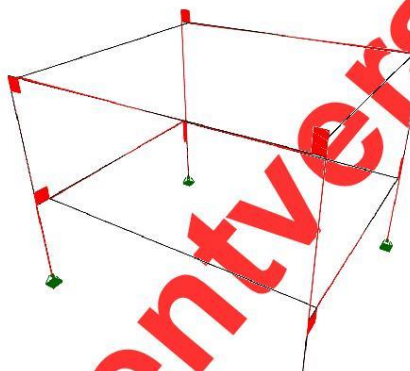
07.05.2019

Side: 17



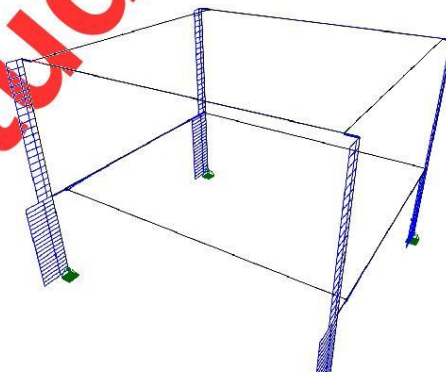
Største moment om z-akse: $-50,28 \text{ kN}\cdot\text{m}$

2.5.4. Torsjonsmoment - segmenter



Største torsjonsmoment: $-20,27 \text{ kN}\cdot\text{m}$

2.5.5. Aksialkraft - segmenter

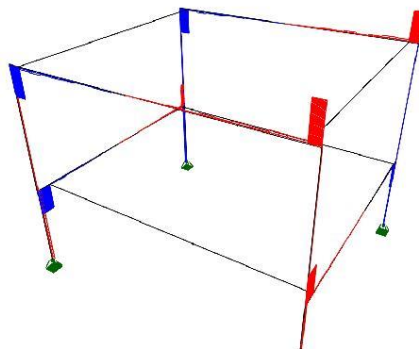


Største aksialkraft: $-451,01 \text{ kN}$

2.5.6. Skjærkraft i z-retning - segmenter

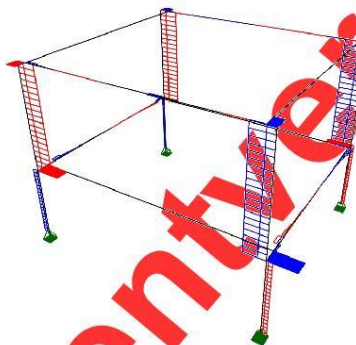
07.05.2019

Side: 18



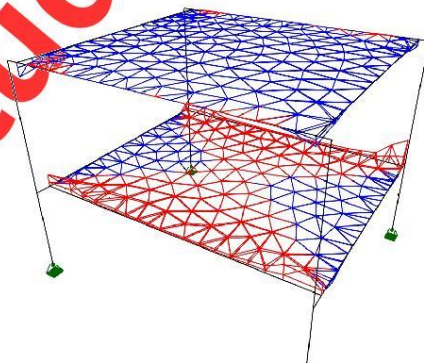
Største skjærkraft i z-retning: 219,47 kN

2.5.7. Skjærkraft i y-retning - segmenter



Største skjærkraft i y-retning: 20,31 kN

2.5.8. Membrankraft i x-retning - skall

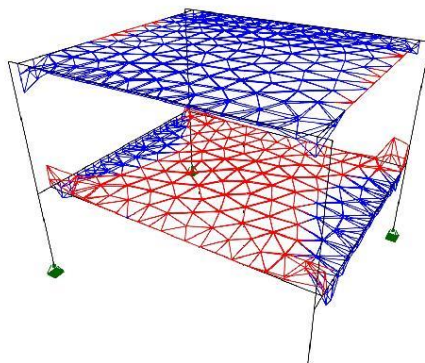


Største membrankraft i x-retning: 148,88 kN/m

2.5.9. Membrankraft i y-retning - skall

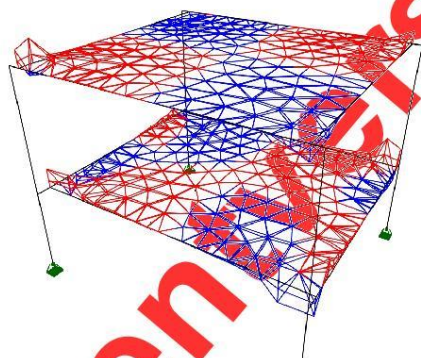
07.05.2019

Side: 19



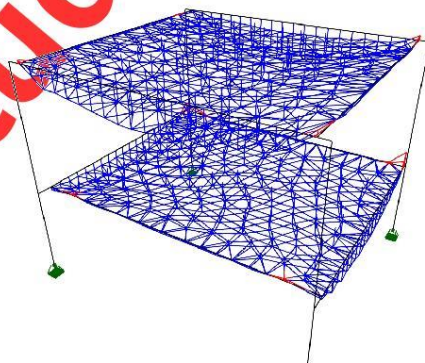
Største membrankraft i y-retning: 73,60 kN/m

2.5.10. Membranskjærkraft - skall



Største membranskjærkraft: 27,52 kN/m

2.5.11. Moment om x-akse - skall

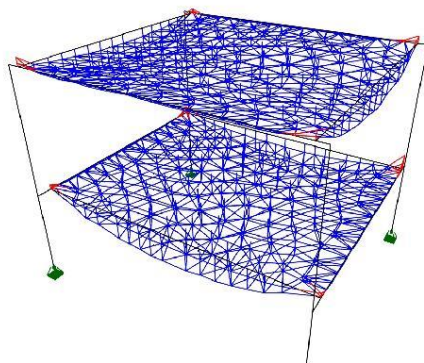


Største moment om x-akse: -103,66 kNm/m

2.5.12. Moment om y-akse - skall

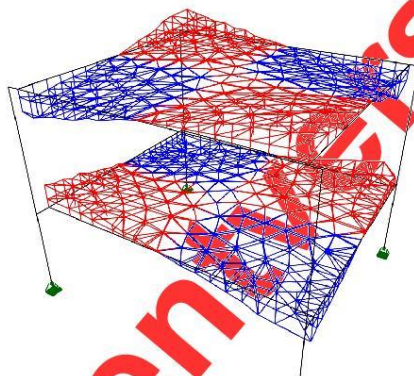
07.05.2019

Side: 20



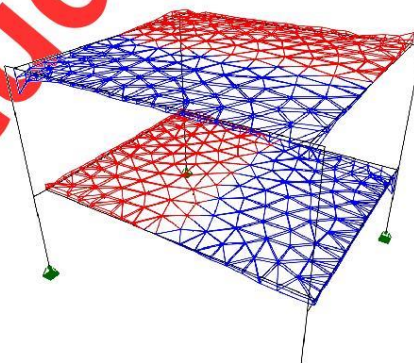
Største moment om y-akse: -138,65 kNm/m

2.5.13. Vridningsmoment - skall



Største vridningsmoment: -73,78 kNm/m

2.5.14. Skjærkraft i zx-planet - skall

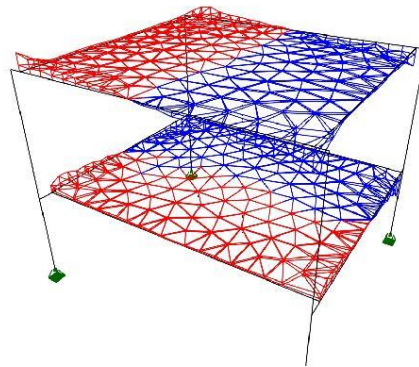


Største skjærkraft i zx-planet: -263,34 kN/m

2.5.15. Skjærkraft i zy-planet - skall

07.05.2019

Side: 21



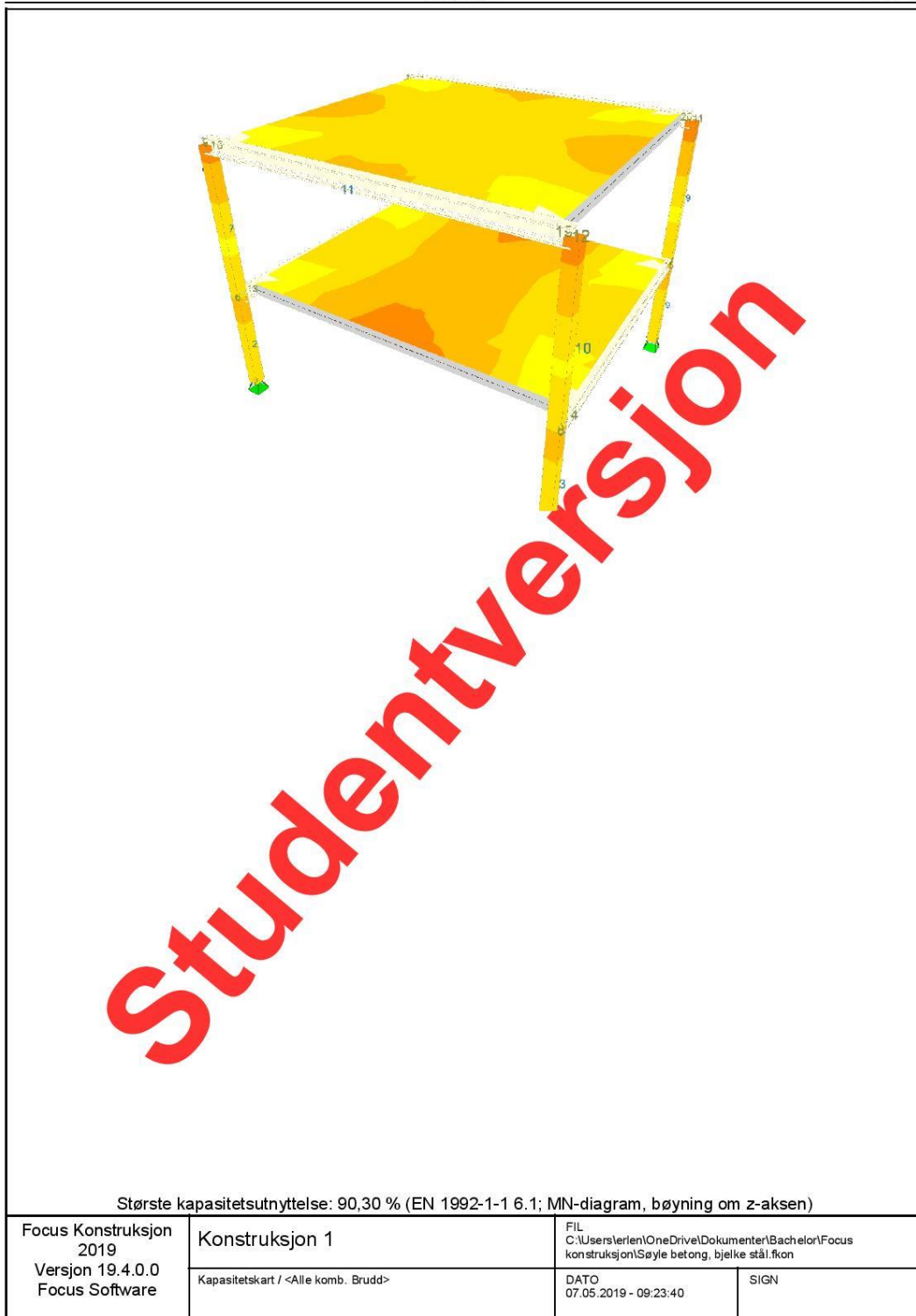
Største skjærkraft i zy-planet: -316,32 kN/m

Studentversjon

Studentversjon

07.05.2019

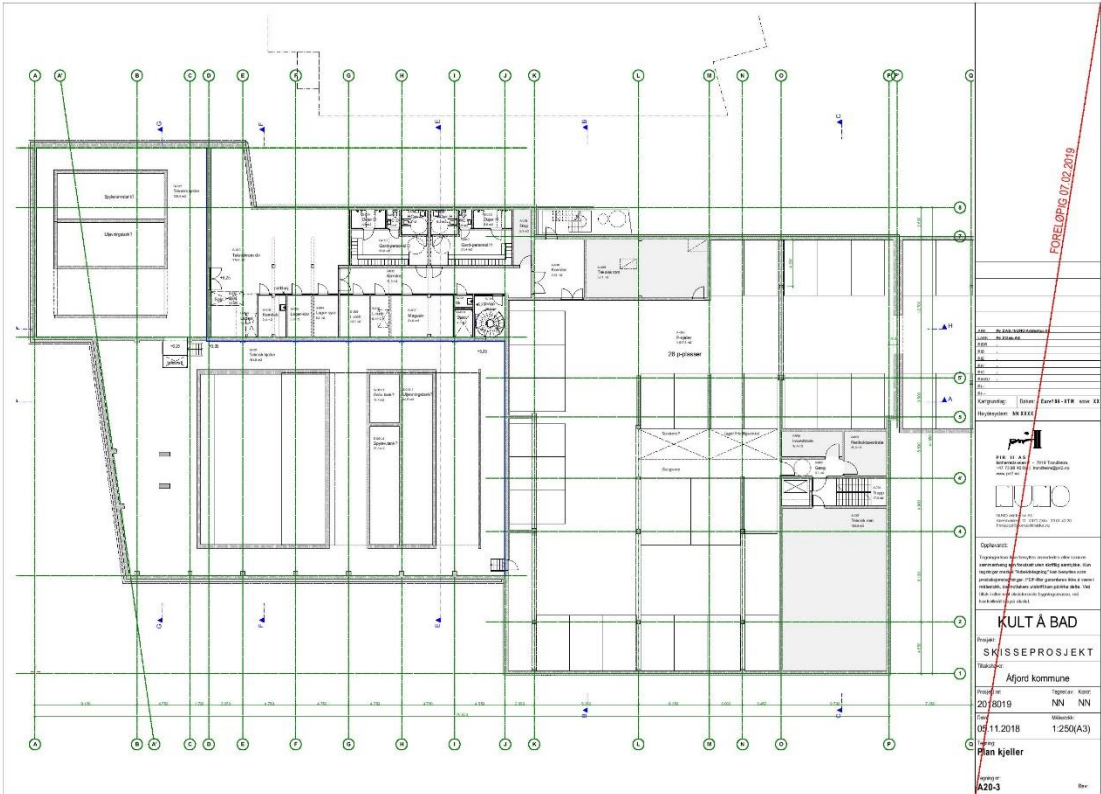
Side: 23



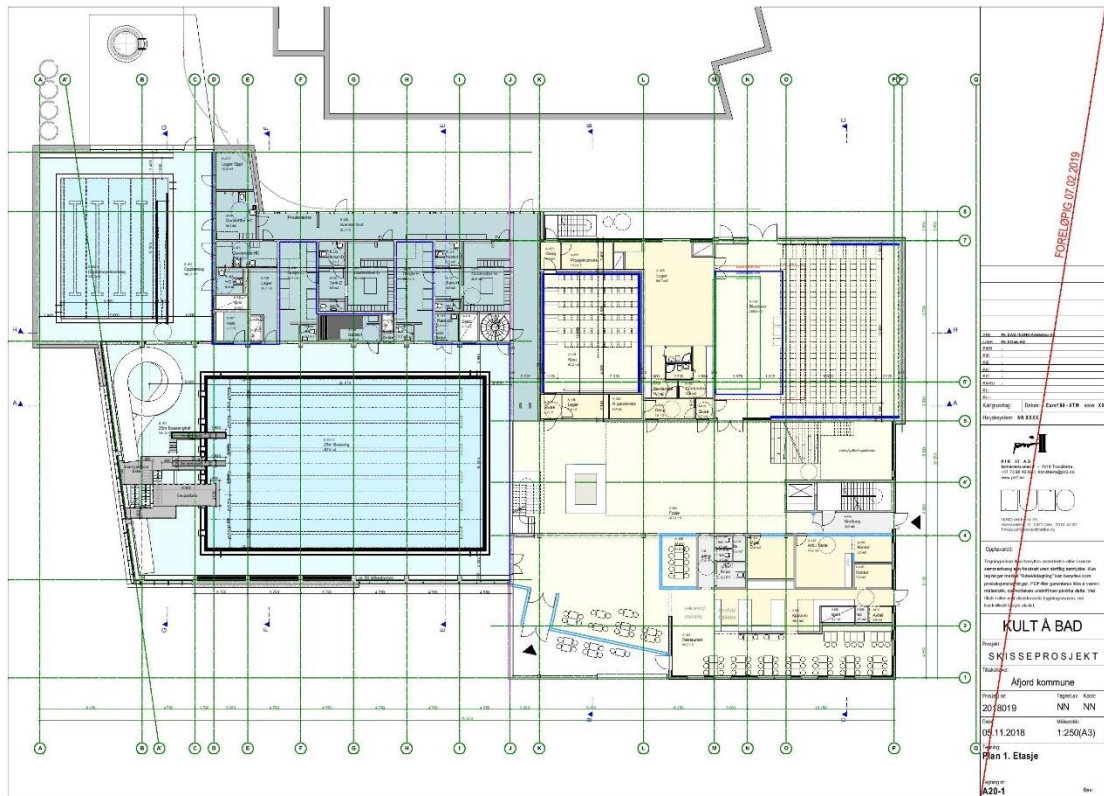
Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

VEDLEGG 11

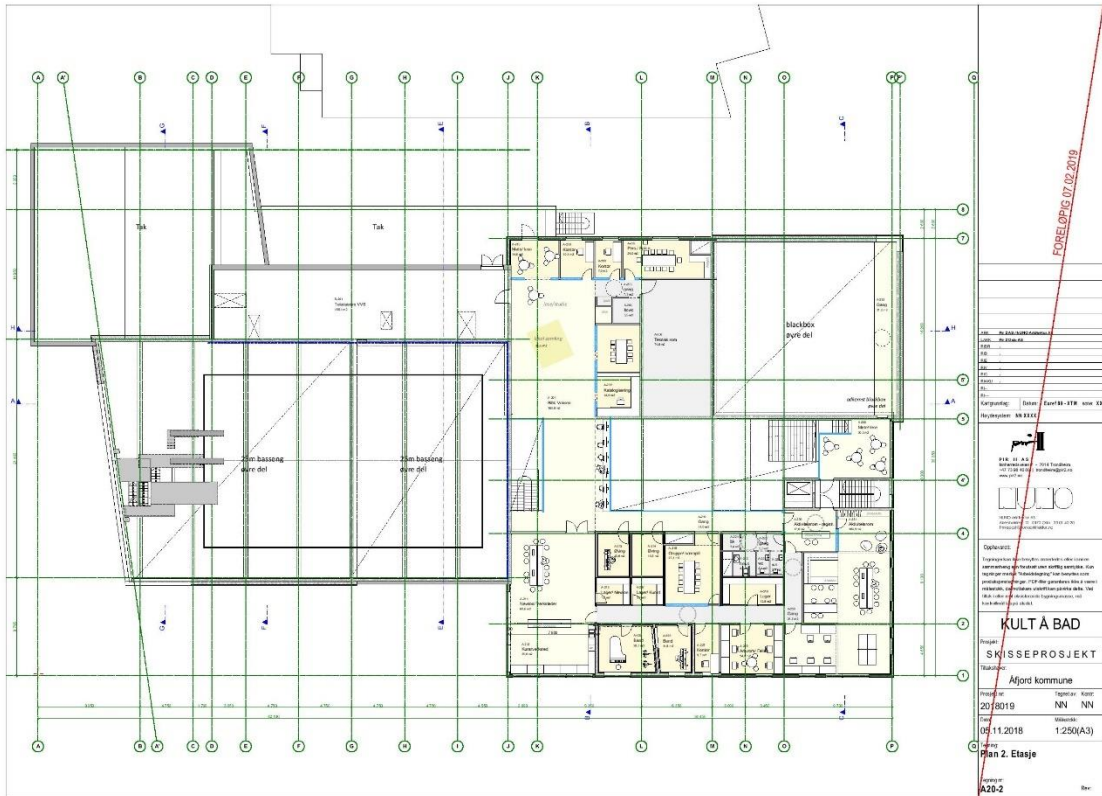
Plantegninger



Plan kjeller



Plan 1. etasje



Plan 2. etasje

VEDLEGG 12

Forprosjektrapport

FORPROSJEKT - RAPPORT
FOR BACHELOROPPGAVE



TITTEL: Dimensjonering og bygningsfysikk – Åfjord aktivitetshus

KANDIDATNUMMER(E):			
DATO: 21.01.2019	EMNEKODE: * IB303312	EMNE: Bacheloroppgave (Bygg)	DOKUMENT TILGANG: - Åpen
STUDIUM: BYGGINGENIØR		ANT SIDER/VEDLEGG: /	BIBL. NR: - Ikke i bruk -

OPPDRAKSGIVER(E)/VEILEDER(E): ÅF Consult – Taale Arstad

OPPGAVE/SAMMENDRAG: Oppgaven baserer seg på prosjektet Åfjord aktivitetshus som er under prosjektering. Vår oppgave blir å se på materialvalg opp mot bygningsfysikk, evne til å isolere for lyd, transportere fukt, og bæreevne. Vi vil også se på pris, byggetid og evne til å motstå brann.
--

Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av student(er) ved NTNU i Ålesund.

Postadresse
Høgskolen i Ålesund
N-6025 Ålesund
Norway

Besøksadresse
Larsgårdsvegen 2
Internett
www.hials.no

Telefon
70 16 12 00
Epostadresse
postmottak@hials.no

Telefax
70 16 13 00

Bankkonto
7694 05 00636
Foretaksregisteret
NO 971 572 140

INNHOLD

INNHOLD	2
1 INNLEDNING	3
2 BEGREPER	3
3 PROSJEKTORGANISASJON	3
3.1 PROSJEKTGRUPPE	3
3.1.1 Oppgaver for prosjektgruppen - organisering	3
3.1.2 Oppgaver for prosjektleder.....	4
3.1.3 Oppgaver for sekretær	4
3.1.4 Oppgaver for øvrige medlem(mer)	4
3.2 STYRINGSGRUPPE (VEILEDER OG KONTAKTPERSON OPPDRAGSGIVER)	4
4 AVTALER	4
4.1 AVTALE MED OPPDRAGSGIVER	4
4.2 ARBEIDSTED OG RESSURSER	5
4.3 GRUPPENORMER – SAMARBEIDSREGLER – HOLDNINGER	5
5 PROSJEKTBESKRIVELSE	5
5.1 PROBLEMSTILLING - MÅLSETTING - HENSIKT	5
5.2 KRAV TIL LØSNING ELLER PROSJEKTRESULTAT – SPESIFIKASJON	6
5.3 INFORMASJONSINNSAMLING – UTFØRT OG PLANLAGT	6
5.4 VURDERING – ANALYSE AV RISIKO	7
5.5 HOVEDAKTIVITETER I VIDERE ARBEID	7
5.6 FRAMDRIFTSPLAN – STYRING AV PROSJEKTET	8
5.6.1 Hovedplan	8
5.6.2 Styringshjelpemidler	8
5.6.3 Utviklingshjelpemidler	8
5.6.4 Intern kontroll – evaluering	9
5.7 BESLUTNINGER – BESLUTNINGSPROCESS	9
6 DOKUMENTASJON	9
6.1 RAPPORTER OG TEKNISKE DOKUMENTER	9
7 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER	10
7.1 MØTER	10
7.1.1 Møter med styringsgruppen	10
7.1.2 Prosjektmøter.....	10
7.2 PERIODISKE RAPPORTER	11
7.2.1 Framdriftsrapporter (inkl. milepæl)	11
8 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING	11
9 UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING	11
10 REFERANSER	FEIL! BOKMERKE ER IKKE DEFINERT.
VEDLEGG	FEIL! BOKMERKE ER IKKE DEFINERT.

1 INNLEDNING

Vi har fått muligheten til å skrive bachelor for ÅF Consult i Trondheim. Prosjektet er Åfjord aktivitetshus som er under prosjektering per dags dato. Vi valgte denne oppgaven på grunn av at de var tidlig i prosjekteringsfasen og at det var et bygg med mange spennende og interessante problemstillinger. Den grunnleggende problemstillingen vi valgte, blir å vurdere materialvalg opp mot pris, byggetid og styrke til materialtypene. Vår oppgave vil bli å ta for oss en liten del av prosjektet og se hvilke løsninger og svar vi får, og sammenligne disse med svarene deres. Formålet med oppgaven blir å se fremgangen i et prosjekt, samt hvilke løsninger som gir de mest ideelle resultatene. På denne måten får vi satt mye av kunnskapen og kompetansen vi har fått på disse årene ut i praksis.

2 BEGREPER

- *Definisjon av sentrale begreper i prosjektet.*

3 PROSJEKTORGANISASJON

3.1 Prosjektgruppe

Navn	Studentnummer	E-post
Erlend Herfjord	474446	Erlend_herfjord@hotmail.com
Kristoffer Lurvik	476145	kristdlu@stud.ntnu.no
Morten Lieskar	258793	Morten.lieskar@gmail.com

3.1.1 Oppgaver for prosjektgruppen - organisering

- Loggføring
- Møteinnkalling
- Milepælsplan
- Skrive fremdriftsrapport

NTNU I ÅLESUND
FORPROSJEKTRAPPORT – BACHELOROPPGAVE

SIDE 4

- Holde innleveringsfrister
- Planlegging av arbeidsdager
- korrekturlesing

3.1.2 Oppgaver for prosjektleder

- Ha det overordnede ansvaret for oppgaven.
- Skal sørge for at ting blir levert til frist
- Passe på at vi til enhver tid overholder milepælsplanen

3.1.3 Oppgaver for sekretær

- Stå for skriving av logg og framdriftsrapport
- Ansvarlig for møteinnkalling

3.1.4 Oppgaver for øvrige medlem(mer)

- Følge opp arbeidet som prosjektleder og sekretær blir gjennomført
- Ansvarlig for å korrekturlese de dokumenter som utarbeides
- Ansvaret for å planlegge dagene

3.2 Styringsgruppe (veileder og kontaktperson oppdragsgiver)

- Veileder: Max Ingar Mørk – NTNU
- Kontaktperson: Taale Arstad – ÅF Consult

4 AVTALER

4.1 Avtale med oppdragsgiver

Vi har en avtale med bedriften ÅF Consult om å skrive bachelor for dem. Det er et aktivitetshus i Åfjorden i Trøndelag og vi har fått prosjektlederen på det prosjektet som veileder. Vi har gjennomført et møte med oppdragsgiver, som var i julen. Der informerte han oss om prosjektet, fortalte hvor langt de hadde kommet og fortalte litt om hva som kunne

være spennende for oss å se videre på. Videre avtaler er ikke gjort, men hver partallsuke har de prosjekteringsmøter hvor vi kunne være med.

4.2 Arbeidssted og ressurser

- Arbeidssted blir NTNU Ålesund da bedriften holder til i Trondheim
- Får tilgang til tegnefil for prosjektet som kan åpnes i Revit
- Fått tilgang til plantegninger for hele bygget
- Tilgang til prosjektet gjennom prosjektlederen, Taale Arstad
- Tilgang til veileder fra NTNU Ålesund

4.3 Gruppenormer – samarbeidsregler – holdninger

Reglene vi har blitt enige om er:

- Alle skal møte til fastsatte tidspunkt og være forberedt.
 - Vi skal overholde de tidsfrister som er satt
 - Alle skal ha respekt for hverandre og være inkluderende
 - Vi skal være ydmyke overfor hverandre
 - Alle skal etter beste evne møte motivert og i godt humør
-
- Vi ønsker som gruppe å ha gode holdninger til skolen og bedriften som hjelper oss med oppgaven. Vi skal være redelige og ha respekt for alle vi møter, og lære av de. Vi vil ha en god kontakt med veilederne våre slik at det skal være naturlig for oss å spørre om råd og hjelp.

5 PROSJEKTBEKRIVELSE

5.1 Problemstilling - målsetting - hensikt

Problemstilling:

- Hvilke materialer vil være det beste valget, både mtp. kvalitet, økonomi og tidsbruk ut ifra de tekniske kravene bygget har.

NTNU I ÅLESUND
FORPROSJEKTRAPPORT – BACHELOROPPGAVE

SIDE 6

Hovedmål:

- Bestemme oss for materialvalg i alle de delene av bygget som vi har tatt for oss

Delmål:

- Innlevering av forprosjektrapport samt et lite framlegg
- Dimensjonert ferdig parkeringskjeller.

Hensikt:

- Hensikten med prosjektet er å få større innsikt i valg av materialer til et bygg og hvilke løsninger som er mest lønnsomt.

5.2 Krav til løsning eller prosjektresultat – spesifisering

Byggets spesifikasjoner:

- Foreløpig prosjektkostnad ligger på 250 MNOK
- Bygget har en størrelse på 6 045,14 m² som inkluderer en parkeringskjeller og to plan.
- Byggets skall skal ha Passivhusstandard for selve skallet, dvs byggets tak, vegger og vinduer.
- Det er krav til universell tilgjengelighet da dette er et offentlig bygg som skal brukes av allmennheten.

Leveranser fra prosjektet:

- Beregninger
- Tekstoppgave
- Videoanimasjon

5.3 Informasjonsinnsamling – utført og planlagt

- Hittil har vi jobbet med og fått tak i informasjon om selve prosjektet, enten på nett eller fra kontaktperson. Dette innebærer f.eks.:
 - Konkurranseprogram
 - IFC-fil
 - Plantegninger

- Vi har også prøvd å finne litt informasjon om relevante fagområder for vårt prosjekt. F.eks. har vi prøvd å finne norsk standard for svømmehall, lyd og beregninger.
- Framover vil vi bruke TEK17, byggforsk, Norsk standard og andre offisielle sider og dokumenter for å innhente relevant informasjon til prosjektet. Vi vil også benytte oss av veileder og kontaktperson til innhenting av informasjon.

5.4 Vurdering – analyse av risiko

- Ved å se på hele bygget i startfasen er det en viss mulighet for at vi ikke klarer å realisere prosjektet fullt ut. Tanken er da å kutte ut den delen av bygget som inneholder svømmehall og dermed er litt mer kompleks. Dette vil vi hele tiden vurdere underveis for å se om det er realistisk å også ta for seg den delen.
- Vi har enda ikke presisert oppgaven helt, og det vil være litt usikkerhet rundt den i startfasen.

5.5 Hovedaktiviteter i videre arbeid

Nr	Hovedaktivitet	Ansvar	Kostnad	Tid/omfang
A1	Beregning	ML/EH	??	??
A11	Parkeringskjeller	ML/EH	??	??
A111	Betong	ML/EH	??	??
A112	Stål	ML/EH	??	??
A12	Plan 1 og 2	ML/EH/KL	??	??
A13	Svømmehall	ML/EH/KL	??	??
A2	BIM	KL/ML	??	??
A21	Revit	KL/ML	??	??
A3	Bygningsfysikk	EH/KL	??	??
A31	Lyd	EH/KL	??	??
A32	Fukt	EH/KL	??	??
A33	Brann	EH/ML	??	??

5.6 Framdriftsplan – styring av prosjektet

5.6.1 Hovedplan

Vi skal i hovedsak ta for oss vurdering av materialvalg til bygget, og se på ulike deler av bygget som er utfordrende med tanke på tekniske krav.

Hvis vi ser for oss parkeringskjelleren, er vi nødt til å beregne søyler og bjelker. Beregningen er det Morten og Erlend som skal ha hovedansvar for. Vi er også nødt til å følge oppgitte krav til parkeringskjelleren, noe som skal følges opp av Morten og Erlend. Videre skal vi ta for oss plan 1 og plan 2, hvor vi skal vurdere om hvilket material av betong og stål som gir best mulig løsning. For valg av materialer og beregninger til plan 1 og plan 2 er alle ansvarlige. Med tanke på svømmehallen er det noen utfordringer med tanke på store spenn og fukt. Vi ser på svømmehallen som veldig kritisk og avansert og ønsker dermed at alle skal være ansvarlige for denne delen.

De programmene vi har tenkt å ta i bruk er Revit for modellering av bygget. Vi kommer til å få en modell av arkitektene som vi skal bestemme bæresystemet og dimensjonere. Kristoffer kommer til å ha ansvar for tegneprogrammet med gode innspill fra resten av gruppen. BIM programmene kommer til å bli brukt under hele bacheloren og presentert med tegninger og en animasjon.

Vi skal også vurdere fuktinnhold i svømmehallen, noe vi har lite kunnskap om og ser på som utfordrende. Vi må også tenke på lydette en kinosal, som kan være utfordrende mtp. bibliotek. Det branntekniske ved bygget skal Erlend og Morten ha ansvaret for, på grunn av at vi har gjennomført faget bygningsmessig brannvern. Her skal vi dele bygget inn i brann- og risikoklasse.

5.6.2 Styringshjelpemidler

- Milepælsplan
- Framdriftsrapport
- Aktivitetsplan (pkt. 5.6)

5.6.3 Utviklingshjelpemidler

- BIM (Herunder ulike program for redigering og visning av prosjektet)

- Revit
- Lumion
- Focus konstruksjon
- Eurocode Express

5.6.4 Intern kontroll – evaluering

- Vi vil til enhver tid se over hverandres arbeid i prosjektet for å kvalitetssikre alt vi gjør. Dette innebærer kontrollregning av de beregninger vi gjennomfører og korrekturlesing av de dokumenter som utarbeides.
- Jevnlig vil vi ha møter for å evaluere og kontrollere både arbeid som er gjort og videre fremdrift i prosjektet.
 - En evaluering vil innebære hvordan vi ligger an i forhold til de delmål og milepæler vi har satt, hvilket arbeid som gjenstår for å oppnå disse og om det vil være realistisk å oppnå disse innen satte frister.

5.7 Beslutninger – beslutningsprosess

Det har vært en liten prosess i starten med å definere en klar oppgave. Hvilket prosjekt vi skal jobbe med har vært klart en stund, men vi har fått ganske frie tøyler på dette prosjektet, og det har gjort det litt vanskelig å velge akkurat hva oppgaven skal gå ut på. Vi har forhørt oss med veileder i bedriften og med forskjellige lærere her på skolen, og kommet fram til en oppgave vi er fornøyde med, og som har muligheten til å innskrenkes hvis vi skulle se at det blir for mye arbeid.

6 DOKUMENTASJON

6.1 Rapporter og tekniske dokumenter

Hva slags dokumentasjon skal utarbeides:

- Forprosjektet

- Beregninger
- At vi oppfyller kravene som er satt

Rutiner som skal gjennomføres:

- Skrive fremdriftsrapport jevnlig
- Loggføre alt av arbeid som blir gjennomført

Godkjennelse:

- Godkjent valgt oppgave av veileder.

7 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER

7.1 Møter

7.1.1 Møter med styringsgruppen

- Første møte med oppdragsgiver var onsdag 19.12.18 i Trondheim. Alle 3 i gruppen var da hos bedriften og snakket med vår kontaktperson Taale Arstad der fikk vi litt grunnleggende informasjon om prosjektet.
- Terje Tvedt, programansvarlig for bygg, skal i møte med kontaktperson oppdragsgiver, Taale Arstad, tirsdag 22.01 i Trondheim.

7.1.2 Prosjektmøter

- Vi tre i prosjektgruppen kommer ikke til å planlegge møter langt fram i tid, men vil ved enhver anledning hvor vi har tid vurdere om vi skal jobbe med prosjektet eller ikke.
- Nå i startfasen vil vi bruke de mulighetene vi har til å få jobbet med forprosjektet for å få en god start på prosjektet, og for å få satt gode rutiner i gruppa slik at vi legger tonen for resten av semesteret.

7.2 Periodiske rapporter

7.2.1 Framdriftsrapporter (inkl. milepæl)

Vi skal føre logg for hver gang vi jobber med prosjektet, i tillegg skal vi levere fremdriftsrapport annenhver uke når vi er kommet skikkelig i gang.

8 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING

Hvis prosjektet ikke går som planlagt er vi nødt til å ta et møte med styringsgruppen, der må vi diskutere hva som har gått galt og hva vi skal gjøre videre.

9 UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING

Vi må hente inn relevant informasjon om lyd og fukt som kan hjelpe oss til å få god informasjon om disse emnene.

Det er nødvendig med et prisskjema for materialene i bygget slik at vi kan sammenligne priser og materialer.

Beregningsprogrammer som brukes til å kontrollere de beregningene vi har gjort for hånd som sikkerhet.

VEDLEGG 13

Framdriftsrapporter



Kunnskap for en bedre verden

IB303312	Prosjekt	Antall møter denne periode 1).	Firma - Oppdragsgiver	Side
Bacheloroppgave				1 av 2
Rapport fra prosess	Periode/uke(r)	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn)	Dato
Framdriftsrapport				

<p>Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden</p> <p>Hensikten i denne perioden har vært å øke kunnskapen rundt de problemstillingene vi har, fukt, lyd og beregninger. Samle inn nødvendig informasjon og skrive ferdig det teoretiske grunnlaget. Skaffe kontakt med firma/personer som kan hjelpe oss med forståelse av problemene. Etter dette har vi begynt med løsning av disse problemene.</p>
<p>Planlagte aktiviteter i denne perioden</p> <p>Møte med veileder i Trondheim og veileder fra skolen. Møte med akustikk ansvarlig i Rambøll. Prøve og finne forskjellige løsninger på lyd og beregne disse sin lydisolering Beregne ferdig søyle, bjelke og plate i kjeller. Finne informasjon om svømmehall og problemene den gir</p>
<p>Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden</p> <p>Alle de planlagte aktivitetene er gjennomført, men fortsatt noen små endringer på beregningene da vi sliter litt med å forstå hvordan vi skal plassere søyle, bjelke og plate i et system.</p>
<p>Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter</p> <p>Etter videre arbeid dukker det stadig opp ting i beregningene vi har glemt eller regnet feil som vi må rette på. Har slitt litt med å forstå beregningsprogrammet som vi bruker, og usikker på om vi kan ta hele systemet inn i programmet.</p> <p>Har dukket opp en del problemer med lydberegning av kinosal når alle disse målingene er basert på erfaringer og laboratorie tester. Derfor vanskelig for oss å beregne hvor godt isolert vår kinosal kommer til å bli. Har kontaktet flere konsulenter og forskere som alle sier at å beregne lydisolasjonen til doble vegger som vi har (rom-i-rom) er utfordrende og vanskelig og beregne uten noen erfaringstall.</p> <p>Har dessuten fått vite at oppbygningen av en kinosal må være etter rom-i-rom prinsippet for å få de ønskede verdiene. Noe som reduserer antall forskjellige løsninger vi kan ha. Lyd er veldig ukjent for oss så må lære oss selv opp.</p> <p>Fukt problemene i svømmehallen gikk treigt i starten men vi har nå skaffet oss ett godt grunnlag å jobbe videre på.</p>
<p>Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen</p> <p>Det at vi får sitte på Rambøll og jobbe en hel dag å jobbe med lyd fører til at vi ønsker å få den ferdigstilt slik at det etter møte bare er små justeringer som vi ikke trenger hjelp til i etterkant. Krever at vi har gjort en del om lyd på forhånd og bestemt oss for forskjellige løsninger. Blir for avansert å se på de forskjellige veiene luftlyd kan ta, så velger og bare se på selve konstruksjonen og luftlydisolasjonen til vegg/tak/golv.</p>
<p>Erfaring fra denne perioden</p>



Kunnskap for en bedre verden

IB303312	Prosjekt	Antall møter denne periode 1).	Firma - Oppdragsgiver	Side
Bacheloroppgave				2 av 2
Rapport fra prosess	Periode/uke(r)	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn)	Dato
Framdriftsrapport				

<p>Lyd og fukt er mye mer komplisert enn først antatt og har erfart at vi hadde liten kompetanse på disse områdene fra før. Beregningene går bra, men mer utfordrende når vi ikke kan se bort fra enkelte ting. Noe som gjør det mer tidkrevende enn først antatt.</p>
<p>Hovedhensikt/fokus neste periode</p> <p>Ferdigstillelse av beregningene og få kontroll på beregningsprogrammet. Finne 3 løsninger for oppbygning av den indre konstruksjonen og vise at den har det lydkravet som er stilt. Få hentet inn flere kilder på fukt for å bedre troverdigheten til resultatene.</p>
<p>Planlagte aktiviteter neste periode</p> <p>Møte og arbeidsdag hos Rambøll (10.04.19) Møte med veileder i Trondheim (11.04.19) Ferdigstille resultater på lyd og beregninger før påske. Få flere synspunkter og kilder på de materialvalgene som er gjort mtp. fukt</p>
<p>Annet</p>
<p>Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers</p> <p>Ønsker veiledning om oppsettet av oppgaven.</p>



Kunnskap for en bedre verden

IB303312	Prosjekt	Antall møter denne periode 1).	Firma - Oppdragsgiver	Side
Bacheloroppgave				1 av 1
Rapport fra prosess	Periode/uke(r)	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn)	Dato
Framdriftsrapport				

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden Få avklart resultater på lyd. Se igjennom fukt resultatene.
Planlagte aktiviteter i denne perioden Møte med akustikk ekspert i Rambøll Møte med veileder
Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden Alt
Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter
Beskrivelse av/begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen Crossberegning
Erfaring fra denne perioden Vanskelig å si sikkert hvor bra lyd kvalitet man får. Kan bare anta og sette store krav til gjennomføringer slik at alt blir gjort rett.
Hovedhensikt/fokus neste periode Ferdigstille resultater og diskusjon i løpet av uken (17)
Planlagte aktiviteter neste periode Veileder møte max
Annet
Ønske om/behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers Om hvordan vi skal skrive konklusjoner og generelt oppsett av oppgaven.



Kunnskap for en bedre verden

IB303312	Prosjekt	Antall møter denne periode 1).	Firma - Oppdragsgiver	Side
Bacheloroppgave				1 av 2
Rapport fra prosess	Periode/uke(r)	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn)	Dato
Framdriftsrapport				

<p>Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden</p> <p>Skrive ferdig et grovutkast for bacheloren Se om Bacheloren stemmer med forprosjektrapporten.</p>
<p>Planlagte aktiviteter i denne perioden</p> <p>Møte med veileder Max, 29.04.2019 Møte med veileder Max, 07.05.2019</p>
<p>Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden</p>
<p>Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter</p> <p>Hadde tenkt å bli ferdig med grovutkastet av bachelor i uke 17, men blir i uke 18. Ser at i forprosjektrapporten har vi sagt vi skal fokusere på materialpris og byggetid. Dette har vi ikke fått opplysninger om og har valgt å ikke skrive om. Begrenset oss til tre problemstillinger som betyr at vi ikke har fokusert på brann eller passivhus</p>
<p>Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen</p> <p>Beregningene er gjort for bare den østlige «tørre delen» av bygget, da vi ikke har tid eller kunnskap om hvordan vi skal beregne den andre delen.</p> <p>For fukt og lyd har vi begrenset oss til å bare se på materialvalg ut fra ytelser og ikke pris og byggetid. Det er med i vurderingen men ikke med faste tall eller tid. Grunnen er at forkunnskapen om disse emnene var lav og viste ikke hvor mye vi rakk.</p>
<p>Erfaring fra denne perioden</p> <p>I forprosjektrapporten har vi tatt med mye mer enn det vi faktisk har fått tid til.</p>
<p>Hovedhensikt/fokus neste periode</p> <p>Ferdigstille oppgaven med oppsett og rettskriving. Lage A1 plakat Lage en Lumion film Begynne på foredraget</p>
<p>Planlagte aktiviteter neste periode</p> <p>Møte med veileder Max 07.05.2019</p>



Kunnskap for en bedre verden

IB303312 Bacheloroppgave	Prosjekt	Antall møter denne periode 1).	Firma - Oppdragsgiver	Side
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r)	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn)	2 av 2 Dato

Annet
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers Se over oppsettet



Kunnskap for en bedre verden

IB303312	Prosjekt	Antall møter denne periode 1).	Firma - Oppdragsgiver	Side
Bacheloroppgave				1 av 1
Rapport fra prosess	Periode/uke(r)	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn)	Dato
Framdriftsrapport				

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden
Ferdigstille oppgaven med oppsett og rettskriving. Lage A1 plakat Lage en Lumion film Begynne på foredraget
Planlagte aktiviteter i denne perioden
Møte med veileder Max 07.05.2019
Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden
Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter
Har laget ferdig A1 plakat og Lumion film. Har etter råd fra veileder skrevet litt mer om begrensninger til oppgaven og en sluttkonklusjon. Dette har ført til at ferdigstillingen av oppgaven blir forskjøvet til starten av neste uke (uke 20). Det som gjenstår er litt rettskriving og plassering av tekst slik at den blir lettlest. Power-Point presentasjonen begynner vi også med i uke 20.
Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen
Levere Bacheloroppgaven i løpet av uke 20. Legge alt fokus på et bra foredrag etter Bachelor er levert.
Erfaring fra denne perioden
Hovedhensikt/fokus neste periode
Levere Bacheloroppgave Lage foredrag og øve på det
Planlagte aktiviteter neste periode
Møte med veileder, 13.05.19
Annet
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers