NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Bacheloroppgave

IB303312 Bacheloroppgave bygg

Utvikling av resttomt til boligformål, og vurdering av faktorer for å bygge en miljøvennlig boligblokk

Kandidatnummer: 10011 og 10018

Totalt antall sider inkludert forsiden: 234

Innlevert Ålesund, 20 mai 2019

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.**	☒
2.	**Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen:** • 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.	☒
3.	**Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å betrakte som fusk 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.**	☒
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**	☒
5.	**Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens studieforskrift §31**	☒
6.	**Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider**	☒

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 20

Veileder: Liv Møller-Christensen

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 godkjennelse.
Oppgaver 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 oppgaven er skrevet våren 2019 som en avsluttende hovedoppgave for konstruksjon, ved byggingeniørstudiet, NTNU i Ålesund. Siden vi fikk en åpen oppgave, sto vi fritt til å velge problemstilling. Vi valgte en problemstilling hvor vi får brukt bredden av kunnskapen vi har tilegnet oss gjennom disse 3 årene ved studiet, som blant annet arealplanlegging med forståelse av reguleringsplaner og kommuneplaner, med krav og ønsker til utvikling av et område, overvannshåndtering, prosjektering og dimensjonering. I tillegg er vi begge opptatt av miljøet og ønsket å studere hvilke faktorer som er viktige å ta hensyn til for å prosjektere en miljøvennlig konstruksjon.

Hensikten med oppgaven har vært å sette oss inn i hvilke tiltak som er viktige for å gjøre en resttomt om til en attraktiv boligtomt for så å prosjektere en boligblokk ut fra disse forutsetningene.

I tillegg har hensikten vært å sette oss inn i hvilke aspekter som kan heve miljøprofilen til en konstruksjon, og hvordan man kan bygge mer miljøvennlig.

Vi ønsker å rette en takk til:

Oppdragsgiver proESS v/ Sindre Øen og Svein Olaf Stensland

Veileder Liv Møller-Christensen for god veiledning og informasjon

Biveileder Kristian Normann for hjelp til beregninger og betraktninger rundt bæresystem

Miljøkonsulent Steinar Røine i Spenncon for god informasjon og betraktninger rundt bruk av lavkarbonbetong

Ålesund 20.05.2019

Karoline Skylstad

Kathrine S. Grødal

Sammendrag

I arealdelen av Ålesunds kommuneplan er det beskrevet en fortettingsstrategi for knutepunkt og sentrale områder. Disse områdene er allerede tett utbygde og det er få tomter som står igjen ubebygde. De ubebygde tomtene, såkalte resttomter, har ofte en beliggenhet som gir utfordringer når en skal oppfylle kravene som stilles til blant annet støyforhold, uteoppholdsareal, lekeplass og overvannshåndtering.

Tomten vi skriver om i oppgaven er en slik resttomt, og vi har i første del av oppgaven sett på hvilke utfordringer som er knyttet til å gjøre tomten om til en attraktiv boligtomt. Tomten har en stor andel asfalterte flater og ligger nært en trafikkert vei. I tillegg er det begrensninger i utnyttelsesgraden av tomten på grunn av byggegrenser og adkomstrett for naboer. Dette gir utfordringer knyttet til støy, areal til lekeplass og grøntområder/rekreasjonsareal.

I andre del av oppgaven tar vi for oss forhold vi mener er viktige å ta hensyn til for å kunne prosjektere og bygge en miljøvennlig boligblokk som oppfyller kravene til passivhus. Her tar vi for oss ulike tiltak som kan heve miljøprofilen til en bygning, og sammenligner konstruksjonsmaterialene betong og massivtre med tanke på egenskaper og CO_2 fotavtrykket i et livsløpsperspektiv.

Resultatet av de tiltakene og vurderingene vi gjør legger grunnlaget for prosjekteringen av boligblokken.

Innholdsfortegnelse

1.0 INNLEDNING 12

1.1 BAKGRUNN 12
1.2 FORMÅL 12
1.2.1 Problemstilling 13
1.3 AVGRENSNINGER 13

DEL 1. 14

2.0 UTFORDRINGER KNYTTET TIL UTNYTTELSE AV TOMTEN 14

2.1 VALGMULIGHETER KNYTTET TIL UTFORDRINGENE 15
2.2 VALG AV LØSNING 18

DEL 2 24

3.0 TEORETISK GRUNNLAG 24

3.1 REGLER, LOVVERK OG PLANER 24
3.1.1 Bæreevne 24
3.1.2 Brannsikkerhet 25
3.1.3 Lyd 26
3.1.4 Energi 31
3.1.5 Tekniske installasjoner 32
3.1.6 Plan og bygningsloven 33
3.1.7 Kommuneplanens arealdel - Ålesund kommune 33
3.1.8 Viktige utfordringer for vann, avløp og overvannshåndtering 36
3.2 KLIMAENDRINGER OG GLOBAL OPPVARMING 37
3.3 OVERVANN 39
3.3.1 Nye strategier for overvannshåndtering 39
3.4 ENERGI OG VARMEKILDER 48
3.4.1 Solenergi 50
3.5 MATERIALER 56
3.5.1 Stål 56
3.5.2 Betong 57
3.5.3 Tre 59
3.6 PASSIVHUS 61
3.7 LIVSLØPSANALYSE 64
3.7.1 EPD 64
3.8 LASTBEREGNING OG DIMENSJONERING 65
3.8.1 Dimensjonerende laster 65
3.8.2 Faktorer 67
3.9 PROGRAMVARE 69
3.9.1 Word 69
3.9.2 Gemini terreng og entreprenør 69
3.9.3 Eurocode Express 69
3.9.4 Revit 69
3.9.5 Excel 70
3.9.6 Calculatis by Stora Enso 70
3.9.7 Lumion 70

4.0 METODE 70

4.1 KVANTITATIV OG KVALITATIV METODE 70
4.2 ANVENDT METODE 71
4.3 BEREGNING AV U-VERDI 73

5.0 DISKUSJON 74

5.1 KLIMAENDRINGER, OVERVANN OG GRØNNE AREAL 74

5.2 ENERGI ... 76
5.3 KONSTRUKSJONSMATERIALE ... 77
5.3.2 Lyd ... *80*
5.3.3 Termiske egenskaper ... *86*
5.3.4 Brann ... *88*

6.0 RESULTAT ... **90**

6.1 MATERIALVALG ... 90
6.2 BÆRESYSTEM ... 91
6.3 OPPBYGGING OG U-VERDI FOR TAK, ETASJESKILLER, BÆRENDE INNERVEGGER OG YTTERVEGGER ... 93
6.3.1 Semi intensivt tak ... *93*
6.3.2 Etasjeskiller ... *95*
6.3.3 Yttervegg massivtre ... *95*
6.3.4 Yttervegg betong ... *96*
6.3.5 Plate 1 etasje over parkeringskjeller ... *97*
6.3.6 Bærende skillevegg ... *98*
6.4 LASTBEREGNING ... 99
6.5 VURDERING BYGNINGSFORM ... 100

7.0 KONKLUSJON ... **104**

8.0 REFLEKSJON ... **106**

9.0 REFERANSER ... **108**

10.0 VEDLEGG ... **115**

Bildeliste:

Bilde 1: Oversiktsbilde over tomten, med byggegrense og adkomstrett (Ålesund kommune, u.d.) 14
Bilde 2 Oversiktsbilde av tomten med mulig løsning (Ålesund kommune, u.d.).....16
Bilde 3 Oversiktsbilde av tomten med endret adkomstrett (Ålesund kommune, u.d.) 17
Bilde 4 Bilde av naboblokk mot vei (foto privat). 18
Bilde 5 Bilde av naboblokk mot vest (foto privat).....19
Bilde 6 Siktelinje (Ålesund kommune, u.d.) 20
Bilde 7 Valgt løsning (Ålesund kommune, u.d.) 21
Bilde 8 Illustrasjon av lekeplass og samlingsområde (ARCA NOVA gruppen, u.d.) 22
Bilde 9 Alternativ lekeplass som kan opparbeides ytterligere (Foto privat) 22
Bilde 10 Oversiktsbilde for å vise avstand til lekeplassen (Ålesund kommune, u.d.) 23
Bilde 11: Lydoverføring dekkeløsning (SINTEF Byggforsk, 2015) 26
Bilde 12: Støysoner langs hovedvegnettet (VH Plan og bygning, 2015). 30
Bilde 13: Støykart (VH Plan og bygning, 2015).....31
Bilde 14: Global årsmiddeltemperatur i perioden 1850-2012 (Hanssen-Bauer, et al., 2015).....37
Bilde 15: Blågrønn overvannshåndtering (SINTEF, 2016).....40
Bilde 16: Treleddstrategi for overvannshåndtering (Lindemann, Ingunn; Miljødirektoratet, 2017).....41
Bilde 17: Flatt ekstensivt grønt tak (Noreng, et al., 2012). 43
Bilde 18: Semi-intensivt tak (Building Design, u.d.). 44
Bilde 19: Intensivt grønt tak (PROTAN, u.d.).....45
Bilde 20: Oppbygning regnbed (Braskerud & Paus, 2016). 48
Bilde 21: Illustrasjon av solfangersystem (Sørensen, 2015). 54
Bilde 22: Dårlig og godt isolert hus med varmetap (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). 62
Bilde 23: Laster som virker på en konstruksjon (Rørvik & Årskog, 2010). 66
Bilde 24: Etasjeskiller i massivtre (Nøstdal & Heen, u.d.).....82
Bilde 25: Etasjeskiller i massivtre (SINTEF Byggforsk, 2009) 83
Bilde 26: Granab tilfarersystem for trinn- og luftlydreduksjon (Granab Golvregelsystem, u.d.). 85
Bilde 27: Oppbygging av skillevegg i massivtre (Stora Enso, 2015). 85
Bilde 28: Brannpåkjent massivtre (Aarstad, et al., 2008). 88
Bilde 29: Bruttoareal per parkeringsplass (SINTEF Byggforsk, 2015).....92
Bilde 30: Illustrasjon over tomten. Lilla figur viser bygningens potensielle form hvis det ikke måtte tas hensyn til naboens adkomstrett, og hvis «ny del» av eksisterende bygning ble beholdt. Grønn figur viser valgt bygningsform for den prosjekterte boligblokken. De svarte linjene viser svingradius for stor bil (brannbil/renovasjonsbil). Rød linje er tomtegrensen og svart stiplet linje er tegnet 4 m fra tomtegrensen mot naboer (Powel Construction, u.d.). 101
Bilde 31: Illustrasjon av boligblokk med eksisterende bebyggelse (Powel Construction, u.d.). 102
Bilde 32: Illustrasjon av boligblokk fra Lumion 103
Bilde 33: Illustrasjon fra Lumion.....103

Tabelloversikt:

Tabell 1: Bærende bygningsdelers brannmotstand avhengig av brannklasse (Direktoratet for byggkvalitet, 2017)..... 25
Tabell 2: Sammenheng mellom lydreduksjonstall, energitransmisjon og opplevd lydisolering (Edvardsen & Ramstad, 2017) 27
Tabell 3: Lydklasser for boliger: Trinnlydisolasjon (Norsk Standard, 2012) 28
Tabell 4: Krav til luftlydisolasjon og trinnlydnivå (Direktoratet for byggkvalitet, 2017)..... 29
Tabell 5: Minimumskrav til energieffektivitet for boligblokk (Direktoratet for byggkvalitet, 2017)... 32
Tabell 6: Krav til lekeplass (VH Plan og bygning, 2015). 34
Tabell 7: Beskrivelse av lekeplasser (VH Plan og bygning, 2015). 35
Tabell 8: Krav til parkering (VH Plan og bygning, 2015)..... 36
Tabell 9: Krav til sykkelparkering (VH Plan og bygning, 2015). 36
Tabell 10: Oppbygging av ekstensivt tak (Noreng, et al., 2012)..... 43
Tabell 11: Sjiktoppbygging av sedumstak (Noreng, et al., 2012). 44
Tabell 12: Sjikt for semi-intensivt tak (Noreng, et al., 2012)..... 45
Tabell 13: Sjiktoppbygging intensivt tak (Noreng, et al., 2012). 46
Tabell 14: Karbonutslipp fra lavkarbonbetong klasse A oppgitt per m^2 (Røine, 2017) 59
Tabell 15: Krav til bygningsdeler og komponenter (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). 63
Tabell 16: Krav til passivhus (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). 63
Tabell 17: Lastfaktorer i bruddgrensetilstand (Rørvik & Årskog, 2010). 67
Tabell 18: Lastfaktorer i bruksgrensetilstand (Rørvik & Årskog, 2010). 67
Tabell 19:$CO2$ binding i grønt tak (Berge, u.d.)..... 76
Tabell 20: Effekt støyskjermer (Statens vegvesen, 2008). 81
Tabell 21: Lydreduksjon betongvegg (SINTEF Byggforsk, 2016)..... 81
Tabell 22: Lydegenskaper hulldekke (SINTEF Byggforsk, 2015)..... 84
Tabell 23: Brannklasse 2 (Regjeringen.no, 2018). 88
Tabell 24: Oppbygging av semi-intensivt tak 94
Tabell 25: Oppbygging av etasjeskiller i massivtre..... 95
Tabell 26: Oppbygging yttervegg massivtre 95
Tabell 27: Oppbygging yttervegg betong..... 96
Tabell 28: Brannmotstand for bærende vegger. Tabell 52 i (SINTEF Byggforsk, 2008). 97
Tabell 29: Brannmotstand for etasjeskillere. Tabell 41 i (SINTEF Byggforsk, 2008)..... 98
Tabell 30: Oppbygging for bærende skillevegg 99

Ordforklaring

Adkomstrett: Adgang til adkomst eller generell ferdsel over en annen persons eiendom.

Evapotranspirasjon: Den totale fordampingen fra plantedeler og jordsmonn.

Fortetting: En endring som i hovedsak bygger videre på eksisterende strukturer og funksjoner. Kan skje ved seksjonering, fradeling av tomter, rivning av nybygg og påbygg, utbygging av ubebygde arealer, endring av mer arbeidsintensiv virksomhet m.m.

Fortettingsstrategi: Hvor og hvordan en prioriterer og vurderer fortettingen. Er et verktøy for plan- og bygningsmyndigheten når nye tiltak skal behandles og gir føringer på hvordan areal skal disponeres.

Global oppvarming: Global gjennomsnittstemperatur nær jordoverflaten øker på sikt.

Grønt skifte: Forandring i mer miljøvennlig retning.

Impermeabel overflate: Overflate som ikke gir gjennomtrengning for vann.

Klimafotavtrykk: Er det totale klimagassutslippet over et livsløpsperspektiv.

Klimagasser: Gasser som bidrar til oppvarming av klimasystemet, og hvor konsentrasjonen i atmosfæren påvirkes av menneskelig aktivitet - for eksempel avskoging og fossil forbrenning. Man fokuserer gjerne spesielt på CO2, metan, lystgass og f-gasser.

Klimatilpasning: Handler om å øke forståelsen av dagens og framtidens klima, og å gjøre tiltak eller endre praksis for å hindre ulemper av klimaendringer.

Korrosjon: Elektrolytiske og kjemiske reaksjoner med omgivelsene som fører til angrep på og ødeleggelse av stål.

Levemmiterende belegg: Et tynt lag av et materiale som i liten grad utstråler langbølget varmestråling.

Negative utslipp: At det tas mer drivhusgasser ut av atmosfæren enn det slippes ut, for eksempel ved karbonfangst eller skogplanting.

Overvann: Oppstår når det kommer nedbør og når snø smelter.

Permeabel overflate: Overflate som er gjennomtrengelig for f. eks. vann.

Resttomt: En tomt innenfor et etablert boligstrøk.

Shared space: Gater og torg deles av ulike brukergrupper, som bilister og myke trafikanter**.**

Støyfølsom arealbruk: Areal som benyttes til skoler, barnehager, boliger, sykehus, pleieinstitusjoner og rekreasjonsarealer.

Varmekapasitet: Angir evne til å lagre varme. Spesifikk varmekapasitet, c (Ws/kgK), er den varmemengden som 1 kg av et materiale opptar, eller eventuelt avgir, når temperaturen økes med 1 ºC.

Notasjon

$\boldsymbol{CO_2}$ karbondioksid

$\boldsymbol{m^2}$ kvadratmeter

$\boldsymbol{A_{regbed}}$ *er regnbedets overflateareal i* m^2

$\boldsymbol{A_{felt}}$ *er nedbørsfeltets størrelse i* m^2

$\boldsymbol{c}$ er nedbørsfeltets gjennomsnittlige avrenningskoeffisient

$\boldsymbol{P}$ er dimensjonerende nedbørsmengde [m]

$\boldsymbol{h_{maks}}$ er den maksimale vannstanden på overflaten før vannet går i overløp [m]

$\boldsymbol{K_h}$ er filtermediets mettede hydrauliske konduktivitet [m/t]

$\boldsymbol{t_r}$ er dimensjonerende varighet på tilrenningen til regnbedet [t]

$\boldsymbol{R_w}$ er en samlet beskrivelse av hvor godt en skillekonstruksjon isolerer mot støy.

$\boldsymbol{R_w + C_{tr}}$**, 50 – 5000** er korreksjonsverdier for det veide lydreduksjonstallet. Omgjøringstallene tar høyde for et støyfrekvensspekter tilpasset trafikkstøy. I omgjøringstallet $C_{tr,50–5000}$ er et utvidet frekvensområde lagt til grunn for å ta mer hensyn til lave og høye frekvenser.

1.0 Innledning

1.1 Bakgrunn

Høsten 2018 begynte vi arbeidet med å finne en bedrift å skrive bacheloroppgave for. Vi fikk da tilbud om å skrive oppgave for proESS, noe vi takket ja til. De hadde nylig kjøpt en butikk- og kontoreiendom som de ønsket å få et forslag til hvordan de kan utnytte i fremtiden.

Per dags dato ligger det et kontorbygg over 2 etasjer pluss kjeller, fra 1942 på tomten. Dette er oppført i mur og ble ombygd/påbygd i 1952 og i 1991. Siden 2004 har bygget blitt oppgradert betydelig. Totalt bruksareal fordelt på 2 etasjer og kjeller er 715 m^2. Totalt sett dekker dagens bygningsmasse ca. 400 m^2 av tomtens areal på 1450 m^2, noe som utgjør ca. 27,5% utnyttelse (Mauren, 2018).

I reguleringsplanen er det oppgitt en utnyttelsesgrad på inntil 40% BYA, samt takhøyde på 12,5 meter ut fra gjennomsnittlig planert terreng. Tomten er regulert til kombinert bolig- og kontorvirksomhet. Dette gjør at tomten i teorien har et stort potensialt for utbygging i forhold til dagens situasjon (Storlykken, 2003).

1.2 Formål

Oppgaven vi fikk fra proESS var veldig åpen. De ønsket ikke å legge noen føringer, og vi hadde derfor mange muligheter. De ser for seg å bruke lokalene til kontor i nærmeste fremtid, men ønsker å undersøke hvilke muligheter som finnes for fremtidig utnyttelse av tomten.

I begynnelsen diskuterte vi ulike vinklingen for oppgaven. Et alternativ var om vi skulle undersøke hva som lønte seg mest av å bygge på dagens bygningsmasse, eller å rive og bygge nytt. Etter å ha satt oss inn i nærområdet, som i hovedsak består av større boligbygg og noen eldre eneboliger, var det naturlig å tenke at den mest logiske utnyttelsen av tomten er til boligformål. Området ligger midt mellom det som i Ålesund kommunes arealplan beskrives som fortettingssone 2 og 3 (VH Plan og bygning, 2015). Den korte veien til Moa gjør også området attraktivt for boliger. Dette ser vi ved at tomter i området i stor grad allerede er bebygd, og i større boligprosjekt som nå er under oppføring ble de fleste leilighetene solgt allerede under prosjekteringsfasen. Vinklingen på oppgaven ble derfor å prosjektere en boligblokk på tomten og å se på utfordringer knyttet til dette.

Da vi begynte å studere reguleringsplanen som er gjeldende for gitt område, oppdaget vi noen utfordringer med tomten. Dette legger en del føringer for hvordan den kan utnyttes, og en stor del av oppgaven blir dermed å finne mulige løsninger på disse utfordringene. Vi velger derfor å dele oppgaven i to deler, der første del tar for seg utfordringene med tomten, drøfte mulige løsninger på disse utfordringene og konkludere med hvilket valg vi tar.

Den andre delen av oppgaven har fokus på materialvalg og hvilke tiltak man kan gjøre for å prosjektere et miljøvennlig bygg. Byggesektoren er den sektoren som i Norge har hatt størst vekst i energiforbruket de siste 40 årene, og står nå for 40 % av energiforbruket på land (Dragland, 2015). Med klimaproblemene som bakteppe, og for å oppnå en bærekraftig energiforvaltning i fremtiden, er det derfor viktig å studere hvordan det bygges.

1.2.1 Problemstilling

Problemstillingen vi har fokus på er: Hvordan kan tomten gjøres om til en attraktiv boligtomt, hvordan kan utfordringene knyttet til tomten løses, og hvilke vurderinger og tiltak er nødvendig for å få et miljøvennlig bygg?

1.3 Avgrensninger

Oppgaven har vist seg å være stor og med flere utfordringer enn først antatt, og det er derfor nødvending å avgrense den for å komme i mål.

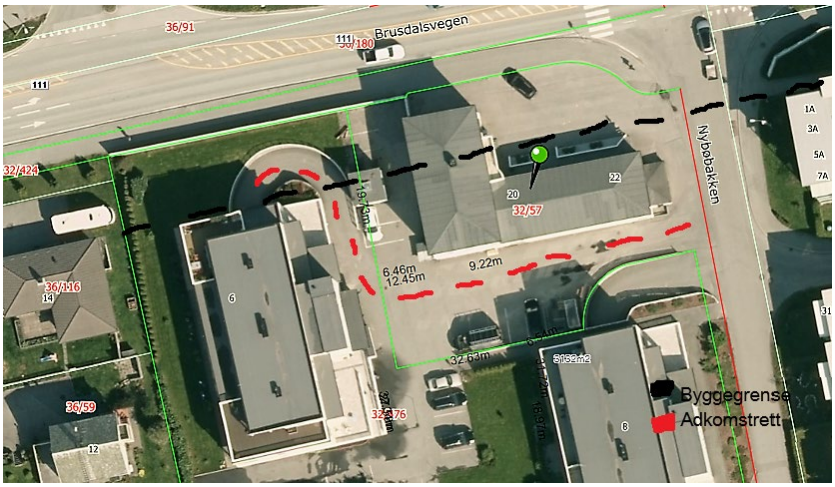
Vi har valgt oss ut noen hovedområder når det kommer til miljøfokus, og selv om det finnes langt flere tiltak man kan gjøre for å heve miljøprofilen til en bygning, er det rett og slett for tidkrevende å gå i detalj på hvert enkelt område. Vi vil derfor gå i dybden på de områdene vi mener har størst verdi for ikke bare bygningen i seg selv, men også for nærområdet og miljøet rundt tomten.

I forhold til prosjekteringen og dimensjoneringen av selve bygget, vil vi foreta beregninger og kontroller på enkelte områder for å vise at konstruksjonen oppfyller kravene om konstruksjonssikkerhet, i tillegg til å vise detaljer som er nødvendige for å oppnå krav til brann, lyd, u-verdi og tetthet. Vi vil ikke foreta beregninger på jordskjelv og vind.

Del 1.

2.0 Utfordringer knyttet til utnyttelse av tomten

Hovedutfordringen i vår vinkling av oppgaven, er at tomten er en rest-tomt som har noen ugunstige forhold som må tas hensyn til for å kunne utnytte tomten på best mulig måte, og for at den skal kunne brukes til boligformål. Byggegrensen mot veien mot nord går 9 meter inn på tomten, noe som gjør reelt utnyttelsesareal er mindre enn først antatt. Denne er muligens satt for å kunne utvide veien ved behov i fremtiden. Dette medfører at mulig utvidelse mot nord kun utgjør noen få meter. Boligblokkene mot sør og vest ligger nærmere tomtegrensen enn 4 meter, noe som gjør at vi må trekke bygget mer enn 4 meter inn fra tomtegrensen for å oppfylle kravet om 8 meter mellom bygningene. Tomten havner også innenfor både gul og rød støysone på støyvarselkart hos Statens Vegvesen. I tillegg har boligblokken mot vest adkomstrett. Beboere i boligblokken mot vest må kjøre gjennom eiendommen på sørsiden for å komme til nedkjøringen til parkeringskjelleren. Dette legger begrensninger for hvordan man kan utvide bebygd areal mot sør, da vi ikke kan hindre adkomst for naboene. Boligblokken mot sør har nedkjøring til sin parkeringskjeller i sørøstlig ende av tomten hvor det har blitt skilt fra et hjørne av tomten (Ålesund kommune, u.d.).



Bilde 1: Oversiktsbilde over tomten, med byggegrense og adkomstrett (Ålesund kommune, u.d.)

I teorien er det dermed liten mulighet for å utvide bebygd areal alle veier. Dette, kombinert med beliggenheten, gjør at forholdene for en boligblokk er ugunstige. I arealdelen til Ålesunds kommuneplan stilles det krav til blant annet støyforhold, grønt areal og lekeplass,

og vi ser at disse kravene kan bli vanskelige å oppfylle på denne tomten. (VH Plan og bygning, 2015).

Den eksisterende bebyggelsen på nabotomtene består som tidligere nevnt av boligblokker. Noen av disse har trekledning, mens andre er platekledde. Samtlige bygg har lukkede fasader mot nord, noe som mest sannsynlig er valgt på grunn av støyskjerming mot veien. I tillegg står bygningene tett, og det er lite grøntareal i området.

Slik sitasjonen fremstår i dag, kan det virke utfordrende å prosjektere en boligblokk på grunn av de begrensningene som ligger til grunn, men i neste kapittel vil vi diskutere mulige løsninger på problemene som har vært nevnt, og hvordan det kan bidra til å kunne bygge en boligblokk på tomten. Er det også mulig å få til en boligblokk på tomten som både med utforming og funksjon gir et løft til nærområdet? Hvordan kan vi på best mulig måte utnytte arealet til grønne områder, og er det mulig å oppfylle kravet til lekeplass?

2.1 Valgmuligheter knyttet til utfordringene

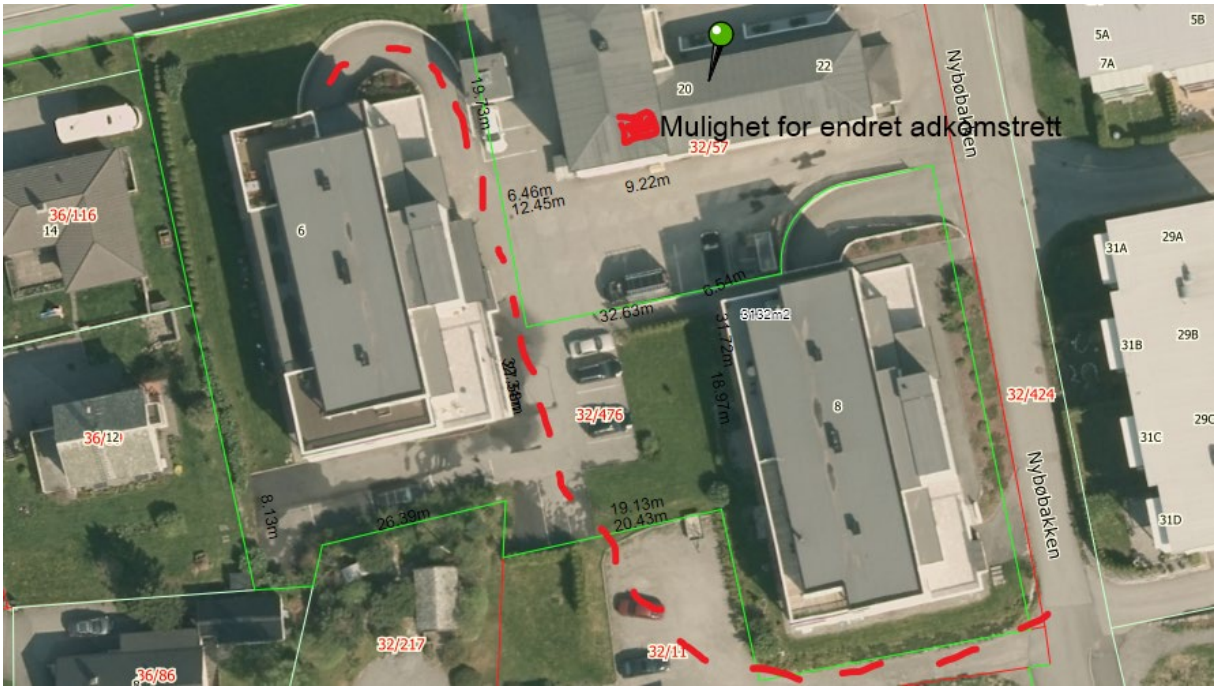
Hovedutfordringen med tomten er adkomsten til de to naboblokkene. Ved å legge en felles innkjøring til parkeringskjellerne til alle tre byggene via nedkjøringen i sørøstlige hjørne, videre under bakken, gjennom parkeringskjelleren til vår boligblokk og så videre til den vestlige, kan man frigjøre arealet over bakken til delvis utbygging, men i hovedsak til grøntområde og leikeplass. På denne måten beholder de adkomstretten, man får en felles utkjøring fra området til vei, og man får utnyttet arealet over bakken på en mer fornuftig måte.

En forutsetning for å gjennomføre dette er at naboene godtar en slik løsning, og at det også blir godkjent av kommunen. Fordi dette er en mulighet langt frem i tid, vil vi ikke gå gjennom prosessene med naboer og kommune, men ganske enkelt bare legge til grunn at dette vil kunne gjennomføres i fremtiden. Dette er også en forutsetning for det videre arbeidet med oppgaven vår. Ulempen med denne løsningen er nettopp at det forutsetter samarbeid med naboene, i tillegg til at dette vil være svært kostnadskrevende.

Bilde 2 Oversiktsbilde av tomten med mulig løsning (Ålesund kommune, u.d.)

Et problem som oppstår ved denne løsningen, er adkomsten for utrykningskjøretøy. Adkomsten for disse kan enten løses ved å beholde en asfaltert stripe hvor dagens adkomst er, med en bom som kan senkes i bakken ved behov, eller ved at man får skilt ut og kjøpt en del av tomten fra 32/11 som grenser mot 32/476 mot sør av tomten. Her er det opparbeidet en stor parkeringsplass, med kun 1,5 meter vegetasjon som skiller mellom parkeringsplassen til 32/11 og 32/476, og man hadde kunnet laget en vei i forlengelsen av parkeringsplassen for å sikre adkomst. Denne adkomsten kan da benyttes både av beboere for adgang til parkeringskjeller samt nødetater ved behov. På denne måten slipper man adkomstrett via eget parkeringsanlegg, noe som vil være kostnadsbesparende i forhold til bygging. Dette er da en omskiping av adkomstretten, og kan kreves av en av partene etter servituttlovens §§ 5 og 6, dersom fordelen for den ene parten ikke er større enn ulempen det medfører for den andre parten. Den nye løsningen skal normalt betales av den som krever omskipingen, men dersom den nye løsningen er fordelaktig for begge parter, bør utgiftene til den nye løsningen betales av begge parter (Justis- og beredskapsdepartementet, 2013). Her er man nok en gang avhengig av at andre vil godta løsningen man legger frem, og fordrer at naboene i 32/11 er villig til å selge deler av tomten eller inngå avtale om adkomstrett mot kompensasjon.
Igjen er det vanskelig å prosjektere noe som er så avhengig av at andre skal samarbeide om løsningen, da man ikke har noen garanti for at dette skal kunne la seg gjennomføre. En slik

løsning vil også føre til økt trafikk utenfor inngangspartiet til huset på 32/11, og det er vel lite sannsynlig at dette er en løsning de vil gå med på.



Bilde 3 Oversiktsbilde av tomten med endret adkomstrett (Ålesund kommune, u.d.)

Et annet alternativ vi undersøkte, er å utnytte arealet mot nord. Siden naboblokken mot vest har nedkjøring til sin parkeringskjeller utenfor byggegrensen, kan det være en mulighet å plassere en adkomstvei på nordsiden av vårt bygg. Dette krever en liten endring i nedkjøringen til naboblokken, men det vil være en lav kostnad sammenlignet med de andre alternativene. Denne løsningen kom vi raskt frem til at ikke er gjennomførbar, da svingradiusen blir for liten for en lastebil/brannbil.

På grunn av utfordringene vi hadde med å finne gode gjennomførbare løsninger, tok vi et møte med oppdragsgiver for å diskutere mulige løsninger som faktisk er gjennomførbare. Her kom vi frem til at en tredje mulighet vil være å kjøre en plansak, hvor man setter byggegrensene etter dagens bygningsmasse. Dette gjør at man får utnyttet mer av tomten, men adkomstretten for naboer vil være som tidligere.

Naboblokkene har per dags dato ikke lekeplass i tilknytning til området, noe som i dag er et krav. Totalt er det 20 leiligheter i sameiet som utgjør boligblokkene. En stor del av utfordringen er derfor å finne en løsning som gir plass til grønne områder.

2.2 Valg av løsning

Vi hadde egentlig bestemt oss for å velge den løsningen vi kom frem til i samarbeid med oppdragsgiver, men fordi vi ønsker at oppgaven skal være mest mulig realistisk med tanke på praktisk gjennomføring, hadde vi også et møte med saksbehandlere fra Plan og Bygningsetaten i Ålesund kommune. Her fikk vi stilt spørsmål som vi lurte på angående de valgene som tidligere er tatt i dette området, presiseringer vi ønsket i forhold til gjeldende reguleringsplan, mulighet for dispensasjon fra byggegrense og hvilke mulige løsninger de tenkte kunne være realistisk å få gjennomført.

Vi må ifølge saksbehandler forholde oss til gjeldende byggegrense, dette gjør at endeveggen mot nord kan flyttes ca. 2 meter ut i forhold til dagens bygningsmasse. I tillegg får man en full 1. etasje ved å grave seg ned så man får en flat tomt, noe som gjør at man får utnyttet denne etasjen fullt ut. I dag er tomten skrå, med full etasje mot sør, mens det mot nord ikke er vinduer da det ligger under bakkeplan. Å grave seg ned for å få flat tomt og full 1. etasje er gjort også med naboblokkene som man kan se på bildene under.

Bilde 4 Bilde av naboblokk mot vei (foto privat).

Bilde 5 Bilde av naboblokk mot vest (foto privat)

Et viktig argument vi hadde for at man skal få beholde byggelinjen rundt dagens bygningsmasse, er at dagens byggelinje muligens er satt for fremtidig utvidelse av vei. Dette er ikke lenger mulig da naboblokken har sin nedkjøring til parkeringskjeller utenfor byggegrensen. Dette kan man se på bildet over. Naboblokkene mot øst har også oppført carporter utenfor byggegrensen. Saksbehandler mente at argumentet mot å beholde byggegrensen rundt dagens bygningsmasse hovedsakelig dreier seg om støyproblematikk og siktlinje for avkjørsel, og ikke utvidelse av vei siden dette ikke lenger er mulig. Det vil derfor være mulig å bygge en større parkeringskjeller under bakken som bryter byggelinjen, mens selve boligblokken er innenfor byggegrensene. Siden hovedargumentet mot å overskride dagens byggegrense er støy, velger vi å legge svalgang og heissjakt utenfor byggegrensen, da dette ikke er areal som er til støyfølsomt bruksformål. Dette utløser søknad om dispensasjon. Vi velger å gjøre dette fordi den reelle utnyttelsesgraden av tomten er svært begrenset som følge av byggegrenser og adkomstrett, og det er ønskelig å utnytte mest mulig areal til boligformål.

Ved å velge tunge lydisolerende materialer på veggen mot veien vil man redusere innendørs støy, men til tross for at man ved valg av materialer og gjennomføringsløsninger kan redusere innendørs støy slik det oppfyller kravene, mente saksbehandler at det ikke ville bli akseptert. Et annet aksept er at støykartene viser at det er mest støy på dagtid. På natten er det stille, og man kan derfor argumentere med at det er greit å ha soverom på denne siden. Soverom mot nord er i tillegg gunstig da man slipper soloppvarming av soverommet gjennom dagen. Hvor

mye man får redusert støy ved ulike materialer blir også vektlagt for hvilket material man velger å bygge med. Dette vil vi se nærmere på i del 2 av oppgaven. Leilighetene i 1. etasje vil få en ekstra reduksjon i støynivået på grunn av nivåforskjellen til veien, og oppsatt støyskjerm. Leilighetene i øvrige etasjer vil ligge over denne støyskjermen, og derfor blir valg av materiale ekstra viktig.

Argumentet med siktlinjen er heller ikke spesielt godt, da dagens bygningsmasse ikke er til hinder for sikten, og følgelig vil ikke dette bli et problem med boligblokken heller. Dette kan vi også se på bildet under, der den sorte linjen som skrår ned mot midten av det som er Veg 1 er siktelinjen

Bilde 6 Siktelinje (Ålesund kommune, u.d.)

Til tross for at saksbehandlere ved Plan- og Bygningsetaten hevder per dags dato at en ikke vil få dispensasjon, eller godkjent en plansak hvor man ønsker å få satt byggegrensen etter dagens bygningsmasse, kan vi ikke se at argumentene mot er så sterke. Det er derfor ikke utenkelig at oppdragsgivers forslag vil være mulig å gjennomføre i fremtiden, men fordi vi vil gjøre det så realistisk som mulig velger vi å forholde oss til det saksbehandler sa i møtet.

Fordi vi ikke klarte å finne en gunstig løsning med tanke på å få flyttet adkomstretten til naboene, må vi beholde dagens løsning. Dette gjør at vi har valgt å trekke bygget ca. 1,5 meter inn fra byggegrensen i sør, slik at leilighetene i 1. etasje også får veranda. Det er ikke helt optimalt i og med det går en adkomstvei forbi, men det er begrenset trafikk siden det kun er snakk om 10 leiligheter i naboblokken og det meste av trafikken vil forekomme på tider av døgnet hvor man er på vei til eller fra arbeid. I tillegg er naboblokkene ifølge saksbehandler i

kommunen seniorboliger med beboere over 55 år, noe som muligens gjør at ikke samtlige beboere har bil.

En annen utfordring som dukker opp når vi har valgt å ta utgangspunkt i å beholde dagens løsning med tanke på adkomstrett er å få plass til grøntareal. Det blir dermed naturlig å tenke i baner av shared space, hvor man kombinerer adkomstvei med lav fart og grønne områder. Ved å kun beholde det mest nødvendige av asfaltert område for å sikre adkomst til parkeringskjeller samt adkomst og snuplass for renovasjonsbil og utrykningskjøretøy, kan man omgjøre store deler av det asfalterte området til grønne flater. Dette må da gjøres i samarbeid med naboer da deler av dette området ligger på deres tomt, men disponeres av «vår» tomts eiere.

Bilde 7 Valgt løsning (Ålesund kommune, u.d.)

En slik løsning vil gi en grønn oase der det nå er asfalterte flater. Ikke bare er det med på å oppfylle kravene i kommuneplanens arealdel, men det vil også gi området et estetisk løft og økt livskvalitet. Et slikt område vil ikke bare fungere som lekeplass for barn, men en god utforming vil gi flere bruksområder og dermed bli en sosial samlingsarena for beboere i alle aldersgrupper. Området utgjør ca. 200 m^2 , noe som gjør at det akkurat oppfyller kravet til nærlekeplass, men på grunn av antall boenheter er det behov for ytterligere lekeareal (Fiskaa, 2014).

Bilde 8 Illustrasjon av lekeplass og samlingsområde (ARCA NOVA gruppen, u.d.)

Vi må dermed ha et tilleggsalternativ for lekeplass til barn, og det er et friområde som ligger ca. 55 meter i gangavstand mot sør. Her kan man i enighet med kommunen videreutvikle området og den lekeplassen som allerede er etablert i forbindelse med utbygging av noen andre tomter. Den består i dag hovedsakelig av en gruslagt liten fotballbane, og et dissestativ.

Bilde 9 Alternativ lekeplass som kan opparbeides ytterligere (Foto privat)

Dette området kunne blitt utnyttet på en langt mer fornuftig måte med gresslagt fotballbane, noen benker og enda flere lekestativ. Ved å være med på å opparbeide denne lekeplassen ytterligere, kan man søke dispensasjon fra størrelseskravet til nærlekeplass. Naboleilighetene med 71 leiligheter har en lekeplass på ca. 450 m^2, og oppfyller langt fra kravene i kommuneplanen, det er derfor tydelig at det er mangel på lekeplasser i området og at dette har vært lavt prioritert.

Bilde 10 Oversiktsbilde for å vise avstand til lekeplassen (Ålesund kommune, u.d.)

Del 2

3.0 Teoretisk grunnlag

3.1 Regler, lovverk og planer

Vi må i oppgaven forholde oss til Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) og Byggteknisk forskrift (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

Byggteknisk forskrift (TEK 17) «skal sikre at tiltak planlegges, prosjekteres og utføres ut fra hensyn til god visuell kvalitet, universell utforming og slik at tiltaket oppfyller tekniske krav til sikkerhet, miljø, helse og energi» (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

Forskriften stiller krav til dokumentasjon for oppfyllelse av krav, dokumentasjon av produkter, dokumentasjon for forvaltning, drift og vedlikehold, grad av utnytting, beregnings- og måleregler, sikkerhet mot naturpåkjenninger, opparbeidet uteareal, ytre miljø, konstruksjonssikkerhet, sikkerhet ved brann, planløsning og bygningsdeler i byggverk, inneklima og helse, energi, installasjoner og anlegg, sikkerhetskontroll av heis og ikrafttredelse og overgangsbestemmelser (Direktoratet for byggkvalitet, 2017). Under prosjekteringen av boligblokken må vi forholde oss til forskriften og de kravene den stiller for denne bygningstypen. Siden forskriften er omfattende vil vi vil her ha med utdrag som gjelder bæreevne, brannsikkerhet, lydkrav, energi og tekniske installasjoner.

3.1.1 Bæreevne

I følge TEK17 §10-2 skal byggverk prosjekteres og utføres på en slik måte at det har tilfredsstillende sikkerhet mot brudd. Det skal også ha tilstrekkelig stivhet og stabilitet for dimensjonerende laster ut fra gjeldende brukskategori. Dette kravet er gjeldende for byggverk både under bygging og for bruk. Ved å prosjektere konstruksjoner etter NS-EN 1990 Eurocode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg, oppfyller man kravene til byggets stabilitet og mekaniske motstandsevne (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

3.1.2 Brannsikkerhet

En boligblokk på fire etasjer regnes som et høyt byggverk, og avstanden mellom byggverk skal med hensyn til brannsikkerhet være minimum 8 m. Eventuelt kan man skille byggverkene med brannvegger (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

Basert på tabell over risikoklasser i TEK17 §11-2 vil en fireetasjes boligblokk være i risikoklasse 4, og vil kategoriseres til brannklasse 2 etter tabell 1 i TEK17 §11-3. I følge TEK 17 § 11-4 skal bæresystemet for byggverk i brannklasse 1 og 2 dimensjoneres for å kunne opprettholde tilfredsstillende stabilitet og bæreevne i minimum den tiden som er nødvendig for å kunne rømme samt redde personer og husdyr i og på byggverket (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

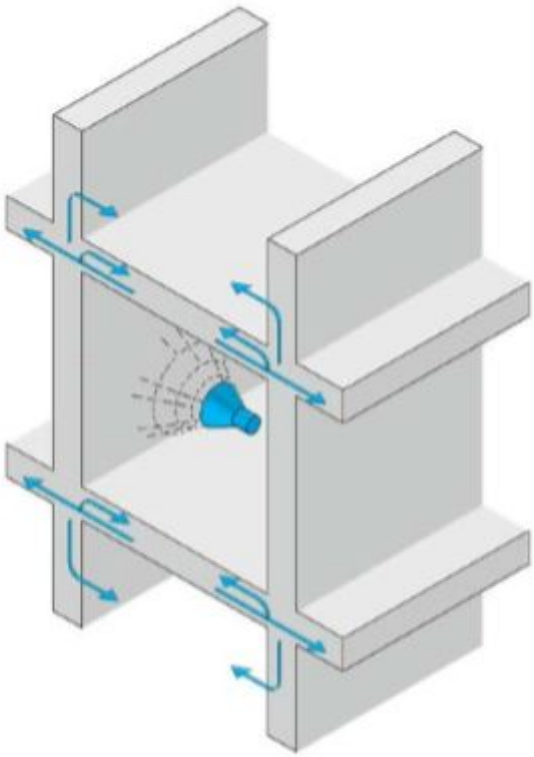
Boligblokken må deles inn i brannceller for å sikre tid til rømning og redning, forsinke og begrense brann- og røykspredningen slik at det ikke oppstår unødig store materielle skader og for å lette slukkearbeidet. En hensiktsmessig oppdeling vil være at hver leilighet er en branncelle, korridor en branncelle og trapperom en branncelle. Maks avstand til trapp for rømning er 15 meter. Det stilles også krav til materialbruk og tekniske installasjoner med hensyn til brannsikkerhet (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

	Brannklasse		
Bygningsdel	**1**	**2**	**3**
Bærende hovedsystem	R 30 [B 30]	R 60 [B60]	R 90 A2-s1,d0 [A90]
Sekundære, bærende bygningsdeler, etasjeskillere og takkonstruksjoner som ikke er del av hovedbæresystem eller stabiliserende	R 30 [B 30]	R 60 [B60]	R 60 A2-s1,d0 [A 60]
Trappeløp	-	R 30 [B 30]	R 30 A2-s1,d0 [A 30]
Bærende bygningsdeler under øverste kjeller	R 60 A2-s1,d0 [A 60]	R 90 A2-s1,d0 [A 90]	R 120 A2-s1,d0 [A 120]
Utvendig trappeløp, beskyttet mot flammepåvirkning og strålevarme	-	R 30 [B 30] eller A2-s1,d0 [ubrennbart]	A2-s1,d0 [ubrennbart]

Tabell 1: Bærende bygningsdelers brannmotstand avhengig av brannklasse (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

3.1.3 Lyd

Lyd er en trykkforandring i luft som gir en bølgebevegelse. Denne bølgebevegelsen oppfatter øret som lyd. Mennesker kan oppfatte lyd i området mellom 0 dB og 120 dB, som er smertegrensen. Man kan høre lyd med høyere lydtrykknivå enn 120 dB, men dette vil være skadelig for hørselen. Antall trykkvariasjoner eller svingninger i lydbølgen per sekund kalles frekvens. Langsomme trykkvariasjoner kalles lavfrekvent lyd, mens hurtige trykkvariasjoner kalles høyfrekvent lyd (Edvardsen & Ramstad, 2017).



Bilde 11: Lydoverføring dekkeløsning (SINTEF Byggforsk, 2015)

3.1.3.1 Lydabsorbsjon og etterklangstid

Når man skrur av en lydkilde, tar det litt tid før lyden er helt borte. Dette kalles etterklangstid, og angir i sekunder hvor lang tid det tar før lydtrykknivået har blitt redusert med 60 dB. I et normalt møblert rom vil etterklangstiden være omtrent 0,5 sekunder, mens i store steinkirker kan den vare i 5-10 sekunder. Etterklangstiden avhenger med andre ord av absorbsjonsegenskapene til flatene i rommet, og myke porøse overflater absorberer mye lydenergi sammenlignet med harde glatte betongflater (Edvardsen & Ramstad, 2017).

3.1.3.2 Luftlyd

Når en lydbølge treffer en vegg, vil noe av lyden reflekteres tilbake, mens noe transmitteres. Lydreduksjonstallet er differansen mellom innfallende og transmittert lydenergi angitt i dB, og dette karakteriserer den luftlydisolerende egenskapen til konstruksjonen (Edvardsen & Ramstad, 2017).

Lydreduksjonstall, R (dB)	Andel energi som slipper gjennom, %	Karakterisering av lydisoleringen
20	1	«ingen»
30	0,1	Dårlig
40	0,01	Middels
50	0,001	Relativt god
60	0,0001	Svært god

Tabell 2: Sammenheng mellom lydreduksjonstall, energitransmisjon og opplevd lydisolering (Edvardsen & Ramstad, 2017)

3.1.3.3 Trinnlydnivå, L_n, dB

Trinnlyd er når bevegelse over gulvet setter etasjeskilleren og vegger på undersiden i svingning. Dette medfører lydavstråling til rommet under. Trinnlyden er ønskelig å få så lav som mulig, og den måles på mottakersiden av skillekonstruksjonen (Edvardsen & Ramstad, 2017).

Type bruksområde	Klasse A $L'_{n,w} + C_{l,50-2500}$ dB	Klasse B $L'_{n,w} + C_{l,50-2500}$ dB	Klasse C $L'_{n,w}$ dB	Klasse D $L'_{n,w}$ dB
Mellom boenheter I en boenhet fra fellesareal/kommunikasjonsvei, som fellesgang, svalgang og trapperom	43	48	53	58
I en boenhet fra nærings- og servicevirksomhet, garasjeanlegg, felles takterrasse o.l.	38	43	48	53
I en boenhet fra toalett, bad, bod o.l. samt fra balkong o.l. i en annen boenhet	48	53	58	63
Mellom rom internt i én boenhet (minst i ett av rommene i boenheten)	58	63	-	-

Tabell 3: Lydklasser for boliger: Trinnlydisolasjon (Norsk Standard, 2012)

3.1.3.4 Flanketransmisjon

Lydtransmisjon via tilstøtende bygningsdeler kalles flanketransmisjon. Flanketransmisjon brukes også ofte om all lydoverføring som ikke går direkte gjennom skillekonstruksjonen. Dette kan være via kanaler, over himling og gjennom utettheter (Edvardsen & Ramstad, 2017).

3.1.3.5 Krav til lyd

TEK 17 § 13-6 sier at en bygning skal oppføres slik at lydnivået fra lydkilder utendørs ikke skal hindre tilfredsstillende lydforhold både inne i bygningen og for utearealer avsatt for rekreasjon og lek. Kravene til lyd kan tilfredsstilles ved å oppfylle kravene til lydklasse C i NS 8175:2012. NS 8175 angir grenseverdier, som avhenger av bygningstype, angitt ved målestørrelsene A-veid maksimalt lydtrykk-nivå, LA,max (natt), og/eller ekvivalent lydtrykknivå målt over et døgn, LA, eq, 24h. Fra utendørs lydkilder til oppholds- og soverom i boliger er kravene henholdsvis 45 og 30 dB (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

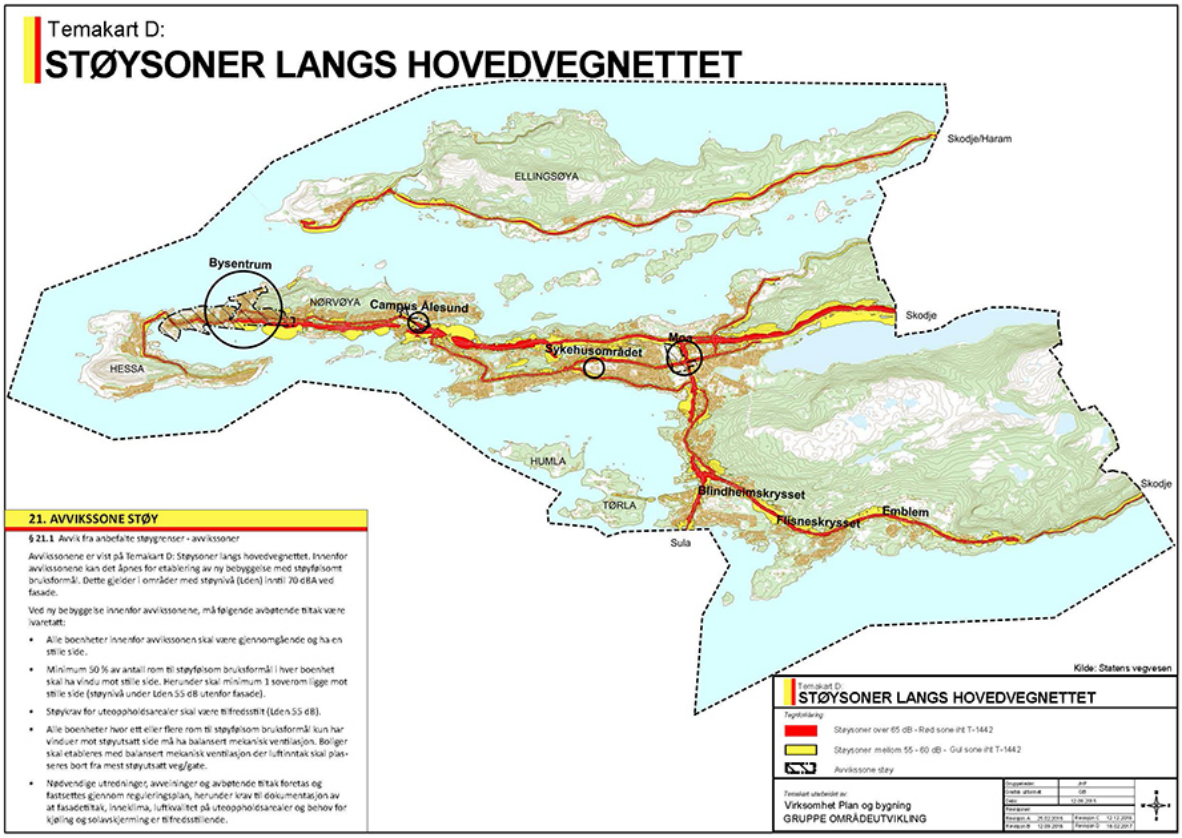
Krav til luftlydisolasjon og trinnlydnivå:

Type bruksrom	**R'w (Lydreduksjonstall)**		**L'w' (Trinnlydnivå)**	
	Kl. C	**Kl. D**	**Kl. C**	**Kl. D**
Mellom boenheter innbyrdes og mot fellesarealer, o.l.	**55 dB**	**50 dB**	**53 dB**	**58 dB**
Mellom boenhet og nærings- og servicevirksomhet, o.l	**60 dB**	**55 dB**	**48 dB**	**53 dB**

Tabell 4: Krav til luftlydisolasjon og trinnlydnivå (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

3.1.3.6 Utendørs støy

Støy tiltak må planlegges slik at både utendørs og innendørs støyforhold overholder gjeldende regelverk og retningslinjer. Støyskjerming må ha god estetisk kvalitet, og skal ikke være dominerende. Støyfølsom arealbruk tillates i gul støysone, forutsatt at bebyggelsen har en stille side og tilgang til egnet uteplass med tilfredsstillende støynivå. Støyfølsom arealbruk tillates i utgangspunktet ikke i rød støysone, men med unntak for områder innenfor avvikssonene (VH Plan og bygning, 2015). Avvikssoner er vist på Temakart D:



Bilde 12: Støysoner langs hovedvegnettet (VH Plan og bygning, 2015).

Støysoner langs hovedvegnettet. Innenfor avvikssonene, i områder med støynivå (Lden) inntil 70 dB ved fasade, kan det åpnes for etablering av ny bebyggelse med støyfølsomt bruksformål. I tilfelle er det en rekke avbøtende tiltak som må ivaretas. Boenhetene innenfor avvikssonen skal være gjennomgående og ha en stille side. Minimum ett soverom skal ligge mot stille side med støynivå under Lden 55dB utenfor fasade, og minimum halvparten av antall rom til støyfølsomt bruksformål i hver boenhet skal ha vindu mot stille side. Boenheter som har vindu til rom med støyfølsomt bruksformål mot støyutsatt side, må ha balansert mekanisk ventilasjon. Luftinntak til mekanisk balansert ventilasjon skal plasseres bort fra støyutsatt veg. Uteoppholdsarealer skal tilfredsstille støykravet på Lden 55dB. Gjennom reguleringsplan skal nødvendige utregninger, avveininger og avbøtende tiltak foretas og fastsettes. Herunder er det krav til at dokumentasjon av fasadetiltak, inneklima, luftkvalitet på uteoppholdsarealer og behov for kjøling og solavskjerming er tilfredsstillende (VH Plan og bygning, 2015).

Bilde 13: Støykart (VH Plan og bygning, 2015).

3.1.4 Energi

Bygninger skal prosjekteres og utføres slik at det tilrettelegges for forsvarlig energibruk. Total netto energibehov for boligblokk skal ikke overstige 95 kWh/m^2 oppvarmet BRA per år (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

TEK 17 stiller følgende minimumskrav til energieffektivitet for boligblokk:

Energitiltak	**Boligblokk**
U-verdi yttervegg [W/(m^2 K)]	≤ 0,18
U-verdi tak [W/(m^2 K)]	≤ 0,13
U-verdi gulv [W/(m^2 K)]	≤ 0,10
U-verdi vinduer og dører [W/(m^2 K)]	≤ 0,80
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg (%)	≥ 80 %

Luftlekkasjetall per time ved 50 Pa trykkforskjell	≤ 0,6
Normalisert kuldebroverdi, der m^2 angis som oppvarmet BRA [W/(m^2 K)]	≤ 0,07

Tabell 5: Minimumskrav til energieffektivitet for boligblokk (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

I følge TEK17 §14-4 stilles det krav til løsninger for energiforsyning, og bygninger med over 1000 m^2 oppvarmet BRA skal ha energifleksible varmesystemer og det skal tilrettelegges for bruk av lavtemperatur varmeløsninger (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

3.1.5 Tekniske installasjoner

I boliger med mer enn tre etasjer, og som har boenhet, er det krav om heis. Den sikkerhetsmessige utformingen av heisen, herunder krav om tilgjengelighet, skal være i henhold til forskrift om omsetning og dokumentasjon av heiser og sikkerhetskomponenter i heiser. Heisen skal være tilpasset personer med funksjonsnedsettelse. Størrelsen på heisstolen skal dimensjoneres for forutsatt bruk, og minst en heisstol skal ha innvendig størrelse 1,1 x 2,1 m. Den frie bredden for døråpningen til en heis skal være minimum 0,9 m.
Boenheter i en bygning med krav om heis skal ha alle hovedfunksjoner på boenhetens inngangsplan og generelt oppfylle krav for tilgjengelig boenhet. Dette innebærer blant annet at boenheten skal være dimensjonert for rullestol på inngangsplanet, rom skal ha trinnfri adgang og snuareal for rullestol, rullestolbrukere skal kunne betjene nødvendige funksjoner og rom for varig opphold skal ha fri passasje på minst 0,9 m til dør og vindu utenfor møbleringssone. Boenheter skal ha minst ett bad og toalett med tilstrekkelig størrelse og planløsning med fri gulvplass til snuareal for rullestol foran toalettet. Minimum 0,9 m fri gulvplass på den ene siden av toalettet og minimum 0,2 m på den andre siden. Fri passasjebredde på minimum 0,9 m fram til fri plass ved siden av toalettet. Det skal være mulighet for trinnfri dusjsone, og med fri passasjebredde på minimum 0,9 m fram til dusjsone. Det skal være festemuligheter for ettermontering av utstyr i vegg i dusj- og toalettsonen. Utfyllende krav finnes i byggeteknisk forskrift (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

Krav til miljø og sikkerhet skal ivaretas, tekniske installasjoner skal gi de ytelsene som er forutsatt, installasjonene skal ha mulighet for regulering og skal være tilpasset energiøkonomis drift, skal ikke bidra til fare for brann og eksplosjon, varmebelastning på bygningsdeler skal ikke medføre fare for brann eller svekke bygningsdelers egenskaper,

installasjoner skal være sikret mot lekkasje og ha sikker og tilrettelagt adkomst for enkel og effektiv rengjøring og vedlikehold (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

3.1.6 Plan og bygningsloven

Plan og bygningsloven er sentral for all arealforvaltning og byggevirksomhet. Den gjelder for planlegging av arealbruk og for byggesaksbehandling over hele landet. Dagens lov er fra 2008. Lovens målsetting er å fremme bærekraftig utvikling, og planlegging etter loven skal bidra til å samordne statlige, regionale og kommunale oppgaver og gi vedtak om bruk og vern av ressurser. Loven er bygget opp i fem deler, og andre del er «Plandel med regler om statlig, regional og kommunal planlegging». I dette prosjektet er det hovedsakelig den delen vi må forholde oss til, gjennom kommunens arealplan som er utarbeidet i tråd med plan og bygningsloven (Regjeringen.no, 2018).

3.1.7 Kommuneplanens arealdel - Ålesund kommune

I Ålesund kommunes planbeskrivelse av kommuneplanenes arealdel 2016-2028 er det gitt mange krav og bestemmelser som vi må forholde oss til når vi skal utnytte tomten.

Temaplan 3: Fortettingsstrategi viser de ulike fortettingssonene i kommunen. Den legger opp til sterk og urban fortetting i bysentrum, Moa og i knutepunktene. I avgrensede områder rundt bydels- og nærsentrene, legges det også opp til fortetting, men med litt mindre utnyttelse. Området vi jobber med ligger ifølge planen på grensen mellom sone 2 *Boligfortetting i randsonene - bysentrum, Moa og knutepunkta Sjukehuset og Campus* og sone 3 *Boligområder langs kollektivaksen bysentrum - Moa og rundt bydels- og nærsentra.*
Vi kommer her ikke til å gjengi hele arealdelen av kommuneplanen, men vil henvise til de punktene som vi må forholde oss til i oppgaven (VH Plan og bygning, 2015).

3.1.7.1 Krav til lekeareal

Fortettingsstrategien legger press på grønne arealer og arealer til lek. I Ålesund kommunes bestemmelser og retningslinjer, vedlegg til kommuneplanens arealdel 2016-2028, er det i § 12 bestemmelser om krav til leikeareal for bolig. Et minimumsareal på 36 m^2 per boenhet skal settes av til leke- og oppholdsarealer, men i store prosjekter reduseres arealet til 16 m^2 fra den 51. boenheten. Alle boenheter skal, ikke medregnet privat uteareal, ha tilgang til nærlekeplass og en kvartalslekeplass eller et sentralt lekefelt i gangavstand fra boenheten. Minimums areal

for nærlekeplass er 200 m^2. Det er også stilt krav til at nye boliger må ta ansvar for å løse sin andel av behovet for leikeplass i området (VH Plan og bygning, 2015).

LEIKEPLASSTYPER		MAKS. GANGAVSTAND FRA BOENHETEN	MINIMUM STØRRELSE
1	**Nærleikeplass** *(min 1 per 25 boenheter)*	50 m	200 m^2
2a	**Liten kvartalsleikeplass** *(dimensjonert for opptil 50 boenheter)*	100 m	750 m^2
2b	**Mellomstor kvartalsleikeplass** *(dimensjonert for opptil 150 boenheter)*	150 m	1.500 m^2
2c	**Stor kvartalsleikeplass** *(dimensjonert for opptil 600 boenheter)*	500 m	2.500 m^2
3	**Sentralt leikefelt** *(opptil 1200 boenheter)*	500 m	6.000 m^2

Tabell 6: Krav til lekeplass (VH Plan og bygning, 2015).

Det stilles mange krav til arealet som skal benyttes til lekeareal. Det skal være godt egnet for fysisk aktivitet og som sosial møteplass for alle aldersgrupper, skal kunne brukes alle årstider, være skjermet mot trafikk og forurensning, ha lun og solrik beliggenhet og ha god tilgjengelighet for myke trafikanter. Areal smalere enn 10 m eller brattere enn 1:3 regnes ikke som lekeareal, og minst 50 % av lekeplassen bør være flatest mulig. I tillegg skal arealet opparbeides med lekeapparater, parkmessige installasjoner og beplantning, men dersom det naturlige terrenget trær og annen vegetasjon i seg selv gir gode lekeareal bør dette primært beholdes. Det er også gitt mer spesifikke krav for de ulike typene lekeplass, gitt i tabellen på neste side (VH Plan og bygning, 2015).

Funksjons- og innholdskrav for de ulike leikeplasstypene framgår av tabellen nedenfor:

LEIKEPLASSTYPER	INNHOLDSKRAV
Nærleikeplass (min. størrelse på 200 m²)	Området skal ha minimum sandkasse på 10 m² på en solrik, lun plass og 3 ulike typer utstyr/leikeapparater beregnet på aldersgruppe 1-6 år (f.eks. klatrestativ, huske, sklie, balansestokk, vippehusker). I tillegg skal område ha benk, bord og fast dekke (f.eks. grus stein, asfalt og lignende) på minimum 1,6 x 1,6 m.
Kvartalsleikeplass	Alle typer kvartalsleikeplasser skal ha områder for aktivitet og leik samt sitteplass/møteplass. Plass og utstyr skal være tilpasset barn i aldersgruppen 6-12 år. Minimum ett av leikeelementene skal være et større, leikeapparat med flere leikefunksjoner. Utstyr/leikeapparater kan erstattes med stedlige landskapselementer som har kvaliteter med tanke på leik og aktivitet (f.eks. klatreskog, akebakke o.l.). Liten kvartalsleikeplass (min. størrelse på 750 m²): Området skal ha minimum 5 ulike typer utstyr/leikeapparater (f.eks. sandkasse, klatrestativ, skateboardramper, klatrevegg eller andre klatrekonstuksjoner, bordtennisbord m.m.), herunder ett større leikeapparat. Ett apparat kan erstattes med ett landskapselement.
	Mellomstor kvartalsleikeplass (min. størrelse på 1.500 m²): Området skal ha minimum 8 ulike typer utstyr/leikeapparater (f.eks. sandkasse, balløkke, klatrestativ, skateboardramper, klatrevegg eller andre klatrekonstuksjoner, bordtennisbord m.m.), herunder 2 større leikeapparater. 2 apparater kan erstattes med 2 landskaps-elementer. Stor kvartalsleikeplass (min. størrelse på 2.500 m²): Området skal dekke behov for plasskrevende aktiviteter som gjerne appellerer også til ungdom over 12 år (f.eks. treningsapparater). Området skal ha minimum 8 ulike leikeaktiviteter (f.eks. hinderløype, sykkelløype, klatreområder, skatepark, skøytebane, badebrygge m.m.), herunder 2 større leikeapparater, samt ballfelt på minimum 1.000 m². 2 leikeapparater kan erstattes med 2 stedlige landskapselementer. Arealet bør inneholde grillmuligheter for ungdom og voksne. Det skal være mulighet for anlegg av toaletter og leskur.
Sentralt leikefelt (min. størrelse på 6.000 m²)	Store, kombinerte møteplasser, leike- og aktivitetsområder i kommunale friområder eller skolegård, for hele nærmiljøet. Leikefeltet skal dekke både voksne, barn og unge sitt behov for aktivitet og rekreasjon. Leikefelt skal ligge lett tilgjengelig for hele området. I det sentrale leikefeltet kan det også innpasses ballfelt og kvartalsleikeplass, og det skal være mulighet for anlegg av toaletter og leskur.

Tabell 7: Beskrivelse av lekeplasser (VH Plan og bygning, 2015).

3.1.7.2 Parkeringsstrategi

For å unngå uønsket parkering på offentlig areal, er det minimumskrav til parkering for bolig. Minimumskravet er noe redusert i forhold til tidligere, men utbygger kan foreslå å legge til rette for flere parkeringsplasser enn minimumskravet dersom arealet tillater det. All parkering kan legges til parkeringskjeller dersom det er ønskelig (VH Plan og bygning, 2015).

	BYSENTRUM, MOA OG KNUTEPUNKTENE	FORTETTINGSOMRÅDER	ØVRIGE OMRÅDER
PARKERINGSPLASSER			
Hybler/ettromsleiligheter < 40 m2	Maks 1	Min 0,25	Min 1,0
Frittliggende småhus	Min 1, Maks 2	Min 1,25	Min 2,0
Konsentrert småhusbebyggelse	Min 1, Maks 2	Min 1,25	Min 2,0
Blokkbebyggelse 1-3 roms leiligheter	Min 1, maks 1,5	Min 1,0	Min 1,5
Blokkbebyggelse 4 roms og større leiligheter	Min 1, Maks 2	Min 1,25	Min 2,0
Kontor og forretning	Maks 1 per 150 m^2	Min 1 per. 150 m^2	Min 1 per 100 m^2
Industri og lager	Maks 1 per 200 m^2	Min 1 per 100 m^2	Min 1 per 100 m^2
Barnehager	5 per barnehage	Min 5 per 20 barn	Min 5 per 20 barn

Tabell 8: Krav til parkering (VH Plan og bygning, 2015).

SYKKELPARKERING			
	BYSENTRUM, MOA OG KNUTEPUNKTENE	**FORTETTINGSOMRÅDER**	**ØVRIGE OMRÅDER**
Per boenhet	Min 2		
Kontor og forretning	1 per 150 m^2		
Barnehager	5 per barnehage		
Skole	Min 20 per 100 barn		

Tabell 9: Krav til sykkelparkering (VH Plan og bygning, 2015).

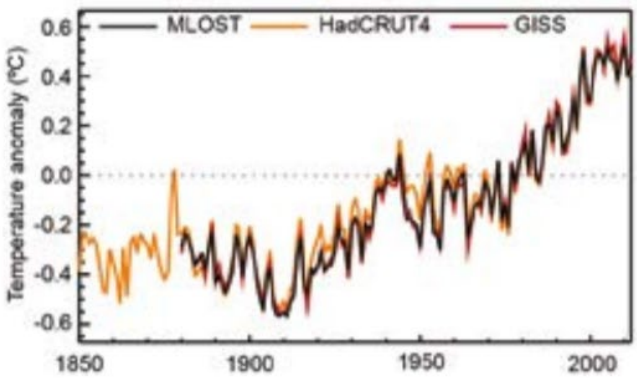
3.1.8 Viktige utfordringer for vann, avløp og overvannshåndtering

Forventet klimaendring kombinert med at de fleste nye fortettingsprosjekter medfører mer tette flater, gir store utfordringer for kapasitet på overvannsystemet. Derfor må krav til overvannshåndtering forankres i overordnede planer, og som hovedregel skal det stilles krav til utarbeidelse av en VA-rammeplan i forbindelse med alle reguleringsplaner. Denne skal utrede ulike problemstillinger knyttet til overvanns- og avløpshåndtering, vannforsyning, og skissere prinsipper for mulige løsninger. Det kan være nødvendig å innføre krav til tiltak som reduserer volum og/eller toppavrenningen av overvann ut av et område, før overvannet

videreføres til nedenforliggende overvannssystem. Sikre flomveier må etableres, og det skal vurderes bruk av fordrøyningsbasseng (VH Plan og bygning, 2015).

3.2 Klimaendringer og global oppvarming

Klimaet har alltid vært varierende, fordi det påvirkes av innstrålingen fra solen, refleksjonen av solstråling til verdensrommet, utstråling fra jorden og atmosfæren. Menneskelig virksomhet, for eksempel ved avskoging og jordbruk, som påvirker refleksjonen av solen, har påvirket disse energiutvekslingene på lokal og regional skala gjennom mange århundrer. De siste 100-150 år har menneskelig påvirkning også blitt merkbar på global skala. Oppvarming som følge av utslipp av klimagasser er den mest dominerende globale effekten som er menneskepåvirket. CO_2 utslipp utgjør omtrent halvparten av disse klimagassene. Økt konsentrasjon av disse gassene i atmosfæren fører til redusert netto energiutstråling fra de nedre og midtre lag i atmosfæren, og derfor oppvarming i disse lagene. Oppvarming i disse lagene fører igjen til økt utstråling, og det kan oppstå en ny stålingsbalanse (Hanssen-Bauer, et al., 2015).



Figur 1.2.1 Global årsmiddeltemperatur i perioden 1850-2012 gitt som avvik fra perioden 1961-1990 fra tre forskjellige datasett (HadCRUT4, GISS and NCDC MLOST). Figur 2.20 fra [2].

Bilde 14: Global årsmiddeltemperatur i perioden 1850-2012 (Hanssen-Bauer, et al., 2015)

Figuren over viser betydelige variasjoner i temperaturen fra år til år. Variasjonene skyldes blant annet variasjoner i energiutvekslingen mellom hav og atmosfære, og kan være langt større regionalt enn globalt. Man ser likevel en klar økning i globaltemperaturen som tilsvarer en oppvarming på +0,85 °C. Hvor stor del av oppvarmingen som skyldes menneskelig aktivitet er uvisst, men på bakgrunn av modellberegninger slår klimapanelet fast at klimagassutslippene fra menneskelig aktivitet svært sannsynlig er hovedårsaken til den observerte oppvarmingen fra 1950 og fram til i dag.

Størrelsen på den menneskeskapte globale oppvarmingen videre framover avhenger av følsomheten i klimasystemet, men også om, og hvor mye, vi klarer å redusere utslippene av drivhusgasser. Med middels klimafølsomhet beregnes en global temperaturøkning på 4,5 °C fra perioden 1850-1900 frem mot år 2100 dersom utslippene fortsetter å øke i samme takt som de har gjort de siste tiårene. Det antas at de globale utslippene må kuttes med ca. 50% fram mot 2040, og deretter kuttes videre til de blir svakt negative fram mot slutten av århundret, hvis man skal klare å begrense den globale oppvarmingen til under 2,0 °C (Hanssen-Bauer, et al., 2015). Det er også viktig at vi begynner å redusere utslippene av klimagasser nå. Dersom vi venter i 20 år, er det sannsynlig at vi må redusere utslippene mellom 3-7 ganger for å oppnå samme effekt (Berge, 2000). De 20 årene det blir referert til i boken er allerede gått, men har det skjedd en reduksjon i utslippene i løpet av disse årene?
Ifølge Energi og Klima hadde Norge i år 2000 et utslipp av klimagasser på 54,8 millioner tonn i CO_2 ekvivalenter, inkludert alle klimagasser. I 2017 var dette tallet 52,7 millioner tonn. Vi har altså ikke sett en spesielt stor reduksjon i utslippene her i Norge. Til sammenligning har Sverige kuttet utslippene med omtrent 26 % siden 1990, mens det i Norge har økt med 3 % (Klimavakten, u.d.).

I Norge har gjennomsnittstemperaturen stort sett vært høyere enn normalen (1961-1999) de siste årene, med unntak av 2010 som var et av de kaldeste årene siden 1990. Høyeste gjennomsnittstemperatur som er målt hadde vi i 2014, da var temperaturen 2,2 °C over normalen. I 2017 var temperaturen 1,1 °C over normalen. Det forventes at temperaturen på Norges fastland vil øke med 2,3 til 4,6 °C innen 2100. Den største temperaturøkningen forventes generelt i vinterhalvåret og i Nord-Norge. Økt temperatur vil gi mer nedbør, særlig om vinteren. Det er forventet en økning i nedbøren på ca. 18%, og vi vil oppleve hyppigere og kraftigere styrtregnepisoder. Dette vil også medføre at regnflommer vil bli hyppigere og større (Miljødirektoratet, 2019).

Norge har et godt utgangspunkt for å tilpasse seg klimaendringer sammenlignet med andre deler av verden, men vi må likevel forberede oss på at klimaendringer vil påvirke store deler av samfunnet. Hensynet til klimaendringer må inn i alle beslutningsprosesser og planleggingsprosesser på alle nivåer. Selv om myndighetene har et ansvar for både tilpasning og tilrettelegging, må også kommuner, næringsliv og organisasjoner ta ansvar for å gjennomføre tilpasningstiltak. I arbeidet med klimatilpasning har kommunene en spesielt viktig rolle, og arealplanlegging gjennom plan- og bygningsloven er deres viktigste verktøy.

Fra 2008 til 2014 deltok de 13 største byene i et samarbeid med statlige myndigheter om å skape Framtidens byer. Viktig i arbeidet var å integrere klimatilpasning i planlegging. Flere av byene er også i gang med å kartlegge sårbare områder, og jobber med problemer som overvannshåndtering, flom, skred og havnivåstigning (Miljødirektoratet, 2019).

3.3 Overvann

Store deler av vannet fra regn og vann fra snøsmelting infiltreres til grunnen, men det som ikke infiltreres renner bort på overflaten og kalles overvann.

For å sikre god infiltrasjon av regnvann og smeltevann, spiller vegetasjonen i området og en naturlig permeabel grunn en stor rolle. Ved urbanisering og fortetting øker andelen tette flater og den naturlige infiltrasjonen, absorpsjonen, fordrøyningen og fordamping av regnvann reduseres kraftig. Ofte forsvinner også naturlige flomveger. Dette fører til en betydelig økning i overflatevann, og stiller større krav til planlegging og håndtering av overvann. En god og helhetlig overvannshåndtering er viktig av flere årsaker, og det kan blant annet nevnes:

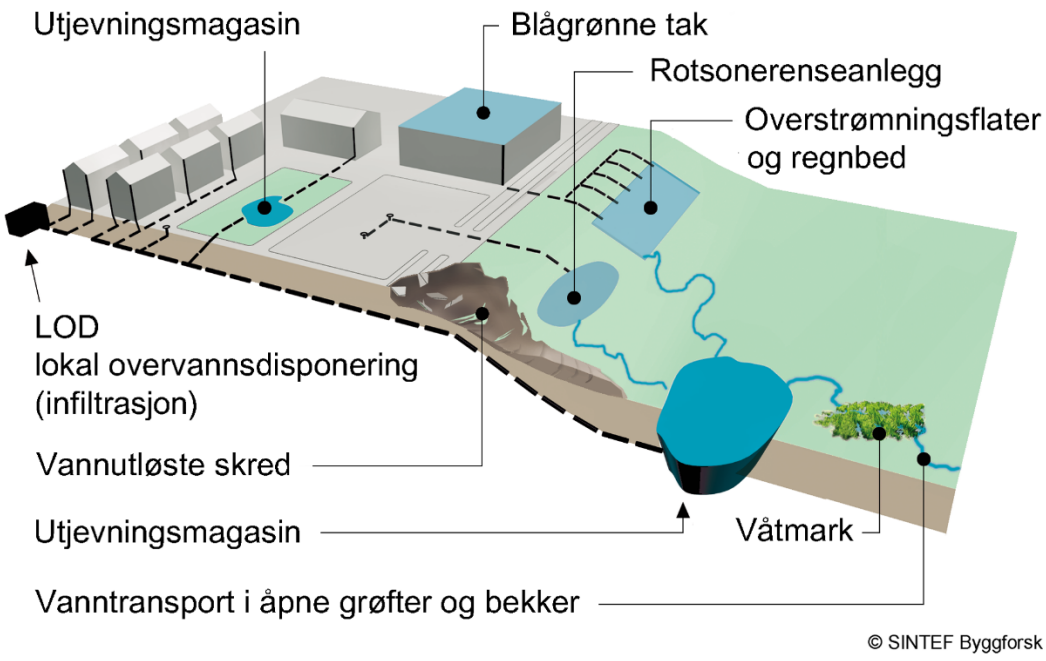
- Sikkerhet for innbyggere
- Sikre best mulig vannkvalitet for overvann
- Unngå flom og dermed skade på bygninger
- Redusere overløpsdrift fra avløpssystem
- Ivareta vegetasjon i urbane områder
- Ved utbygging av nye områder skal en sikre god bruk av vannveger

Målet er å sikre overvannsløsninger som ivaretar hensyn til miljø, sikkerhet og estetikk. Arbeidet og planleggingen av overvannshåndtering involverer og krever samarbeid mellom mange ulike parter, herunder kommune, utbygger, planlegger og entreprenør (Ødegaard (red.), 2014) (Sture, 2015).

3.3.1 Nye strategier for overvannshåndtering

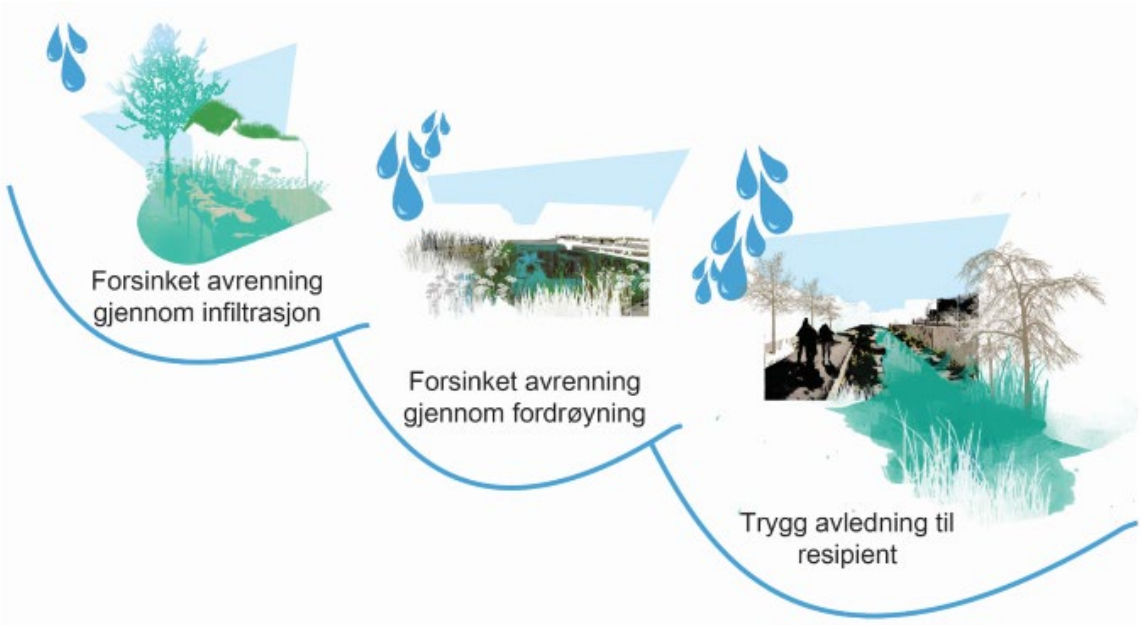
Som tidligere nevnt regner det stadig mer, og det er i fremtiden på grunn av klimaforandringer forventet enda mer nedbør og perioder med økt styrtregn. Den konvensjonelle metoden for overvannshåndtering hvor overvannet ledes raskt bort via et ledningssystem vil ikke lenger klare å holde tritt med nedbørsmengden, da ledningsnettet ikke har kapasitet til å ta unna de

økte mengdene. Vi må derfor begynne å tenke på nye blå-grønne lokale metoder for å løse problemene knyttet til overvannshåndtering. Med blågrønn lokal overvannshåndtering menes bruk av grønne flater med innslag av vann. Dette kan være grønne tak, regnbed, åpne vannveger ol. (Thorolfsson, 2015) (Sture, 2015).



Bilde 15: Blågrønn overvannshåndtering (SINTEF, 2016).

For å håndtere overvann har man innført en treleddet strategi. Dette er infiltrasjon, fordrøyning og avledning. Hensikten er at belastningen på ledningsnettet skal reduseres ved å etterligne naturens hydrologiske kretsløp (Thorolfsson, 2015).



Bilde 16: Treleddstrategi for overvannshåndtering (Lindemann, Ingunn; Miljødirektoratet, 2017).

3.3.1.1 Grønne tak

Grønne tak er et tiltak for bærekraftig overvannshåndtering i urbane strøk, og kan benyttes i småskala og i større anlegg. En stor fordel ved bruk at grønne tak, er at man bruker store arealer som vanligvis utgjør ca. 50 % av impermeable flater i urbane områder, til lokal overvannshåndtering. Hensikten er at nedbør mindre enn 20 mm skal infiltreres, samt at nedbør mellom 20-40 mm skal forsinkes og fordrøyes (Sture, 2015) (Sture, 2015).

Grønne tak skal redusere total avrenning og minske avrenningsintensiviteten ved å fordrøye overvann. Dette skjer blant annet ved evapotranspirasjon og ved at man reintroduserer den naturlige infiltrasjonen som skjer ved en permeabel overflate. Hvor mye vann som fordrøyes varierer ut fra konstruksjonsmessige forhold som takvinkel, og lokale forhold som nedbørsmengde, temperatur og antall soltimer, men man regner med at et grønt tak kan holde tilbake mellom 50-80 % av nedbøren gjennom et år (Roehr & Fassman-Beck, 2015).

Ved svært små nedbørsmengder kan et grønt tak forhindre avrenning totalt ved at regnvannet absorberes av jordsmonnet for så å fordampe. Hvor mye nedbør som skal til før det vil oppstå avrenning, avhenger av hvor fuktig underlaget er og hvor mye av vannet som er tilgjengelig for bruk av planter, gress og eventuelle trær. I en regnfull periode hvor underlaget ikke tørker

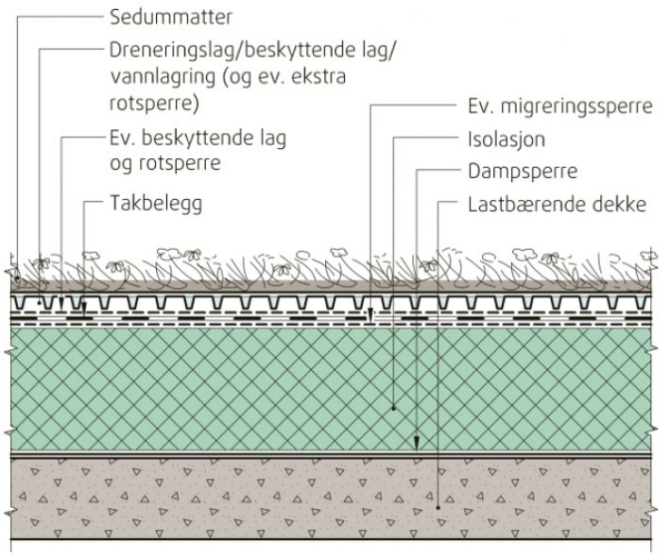
opp mellom hvert regnfall, vil kapasiteten til retensjon være lavere enn etter en periode med lengre tids opphold og sol (Roehr & Fassman-Beck, 2015).

For de fleste grønne tak, er retensjonsevnen mindre enn metningsnivået. Grønne tak bør bygges opp slik at det er umulig å oppnå fullstendig metning i jordsmonnet for å unngå for stor belastning på taket, erosjonsskader og drukning av vegetasjonen. Dette gjøres ved å legge et drenerende lag under jordsmonnet (Roehr & Fassman-Beck, 2015). Ved intensiv nedbør vil imidlertid et grønt tak kunne holde tilbake større mengder vann enn metningskapasiteten. Dette kalles sekundærkapasitet og inntreffer fordi mengden nedbør som tilføres er større enn mengden vann som kan dreneres fra vekstmediet i løpet av samme tid (Noreng, et al., 2012).

Grønne tak kan i hovedsak deles inn i 3 hovedgrupper som igjen har flere undergrupper. De tre hovedgruppene er ekstensive, semi-intensive og intensive grønne tak (Noreng, et al., 2012).

Ekstensive grønne tak kan deles inn i flere undergrupper, hvor du har rene sedumtak og en blanding mellom sedum, urter og gress. Dette er lette tak som tåler begrenset gangtrafikk i forbindelse med vedlikehold. Skal taket benyttes også til opphold/rekreasjon, må det anlegges egne gangstier. Begge disse typene kan legges ut som ferdige matter, eller ved at vekstmediet legges ut på taket og tilsåes der. Avhengig av klima og fall på taket, vil det være behov for varierende oppbygging med drenerende og/eller fuktbevarende sjikt. For flate tak vil det i hovedsak benyttes drenerende sjikt (Noreng, et al., 2012).

Sedumtak har en byggehøyde på 50-250 mm, og veier 35-40 kg/m^2 i tørr tilstand. I vannmettet tilstand har det en vekt på 50 kg/m^2.



Bilde 17: Flatt ekstensivt grønt tak (Noreng, et al., 2012).

Sjikt	Eksempel på materialer	Eksempel på tykkelse (mm)	Flate tak	Skrå tak	Vått klima	Tørt klima
Plantedekke	Ulike sedumarter i bergknappfamilen	50 - 300	v	v	v	v
Vekstmedium	Masser fra lava, teglstein, finpukk e.l. og organisk materiale (≤ 20 %)	30	v	v	v	v
Geonett	Flere typer geonett er tilgjengelig, f.eks. stormasket nett av polypropylen			v		
Drenerende sjikt [1)]	Knasteplate med pålimt fiberduk Andre drenerende lag	10-15 5-40	v		v	
Vannlagrende sjikt [1)]	Knasteplate eller en litt tykk filt	10	v			v
Beskyttende sjikt [1)]	Knasteplate eller en litt tykk filt	10	(v)	(v)	(v)	(v)
Ekstra rotsperre	Rullprodukt av plast eller gummi	0,4-1,0	(v)	(v)	(v)	(v)
Takmembran	Takbelegg av asfalt, plast eller gummi	1,5-7,9	v	v	v	v
Isolasjon	Trykkfast isolasjon av mineralull eller EPS/XPS med trykkfasthet minst klasse CS(10)60	250-350	v	v	v	v
Dampsperre	PE-foli	0,2	v	v	v	v
Bærekonstruk-sjon	Betong, betongelementer, stålplater eller trekonstruksjoner	100-200	v	v	v	v

[1)] Materialsjiktene knasteplate med eller uten pålimt fiberduk og/eller tykk filt kan betjene flere av funksjonene drenering, vannlagring/fuktbevaring samt beskyttelse/rotsperre litt avhengig av utforming.
V: Sjiktet vil normalt bli benyttet.
(v) Benyttelse av sjiktet avhenger av bruksområde og utforming.

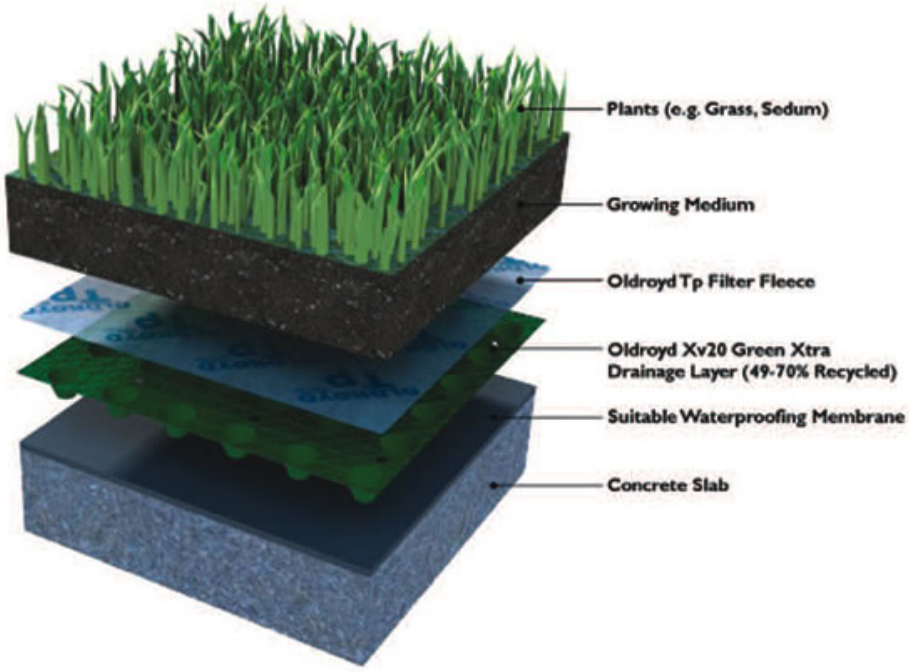
Tabell 10: Oppbygging av ekstensivt tak (Noreng, et al., 2012).

Ekstensive tak med sedum, urter og gress er også lette, lavtbyggende tak som kan brukes på både flate og skrånede tak. De har en vekt på 130 kg/m^2 i vannmettet tilstand og har en byggehøyde på ca. 120 mm (Noreng, et al., 2012).

Sjikt	Eksempel på materialer	Eksempel på tykkelse (mm)
Plantedekke	Ferdige vegetasjonsmatter	50
Vekstmedium	Vekstjord iblandet lette masser	30-50
Vannlagrende sjikt	Filt Mineralull	2-5 30-50
Drenerende sjikt	Knasteplate med pålimt fiberduk	10-15
Ekstra rotsperre	Rullprodukt av plast eller gummi	0,4-1,0
Takmembran	Takbelegg av asfalt, plast eller gummi	1,5-7,9

Tabell 11: Sjiktoppbygging av sedumstak (Noreng, et al., 2012).

Semi-intensive tak er en mellomting mellom ekstensive og intensive tak. Dette brukes på bygninger med flate tak, og er mer krevende i form av vedlikehold. Disse takene har en byggehøyde på 130-230 mm over membranen og kan veie fra 120-200 kg/m^2 i vannmettet tilstand. Denne typen grønt tak kan utformes slik at de egner seg til bruk av mennesker (Noreng, et al., 2012).

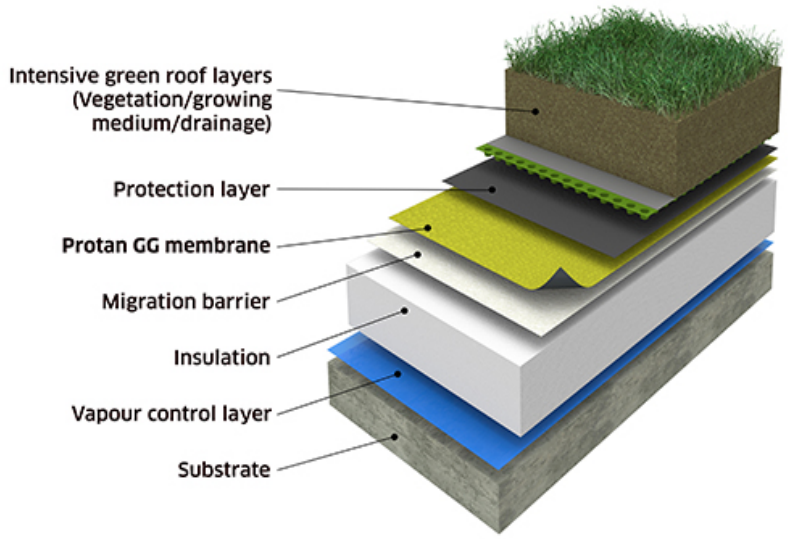


Bilde 18: Semi-intensivt tak (Building Design, u.d.).

Sjikt	Eksempel på materialer	Eksempel på tykkelse
Plantedekke	Gressplen, trær, busker, stauder	-
Vekstmedium	Vekstjord iblandet lette masser	120-250 mm
Drenerende, vannlagrende og beskyttende sjikt	Knasteplate ev. i kombinasjon med fiberduk og/eller en litt tykk filt.	10-15 mm
Ekstra rotsperre	Rullprodukt av plast eller gummi	0,4-1,0 mm
Takmembran	Takbelegg av asfalt, plast eller gummi	1,5-7,9 mm
Isolasjon	Trykkfast isolasjon av mineralull eller EPS/XPS med trykkfasthet minst klasse CS(10)60.	250-350 mm
Dampsperre	PE-folie, lagt direkte på bærekonstruksjonen	0,2 mm
Bærekonstruksjon	Betong eller betongelementer	Ca. 200 mm

Tabell 12: Sjikt for semi-intensivt tak (Noreng, et al., 2012).

Intensive tak er tunge flate tak som er beregnet for menneskelig ferdsel og opphold. Typisk vekstlagstykkelse er mellom 150-400 mm, men dette varierer ut fra hvilket behov det er for den ulike beplantningen. Dette kan være alt fra torv, gress, busker og trær. Vekten på et intensivt grønt tak kan variere mellom 200-1000 kg/m^2 i vannmettet tilstand, og taket må derfor dimensjoneres spesielt for dette formålet. Det bør derfor utarbeides gode arbeidstegninger som viser plassering og ulik vekstlagstykkelse slik at det er mulig for ingeniøren å dimensjonere bærekonstruksjonen (Noreng, et al., 2012).



Bilde 19: Intensivt grønt tak (PROTAN, u.d.).

Sjikt	Eksempel på materialer	Eksempel på tykkelse
Plantedekke	Gressplen, trær, busker, stauder og sommerblomster	-
Vekstmedium	Vekstjord iblandet lette masser	150-400 mm
Drenerende, vannlagrende og beskyttende sjikt	Knasteplate ev. i kombinasjon med fiberduk og/eller en litt tykk filt.	10-15 mm
Ekstra rotsperre	Membran av asfalt, plast eller gummi	0,4-1,0 mm
Takmembran	Takbelegg av asfalt, plast eller gummi	1,5-7,9 mm
Isolasjon	Trykkfast isolasjon av mineralull eller EPS/XPS med trykkfasthet minst klasse CS(10)80.	250-350 mm
Dampsperre	PE-folie	0,2 mm
Bærekonstruksjon	Betong eller betongelementer	250-300 mm

Tabell 13: Sjiktoppbygging intensivt tak (Noreng, et al., 2012).

Et sentralt aspekt ved grønne tak er et intakt og frodig dekke. Det er ikke bare på grunn av det estetiske, men også på grunn av nytteverdien. Gjennom fotosyntesen omdanner planter CO_2 og vann til O_2 og glukose. Grønne tak kan binde mellom 0,5-1,3 kg CO_2 per m^2 årlig. Plantedeler oppholder også regnvann før det eventuelt fordamper eller går videre ned i vekstmediet. Vi kan dermed si at plantedeler oppholder og forbruker vann, og dess større overflateareal en har med plantedeler, dess større blir effekten (Noreng, et al., 2012).

For at det grønne taket skal holde seg intakt og fungere optimalt, er det viktig å vurdere ulike forhold som kan påvirke dette. Det kan være lokale forhold som klima med vind, nedbørsmengde, kuldeperioder og tørke, konstruksjonsmessige valg som takvinkel samt valg av tykkelse og sammensetning på vekstmediet og valg av vegetasjon mm. Dette vil vi se nærmere på i drøftingsdelen av oppgaven (Noreng, et al., 2012).

Grønne tak er ikke bare fordelaktig med tanke på overvannshåndtering, de har vist seg og også ha flere andre positive effekter. Det kan fungere som en oppholdsplass, i varmere klima vil det ha en kjølende effekt på bygningen, mens i kaldere klima vil det forhindre varmetap og dermed redusere energiforbruket til oppvarming/kjøling. Det vil også virke støydempende, brannhemmende og bidra til økt biologisk mangfold lokalt (Roehr & Fassman-Beck, 2015). En annen fordel med intensive og semi-intensive tak, er at de har god motstand mot gnister og varmespredning dersom de blir vedlikeholdt med vanning og fjerning av visne plantedeler. Blir taket vedlikeholdt på denne måten, har det god motstand mot brann, og medfører at

takbelegget som brukes under ikke trenger brannteknisk klassifisering fordi tykkelsen på vekstmediet i denne typen grønne tak oppfyller kravet på 500 mm overdekning av takbelegg og takkonstruksjon. I tilfeller hvor vekstmediet ikke er av slik tykkelse eller ustrakt over hele takflaten må taket oppfylle de branntekniske kravene B_{ROOF} (t2) (Noreng, et al., 2012).

3.3.1.2 Regnbed

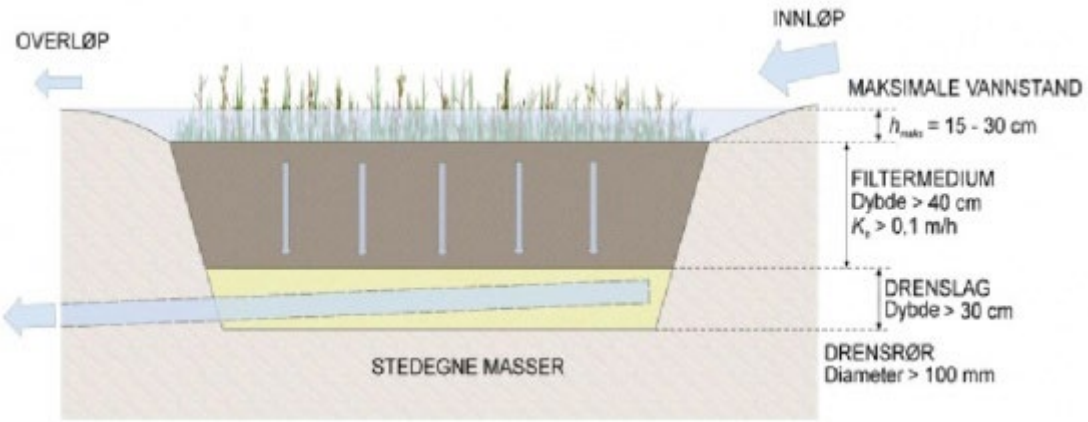
Regnbed er et annet tiltak for blågrønn lokal overvannshåndtering, og ser ut som en beplantet forsenking i terrenget. I tillegg til at det har en funksjon ved å hindre skadelig oversvømmelse, har regnbed en estetisk kvalitet og bidrar til grønne flater i et ellers urbant miljø. Et regnbed kan være utformet som et tradisjonelt grøntanlegg med stort behov for vedlikehold, eller mer naturlig vegetasjon som minimerer vedlikeholdet. Uavhengig av hvilken utforming man velger, er det noen faktorer som er viktige å tenke på (Braskerud & Paus, 2016).

Det første man bør kartlegge er vannveier for å finne egnet plassering. I tillegg må man ha stor nok avstand fra bygninger slik at man unngår at vann havner i kjellere. Det neste man må tenke på er nedbørsfeltets areal, dimensjonerende nedbørsmengde og avrenningskoeffisient. Dette blir utslagsgivende for størrelsen på regnbedet, da et regnbed kun håndterer begrensede overvannsmengder. Avhengig av hvor mye av regnvannet man ønsker å fordrøye, vil arealet på regnbedet utgjøre mellom 3-7 % av nedbørsfeltet. Det er også viktig å tenke på hvor man skal lede overskytende vannmengder (Braskerud & Paus, 2016).

Man må også vurdere massene lokalt. Har de tilstrekkelig infiltrasjonskapasitet, eller må man benytte filter og drenering. Leirholdig jord er dårlig egnet og må byttes ut, mens sandig jord med litt matjord er godt egnet som filtermedium for plantevekst. For å utnytte volumet i drenslag og filtermediet ved styrtregn, kan man vurdere å la enden av drensrøret stikke opp over regnbed overflaten. Ved styrtregn vil overflatevolumet fylles raskt opp, men før overløp tar drensrøret unna vann og fører det ned i filtermediet (Braskerud & Paus, 2016).

Bruk av regnbed er ikke utbredt i Norge enda, men det er anlagt fire regnbed for forskning og utvikling. Her er det vist gjennom tester med simulert styrtregn at regnbed med 7 % størrelse av nedbørsfeltet tar unna vannmengdene tilfredsstillende. Et regnbed viste under testen at det håndterte 100 % av 27mm i løpet av 30 minutter og 77 % av 16mm i løpet av 10 minutter. Dette viser at virkningsgraden er best ved langvarig regn dersom det er sammen

gjentaksintervall på nedbøren. Forklaringen på dette er at en større andel av vannet blir infiltrert. Dersom man har kort og intenst regn eller ved kompakt frost, er regnbedets evne til å håndtere overvann begrenset av volumet på overflaten av regnbedet. Det er dermed nødvendig med et filtermedium med god infiltrasjonsevne for å sikre god drenering (Braskerud & Paus, 2016).



Bilde 20: Oppbygning regnbed (Braskerud & Paus, 2016).

3.4 Energi og varmekilder

Enovas energistatistikk viser blant annet at nye yrkesbygg er mindre energieffektive enn gamle, og at den relative energibruken er større i kontorbygninger bygget i 1997 enn i kontorbygninger bygget før 1931. Det kan tenkes å være flere årsaker til at energieffektivitet ikke realiseres:

- Etterspørselen etter energieffektivitet er mangelfull. Kortsiktige og trivielle økonomiske argumenter for å bygge billigst mulig ved nybygging er ikke optimalt med hensyn til miljø, og heller ikke med hensyn til økonomi.
- Passiv offentlig regulering. Knyttet til det offentliges sterke posisjon som byggherre prefereres informasjon og økonomiske insentiver fremfor skjerpede byggeforskrifter og andre direkte inngrep.
- Kulturen i byggebransjen er konservativ. Tilsynelatende uforanderlige praksiser når det gjelder økonomiske kalkyler, kontraktsforhold, preferanse for billige råd, lav innovasjonsaktivitet, arkitektenes ensporethet og den generelle neglisjeringen av livet i bygningene etter at de er satt opp preger bransjen.

Politikken for energieffektivisering som utviklet seg i kjølvannet av oljekrisen i 1973 bygde på et prinsipp om at utfordringen var bedre lønnsomhet, det var ikke noe poeng i å spare energi. Energiøkonomisering – ENØK ble det norske ordet for energieffektivitet, hvor målet var å bidra til en økonomisk optimal bruk av energi. ENØK har i byggebransjen i hovedsak blitt forstått som den form for energieffektivisering som lar seg realisere innenfor en gitt kostnadsramme, hvor hovedfokus er på byggekostnadene som normalt skal være lavest mulig. Minimumsgrenser for energieffektivitet er gitt i form av tekniske krav til isolasjon og lignende i byggeforskriftene. I praksis blir disse ofte brukt som maksimumsgrenser, og det oppfattes som unødvendig å ha en høyere energistandard enn det som foreskrives. Mangel på kunnskap om fremtidige gevinster, også i form av kvaliteten på innemiljøet, av energieffektiviseringstiltak er en utfordring. Økonomisk optimalisering blir i praksis forstått som kostnadsminimering, uten at forholdet mellom kostnader og fremtidige gevinster blir vurdert.

Forskningsmiljøet ved NTNU og SINTEF i Trondheim har utført det femårige forskningsprogrammet «Smarte effektive bygninger», hvor hovedmålet har vært å utvikle ny kunnskap (Andresen, 2007). Smart prosjektering av energieffektive bygg er basert på prinsippet som kalles Tria Energetica, (Lysen, 1996). Dette går ut på at man først reduserer energibehovet så mye som mulig, for deretter å sørge for en renest mulig energiforsyning:

1. Begrens behovet for energi så mye som mulig ved utnyttelse av passive strategier
2. Bruk mest mulig fornybar energi til å dekke resterende energibehov
3. Dersom det allikevel er behov for bruk av fossile brensler, finn de prosessene og brenslene som forurenser minst mulig

Det bør settes opp et overordnet krav for energibruk for hele bygget, som bør referere til et referansenivå som representerer et gjennomsnitt for den type bygg som planlegges. For eksempel kan målsetningen være at energibruken skal være 50% lavere enn for et tilsvarende bygg i samme område. Eventuelt kan man velge å stille krav til at bygget skal tilfredsstille energiklasse A i henhold til den nye energimerkeordningen. På denne måten har man indirekte stilt krav til både energiforsyning og energibruk.
Det overordnede miljømålet bør detaljeres til mer målbare og operasjonaliserte krav. For energibruken bør det settes opp et energibudsjett fordelt på de ulike energibrukspostene. Ofte vil man oppdage at et eller flere av målene er motstridende, og at det ikke er mulig å oppnå

høyeste målsetting for alle målene. Det må da foretas avveininger eller prioriteringer mellom de ulike målene.

Passiv oppvarming:

1. Reduserer varmetap (isolering, tetting, bygningsutforming, romorganisering, varmegjenvinning)
2. Moduler varmen (termisk lagring)
3. Utnytt naturlige varmekilder

Passiv kjøling:

1. Reduser varmetilskudd (klimatilpasset bygningsutforming, solkontroll, romorganisering, internlastkontroll)
2. Moduler varmeoverskuddet (termisk lagring)
3. Utnytt naturlige varmebrønner (ventilasjon, geotermisk, fordamping, stråling)

Behovet for energi:

Riktig plassering og orientering av bygningen, en godt isolert og tett bygningskropp, og riktig mengde, type og plassering av vinduer gjør at oppvarmings-, kjøle- og ventilasjonsbehovet reduseres samtidig som man sørger for et optimalt innemiljø.

Utnyttelse av dagslys forbedrer lyskvaliteten samtidig som det reduserer kjølebehovet. En godt isolert bygningskropp reduserer uønsket varmetap og/eller tilskudd og gir bedre innemiljø. Til sammen vil de passive tiltakene resultere i en reduksjon i størrelse og kapasitet på tekniske installasjoner (Andresen, 2007).

3.4.1 Solenergi

Solenergi kan i fremtiden bli den viktigste fornybare energikilden, og man ser en sterk vekst i bruk av solenergi på verdensbasis. Solenergi er en gratis, og i tillegg miljø- og klimavennlig energikilde som kan høstes og benyttes lokalt. Også i Norge er ressursgrunnlaget mer enn godt nok til at det er fornuftig å bygge solenergianlegg, med en solinnstråling på en horisontal flate på 700-1000 kWh/m^2 per år. Et nytt bygg som følger kravene i TEK 17 har til sammenligning et energibehov på 95-225 kWh/oppvarmet bruksareal per år. Et normalt skyggefritt norsk bygg mottar altså langt mer energi fra solinnstråling enn det bruker på et helt år (Edvardsen & Ramstad, 2017).

Det finnes flere metoder for å utnytte solenergi til oppvarming. Den enkleste er å plassere store vindusareal på sørsiden av bygget. Transparente materialer som glass slipper inn kortbølget solstråling, men hindrer langbølget varmestråling fra å slippe ut. Solenergien treffer overflater inne i rommet og blir absorbert i materialene. Materialene avgir i neste omgang langbølget varmestråling til rommet som blir fanget innenfor glassene. Varmebalansen i vinduet påvirkes ved valg av rutetype og vindusutforming. Vindusrammen bør være høyisolerende og så smal som mulig. Ruten bør ha høy soltransmisjon og høy varmeisolasjon, men dette er en vanskelig kombinasjon. Klimaet i Norge gjør at høy varmeisolasjon ofte bør prioriteres før høy soltransmisjon. Bedre varmeisolasjon kan man oppnå ved å bruke flere lag glass, bruke glass med lavemitterende belegg eller ruter med gassfylling (Hestnes & Andresen, 1996).

Faktorer som har betydning for tilgangen på utnyttbar solenergi er orientering av bygningen, bygningsgruppering, bygningsform og landskapsforhold. At størstedelen av bygningsfasaden er vendt mot sør er ideelt, men avvik på opptil 30° vil ikke ha stor innvirkning på energisparepotensialet. Snø, vannflater og andre reflekterende flater for eksempel fra omkringliggende bygninger kan gi ekstra solinnfall mot bygningen. Som solavskjerming kan løvtrær fungere fint, da de skjermer godt om sommeren og mindre på vinteren når bladene har falt (Hestnes & Andresen, 1996).

Med hensyn til energisparing er en kompakt bygningsform gunstig. Bygningsframspring gir stor overflate i forhold til volumet, og medfører en økning i varmetapet. Bygningstype og bygningens utforming har mye å si for soltilskuddet. Det maksimeres ved størst mulig sørfasade og minst mulig nordfasade. Det må ofte foretas en avveining mellom å utforme bygningen slik at den slipper minst mulig varme ut, eller mest mulig solvarme og dagslys inn. Det finnes flere måter for å absorbere solenergi, for eksempel solvegger, solrom og glassgårder.
Solvegger har ikke tilstrekkelig varmeisolasjon i forhold til en normal vegg, og er derfor lite brukt i Norge. Solrom og glassgårder har mange fordeler, og vil blant annet gi mindre varmetap fra vinduer, dører og vegger enn om de hadde vendt mot uteluft. Forvarming av ventilasjonsluft i solrommet kan redusere boligens varmebehov med 10-20%. På den andre siden vil et solrom som oppvarmes til normal innetemperatur fungere som et energisluk.

For å holde på energien som er kommet inn i bygget, er der tre hovedprinsipper; varmeisolering, tetting og varmelagring. Varmeisolering regnes som et av de mest effektive og lønnsomme energi- og effektsparetiltakene. Det gir størst energibesparelse når energibehovet er størst, og er upåvirket av brukervaner. Teoretisk sett skulle man kunne bringe varmetapet ned mot null ved økning av varmeisolasjonen, men ut ifra økonomiske hensyn er der en øvre grense for isolasjonsnivået. Tetting er viktig dersom bygget har en balansert ventilasjon med varmegjenvinning, ellers vil ikke dette fungere etter forutsetningene. Konsentrerte utettheter kan være et stort problem på grunn av trekk (Hestnes & Andresen, 1996).

Varmelagring avhenger av materialers varmekapasitet, varmeledningsevne og overflateegenskaper. Betongvegger med utvendig isolasjon, murte vegger med tung indre vange samt dekker av betong eller lettbetong er konstruksjoner som egner seg godt til varmelagring. Inventar og gipsplater på trekonstruksjoner har også litt varmekapasitet. Varmekapasiteten i tunge trevegger er relativt høy, men varmeledningsevnen er lav. Varmeføring mellom romluften og konstruksjonen reduseres av isolerende materialer på overflaten mot rommet, som for eksempel platekledninger og gulvbelegg. Mørke konstruksjoner absorberer omtrent fire ganger så mye varme som tilsvarende konstruksjoner med hvit overflate. Det er viktig at konstruksjoner som skal fungere som varmelager for solstråling plasseres slik at de mottar mest mulig direkte solstråling (Hestnes & Andresen, 1996).

Det er ofte ikke tilgang til direkte solenergi i alle deler av en bygning, og da må varmen fordeles fra de soloppvarmede delene av bygningene til de som ikke har tilgang til solenergi. For å oppnå varmeoverføring fra et rom til et annet er det to hovedprinsipper; direkte via luftstrømmer eller indirekte via skillekonstruksjoner. Ved direkte varmeoverføring bringes den oppvarmede luften direkte fra den varme til den kalde sonen. Dette kan skje ved naturlig varmedistribusjon ved termisk luftsirkulasjon. Ved indirekte varmeoverføring via skillekonstruksjon, må varmen tas opp på den varme siden, ledes gjennom konstruksjonen og avgis på den kalde siden. De rommene som trenger minst oppvarming bør plasseres på skyggesiden i et bygg. Typiske kalde rom kan for eksempel være soverom, og typiske varme rom er stue, kjøkken og bad (Hestnes & Andresen, 1996).

3.4.1.1 Solfangere

Solfangeranlegg består i grove trekk av solfangere, rørføring, varmelager og styringssystem med pumpe. Hvor mye varme anlegget leverer avhenger av type solfanger og systemløsning, men typisk er 300-500 kWh varme per m^2 solfangerareal. Solfangere kan plasseres utenpå tak og vegger, eller på bakken. De kan også integreres i bygningsfasaden eller taket, og på den måten erstatte andre bygningsmaterialer. Energibruken som går til oppvarming av bygg og varmtvann i Norge estimert til omtrent 78% (Olje- og energidepartementet 2016). Solfangere kan bidra til at bygg blir helt eller delvis selvforsynt med energi, ved at de er med å danne grunnstrømmen i miljøvennlige energisystemer. Normal tilbakebetalingstid for et solfangeranlegg er 5 til 15 år, mens levetiden for anleggene ligger på rundt 20 til 30 år, og vil dermed gi gratis varme i flere år etter at de er nedbetalt (Anda & Bjelland, 2013).

De typene solfangere som passer til boliger i Norge er plane solfangere og vakuumrør. En flat solfanger består av en godt isolert boks som har en varmeabsorberende plate i bunnen med et kobberrør festet til. Boksen er dekket med en glassplate. Inne i rørene blir varmen fra solstrålene overført til vann eller en annen væske som ikke fryser. Væsken sirkuleres så til en bereder og gir fra seg varme. En flat solfanger har større varmetap enn et vakuumanlegg, og egner seg derfor best til formål som krever temperaturer under 60 ºC, for eksempel vannbåren gulvvarme og radiatorer (Anda & Bjelland, 2013)

Solfangere med vakuumrør består av en serie parallelle glass- eller plastrør med doble vegger. Mellom rørene er luften fjernet slik at det oppstår vakuum, som isolerer svært godt. Inne i rørene er det et kobberrør med et medium som overfører varme. Effekten av vakuumsolfangere er svært høy, selv i overskyet vær. De egner seg best til formål med temperatur over 60 ºC (Anda & Bjelland, 2013).

Solfangere produserer ikke elektrisitet, så mulighetene er begrenset til å varme opp tappevann og rom. Det er vanlig at solfangere dimensjoneres for å dekke 40-60% av tappevannsbehovet, og 25-40% av behovet for både tappevann og romoppvarming. Solfangere gir en veldig effektiv utnyttelse av solenergien, og omdanner opptil 80% av solstrålingen til nyttbar energi. Til sammenligning har kommersielle solcellepaneler en effekt på rundt 15%. Ved å ta i bruk

4-7 m^2 av takflaten, kan solfangere dekke rundt 50% av tappevannet til en bolig i typisk norsk klima (Anda & Bjelland, 2013) (Andresen, 2008).

For å få til et effektivt anlegg med solfangere må de plasseres slik at de eksponeres for full direkte sol mellom kl. 09.00 om morgenen til kl. 15.00 om ettermiddagen. Altså bør orienteringen være sørlig mellom 45º øst og 45º vest. Helningsvinkelen bør være på minst 30º dersom solfangerne kun skal brukes til å varme opp tappevann. Er anlegget kombinert for tappevann og romoppvarming med stor solfangerflate, bør det ha en helningsvinkel på 40-50º eller mer (Anda & Bjelland, 2013).

Bilde 21: Illustrasjon av solfangersystem (Sørensen, 2015).

Den viktigste begrensningen for solfangere er at de er avhengig av sol for å produsere varmt vann. Når det er mørkt stopper varmeproduksjonen opp, og varmen må lagres i en isolert varmtvannstank. Klimaet vi har i Norge gjør at solfangere ikke kan dekke mer enn rundt 50% av behovet for tappevann. Det resterende behovet kan dekkes ved at man bruker en spesialdesignet varmtvannstank som kobler inn et elektrisk element når solen ikke er tilstrekkelig, men strøm er høyverdig energi og dette kan derfor regnes som sløsing. Andre alternativer er luft-til-vann-varmepumpe eller bergvarmepumpe som også kan kobles opp mot varmtvannstanken og fungerer godt sammen med et solfangeranlegg (Anda & Bjelland, 2013).

Innstrålingen fra solen varierer ulike steder i landet, fra 650 kWh/m^2/år i Hammerfest til 1000 kWh/m^2/år i Kristiansand. Ålesund kan nok sammenlignes med Bergen og Trondheim, som har en innstråling på 800 kWh/m^2/år. En fagartikkel fra Enova tar utgangspunkt i et anlegg på 25 m^2 solfangere mot sør med helningsvinkel 60º, og ser på noen eksempler på hva man kan spare. Varmtvannsforbruket er satt til 6000 kWh/år og energiprisen til 1 kWh/år. Energiutbyttet blir da 6500 kWh/år i Bergen og Trondheim, som gir en mulig besparelse på

6500 kr. I Hammerfest vil mulig besparelse per år være 4900 kr og i Kristiansand 7800 kr. Kostnadene til installasjon av solfangeranlegg er ikke tatt hensyn til her (Anda & Bjelland, 2013).

Eksempler viser at en bolig på 200 m^2 kan kreve et solfangerareal på 25 m^2 hvis anlegget skal gi tappevann og varme til romoppvarming. Det vil da et utbytte på 6500 kWh/år forutsatt en innstråling på 800 kWh/m^2. Solfangere er en god løsning miljømessig, og en reduksjon i bruk av elektrisk energi fra fossilt brensel vil redusere klimagassutslippene. Med utgangspunkt i tall fra Byggallianse og Statsbygg vil utslippene ved anlegg i Bergen og Trondheim reduseres med 2320,5 kg CO_2 per år. Nedbetalingstiden på et solfangeranlegg avhenger av prisutviklingen på strøm (Anda & Bjelland, 2013).

3.4.1.2 Dagslys

Dagslys gir visuell komfort og trivsel, og kan også gi energisparing. Man kan oppnå energisparing direkte, ved at det spares elektrisk energi til belysning, eller indirekte, ved at reduksjon av varmeoverskudd fra belysning reduserer kjølebehovet. Dagslys består av direkte sollys og av himmellys, men klimaet i Norge gjør at vi stort sett bare utnytter himmellyset i prosjekteringen. Dagslys har store døgn- og årsvariasjoner, og i tillegg skjer det raske endringer som skyldes skydekket. For rommene i en bygning avhenger dagslysnivået og -fordelingen av størrelse og plassering av lysåpninger, glasstype, rommets utforming, møblering, og refleksjonsegenskapene til overflatene i rommet. Man ønsker å oppnå mest mulig dagslys i rommene, og at lyset fordeles jevnt uten å blende (Hestnes & Andresen, 1996).

3.4.1.3 Bergvarme

Bergvarme er en fornybar, miljøvennlig og gratis energikilde som kan redusere energibehovet med inntil 80%. Bergvarme er solenergi som lagres i bakken, og man bruker enten fjell, jord eller vann som energikilde. Med en kollektor, et rør med frostvæske, hentes varme opp fra energikilden. Frostvæsken pumpes rundt i en lukket sløyfe og avgir varme fra energibrønnen til varmepumpen, og fortsetter tilbake ned i brønnen. En slik varmepumpe øker temperaturen på varmen fra energibrønnen opp til den temperaturen som skal leveres inne i boligen (NIBE, u.d.).

3.5 Materialer

Ved å ha fokus på det grønne skiftet, er valg av materialer viktig. Ikke bare hvilken type materiale, men hvor det kommer fra, hvilke produkt har blitt brukt under fremstillingen og hvordan det blir fremstilt, transport ol. er viktig å tenke på når en skal vurdere klimaregnskapet og hvilken effekt materialet har på miljøet (Berge, 2000).

3.5.1 Stål

Stål er et relativt nytt materiale innen konstruksjonshistorie og produseres av jomfruelig jernmalm eller resirkulert stål. Det har i løpet av de siste 100 årene blitt ett av de vanligste konstruksjonsmaterialene i større bygninger. En fordel med stål er at det ikke brenner og at det er sterkt i forhold til mengden materiale som kreves. I tillegg er det et materiale som er lett å gjenvinne uten at kvaliteten blir redusert. Fra et miljøperspektiv er det stor forskjell på jomfruelig stål og resirkulert stål, da CO_2 utslipp i stålets livsløp kan variere fra 0,7 til 5,9 kg CO_2-ekv/kg (Rønning, et al., 2011).

Stål brukes enten som en del av en betongkonstruksjon som armering i fundament, vegger, søyler, bjelker mm, eller det er brukt som rene stålbjelker og rammeverk. Stålet brukt som armering er ofte resirkulert stål. Stål har en økt risiko for korrosjon siden det ikke er overflatebeskyttet annet enn overdekkingen med betong. Ved svakheter og sprekker i betongen fører det til at blant annet vann, oksygen og klorider trenger inn i betongen og skader armeringen. Stål som blir brukt til søyler og bjelker er overflatebehandlet for å unngå slike problemer (Berge, 2000).

Stålkomponenter er vanligvis prefabrikkerte elementer med ulike dimensjoner og utførelser. Produksjonen avgir store mengder klimagasser i tillegg til at det er en svært energikrevende prosess, men når stålkomponenten er installert i konstruksjonen avgir den ingen skadelige klimagasser med mindre den overflatebehandles med for eksempel brannhemmende stoffer (Berge, 2000).

3.5.2 Betong

Betong er et av de viktigste og mest brukte konstruksjonsmaterialene vi har sammen med stål og tre. Dette er et produkt som består av sement, tilslag, vann og tilsetningsstoffer ut fra ønsket egenskap. Betong kan enten være plasstøpt eller prefabrikkerte elementer som for eksempel hulldekker. Hulldekker har som navnet tilsier hulrom. Dette er med på å bidra til en lavere vekt samt økt termisk isolering. De viktigste egenskapene til betong er evnen til å tåle stort trykk, bestandighet mot brann samt termisk lagringskapasitet. I tillegg har den god varmeledningsegenskap. Er sammensetningen i betongen riktig ut fra miljøpåkjenningene den blir utsatt for, er den i tillegg bestandig mot nedbrytning (Berge, 2000) (Maage, 2017).

CO_2 utslippene i forbindelse med betong kommer hovedsakelig fra knusing og brenning av kalkstein og kvarts. Kalkstein består av kalsiumkarbonat, $CaCO_3$, som har CaO og CO_2 som spaltningsprodukt ved brenning. I tillegg får man betydelig CO_2 utslipp fra fyringsprosessen, da sementovnen fyres med organisk brensel. Ren Portlandsement som er produsert i Norge har et karbonavtrykk på ca. 800 kg CO_2-ekvivalenter per tonn sement, og produksjonen av sement står for omtrent 5 % av menneskeskapt CO_2-utslipp på verdensbasis (Maage, 2017). Brent kalk, CaO, er en viktig bestanddel i sementen, og når denne blandes med vann og herder, dannes det $Ca(OH)_2$ i betongen. Dette vil reagere med CO_2 i luften, og dermed karbonatisere tilbake til kalkstein. Vi får dermed følgende reaksjon:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

På denne måten vi betong ta opp og binde en betydelig andel CO_2 fra luften, og dermed redusere sitt eget karbonavtrykk gjennom livsløpet. Hvor fort karbonatisering skjer, avhenger av tettheten på betongen, og en tett betong er mer motstandsdyktig mot karbonatisering enn en porøs betong (Norsk Betongforenings Miljøkomité, u.d)

Det har de siste 10-20 årene spesielt i Nord-Europa blitt lagt ned stor innsats for å redusere karbonavtrykket og energiforbruket ved sementproduksjon, ved blant annet å bruke risikoavfall og restavfall som brensel. Å redusere mengden sementklinker i den ferdige sementen ved å bruke erstatningsmaterialer med gode bindemiddelegenskaper og som har mindre karbonavtrykk enn sementklinkeren, er også et tiltak som er gjort. Disse erstatningsmaterialene kan være det som kalles pozzolaner. Eksempler på pozzolaner er flygeaske og silikastøv. Begge disse erstatningsmaterialene er restprodukter fra industri med store CO_2 utslipp, men siden det er nettopp restprodukt regnes de som energi- og karbonnøytrale og bidrar dermed positivt til sementens karbonregnskap. Ved å bruke sement

med flygeaskeinnhold på 20 %, reduseres karbonavtrykket til ca. 650 kg CO_2-ekvivalenter per tonn sement og vi oppnår en reduksjon på 150 kg i forhold til vanlig Portlandsement (Maage, 2017).

Et annet aspekt ved karbonredusert betong, er om det gir betydning for livsløpet til bygningen. Dersom man svekker betongens bestandighet ved å bruke erstatningsmaterialer uten å tenke på hvilke miljøpåkjenninger konstruksjonen vil utsettes for, vil dette forkorte byggets levetid, og vil dermed føre til en negativ miljøeffekt. Flygeaske er mindre motstandsdyktig mor karbonatisering, mens det har vist seg å gi et positivt bidrag for motstanden mot kloridinntrengning. Det er derfor ikke nødvendig med øvrige tiltak ved bruk av betongen i kloridholdig miljø, mens det er må brukes mindre flygeaske som erstatningsprodukt i konstruksjoner som er utsatt for karbonatisering for å oppnå ønsket tetthet og levetid. Silikastøv som er et restprodukt fra aluminiumsindustrien har i tillegg flere positive egenskaper. I Norge er det nå et krav om innblanding av silika i de betongtypene med best bestandighet (Røine, 2019) (Maage, 2017).

Betongbransjen i Norge har gått sammen for å definere en bransjenorm, NB 37, for å utarbeide et klassifiseringssystem for lavkarbonbetong, med definerte grenseverdier for klimagassutslipp. Det er der delt inn i 3 kategorier lavkarbonbetong klasse A, B og C, hvor A er den klassen med strengest krav. Se tabell under.

	B20 M90	B25 M90	B30 M60	B35 M45/MF45	B35 M40/MF40	B45 M40/MF40	B55 M40/MF40
	Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO_2-ekv. pr m^3 betong]						
Lavkarbon A	170	180	200	210	230	240	250
Lavkarbon B	200	220	240	270	300	310	320
Lavkarbon C	240	260	280	320	350	360	370
Bransjereferanse	280	300	320	370	410	420	430

Lavkarbonbetongklasser med grenseverdier for klimagassutslipp (Norsk Betongforening, 2015).

Her er klimagassutslippene fra råvareuttak til betongprodusentens fabrikkport oppgitt for 1 m^3. Av og til kan det være behov for klimagassutslipp per m^2 for å kunne sammenligne

materialer. I tabellen under kan man se utslippene for karbonredusert betong klasse A produsert ved Spenncons fabrikk ved Hønefoss omregnet til m^2.

LAVKARBON A, 240 kg/m3 : densitet 2,5 gir 96 kg/tonn

					CO2-utslipp pr tonn			CO2-utslipp pr m2			
			Spennarmering		PROD	TRANSP	MONT	PROD	TRANSP	MONT	MONTERT
Hønefoss	Betong	Egenvekt	Ø12,9mm	Gir	A1 - A3	A4 (50km)	A5	A1 - A3	A4 (50km)	A5	A1 - A5
	Klasse	kg/m2	stk.	kg/tonn	pr. tonn	pr. tonn	pr. tonn	Pr. m2	Pr. m2	Pr. m2	Pr. m2
HD 200	A	255	5	12,82	111,97	4,25	4,5	28,55	1,08	1,15	30,78
HD 220	A	304	6	12,9	112,06	4,25	4,5	34,07	1,29	1,37	36,73
HD 265	A	371	7	12,33	111,39	4,25	4,5	41,33	1,58	1,67	44,57
HD 285	A	421	7	10,87	109,67	4,25	4,5	46,17	1,79	1,89	49,86
HD 320	A	392	8	13,34	112,58	4,25	4,5	44,13	1,67	1,76	47,56
HD 340	A	441	9	13,34	112,58	4,25	4,5	49,65	1,87	1,98	53,51
HD 320 Bolig	A	507	10	12,89	112,05	4,25	4,5	56,81	2,15	2,28	61,24
HD 400	B	451	10	14,49	123,91	4,25	4,5	55,88	1,92	2,03	59,83
HD 420	B	500	11	14,38	123,80	4,25	4,5	61,90	2,13	2,25	66,28
HD 500	B	621	13	14,73	124,20	4,25	4,5	77,13	2,64	2,79	82,56
HD 520	B	670	14	13,66	123,09	4,25	4,5	82,47	2,85	3,02	88,33

Tabell 14: Karbonutslipp fra lavkarbonbetong klasse A oppgitt per m^2 (Røine, 2017)

En fordel med betong, er dens evne til termisk lagringskapasitet. Ved å ha eksponert betong i gulv, vegger og himling direkte mot romluft, vil overskuddsvarme fra mennesker, solinnstråling og tekniske installasjoner bli absorbert i betongen. På denne måten reduserer man behovet for å kjøle ned bygget på dagtid, mens det på nattetid kan ledes ut varme som er lagret i betongen som da varmer opp bygget. Dette bidrar til å holde en jevn romtemperatur over døgnet, og man kan spare mye energi som ellers ville blitt brukt til kjøling. En slik effekt bidrar dermed til å redusere karbonavtrykket i bygningens bruksfase (Maage, 2017).

3.5.3 Tre

Tre er et av de mest miljøvennlige byggematerialene vi har, og er en fornybar ressurs med lav negativ påvirkning på miljøet forutsatt at det kommer fra sertifisert og bærekraftig forvaltet skog. At tømmeret er sertifisert, innebærer at alle leddene fra skog til bygg har miljøfokus. Dette utgjør praktisk talt alt tømmer fra norske skoger, og her er også tilveksten større enn hogsten, noe som gjør at det har stort potensiale for ytterligere utnyttelse (Treindustrien, 2013)

Produksjonen av trematerialer er ressurseffektiv med lavt forbruk av fossil energi og høy andel av klimavennlig bioenergi. Bruk av tre reduserer også CO_2-utslippene. Dette gjøres på to måter ved at treet tar opp CO_2 og binder karbonet via fotosyntesen. Her blir karbonet lagret i trevirket inntil det frigjøres ved forbrenning eller nedbrytning, mens oksygenet slippes ut i

luften igjen. Den andre måten CO_2-utslippene reduseres er ved at tre som byggemateriale erstatter materialer med større klimapåvirkning som for eksempel betong. Betong har som tidligere nevnt stor negativ klimapåvirkning gjennom hele produksjonsfasen, mens produksjonen av treprodukter har lite utslipp til vann, jord og luft. Det brukes også lite kjemikalier og tilsetningsstoffer (Treindustrien, 2013).

I norske skoger bindes det årlig 30 millioner tonn CO_2, og sammen med en reduksjon i CO_2-utslippene på 10 millioner tonn på grunn av uttak og bruk av trevirke, har vi en samlet reduksjon i netto utslippene på 40 millioner tonn. I en metaanalyse utført av Sathre og O'Connor (2010), fant de ut at gjennomsnittlig reduksjon i klimagassutslipp ved å erstatte andre byggematerialer med tre, utgjør 3,9 tonn CO_2-ekvivalenter per tonn trevirke. I Norge hvor gran er den mest brukte tresorten utgjør dette en reduksjon på 1,6 tonn CO_2-ekvivalenter per m^3 trelast. Ved å øke trelastforbruket med 10 % kan man bidra til å redusere klimagassutslippene med 400 000 tonn CO_2-ekvivalenter (Treindustrien, 2013).

Det er som tidligere nevnt karbon som blir bundet i treet, men det omregnes til CO_2 for å vise hvor mye vi kan redusere utslippene. Dette gjøres ved et regnestykke som er basert på molvekten til karbon og til CO_2 og at 1 kg tre inneholder 0,5 kg karbon:

$$\frac{x \text{ kg}}{44} = \frac{0{,}5 \text{ kg}}{12} \rightarrow x = 1{,}8 \text{ kg.}$$

Dette regnestykket viser at 1 kg tre lagrer 1,8 kg CO_2.

Tre som byggemateriale har flere positive effekter for også innemiljøet. Det har evnen til å ta opp og avgi fuktighet, og regulerer temperaturen. I tillegg har det god lyddempende effekt og oppleves av de fleste som et «pustende» og «naturnært» materiale (Treindustrien, 2013).

3.5.3.1 Massivtre

Massivtre er lameller som er satt sammen til elementer, enten kantstilte eller krysslagte. Kantstilte elementer er sammensatt av stående lameller, mens krysslagte elementer er satt sammen av lameller hvor lagene er lagt i 45° eller 90° i forhold til hverandre med lim mellom hvert sjikt. Det kan variere mellom 3 til 9 sjikt, og tykkelsen varierer fra 60 mm til 240 mm. Limen tilfredsstiller kravene til emisjonsklasse E1, som er den strengeste klassen. Kantstilte elementer er satt sammen med skruer, spiker, tredybler eller stålstag. Lengden på elementene

kan bli opptil 14 meter. Tykkelse og antall sjikt avhenger av bruksområde. Massivtreelementer kan brukes til både bærende- og ikke-bærende elementer i tak, vegger og gulv, og til tross for lav egenvekt tåler det høy punktlast (Aarstad, et al., 2008).

Massivtre regnes som å ha god motstandsevne mot brann da det har lav varmeledningsevne og innbrenningshastigheten skjer langsomt. Det ytterste laget mot brannpåkjent side vil forkulle, mens lagene innenfor vil opprettholde sine fasthets- og stivhetsegenskaper. For limte krysslagte massivtreelementer kan man bruke nominell innbrenningshastighet på 0,7 mm/min.

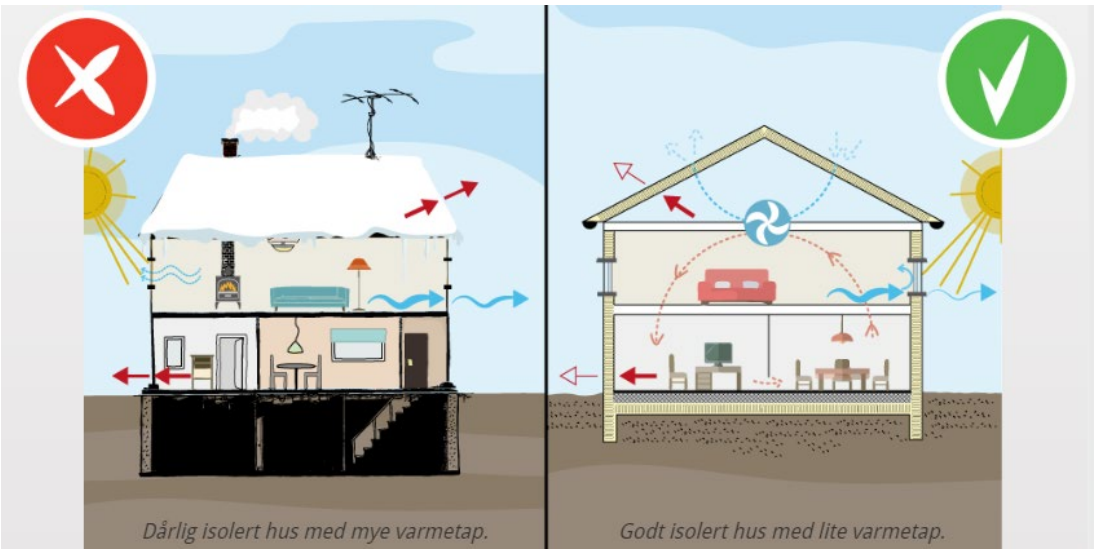
Massivtreelementer dimensjoneres vanligvis ut fra statiske- og branntekniske krav, og må ofte tilleggsisoleres for å oppnå u-verdi krav (Aarstad, et al., 2008).

3.6 Passivhus

Passivhus er bygninger som er isolert slik at de har lavt varmetap. De bruker hovedsakelig fornybar energi til oppvarming og oppfyller strenge krav både til byggetekniske løsninger og til ventilasjonssystem. Navnet passivhus har de fått fordi man bruker passive tiltak for å redusere energibehovet. Disse tiltakene innebærer at yttervegger, tak og gulv mot grunn er ekstra godt isolert. Det samme gjelder vinduer. Byggene har god tetthet og svært få luftlekkasjer. For at dette ikke skal gå på bekostning av god luftkvalitet og godt inneklima, bør man ha et ventilasjonssystem med mulighet for varmegjenvinning.
Norge er det eneste landet i Europa som har en egen standard for passivhus, NS 3700 som definerer kravene for boliger og NS 3701 som definerer kravene for yrkesbygg. I stor grad er det de samme kravene som stilles til et passivhus som til et hus bygget etter dagens tekniske forskrift (TEK 17), men kravene i NS 3700 til passivhus krever mer isolasjon i vegger og tak. Krav fra NS 3700 (Direktoratet for byggkvalitet, 2018):

1. Krav til varmetapstall:
   passivhus under 100 m²: 0,53 W/ (m²*K)
   passivhus mellom 100 og 250 m²: 0,48 W/ (m²*K)
   passivhus større enn 250 m²: 0,43 W/ (m²*K)

Med varmetap menes varme og energi som slipper ut av et hus. Desto mindre varmetap, desto mindre energi trengs til oppvarming.



Bilde 22: Dårlig og godt isolert hus med varmetap (Direktoratet for byggkvalitet, 2018).

2. Krav til oppvarmingsbehov

   Både størrelsen på boligen og klimaet påvirker oppvarmingsbehovet. I et passivhus større enn 250 m² skal ikke behovet for oppvarming være større enn 15 kWh per m². Kravet er justert for mindre boliger og steder med årsmiddeltemperatur på under 6,3 °C.

3. Krav til energiforsyning

   NS 3700 sier at «levert energi fra elektrisitet og fossile brensler må være mindre enn netto energibehov fratrukket 50% av netto energibehov for varmtvann». Dersom litt over 50% av energibehovet til varmtvann dekkes av en fornybar kilde, kan man altså dekke resten av behovet ved hjelp av elektrisitet. For eksempel kan en løsning for å dekke kravet være en solfanger som dekker litt over halvparten av varmtvannsbehovet. En annen løsning er varmepumpe og vannbåren varme.

4. Krav til bygningsdeler og komponenter

Energitiltak	Minstekrav
U-verdi vinduer og dører	0,80 W/m²K
Kuldebroverdi	0,03 W/m²K
Varmegjenvinning ventilasjon	80%
SFP-faktor ventilsjonsanlegget*	1,5 kW(m³/s)
Lekkasjetallet ved 50 Pa	0,6 luftvekslinger per time

Tabell 15: Krav til bygningsdeler og komponenter (Direktoratet for byggkvalitet, 2018).

For å oppfylle standarden til passivhus er det ikke nok å oppfylle minstekravene. Det må gjøres beregninger for hvert enkelt prosjekt under prosjekteringen av et passivhus. Både byggets utforming og lokalt klima påvirker hvordan kravene kan oppfylles. Tabellen under viser et eksempel:

Energitiltak	Krav	Kommentar
Golv på grunn	0,11 W/m²K	35 cm EPS
Yttervegg	0,11 W/m²K	40 cm standard isolasjon
Tak	0,09 W/m²K	45 cm standard isolasjon
Vinduer og dører	0,75 W/m²K	3-lags glass, isolert karm
Lekkasjetall	0,6 luftutveksling pr time	Meget tett bygningskropp
Varmegjenvinning	82%	God roterende varmegjenvinner

Tabell 16: Krav til passivhus (Direktoratet for byggkvalitet, 2018).

Vakuumisolasjon er et eksempel på et superisolerende produkt som gir tynnere vegger enn standardløsningen, men slike produkter er foreløpig for kostbare til at de brukes i konvensjonell husbygging (Direktoratet for byggkvalitet, 2018).

3.7 Livsløpsanalyse

Livsløpsanalyse er basert på ISO 14040, ISO 14044 og ISO 14025, noe som gir et standardisert metodegrunnlag og troverdig informasjon (Strekerud, 2017).

Aktiv bruk av livsløpsanalyse i planleggingen vil synliggjøre miljøeffekter når man sammenligner alternative byggeløsninger, og vil i stor grad bidra til at det tas miljøstrategiske beslutninger.
Det er både konstruksjonsmessige og driftsmessige forhold som påvirker klimafotavtrykket til en bygning. Enkelte konstruksjonsmaterialer har for eksempel større utslipp knyttet til produksjon, mens andre har større utslipp knyttet til driftsfasen, da de krever mer energi eller hyppig vedlikehold. En må derfor sammenligne de alternative byggeløsningene over et livsløp, fra vugge til grav, for å kunne ta en velinformert beslutning. Livsløpsanalyse er altså en «*metode som setter helhet og system i sentrum ved å se på miljø- og ressurspåvirkninger gjennom hele bygningens levetid*» (Strekerud, 2017).

Livsløpsanalyse er foreløpig lite brukt i Norge, men slik utviklingen er i dag, og med de klimamålene som er satt, er det forventet at livsløpsanalyser vil bli en viktigere og mer benyttet metode i fremtiden (Strekerud, 2017).

3.7.1 EPD

Environmental Product Declaration (EPD) er en dokumentasjon av produkters miljøegenskaper. Formålet med en slik deklarasjon, er en standardisert og objektiv oppsummering og fremstilling av produktets miljøprofil basert på en livsløpsanalyse (EPD-Norge, u.d.).

En EPD skal utformes etter ISO-standarden 14025 Enviromental Labels and Declarations Type III, og hensikten er at kunder skal kunne sammenligne miljøprofilene til ulike materialer, og dermed foreta en vurdering og et valg med utgangspunkt i denne informasjonen (EPD-Norge, u.d.).

3.8 Lastberegning og dimensjonering

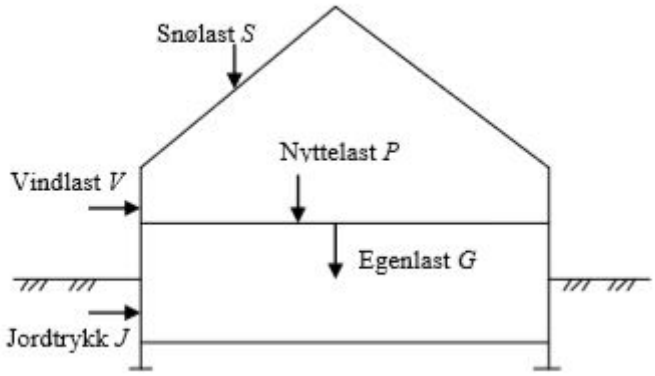
Når en konstruksjon skal dimensjoneres og beregnes er det to hovedutfordringer en står ovenfor. Den første er å finne ut hvilke lastpåvirkninger konstruksjonen vil bli utsatt for, og hvilke påkjenninger disse lastene vil gi. Dette er altså lastpåvirkningene på konstruksjonen. Den andre utfordringen er å velge materialer. Det må velges materialer som tåler de lastvirkningene som vil forekomme på konstruksjonen, og som er tilpasset miljøet rundt konstruksjonen. Dette er viktig får å få en konstruksjon som tilfredsstiller kravene til sikkerhet (Rørvik & Årskog, 2010).

Det er derimot ikke tilstrekkelig at konstruksjonen oppfyller kravene til bruddsikkerhet, den må også være funksjonell, være minst mulig ressurskrevende og være bestandig mot slitasje. I tillegg er det viktig at konstruksjonen i en viss grad beholder sin styrke under ulykkessituasjoner og brann (Rørvik & Årskog, 2010).

Ulike konstruksjoner har ulike kontrollkrav, og de deles inn i ulike pålitelighetsklasser ut fra hvilke konsekvenser et sammenbrudd av konstruksjonen vil få. En boligblokk ligger i pålitelighetsklasse 2, der bruddkonsekvensen er middels stor, og et slikt tiltak vil dermed omfattes av Plan og bygningsloven. Et tiltak i pålitelighetsklasse 2 må kontrolleres for normale belastninger som egenvekten av konstruksjonen og variable laster som nyttelaster og naturlaster, jordskjelv samt brann (Rørvik & Årskog, 2010).

3.8.1 Dimensjonerende laster

I en vanlig konstruksjon, vil det typisk være flere typer laster som virker på bygget. Dette er lasten egenlasten (G), som er tyngden av selv konstruksjonen. Her snakker vi om tyngden av de ulike konstruksjonsmaterialene som er brukt. Nyttelasten (P) er den lasten vi får fra personer og inventar i bygget. I tillegg får vi laster fra jordtrykk (J), vindlast (V) og snølast (S) (Rørvik & Årskog, 2010).



Bilde 23: Laster som virker på en konstruksjon (Rørvik & Årskog, 2010).

Det er flere måter å dele inn lastene på; Bunden last er en last med fast plassering, størrelse og retning. Fri last er last som har fri plassering, størrelse og retning. Statisk last som ikke gir treghetskrefter av betydning, dynamisk last som gir treghetskrefter. Videre har vi utmattingslast som varierer så mange ganger i intensitet at det påvirker materialets fasthet samt ulykkeslast som kun oppstår ved unormale forhold som ulykke og brann. Vi skiller også mellom variable og permanente laster (Rørvik & Årskog, 2010).

Permanente laster er laster som virker på konstruksjonen på samme sted og med samme verdi over lang tid. Typisk eksempler på permanente laster er egenlast og jordtrykk. Fordi egenlastene skriver seg fra tyngden av selve konstruksjonen med kjent tverrsnitt og geometri, kan disse lastene fastlegges med stor nøyaktighet, og lastfaktoren (ɣ) for permanente laster behøver derfor ikke å være så stor. Variable laster er ofte en fri last som kan variere over tid, og kan dermed virke hvor som helst på konstruksjonen. Når en slik lastvirkning skal vurderes, er det viktig å plassere den på mest ugunstig måte. Nyttelaster som inventar, personer eller snø og vind er typiske eksempler på varierende laster. Spesielt naturlastene er laster med svært usikker og variabel karakter. Variable laster må derfor ha større lastfaktorer for å ta hensyn til de usikre momentene. Den karakteristiske lasten er den største lasten som vanligvis opptrer på en konstruksjon, og normverdier for karakteristiske laster er oppgitt i standarder (Rørvik & Årskog, 2010).

3.8.2 Faktorer

3.8.2.1 Lastfaktorer

Lastfaktoren har som hensikt å ta hensyn til uforutsatte og unormale laster som påvirker den karakteristiske verdien til lasten, og tar dermed hensyn til usikkerheten som finnes rundt beregningen av lastvirkningen. Den tar også hensyn til den reduserte sannsynligheten for at flere hendelser skal inntreffe samtidig. Størrelsen på lastfaktoren er avhengig av om konstruksjonen betraktes i bruddgrensetilstand, bruksgrensetilstand eller ulykkestilstand. Se tabell under (Rørvik & Årskog, 2010).

Lastkombinasjoner som skal påvises	Permanente laster		Dominerende variabel last Q_1	Øvrige variable laster Q_i
	Ugunstig	Gunstig		
	$\gamma_{Gj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf}$	$\gamma_{Q1}\Psi_{0,1}$	$\gamma_{Qi}\Psi_{0,i}$
B1 (Ligning 6.10a)	1,35	1,00	1,05	1,05(0,90)*
B2 (Ligning 6.10b)	1,20	1,00	1,50	1,05(0,90)*

*Dersom øvrige variable laster er vindlast eller temperaturlast skal verdien 0,90 nyttes.
*Nyttelast på tak (unntatt snølast) skal ikke inkluderes i en lastkombinasjon dersom denne nyttelasten tilhører kategorien *øvrige variable laster*.

Tabell 17: Lastfaktorer i bruddgrensetilstand (Rørvik & Årskog, 2010).

Lastvirkningen for alle kombinasjoner av laster må beregnes, og den mest ugunstigste kombinasjonen legges til grunn for dimensjoneringen.

Lastkombinasjoner	Permanente laster	Dominerende last	Øvrige variable laster
	γ_{Gj}	γ_{Q1}	γ_i
Karakteristisk	1,0	1,0	0,7
Ofte forekommende	1,0	0,7	0,6
Tilnærmet permanent	1,0	0,6	0,6

Tabell 18: Lastfaktorer i bruksgrensetilstand (Rørvik & Årskog, 2010).

Beregningene for bruksgrensetilstand er avhengige av hvilke kriterier for bruksgrensetilstand som er relevante. Her er det ikke snakk om brudd i konstruksjonen, men krav til funksjon og komfort. Eksempel på dette kan være krav til maksimal nedbøying (Rørvik & Årskog, 2010).

3.8.2.2 Etasjereduksjonsfaktor

I bygninger innenfor brukskategori A til D med flere enn to etasjer, kan man benytte seg av etasjereduksjonsfaktoren $\propto_n$ for å redusere nyttelasten i de overliggende etasjene. Dette kan gjøres fordi det er redusert sannsynlighet for at alle overliggende etasjer har full nyttelast samtidig, og en slipper dermed overdimensjonerte fundament og søyler. Nyttelastene i alle de overliggende etasjene skal derfor reduseres med denne faktoren. Formelen for etasjereduksjonsfaktoren for brukskategori A til D er:

$\propto_n = \frac{[2+(n-2)\times 0{,}7]}{n}$, hvor n er antall etasjer over den belastede konstruksjonsdelen (Rørvik & Årskog, 2010).

3.8.2.3 Arealreduksjonsfaktor

Arealreduksjonsfaktoren $\propto_A$ tar hensyn til redusert sannsynlighet for at for eksempel hele gulvarealet er belastet med maksimal nyttelast samtidig, og kan derfor i noen tilfeller benyttes for å redusere den jevnt fordelte nyttelasten q_k. For brukskategori A-D er formelen for arealreduksjonsfaktoren:

$$\propto_A = 0{,}5 + \frac{15}{A} \leq 1{,}0$$

A er det belastede arealet som skal dimensjoneres oppgitt i m^2. For enveisdekke av betong regner man med en bredde på 0,5 ganger spennvidden, mens det for hulldekker regnes med dekkets areal. For bjelker bruker man arealet som summen av lastflatene på begge sidene av bjelken, mens det for kontinuerlige bjelker kun regnes med arealet innenfor bjelkespennet (Rørvik & Årskog, 2010).

3.9 Programvare

3.9.1 Word

Word er et tekstbehandlingsprogram. Det gir mulighet til å bruke menyer og tastaturkommandoer, og har egne vinduer til valg av dokumentformat, seksjoner, avsnittsformat, tekst. Dette gjør at skriftstørrelse og -type, linjeavstand, avsnitt også videre lett kan justeres. Det har også funksjoner som bildeplassering, korrektur, tekstsøking, tabeller osv. (Wikipedia, u.d.).

3.9.2 Gemini terreng og entreprenør

Gemini Terreng og entreprenør er utviklet av Powel construction, og er et markedsledende 3D-verktøy. Programmet brukes i forbindelse med infrastrukturprosjekter, og modellene brukes både under planlegging, prosjektering, oppfølging og utført arbeid. Det gir mulighet for prosjektering av modeller for vei, kryss, tunell, byggegrop og VA. Det fungerer som et komplett verktøy for arealplanlegging og prosjektering av boligfelt. Det gir også mulighet for ulike overflateanalyser som gir svar på viktige forutsetninger for et byggeprosjekt, som rasfare, synlighet og sol/skygge (Powel Construction, u.d.).

3.9.3 Eurocode Express

EUROCODEexpress er utviklet av Runet, og er en omfattende programvare som inkluderer de viktigste temaene fra alle standarder for konstruksjonsmessig og geoteknisk prosjektering av bygg- og anleggsarbeider. Programmet inneholder kilder for forståelse, informasjon og konstruksjonsberegninger med Eurokodene med nasjonale tillegg. Det er bygget opp med grupper av komponenter basert på de ulike Eurokodene, og man kan velge å beregne konstruksjonsobjekter basert på Eurokoder, velge nasjonale tillegg, materialer og parametere. Det kan også utføres beregninger og analyser av 2D rammestrukturer (Runet, u.d.).

3.9.4 Revit

Revit er en BIM-programvare for bygningskonstruksjon og bygge- og anleggsvirksomhet. Programmet er spesielt utviklet for bygningsinformasjonsmodeller, og er et hjelpemiddel for fagfolk innen bygg og anlegg når noe skal skapes, bygges eller vedlikeholdes. Programmet

inneholder funksjoner for arkitektur, produksjonsindustri, elektro- og VVS-prosjektering, konstruksjon, bygg og anlegg (Symetri.no, u.d.).

3.9.5 Excel

Excel er et program som er basert på regneark. Det kan brukes til å utføre beregninger i from av matematiske problemer, analysere informasjon og behandle lister og talldata (Wikipedia, u.d.).

3.9.6 Calculatis by Stora Enso

Calculatis er en plattform for dimensjonering av massivtreelementer. Man kan beregne innertak, yttertak, søyler, bjelker, etasjeskillere, vegger også videre (Stora Enso, u.d.).

3.9.7 Lumion

Lumion er et effektivt og kompatibelt visualiseringsverktøy som konverterer 3D-tegninger til videoklipp, bilder og presentasjoner (SYMETRI, u.d.).

4.0 Metode

Vilhelm Aubert sitert i Dalland (2007) definerer en metode som «en fremgangsmåte, et middel til å løse problemer og komme frem til ny kunnskap. Et hvilket som helst middel som tjener dette formålet, hører med i arsenalet av metoder» (Dalland, 2007).

En metode er altså et middel og en fremgangsmåte for å finne kunnskap eller for å etterprøve påstander som hevdes å være sanne, holdbare eller gyldige. Hvilken metode man velger og begrunnelsen for denne, er at man mener den vil belyse problemstillingen på en faglig interessant måte ved hjelp av god informasjon (Dalland, 2007).

4.1 Kvantitativ og kvalitativ metode

Kvantitativ metode samler informasjon og former den om til målbare enheter som muliggjør regneoperasjoner for å finne for eksempel prosenter eller gjennomsnitt. Kvalitativ metode handler om å fange opp meninger og informasjon som ikke er målbar eller mulig å telle.

Hensikten er å gi en bedre forståelse og mer innsikt i problemstillingen man undersøker (Dalland, 2007). Vi har brukt både kvantitativ og kvalitativ metode i vår oppgave.

4.2 Anvendt metode

I oppstartsfasen av oppgaven fikk vi god bruk for kunnskap vi har tilegnet oss gjennom prosjektarbeid i fagene «Introduksjon til ingeniørfaget» og «Arealplanlegging». Siden vi stod fritt til å velge vinkling på oppgaven, var det viktig for oss å ta et informert og velbegrunnet valg. Det første vi måtte gjøre var derfor å sette oss grundig inn i reguleringsplanen for området for å se hvilket formål tomten var regulert til, tillatt byggehøyde og byggegrenser. I tillegg skaffet vi oss et overblikk over området for å undersøke hva slags bebyggelse som allerede er her. Til slutt studerte vi arealdelen til Ålesund kommuneplan for å finne ut hva som er ønsket utvikling for dette området. Dette la grunnlaget for det videre arbeidet i oppgaven, og føringer for en del valg vi har tatt. Takket være overnevnte fag, er dette ting vi har blitt vant med å sette oss inn i, og det var dermed relativt greit å finne frem den informasjonen vi trengte.

Det neste vi gjorde var å søke opp informasjon om de emnene vi anså som relevant for det videre arbeidet i oppgaven. Dette har vært en omfattende prosess.

Oppgaven er i hovedsak et litteraturstudium hvor vi har tatt i bruk tekster og litteratur skrevet av andre for å undersøke, diskutere og underbygge temaet og problemstillingen vår. Et litteraturstudium er ifølge en studie man foretar på bakgrunn av en tydelig definert problemstilling, og som skal gi svar på denne problemstillingen ved hjelp av systematisk valg, identifisering, analysering og vurdering av relevant litteratur og forskning (Dalland, 2007).

Å skrive en større oppgave som denne, innebærer mye lesing, og vi har gått langt utenfor rammene som pensumlitteraturen har satt. Vi har brukt noe pensumlitteratur, men i hovedsak funnet relevant faglitteratur i andre bøker, studentoppgaver, publikasjoner og studier. Bøkene og noen studentoppgaver fant vi ved å søke i Oria på Innsiden. Her brukte vi søkeord som blant annet «grønne tak», «green roofs», «overvannshåndtering», «solenergi», «solar energy», «massivtre» og «passivhus». Her kom det generelt mange treff på hvert søk, men ved å lese overskrifter og sammendrag var det en relativt overkommelig jobb å finne litteratur vi anså som relevant.

I tillegg har google blitt flittig brukt som søkemotor. Her har vi funnet frem til produsenter og mye informasjon om materialenes tekniske egenskaper, i tillegg til studentoppgaver fagartikler og forskningsartikler. Bland søkeordene vi har brukt i google er «livssyklusanalyse», «grønne tak», «blågrønn overvannshåndtering», «massivtre», «betong», «massivtre sammenlignet med betong», «betong og termiske egenskaper», «betong og brann», «massivtre og termiske egenskaper», «massivtre og brann», «betong og lyd» samt «massivtre og lyd». Også på google fikk vi mange treff på hvert søk, men en fordel her er at google selv presenterer de resultatene som er mest relevant for søket først, men det har gått med mye tid til å lese gjennom de ulike søkeresultatene og vurdere gyldigheten av informasjonen som blir presentert.

Vi har også fått informasjon gjennom e-post utveksling med ansatte i ulike firmaer. Spesielt Steinar Røine som er ansatt som miljøkonsulent i Spenncon har bidratt i stor grad til betongdelen av oppgaven med sin kunnskap og sitt engasjement.
Byggforsk databasen har også blitt brukt til søk for å finne veiledning til tekniske løsninger som oppfyller kravene.

Formålet med litteraturgjennomgangen har vært å få oversikt over hvilken kunnskap som allerede finnes om de temaene oppgaven vår omhandler, og å vurdere om denne informasjonen er relevant for vår oppgave. På denne måten har vi funnet informasjon til å bygge opp oppgaven med teori, for så å drøfte teorien for å komme frem til en mulig løsning på problemstillingen vår.

En viktig del av en slik litteraturstudie er kildekritikk. Litteratur som vi har funnet ved søk i Oria anser vi som relativt trygge kilder, da vi antar at NTNU har en viss kvalitetssikring på litteratur i sitt bibliotek. Informasjonen funnet på leverandørers nettsider er ofte dokumenterte løsninger eller ytelser, og sånn sett sikre kilder. Studier og studentoppgaver har vi vurdert ut fra årstall og kildehenvisninger. Studier eller oppgaver som er flere år gamle har vi sett bort fra, da det er mye som har skjedd både med tanke på massivtre og betong de siste årene. Studentoppgaver med dårlig eller mangelfull kildehenvisning har vi sett bort fra da informasjonen og påstandene i oppgaven ikke kan bekreftes.
En annen del av kildekritikken er å vurdere den informasjonen som bedriftene eller organisasjoner knyttet opp mot betong- eller treindustrien legger frem. Det er tydelig at en

debatt om miljøpåvirkning av disse to konstruksjonsmaterialene er polarisert, og man må derfor være litt kritisk til informasjonen de presenterer da den ofte er entydig positiv ovenfor eget konstruksjonsmateriale.

4.3 Beregning av u-verdi

For å vise at den prosjekterte boligblokken i teorien oppfyller kravene til passivhus, er det nødvendig å foreta u-verdi beregninger for å understøtte valgene vi har tatt.

For å kunne regne ut u-verdien til en bygningsdel, må vi først finne varmemotstanden av hvert materialsjikt i aktuell bygningsdel. Varmemotstand, R, brukes for å angi størrelsen på varmetapet gjennom bygningsdelen. Varmemotstanden avgjøres av materialets tykkelse og varmekonduktivitet (λ_d) (Edvardsen & Ramstad, 2017).

R = $\frac{d\ (m)}{\lambda_d}$ (m^2K/W), hvor d er materialsjiktets tykkelse i meter og λ_d er materialets varmekonduktivitet (W/mK).

For en konstruksjonsdel som består av flere materialsjikt finner man R_T ved å regne ut R for hvert enkelt sjikt for så å summere de. Dette blir da total varmemotstand for konstruksjonsdelen. U-verdien, varmegjennomgangskoeffisienten som er den inverse verdien av konstruksjonens totale varmemotstand, finner man slik (Edvardsen & Ramstad, 2017):

U = $\frac{1}{R_T}$

5.0 Diskusjon

5.1 Klimaendringer, overvann og grønne areal

Området hvor tomten ligger er som tidligere nevnt preget av store asfalterte og impermeable flater. Dette utgjør potensielt et problem da det vil hindre den naturlige infiltrasjonen av regnvann og vil gi økt mengde overvann. I tillegg er det i fremtiden på grunn av klimaforandringene forventet en økning i nedbøren på 18 %, samt kraftigere og hyppigere episoder med styrtregn, noe som gjør at overvannsledninger vil kunne få store problemer med å ta unna de økte vannmengdene. Dette vil kunne føre til skader på bygningsmassene i området på grunn av vanninntrengning og fukt (Hanssen-Bauer, et al., 2015) (Miljødirektoratet, 2019) (Ødegaard (red.), 2014).

I en artikkel på VVSForum kan man lese at det allerede i 2014 var flere kommuner som nektet utbyggere å koble seg på kommunens overvannsnett, det ble et krav om at utbygger skal håndtere overvann på egen grunn (VVSForum, 2014).
Et slikt krav finnes ikke i Ålesund kommune på nåværende tidspunkt, men med tanke på fortettingsstrategien til kommunen, er det ikke utenkelig at et slikt krav vil komme i fremtiden, da det vil være kostnads- og tidskrevende å sørge for fortløpende oppgradering av overvannsnettet for å holde tritt med den økende bygningsmassen (VH Plan og bygning, 2015).
Fortettingsstrategien til Ålesund kommune legger opp til urban fortetting i bysentrum, Moa og i knutepunktene, samtidig som den stiller krav til at boligområder skal ha grønne arealer og arealer til lek. Det skal altså bygges tettere enn før, samtidig som kravene til uteoppholdsareal og lekeplasser har blitt strengere.
Tomten vi jobber med ligger på grensen mellom fortettingssone 2 og 3, og ligger derfor ikke i de mest pressede områdene, samtidig som det er få ubebygde boligtomter igjen. Tomten ligger også i umiddelbar nærhet til Moa, og det kan tenkes at grensene for fortettingssonene vil flyttes om noen år nettopp på grunn av den fortettingen som skjer i området i dag. I tillegg har kommuneplanen tilrettelagt for boligutvikling i dette området, og følgelig må vi etterkomme kravene til grønne arealer og lekeplass (VH Plan og bygning, 2015).
I kommuneplanen er det også nevnt utfordringer for vann, avløp og overvannshåndtering på grunn av klimaendringer, kombinert med den økte andelen tett flater som følge av fortettingsstrategien. Det kan derfor bli nødvendig å innføre krav til tiltak for å redusere volum og toppavrenning av overvann (VH Plan og bygning, 2015). I tillegg til å ta hånd om

overvann, vil et slikt krav være positivt da det legger til rette for bruk av blågrønne overvannsløsninger og vil gi flere grønne flater også i urbane strøk. Dette vil gi flere oppholdsareal for befolkningen, bidra til økt biologisk mangfold og ha en positiv effekt på luftkvaliteten (Det Norske Hageselskap, u.d.).

Siden tomten vi skriver om per dags dato har mangel på grønne flater, har dette blitt en viktig del av oppgaven. Her kommer grønt tak inn som et viktig aspekt for overvannshåndtering. I del 1 av oppgaven tok vi for oss grønne arealer på tomten og lekeplass.

Det er 3 hovedgrupper grønne tak, og hvilket tak man skal velge er avhengig av flere faktorer som takvinkel, pris og tilleggsformål, i tillegg til funksjonen med å redusere avrenning og minske avrenningshastigheten ved fordrøying (Noreng, et al., 2012). Siden boligblokken skal ha flatt tak, står vi fritt til å velge uavhengig av takvinkel. Hadde det derimot vært vinkel på taket, hadde intensivt tak med større planter, busker og trær vært utelukket. Det påpekes at selv om taket benevnes som flatt, så har det fall for å sikre avrenning for å unngå fuktproblemer og lekkasje (Noreng, et al., 2012).

En fordel med ekstensive tak er at de har lav byggehøyde, er relativ lette og dermed ikke krever spesiell dimensjonering av taket. Dette er nok også det billigste alternativet. En ulempe med ekstensivt tak er at det er et tak som tåler begrenset med gangtrafikk, og egne gangstier må anlegges dersom man skal bruke det som oppholdsareal (Noreng, et al., 2012). På grunn av manglende grøntareal ellers på tomten, er det et mål å utnytte taket som oppholdsareal, og taket må derfor tåle trafikken og belastningen dette medfører. Et ekstensivt tak har dermed en del begrensninger i forhold til de funksjonene vi ønsker taket skal ha.

Treslag	Binding [kg CO_2/m²/år]
Grasstak	0,5-1,3
Eik/bøk	0,5 – 0,7
Gran	1 – 1,3
Poppel	1,3
Pil	1,5 - 2

Tabell 19: CO_2 binding i grønt tak (Berge, u.d.)

Semi-intensive og intensive tak er grønne tak beregnet for ferdsel og opphold av mennesker. Disse takene er mer kostbare og krever mer vedlikehold enn ekstensive tak. Dette er med på å øke kostnadene på lang sikt i tillegg til større engangskostnad ved etablering. Intensive tak krever i tillegg god planlegging for dimensjonering på grunn av vekten (Noreng, et al., 2012). Vi ser likevel at et intensivt tak vil være den beste løsningen i vårt tilfelle, da dette er med på imøtekomme behovet for uteoppholdsareal og grønne flater. I tillegg vil et grønt tak av denne størrelsen kunne binde mellom 175-455 kg CO_2 årlig (Berge, u.d.).

En annen fordel er at et grønt tak vil virke isolerende og støydempende (Roehr & Fassman-Beck, 2015), noe som er positivt med tanke på å oppnå krav til passivhusstandard.

Et tilleggsalternativ til overvannshåndtering er å etablere et regnbed på tomten mot nord. Dette området er i dag brukt som parkeringsplass og består kun av asfalterte flater. Et regnbed vil dermed være et godt supplement for og ta unna regnvann å hindre det fra å trenge inn i konstruksjonen. Det vil også gi et estetisk løft til området (Braskerud & Paus, 2016).

5.2 Energi

Bygget vil ha et areal på 343 m^2 per etasje, altså blir totalt oppvarmet areal 1372 m^2. Vi ønsker at bygget skal oppfylle kravene til passivhus, som innebærer et varmetapstall på maksimum 0,43 W/ (m*K), samt at behov for oppvarming må ikke overstige 15 kWh per m^2 (Direktoratet for byggkvalitet, 2017). Tilstrekkelig varmetapstall vil oppnås ved å velge materialer som innfrir minimumskravene til u-verdi i alle ledd av bygningen. Andre viktige tiltak for å holde oppvarmingsbehovet under 15 kWh per m^2, er å velge konstruksjonsmaterialer med gode termiske egenskaper samt å sikre en tett bygningskropp (Andresen, 2007). Her blir gjennomføringsdetaljer viktig for å hindre kuldebroer. Det er også viktig å utnytte den sørvendte fasaden til både lys og oppvarming av de «varme» rommene. Ved å ha store vindusflater på denne fasaden sparer man energi til oppvarming flere måneder i løpet av et år og til belysning på dagtid (Andresen, 2007). På grunn av utfordringer med støy på nordsiden av bygget, må minst ett soverom i hver leilighet være sørvendt. Dette er ikke

optimalt da et soverom er et «kaldt» rom, og solen vil varme opp dette rommet i løpet av dagen slik at romtemperaturen blir ugunstig for søvn. Det er derfor viktig å sørge for solskjerming av disse soverommene. Dette kan man oppnå på forskjellige måter enten ved utspring i fasaden, mekanisk solskjerming eller vindu med integrert solskjerming (Andresen, 2007).

Som energikilde for oppvarming av vann ønsker vi å installere solfangere på taket i retning mot sør, som skal dekke minimum 50 % av netto energibehov for varmtvann i bygningen. Bygget vil ha 16 leiligheter totalt, og vi regner med maksimum 50 beboere. Det beregnes et oppvarmingsbehov for varmtvann på 3 kWh per person per døgn (Andresen, 2008), som gir at bygningens behov for oppvarming av varmtvann blir maksimum 150 kWh per døgn. Altså må solfangeranlegget dekke et energibehov på minimum 75 kWh per døgn og 27 375 kWh per år. Som tidligere nevnt kan en bolig på 200 m^2 kreve et solfangerareal på 25 m^2 for et anlegg som skal gi tappevann og varme til romoppvarming, med et utbytte på 6500kWh/år. Årlig utbytte per m^2 med solfangere blir da 260 kWh/år. Det vil si vi i vårt tilfelle, for å dekke behovet kun for oppvarming av varmt vann, vil trenge et solfangeranlegg på 105,28 m^2. Dette kan muligens oppnås ved å legge inn solfangere både langs taket og i fasaden mot sør. Dersom man tar utgangspunkt i tall fra «Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergiboliger og passivhus. En introduksjon», beregner man et solfangeranlegg på 4 m^2 for å dekke omtrent 50 % av varmtvannsbehovet til en gjennomsnittlig familie på 3-4 personer i løpet av et år (Andresen, 2008). Med dette som utgangspunkt trenger vi et solfangeranlegg på ca. 65 m^2.

Resterende energibehov vil vi foreslå at dekkes av andre energieffektive og miljøvennlige kilder, som for eksempel bergvarme.

5.3 Konstruksjonsmateriale

Ved første øyekast virker det åpenbart at en boligblokk i massivtre vil være det mest miljøvennlige alternativet basert på informasjonen i teoridelen av oppgaven, men ved nærmere undersøkelser oppdaget vi at valget ikke var så enkelt som vi opprinnelig hadde trodd. Dette er et tema som er i vinden og følgelig svært omdiskutert i bransjen. For å forsøke å finne et tydelig svar undersøkte vi to ulike studier som har vært mye omdiskutert.

En masteroppgave fra NMBU skrevet av Ida Marie Strekerud (2017) handler om forskjeller i miljøpåvirkninger gjennom livsløpet til Ullerud Helsebygg som følge av valg mellom bærende konstruksjon i massivtre eller stål og betong. Her gjør hun undersøkelser basert på anbudsgrunnlaget fra to konkurrerende løsninger hvor alternativ A er i massivtre mens alternativ B er stål og betongkonstruksjon. Konklusjonen hennes er at massivtre som konstruksjonsmateriale utgjør 45% av klimagassutslippene sammenlignet med betong over et livsløp på 60 år. Hvis man ikke inkluderer karbonlagring i skog i analysen, utgjør klimagassutslippene til bygningen i massivtre 23% sammenlignet med betong (Strekerud, 2017).

I LCA studien «Energi och klimateffektiva byggsystem – Miljövärdering av olika stomalternativ» (Kurkinen, et al., 2015), hvor de vurderte betong og massivtre med tanke på krav som bestandighet, brann, lyd og energi over et livsløp på 100 år, fant de ingen signifikante forskjeller på materialene med hensyn til klimapåvirkning eller primærenergi.

Hva er det som gjør at studiene kommer så ulikt ut i resultat?

I masteroppgaven er beregningene for massivtre basert på EPD for de aktuelle produktene, mens for betong og stål er det brukt SimaPro og for hulldekker er det brukt EPD. Det fremgår ikke av oppgaven om tallene i SimaPro er basert på «gammel» Portlandsement eller om det er basert på lavkarbonbetong, det er kun nevnt at det i stor grad er basert på gjennomsnittlige globale prosesser. For stålprofilene er det brukt tall for jomfruelig malm og ikke gjenvunnet stål, noe som ville redusert klimagasspåvirkningen (Strekerud, 2017). Dersom tallene er basert på Portlandsement og ikke lavkarbonbetong klasse A, utgjør det er forskjell på 160 kg CO_2 ekvivalenter per m^3 betong, og forskjellen mellom massivtre og betong hadde blitt betydelig mindre ved bruk av lavkarbonbetong (Røine, 2017)
I tillegg fremgår det ikke fra oppgaven om materialmengende for stål og betong er nøyaktig beregnede mengder, eller om det er benyttet andre kilder for å fastslå nødvendige tall. Man kan derfor anta at det er mulig å optimalisere betongkonstruksjonen i forhold til materialvalg og utførelse slik at dette igjen vil redusere CO_2 utslipp. Dette kan for eksempel gjøres ved å ha kortere spenn og dermed få lavere byggehøyde på elementer som etasjeskiller (Røine, 2019).

Et annet vesentlig punkt ved denne studien, er at vedlikehold er satt til 30 år. Det er dermed antatt at hulldekkeelementene må byttes ut etter 30 år, noe som gir en markant økning i bruk

av betong. Det er derimot ingenting som tilsier at det ved byggetekniske løsninger i et slikt bygg skal være nødvendig å skifte ut betongelementer i løpet av en livssyklus på 60 år.

LCA studien fra Sverige har som tidligere nevnt undersøkt ulike alternativer hvor det er små forskjeller mellom massivtre og betong. Dersom man kun ser på fasene A1-A3, noe det ofte gjøres ved en slik sammenligning, representerer massivtre kun 40-45% av utslippene sammenlignet med betong. Inkluderer man A4, B2 og B4 i vurderingen, utgjør massivtre i det beste tilfellet en 25 % reduksjon i utslippene, mens i det andre tilfellet en økning på 5% i utslippene sammenlignet med betong (Kurkinen, et al., 2015). Man kan stille spørsmål ved resultatet i den andre tilfellet hvor man har en økning i utslippene, da det er lagt til grunn omfattende utskiftning av utsatte trekonstruksjoner og hyppig maling, men behovet for dette er ikke kjent i et så langt livsløp for massivtrekonstruksjoner.

Det kan også påpekes at transportavstanden for massivtre i denne studien er lang sammenlignet med transporten for betong. Årsaken er at det kun fantes en leverandør av massivtre i Sverige da denne studien ble gjort. En annen ting i studien er at andelen massiv betong er hele 80%, mens hulldekke kun er 20%. Her kunne man nok med fordel har forsøkt å optimalisere bygningskroppen for å øke andelen hulldekke. Ved bruk av hulldekke reduserer man betongbruken med ca. 40% (Røine, 2017). Dette hadde bidratt til lavere CO_2 utslipp. I tillegg er ikke karbonatisering for betong tatt med i dette regnestykket. En «feilkilde» ved denne studien er også at de har tatt utgangspunkt i en lavkarbonbetong med ca. 50 % av karboninnholdet sammenlignet med lavkarbonbetong klasse A. Denne betongtypen er så vidt oss bekjent ikke utbredt og tilgjengelig her i Norge.

Som man kan se er det ulike studier som presenterer ulike resultat, og begge studiene har en del usikkerhetsmomenter som gjør at resultatet ikke er entydig og klart. Man kan dermed ikke bruke resultatet fra en studie for å slå fast at den ene materialet er bedre enn det andre, det er for mange faktorer og usikkerhetsmoment som spiller inn. Det er tydelig at det ikke er tilstrekkelig å vurdere informasjonen kun fra EPD, man må foreta nøyaktige beregninger for hvert enkelt prosjekt, basert på optimale prosjekterte løsninger, for å kunne ta en slik beslutning. Det er også viktig å sette det inn i et livsløpsperspektiv, å ikke bare vurdere det fra råvareuttak, produksjon, transport og bygging. Dette fordi konstruksjoner i betong har størstedelen av CO_2 utslipp i forbindelse med uttak av råvare og produksjon, mens konstruksjoner i massivtre har større utslipp over livsløp på grunn av økt energiforbruk

(Berge, 2000) (Kurkinen, et al., 2015). Dette kommer blant annet av de ulike egenskapene til materialene, og det er derfor viktig med et lengre perspektiv samt en totalvurdering av ønskede kvaliteter og ytelser.

5.3.2 Lyd

5.3.2.1 Utendørs støyskjerming og yttervegg

En boligblokk regnes som støyfølsomt bruksformål og en utfordring er at med de begrensningene som allerede foreligger på tomten, vil en del av bygget oppføres i rød støysone. Området ligger like utenfor avvikssonen for støy, vist i kommunens arealplan, Temakart D: Støysoner langs hovedvegnettet (VH Plan og bygning, 2015). En forutsetning for at området skal kunne benyttes til boligformål, er at støy tilsvarende rød støysone kan behandles som avvik i forhold til Miljøverndepartementets retningslinjer for støy i arealplanlegging, T-1442/2012. Dette med grunnlag i at området er plassert i umiddelbar nærhet til kjøpesentrene og kollektivknutepunktet på Moa, samtidig som kommuneplanen har tilrettelagt for boligformål i området. Det er i tillegg stor etterspørsel etter sentrumsnære leiligheter ved Moa sentrum. Vi vil derfor tro at det vil være mulig å få benyttet dette arealet til boligformål ved å iverksette nødvendige tiltak for å begrense innendørs støy til å overholde gjeldende regelverk. Boligen har en stille side og vil ha tilgang til egnet uteplass med tilfredsstillende støynivå.

Mot veien i nord kan man sette opp en støyskjerm eller en støyvoll. Som tabellen under viser, vil jordvoller og doble treskjermer gi omtrent den samme støyskjermingen når høyden er 2,0 m. Støyskjermingen som er brukt hos naboene på begge sider er treskjerm, så en dobbel treskjerm vil rent estetisk være et naturlig valg. En slik skjerm med høyde på 2,0 m vil gi en støyreduksjon på 16,7 dB, og ytterlige støyskjerming kan oppnås ved beplantning langs skjermen eller klatreplanter på selve støyskjermen. Dette vil også tilføye en estetisk verdi (Statens vegvesen, 2008).

Materiale / Effektiv høyde	He 0,4 m	He 0,8 m	He 1,2 m	He 1,6 m	He 2,0 m	He 2,4 m
Betongskjermer	9,4	11,4	12,6	16,6	-	-
Enkle treskjermer	9,2	11,4	12,9	13,6	14,1	13,3
Transparente skjermer	10,0	12,3	13,0	-	15,0	-
Jordvoller	9,1	11,7	13,6	15,0	16,9	16,9
Doble treskjermer	11,1	13,7	15,0	-	16,7	19,3

Tabell 20: Effekt støyskjermer (Statens vegvesen, 2008).

I tillegg til støyskjerming mot veien er valg av yttervegger viktig. Utendørs støyspekter er forskjellig for de ulike veggflatene, og avhenger av støykildens støyspekter, veggens orientering mot støykilden, skjerming, refleksjoner fra annen bebyggelse osv. I vårt tilfelle er den største utfordringen med tanke på lyd ytterveggen mot nord som er utsatt for trafikkstøy. Trafikkstøy domineres av lavfrekvent støy. Det er viktig at denne veggen er lukket og bygges i lydisolerende materialer. Betong som er en tung konstruksjon, har i utgangspunktet bedre lydisolerende egenskaper enn tre. For massive vegger som betongvegger, er den lydisolerende egenskapen direkte sammenhengende med veggens flatemasse. En høy flatevekt og dermed en tung konstruksjon, er vanskeligere å sette i bevegelse enn en lett konstruksjon (SINTEF Byggforsk, 2016).

Eksempel på konstruksjon	Tykkelse mm	Utvendig overflatebehandling/ tilleggskonstruksjon	Innvendig overflatebehandling/ tilleggskonstruksjon	R_w dB	$R_w + C_{tr}$ dB	$R_w + C_{tr}$ 50 – 5000 dB
	120	Ingen	Ingen	55	49	-
	150	Ingen	Ingen	58	52	-
	180	Ingen	Ingen	61	56	-

Tabell 21: Lydreduksjon betongvegg (SINTEF Byggforsk, 2016)

En betongvegg med tykkelse 120 mm har et veid reduksjonstall på 55 dB, noe som vil være tilstrekkelig for å oppnå tilfredsstillende støyverdier innendørs for klasse C. Tykkelsen på betongveggen må også dimensjoneres ut fra lastene den skal bære og u-verdi, men vi ser at lyd ikke blir en avgjørende faktor for veggtykkelsen.

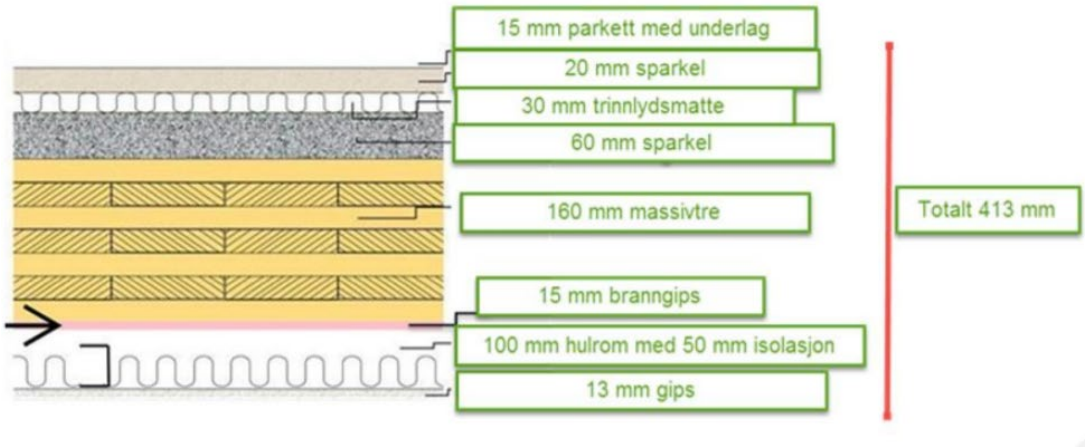
Massivtreelementer er lettere enn betong, og har dermed dårligere lyddempende egenskaper på grunn av vibrasjoner. Ved bruk av massivtre i yttervegger krever det flere tiltak for å oppnå tilstrekkelig lyddemping sammenlignet med betong (Aarstad, et al., 2008).

5.3.2.2 Støy mellom boenheter - etasjeskillere og skillevegger

Boenhetene i boligblokken havner ifølge NS 8175:2012 i lydklasse C, lydreduksjonskravet for luftlyd R`w, er minimum 55dB og trinnlydnivået, L`n,w, kan være maks 53 dB (Norsk Standard, 2012). Kravene kan oppfylles både ved bruk av plasstøpt betong, prefabrikkert betong og massivtre.

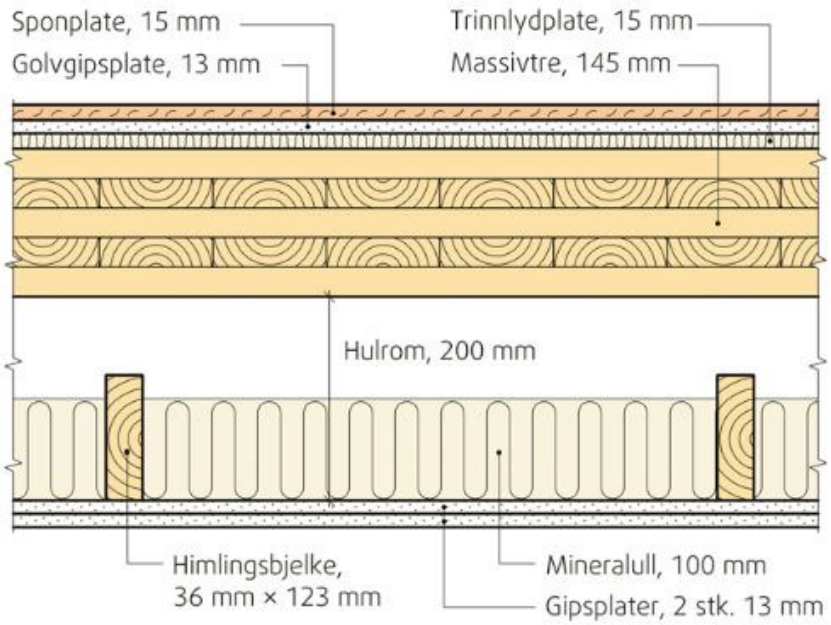
Veidekke har utført en undersøkelse der et dekke av plasstøpt betong med parkett ble sammenlignet med et dekke av massivtre. Klimafotavtrykket for massivtre var da redusert med ca. 50% sammenlignet med plasstøpt betong. Massivtre er likevel ikke et selvsagt valg, da det gjør det mye mer krevende å oppfylle kravene både til lyd og brann. Betongdekket i undersøkelsen hadde en tykkelse på 260 mm, mens dekket av massivtre ble hele 413 mm før det oppfylte kravene til lyd og brann (Nøstdal & Heen, u.d.)

En svakhet ved denne undersøkelsen er at sammenligningen er gjort med plasstøpt betong og ikke hulldekke, noe som ville redusert betongmengden med 40% (Spenncon, u.d.).



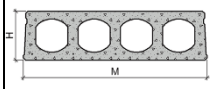
Bilde 24: Etasjeskiller i massivtre (Nøstdal & Heen, u.d.)

En annen etasjeskiller i massivtre som oppfyller kravene til lyd med luftlydisolasjon R_w = 58-60 dB og trinnlydisolasjon $L_{n,w}$ = 51-53 dB.



Bilde 25: Etasjeskiller i massivtre (SINTEF Byggforsk, 2009)

Tykkelsen på dekket i etasjene kan i vår situasjon være en avgjørende faktor for hvilket materiale vi velger, da byggets totale høyde ikke får overstige 12,5 m fra gjennomsnittlig planert terreng (Storlykken, 2003). På den andre siden kan det antas som sannsynlig at kommunen ville gitt en dispensasjon for høydekravet til fordel for et noe redusert klimafotavtrykk. Ved å bruke hulldekkeelementer reduserer man karbonavtrykket sammenlignet med Veidekkes undersøkelse, men man vil få en større byggehøyde sammenlignet med plasstøpt betong på grunn av tiltakene som er nødvendig for å imøtekomme kravene til lyd.

Dekkekonstruksjon inkludert evt. påstøp	Dekketykkelse mm	Flatemasse kg/m²	Liten flankeoverføring		Middels flankeoverføring		Stor flankeoverføring	
			$L'_{n,w}$ dB	R'_w dB	$L'_{n,w}$ dB	R'_w dB	$L'_{n,w}$ dB	R'_w dB
Hulldekker av betong (HD) med 10 mm sementbasert gulvavrettings-masse 	200 mm + 10 mm	290	-	-	82	52	84	50
	220 mm + 10 mm	340	-	-	80	53	82	51
	265 mm + 10 mm	390	76	56	78	54	81	52
	290 mm + 10 mm	430	74	57	77	55	79	53
	320 mm + 10 mm	430	74	58	76	56	79	53

Tabell 22: Lydegenskaper hulldekke (SINTEF Byggforsk, 2015).

Som vi kan lese fra tabellen gir lavtbyggende hulldekkeelementer ikke tilstrekkelig lyddempende effekt. Det er da lett med en ukritisk tilnærming til saken å havne på høyder på 340 / 400 mm for å oppnå tilfredsstillende lydkrav (Røine, 2019). Det finnes imidlertid en rekke løsninger som man kan bygge på hulldekkene som ivaretar lydkravene slik som for eksempel Granab systemet som er vist under.

Bilde 26: Granab tilfarersystem for trinn- og luftlydreduksjon (Granab Golvregelsystem, u.d.).

Her er Granab tilfarersystem montert på hulldekker HD 185 mm. Oppå er det lagt 22 mm gulvsponplate og 15 mm parkett. Denne løsningen gir trinnlyd L_{nw+c} 48 dB og lydluft R_{w+c} 59 dB (Granab Golvregelsystem, u.d.). Dette tilfredsstiller kravene til lydklasse C ifølge NS 8175 og gir en byggehøyde på 270 mm. Det gir en besparelse på 143 mm per etasjeskiller sammenlignet med massivtrealternativet til Veidekke. Totalt utgjør dette en differanse på 429 mm i total byggehøyde for de tre etasjeskillerne mellom etasjene.

I veggene som skiller leilighetene får man også de samme utfordringene med lydisolering og brannsikkerhet ved bruk av massivtre. Bærende innervegger i massivtre blir produsert på samme måte som yttervegger og monteres så mot hverandre med lydisolerende materiale i mellomsjiktet. Et eksempel på en slik vegg som oppfyller både kravene til aktuell lydklasse samt brannmotstand REI 60 er følgende vegg fra Stora Enso:

$D_{nT,w}$ (C;C_{tr}): 67 (–1;–4) dB **To lag CLT, kledning**

12,5 mm	gipskartongplate
12,5 mm	gipskartongplate
50 mm	frittstående kledning (CW-profil inkl. 50 mm mineralull)
5 mm	underlagsbånd
100 mm	**Stora Enso CLT**
40 mm	mineralull
100 mm	**Stora Enso CLT**
5 mm	underlagsbånd
50 mm	frittstående kledning inkl. 50 mm mineralull)
12,5 mm	gipskartongplate
12,5 mm	gipskartongplate

Bilde 27: Oppbygging av skillevegg i massivtre (Stora Enso, 2015).

Med betong blir problemet lydoverføring via gulv og vegger som tidligere vist i figur 1. For å unngå dette er det en fordel med lengre spenn, samt gipskledde plater på veggene. I følge Byggforskserien bør en betongvegg ha tykkelse på 200 mm mellom leiligheter (SINTEF Byggforsk, 2019).

5.3.3 Termiske egenskaper

Dagens krav til lavt energibehov for oppvarming, medfører at man ønsker å utnytte materialenes termiske egenskaper. Termisk tunge konstruksjoner virker som varmelager for energi, der overskuddsvarme fra blant annet mennesker, sol og tekniske installasjoner absorberes og lagres i konstruksjonen frem til det frigjøres når temperaturen i bygget går ned. Det er hovedsakelig tre aspekter som er med på å avgjøre materialets evne til å fungere som energireservoar. Dette er materialets evne til å holde på varme, materialets evne til å lede varme, samt hvordan disse egenskapene harmonerer med døgnsyklusen til utetemperaturen (Norsk Betongforenings Miljøkomité, 2018).

Når vi skal vurdere valg av konstruksjonsmateriale er det altså viktig å se på de ulike materialenes egenskaper. Tre har for eksempel ganske god termisk kapasitet, men fordi det har relativt dårlig varmeledningsevne, responderer konstruksjonen for sakte på variasjoner i temperaturen. Betong har derimot en kombinasjon av egenskaper som gjør det godt egnet som varmelager. Dette skyldes at betong har god termisk kapasitet samt middels varmeledningsevne. Det er hovedsakelig ved kjøling at betongens termiske egenskap slår ut på energibehovet (Norsk Betongforenings Miljøkomité, 2018).

For betongkonstruksjoner betyr dette eksponerte overflater som vegger, himling og gulv og man bør ha 40 % eksponerte overflater for en optimal utnyttelse av de termiske egenskapene. Utnyttelsesgraden er bare omtrentlig, og er avhengig av flere faktorer som plassering av massen i rommet, vindusareal og ventilasjonsteknisk løsning. En slik utnyttelse av den termiske egenskapen omtales ofte som et termo-aktivt system. Det er anslått en reduksjon i energibehovet til temperaturregulering på 5-50 % ved å utnytte betongens termiske egenskaper (Norsk Betongforenings Miljøkomité, 2018).

Det har vært betydelig vanskeligere å finne noe mer konkret om de termiske egenskapene knyttet til massivtre bortsett fra det som tidligere er nevnt innledningsvis i dette delkapittelet. Vi har derfor sendt mail til en massivtreprodusent hvor vi etterspør informasjon og betraktninger rundt denne aktuelle problemstillingen. Svaret vi fikk omhandlet massivtre og hygroskopiske egenskaper. I følge Arild Øvergaard, daglig leder ved Norsk Massivtre AS, vil den hygrotermiske effekten medføre at massivtre gir fra seg fukt når inneluften er tørr, og tar til seg fukt når inneluften er fuktig. Massivtre avgir varme når det blir fuktig, og vil på denne måten være med på å holde temperaturen mer stabil i fuktig vær (Øvergaard, 2019).

I en enebolig vil eksponerte flater i betong i form av etasjeskiller, vegg og himling lettere kunne gjennomføres, mens i en boligblokk må man også ta hensyn til strenge støykrav og brannsikkerhet. Brannsikkerheten er godt ivaretatt i en betongkonstruksjon, men lydkravene kan være kompliserte å innfri.
Problemet som kan oppstå ved å velge betong som etasjeskiller, er at man bør ha korte spenn for å oppnå lav byggehøyde, og dermed redusert betongmengde og redusert CO_2 avtrykk (Røine, 2017). Ved stive dekkeløsninger med korte spenn, vil det oppstå refleksjon av lydbølger. Disse vil ikke bare gå tilbake til dekket, men også føre til transmisjon til veggene (SINTEF Byggforsk, 2015). Dette medfører at man må gjennomføre tiltak for å unngå støyspredning fra en leilighet til en annen. Et slikt tiltak vil være gipsplater på veggene, men da har man ikke lenger eksponerte betongoverflater, og den termiske egenskapen til betong vil ikke ha samme betydning for valg av materiale. Det er mulig at Granab systemet som er vist på bilde 24 er tilstrekkelig for å unngå transmisjon til vegger, men man vil da fortsatt ha et problem med etterklangstiden i leiligheten på grunn av store harde flater (Edvardsen & Ramstad, 2017).

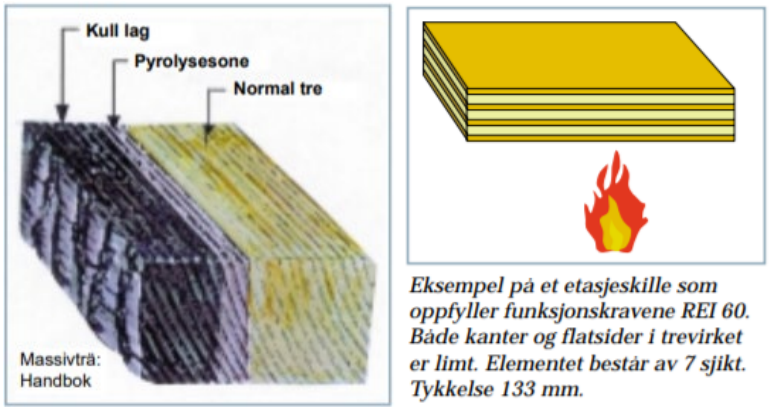
5.3.4 Brann

En boligblokk med 4 etasjer havner i brannklasse 2, og da stilles følgende krav:

Bærende hovedsystem	R60 [B60]
Sekundære, bærende bygningsdeler, etasjeskiller og takkonstruksjon	R60 [B60]
Trappeløp	R30 [B30]
Bærende bygningsdeler under øverste kjeller	R90 A2-s1, d0 [A90]
Utvendig trappeløp	R30 [B30] eller A2-s1, d0

Tabell 23: Brannklasse 2 (Regjeringen.no, 2018).

I etasjeskiller og i veggene mellom leilighetene er det krav om brannmotstand REI 60. Vi står her fritt med hensyn til valg av materialer og utførelse så lenge kravet til lyd og brannmotstand oppfylles. Massivtre elementer vil tåle svært høye temperaturer før de mister sin bæreevne, fordi trevirke som brenner utvikler et lag med forkullet tre rundt flammen. Innenfor det forkullede partiet vil trevirket ha tilnærmet uendrede fasthets- og stivhetsegenskaper. Det er gjort forsøk som viser at massivtre elementer kan oppfylle funksjonskravene REI 90 alene, og også høyere krav supplert med gips eller andre brannhemmende materialer (Aarstad, et al., 2008).



Bilde 28: Brannpåkjent massivtre (Aarstad, et al., 2008).

Betong regnes å være et ubrennbart materiale. Den har stor varmekapasitet som «kjøler ned» brannen, forlenger tiden til overtenning og forsinker varmegjennomtrengning. Gjennom et

fullstendig brannforløp skal betong kunne opprettholde tilfredsstillende bæreevne og stabilitet, og den skal normalt kunne rehabiliteres etter en brann (Vik, 2015).
Siden betong ikke brenner, kan den ikke bli opphav til røyk eller giftige gasser. Både nasjonale og europeiske brannsikkerhetskrav oppfylles med god margin, og en bygning i betong kan stå imot brann i ca. en time (Ferdigbetong AS, u.d.).

Betong har likevel klare begrensninger. I en brann med normal energiutvikling vil plasstøpt betong være til å stole på. I en konstruksjon av betongelementer vil det kunne oppstå svekkelser som fører til sammenrasninger ved en brann med høy energi. Betong skaller av ved oppvarming, og konsekvensen er at armeringen blottlegges og konstruksjonen blir varig svekket. Avskalling kan opptre på ulike måter, men farligste formen er eksplosiv avskalling, som kan opptre ved hurtig oppvarming. En slik avskalling kan inntreffe allerede få minutter etter første brannpåkjenning. Den kan opptre på ulike måter, fra små betongbiter som skytes ut, til deler av dragere som eksploderer. Hovedårsaken til eksplosiv avskalling er at det bygges opp høye damptrykk nær betongoverflaten, og betongen vil til slutt ikke kunne motstå trykket. Betongens fuktinnhold er altså en avgjørende faktor, og dermed er nyere konstruksjoner mer utsatt for avskalling enn eldre konstruksjoner. Høyfast og tett betong er spesielt utsatt for eksplosiv avskalling (BRANNMANNEN, 2015).

6.0 Resultat

6.1 Materialvalg

Som vi har sett kan man ikke ta materialvalg basert på lignende prosjekter eller EPD alene. Man er avhengig av en optimal detaljprosjektering av prosjektet samt en livsløpsanalyse for å kunne ta et velinformert valg. I tillegg er det viktig å vurdere materialenes egenskaper, og hvordan de best kan utnyttes i det aktuelle prosjektet. Dette er blant annet avhengig av bygningens form og orientering. Vi har endt opp med en konstruksjon som er kombinert betong og massivtre.

I vår oppgave er det ikke mulig å gjennomføre en livsløpsanalyse, og heller ikke en optimal detaljprosjektering, da det er for tidkrevende og omfattende. Vi har satt oss inn i hvilke vurderinger og hvilken kunnskap som er viktig for å kunne gjennomføre dette, men har basert vårt valg på bakgrunn av den kunnskapen vi har tilegnet oss – og hvordan materialenes egenskaper kan utnyttes på best mulig måte i vårt tilfelle.

Parkeringskjelleren og etasjeskiller mellom parkeringskjeller og 1. etasje blir prosjektert i lavkarbonbetong tilpasset eksponeringsklasse og forhold. Hele langveggen mot nord blir også prosjektert i lavkarbonbetong ut fra eksponeringsklasse. Her velger vi betong fordi det er en tung konstruksjon, som reduserer lavfrekvent støy spesielt godt (SINTEF Byggforsk, 2016). Dette er viktig da tomten ligger ugunstig til med tanke på støyforhold.

Sørfasaden blir en åpen fasade med store vindusflater og solfangere integrert i fasaden for å utnytte solvarme. Det mest gunstige med tanke på utnytting av solenergi hadde vært eksponerte betongoverflater på innvendige vegger, himling og gulv da betong har bedre termiske egenskaper enn massivtre (Norsk Betongforenings Miljøkomité, 2018). På denne måten blir energibehovet i byggets livsløp redusert på grunn av varmelagring i betongen, og nedkjøling på nattestid. Problemet med eksponerte flater i en slik konstruksjon, er at vi vil få problemer med lydoverføring mellom boenhetene. Dette blir et enda større problem, slik vi har forstått det, med en miljøvennlig betongkonstruksjon da det øker transmisjonen på grunn av lav byggehøyde og korte spenn (SINTEF Byggforsk, 2015). For å unngå lydproblematikk må man gjøre tiltak som platekledde vegger, nedsenket himling med plater samt trinnlydsplater og parkett på gulv. Da sitter man igjen med en betongkonstruksjon uten eksponerte overflater, og argumentet med betongens termiske egenskaper faller bort.

Valget vi tok var derfor å bruke massivtre på de resterende fasadene, etasjeskillere samt skillevegger mellom boenheter. Det er viktig å ta hensyn til lydtransmisjon mellom boenhetene også med massivtre, men her er vi ikke avhengig av eksponerte flater for å utnytte termiske egenskaper. Massivtre har også den positive effekten ved at det avgir varme når det tar opp fukt (Øvergaard, 2019). I tillegg oppleves ofte tre som et pustende og naturnært materiale, noe som er positivt for inneklimaet (Treindustrien, 2013).

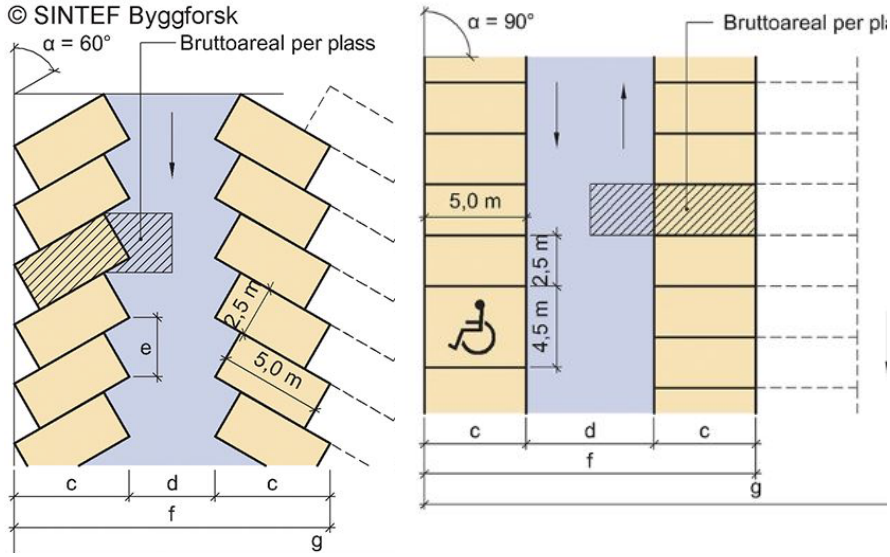
Det er spesielt gjennomføringene som er viktige for å oppnå kravene til u-verdi, tetthet, lyd og brann. Både betong og massivtre krever isolasjon for å kunne oppnå kravene til passivhus. Isolering er viktig for å redusere energibehovet til konstruksjonen, og er også et tiltak som ikke lar seg påvirke av brukervanene til beboerne (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). Gjennomføringer i knutepunkt er spesielt viktig for å forhindre lydtransmisjon mellom leilighetene. Det er vist at tiltak som elastisk opplager er et tiltak som er gunstig for å redusere lydtransmisjonen i en massivtrekonstruksjon. Man må bruke skruer for å sammenføye vegger og dekker, men det er viktig at det elastiske opplageret blir minst mulig perforert (Norsk Treteknisk Institutt, 2010).

Massivtre har lavere CO_2 utslipp i forbindelse med råvareuttak og produksjon sammenlignet med lavkarbonbetong. Det er gjennom livsløpet med tanke på energiforbruk det jevner seg ut mellom massivtre og betong (Kurkinen, et al., 2015). Siden massivtrekonstruksjoner har et høyere energibehov enn en betongkonstruksjon, må vi derfor bruke solfangere for å dekke 50 % av varmtvannsbehovet samt miljøvennlig og fornybar energi til å dekke resterende oppvarming av tappevann og oppvarming av rom. Et godt alternativ for å oppnå dette er bergvarme som reduserer energibehovet med opptil 80 % (NIBE, u.d.). I tillegg har vi en kompakt bygningsform med lite utstikk, noe som er gunstig med hensyn til energisparing (Lysen, 1996).

6.2 Bæresystem

Vi har valgt parkeringskjeller i lavkarbonbetong. Her får vi bærende yttervegger, samt bærende søyler. På grunn av at parkeringskjelleren er større enn selve boligblokken, vil vi måtte bruke søyler som blir noe ugunstig plassert for å ta opp kreftene fra ytterveggene i

konstruksjonen. For å unngå at arealet i parkeringskjeller blir «ødelagt» av mange og ugunstig plasserte søyler, har vi valgt få søyler og dermed lange spenn på bjelkene.
Med ødelagt mener vi at vi ikke får utnyttet arealet til tilstrekkelig parkeringsplasser da det er krav til bruttoareal per parkeringsplass. Denne avhenger av vinkelen på parkeringsplassen, lengden på parkeringsplassen og krav til avstand mellom to rekker med parkeringsplasser for å kunne snu (SINTEF Byggforsk, 2015). Se illustrasjoner under.



Bilde 29: Bruttoareal per parkeringsplass (SINTEF Byggforsk, 2015).

Når vi regnet på bjelkene kom vi frem til at en betongbjelke ikke vil være tilstrekkelig da det blir for langt spenn. Når vi regnet på bjelkene gikk vi ut fra en antagelse om at de bærende veggene i massivtre vil være så stive at det vil oppstå minimal nedbøying, og at kreftene fra de overliggende etasjene dermed vil overføres direkte til søylene og ikke bjelkene. Vi har også valgt å utnytte de veggene vi må ha i kjeller til teknisk rom og vegg mot boder til bærende vegger. Dette for å korte ned spennvidden der det er mulig.

Platen mellom parkeringskjeller og 1. etasje samt taket er plasstøpt enveisplate. Dette har vi valgt på grunn av formen til boligblokken med 4 gjennomgående leiligheter, der vi får bærende skillevegger som også er gjennomgående. Vi vil derfor få kortest spennvidde mellom yttervegg og bærende skillevegg samt mellom skillevegger. Spennvidden mellom ytterveggene på bygningen i motsatt retning vil være lengre, og vi ser derfor ingen hensikt i en toveisplate da det ikke er stort belastningsareal som vil bli overført til yttervegger. I tillegg er de bærende innerveggene i massivtre så stive at de ikke vil ha problem med å ta opp kreftene fra en enveisplate. Da virker det overdrevent og lite miljøvennlig med en toveisplate

siden det krever mer arbeid i form av forskaling, armering, samt støping av flere bjelker (Larsen, 2008).

Vi kunne valgt et tak av massivtre i stedet for lavkarbonbetong, men følte det ville være et litt utrygt valg med tanke på mulige lekkasjer og råte som følge av grønt tak.
De bærende skilleveggene i massivtre er plassert på samme sted i alle etasjene slik at spennvidden er lik i alle etasjer og at lastene går rett ned gjennom disse veggene. Dette gir et mye enklere system å regne på enn om de ikke hadde vært plassert rett over hverandre.
Resten av bæresystemet består av ytterveggene, hvor veggen mot nord er plasstøpt lavkarbonbetong, mens resterende vegger er massivtreelementer, samt etasjeskillere i massivtre.

6.3 Oppbygging og u-verdi for tak, etasjeskiller, bærende innervegger og yttervegger

Her vil vi presentere oppbyggingen av overnevnte konstruksjonselementer vi har valgt, basert på teori og drøfting av teori, for å oppfylle kravene til lyd, brann samt u-verdi der det er nødvendig.

6.3.1 Semi intensivt tak

For grønne tak med beplantning beregnet for opphold og ferdsel er det viktig å tenke på bestandige membraner som hindrer lekkasjer og dermed fuktskader. Et slikt tak bygges opp som et omvendt tak med isolasjonen over membranen, og isolasjonene må tåle minst 60 kN/m^2 ved 10% deformasjon (SINTEF Byggforsk, 2018) (Noreng, et al., 2012). Følgende oppbygging av grønt tak gir en u-verdi på 0,082 W/(m^2*K), noe som tilfredsstiller kravet til passivhus som er ≤ 0,09 W/(m^2*K). Tykkelsen på betongdekket er dimensjonert ut fra laster som vil opptre på konstruksjonen. Beregningen av u-verdien er forenklet da vi ikke har tatt med bidrag fra membran, rotsperre og dampsperre, men antar at dette bidraget er så minimalt at det er overflødig.

Vekstmedium	250 mm
Drenerende lag	15 mm
Rotsperre	1 mm
Takmembran	7,9 mm
Isolasjon XPS	450 mm
Dampsperre	0,2 mm
Armert betongdekke	200 mm
Total byggehøyde	924,1 mm

Tabell 24: Oppbygging av semi-intensivt tak

XPS har λ 0,034 (GLAVA Isolasjon, u.d.), og med uttørkingsklasse 4 blir λ_d: 1,13 * 0,034 = 0,038

100mm vegetasjon, jord og drenssjikt tilsvarer ca. 3-4 mm isolasjon med λ 0,037. Med 265 mm vekstmedium og drenerende lag utgjør dette ca. 9mm isolasjon. For enkelhetsskyld settes λ 0,038 også for dette laget. Da blir det til sammen 459 mm isolasjon med λ 0,038. Armert betong har λ 2,5.

R_b : $\frac{0{,}2m}{2{,}5}$ = 0,08 R_i : $\frac{0{,}459m}{0{,}038}$ = 12,08 R_T = 12,16

U = $\frac{1}{R_T}$ → U_{tak} = $\frac{1}{12{,}16}$ = 0,082 W/(m^2*K).

Siden beplantningen på taket skal fungere som et vanlig uteområde, trengs det ingen branntekniske tiltak (SINTEF Byggforsk, 2018) (SINTEF Byggforsk, 2003) (SINTEF Byggforsk, 2009).

6.3.2 Etasjeskiller

Denne oppbyggingen av etasjeskiller er basert på etasjeskilleren prosjektert av Sintef Byggforsk (SINTEF Byggforsk, 2009) som oppfyller kravene til lyd og brann, men vi har 240 mm massivtre på bakgrunn av beregninger i Calculatis. Se vedlegg for beregninger.

Parkett med underlag	15 mm
Sponplate	15 mm
Gulvgipsplate	13 mm
Trinnlydplate	15 mm
Massivtre	240 mm
Hulrom med 100 mm isolasjon	200 mm
Gipsplate	13 mm
Gipsplate	13 mm
Totalt	524 mm

Tabell 25: Oppbygging av etasjeskiller i massivtre

6.3.3 Yttervegg massivtre

Ytterveggene i massivtre består av et bærende element i massivtre, trykkfast isolasjon samt ytterkledning i massivtre (Stora Enso, 2015). Tykkelsen på det bærende elementet er basert på utregninger i Calculatis, men vi har forenklet ved å ikke inkludere vinduer og dør i beregningen. Følgende oppbygging gir en u-verdi på 0,10 W/(m^2*K), og tilfredsstiller kravet til passivhus som er 0,11 W/(m^2*K).

Bærende massivtre	140 mm
Trykkfast isolasjon (Flexi A-plate fra Rockwool)	350 mm
Ytterkledning massivtre	60 mm
Totalt	550 mm

Tabell 26: Oppbygging yttervegg massivtre

Flexi A-plate har λ_d= 0,037, og massivtre har λ = 0,13 (Aarstad, et al., 2008).

Dette gir R_i : $\frac{0,35m}{0,037}$ = 8,1 R_m : $\frac{0,2m}{0,13}$ = 1,54 R_T = 9,62

U = $\frac{1}{R_T}$ → U_{vegg} = $\frac{1}{9,62}$ = 0,10 W/(m^2*K).

Flexi A-plate uten papir har god lydabsorberende evne, og er diffusjonsåpen. Dette gjør at vanndamp kan passere materialsjiktet uten å kondensere. I tillegg har den god motstandsevne mot brann da den tåler minimum 1000 grader før den smelter. På grunn av den spesielle monteringsmetoden er den også godt egnet for å unngå kuldebroer (ROCKWOOL, u.d.).

6.3.4 Yttervegg betong

Ytterveggen av betong må tilfredsstille kravet til lyd, brann samt u-verdi. Følgende vegg oppfyller alle krav og har en u-verdi på 0,085 W/(m^2*K). Kravet for yttervegger i passivhus er 0,11 W/(m^2*K). For EPS er λ 0,031 (JACKON Isolasjon, u.d.).

Murpuss	10 mm
EPS	300 mm
Betong	200 mm
EPS	50 mm
Innvendig platekledning/gips	13 mm

Tabell 27: Oppbygging yttervegg betong

R_b : $\frac{0,2m}{2,5}$ = 0,08 R_i : $\frac{0,350m}{0,031}$ = 11.39 R_p : $\frac{0,01m}{1,0}$ = 0,01 R_g : $\frac{0,013m}{0,06}$ = 0,22 R_T = 11,7

U = $\frac{1}{R_T}$ → U_{vegg} = $\frac{1}{11,7}$ = 0,085 W/(m^2*K).

For dør og vindu må vi oppfylle kravet til 0,75 W/(m^2*K) (Direktoratet for byggkvalitet, 2018).

Viser til tabell 28 for bærende betongvegger med slankhet mindre enn 25. Valgt tykkelse på betongveggen er 200 mm. Vi antar en utnyttelse på maks 0,70 og at veggen er eksponert for brann på en side, og ser at en veggtykkelse på 200 mm oppfyller kravet til brannmotstand REI 60 med god margin (SINTEF Byggforsk, 2008).

Tabell 52
Brannmotstand for bærende vegger med slankhet, $l_k/t \leq 25$ [823]

Brannmotstand	Minste veggtykkelse/armeringsdybde (mm) avhengig av utnyttelse			
	μ_{fi} = 0,35		μ_{fi} = 0,70	
	Eksponert på én side	Eksponert på to sider	Eksponert på én side	Eksponert på to sider
REI 30 A2-s1,d0 (A 30)	100/10[1)]	120/10[1)]	120/10[1)]	120/10[1)]
REI 60 A2-s1,d0 (A 60)	110/10[1)]	120/10[1)]	130/10[1)]	140/10[1)]
REI 90 A2-s1,d0 (A 90)	120/20[1)]	140/10[1)]	140/25	170/25
REI 120 A2-s1,d0 (A 120)	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180 A2-s1,d0 (A 180)	180/45	200/45	210/55	300/55
REI 240 A2-s1,d0 (A 240)	230/60	250/60	270/70	360/70

[1)] Overstyres av andre krav til overdekning (korrosjon, heft)

Tabell 28: Brannmotstand for bærende vegger. Tabell 52 i (SINTEF Byggforsk, 2008).

6.3.5 Plate 1 etasje over parkeringskjeller

Kravet for u-verdi for golv på grunn er 0,11 W/(m^2*K). I vårt tilfelle er ikke gulvet på grunn, men over parkeringskjeller. Forholder oss likevel til det samme kravet (Direktoratet for byggkvalitet, 2018).

Parkett med underlag	15 mm
Gulvplate	12 mm
Evt. Radonmembran/fuktsperre	1 mm
Isolasjon XPS	300 mm
Armert betongdekke	200 mm

XPS har λ 0,034 og armert betong har λ 2,5 (GLAVA Isolasjon, u.d.) (SINTEF Byggforsk, 2003).

$R_b : \frac{0{,}2m}{2{,}5} = 0{,}08 \qquad R_i : \frac{0{,}30m}{0{,}034} = 8{,}82 \qquad R_T = 9{,}62$

$U = \frac{1}{R_T} \rightarrow U_{tak} = \frac{1}{9.62} = 0{,}104$ W/(m^2*K).

Viser til tabell 41, Byggforskartikkel 520.321 Brannmotstand for etasjeskillere, og ser at valgt dekketykkelse i etasjeskiller på 200 mm er mer enn tilstrekkelig for å oppfylle kravet til brannmotstand på REI 90 (SINTEF Byggforsk, 2008).

Tabell 41
Minste dekketykkelse og minste armeringsdybde etter NS 3473 for fritt opplagte betongplater, avhengig av kravet til brannmotstand

Brannmotstand	Dekke-tykkelse, d mm	Armeringsdybde, a (mm)		
		Enveis plater	Toveisplater	
			$l_y/l_x \leq 1,5$	$1,5 < l_y/l_x \leq 2$
REI 30 A2-s1,d0 (A 30)	60	10[1)]	10[1)]	10[1)]
REI 60 A2-s1,d0 (A 60)	80	20	10[1)]	15[1)]
REI 90 A2-s1,d0 (A 90)	100	30	15[1)]	20
REI 120 A2-s1,d0 (A 120)	120	40	20	25
REI 180 A2-s1,d0 (A 180)	150	55	30	40
REI 240 A2-s1,d0 (A 240)	175	65	40	50

[1)] Vil bli overstyrt av andre krav til overdekning (korrosjon, heft)

Tabell 29: Brannmotstand for etasjeskillere. Tabell 41 i (SINTEF Byggforsk, 2008).

6.3.6 Bærende skillevegg

Den bærende skilleveggen må oppfylle krav til både lydoverføring samt brannsikkerhet. Veggen vi har valgt tar utgangspunkt i løsningen skissert av Stora Enso, men basert på beregninger i Calculatis har vi endret dimensjonen på tykkelsen av massivtreelementet (Stora Enso, 2015).

Gipsplate	13 mm
Gipsplate	13 mm
Frittstående kledning med 50mm isolasjon (Flexi A-plate)	50 mm
Underlagsbånd	5 mm
Massivtreelement	80 mm
Isolasjon (Flexi A-plate)	40 mm
Massivtreelement	80 mm
Underlagsbånd	5 mm

Frittstående kledning med 50mm isolasjon (Flexi A-plate)	50 mm
Gipsplate	13 mm
Gipsplate	13 mm

Tabell 30: Oppbygging for bærende skillevegg

Med 2 lag gipsplater på hver side i tillegg til isolasjon med god brannmotstand, som Flexi A-plate fra Rockwool, og egenskapene til massivtre oppfyller denne veggen kravene til REI 60. Den preaksepterte løsningen fra Stora Enso innfrir også kravene til lydklasse C med lydreduksjonstall R_w 61 (Stora Enso, 2015).

6.4 Lastberegning

Lastberegninger er foretatt for hånd, i Calculatis og i Eurocode Express. Vi har foretatt lastberegninger av tak, yttervegg i massivtre, etasjeskiller i massivtre, samt mest belastet søyle og bjelke i parkeringskjeller. Vi tok ikke beregninger på plate mellom parkeringskjeller og 1. etasje, da denne har samme dimensjoner som takplaten i tillegg til at den har mindre laster. Beregningen er lagt ved oppgaven som vedlegg. Dimensjonerende laster er tatt fra Byggforskartikkel 471.031 samt snølaster fra lastkompedium (SINTEF Byggforsk, 2013) (Rørvik & Årskog, 2010).
Alle beregningene vi har foretatt, bortsett fra bjelken med størst spenn i parkeringskjeller, viser at konstruksjonen oppfyller kravene. For beregningsgrunnlaget for bjelken har vi i samråd med biveileder antatt at veggene i etasjene over som består av massivtreelementer, er så stive at det vil bli minimal nedbøying, og at kreftene fra de overliggende etasjene dermed vil gå rett i søylene. Til tross for dette blir spennet for stort og vi må enten sette inn en ekstra søyle eller bruke HEM stålbjelke for å ta opp kreftene. Det mest gunstige valget vil ifølge biveileder Kristian Normann være å benytte en HEM bjelke for å unngå en ekstra søyle. Dette for å kunne utnytte arealet i parkeringskjelleren på best mulig måte. På grunn av omfanget av oppgaven, samt problemer med å kombinere ulike materialer i Eurocode Express, rakk vi ikke å gjennomføre nye beregninger på HEM bjelke.

Vi har på grunn av tidspress heller ikke foretatt jordskjelvberegninger. Dette kan også forsvares med at fokuset i denne oppgaven ikke går på konstruksjonsmessige beregninger, men utnyttelse av en resttomt og hvordan man kan bygge miljøvennlig.

Vi har heller ikke foretatt beregning av vindlaster med samme begrunnelse som over. Vi tror derimot at det prosjekterte bygget vil tåle dimensjonerende vindlaster, da den bærende konstruksjonen består av massivtreelementer samt plasstøpt betong. Disse elementene er svært stive, og vil oppføre seg som avstivende skiver som tar opp vindkreftene

6.5 Vurdering bygningsform

For å redusere energibehovet til bygningen og dermed oppnå kravene som stilles til passivhus er det flere faktorer som er viktig å tenke på. Blant annet er formen og orienteringen på bygget viktige faktorer (Lysen, 1996).

På grunn av utfordringene knyttet til tomten og de restriksjonene som ligger til grunn, er formen til boligblokken satt ut fra disse premissene. På grunn av formen på tomten får vi heldigvis utnyttet bygningsformen fult ut i forhold til det som er optimalt med tanke på bruk av solenergi og støydemping. Fasaden mot nord hvor det er lite sol, blir en lukket fasade for å dempe trafikkstøy. Fasaden mot sør ligger på stille side, og dette gir gode muligheter for å utnytte solenergi til oppvarming av rom samt bruk av solfangere på tak og integrert i fasaden. En åpen fasade mot sør vil også gi mye lys, og en kan dermed spare energi på belysning store deler av dagen i de lyse periodene i året. Vi får også en kompakt bygningsform med lite utstikk, noe som også er med på å redusere varmetapet og energibehovet (Hestnes & Andresen, 1996) (Lysen, 1996).

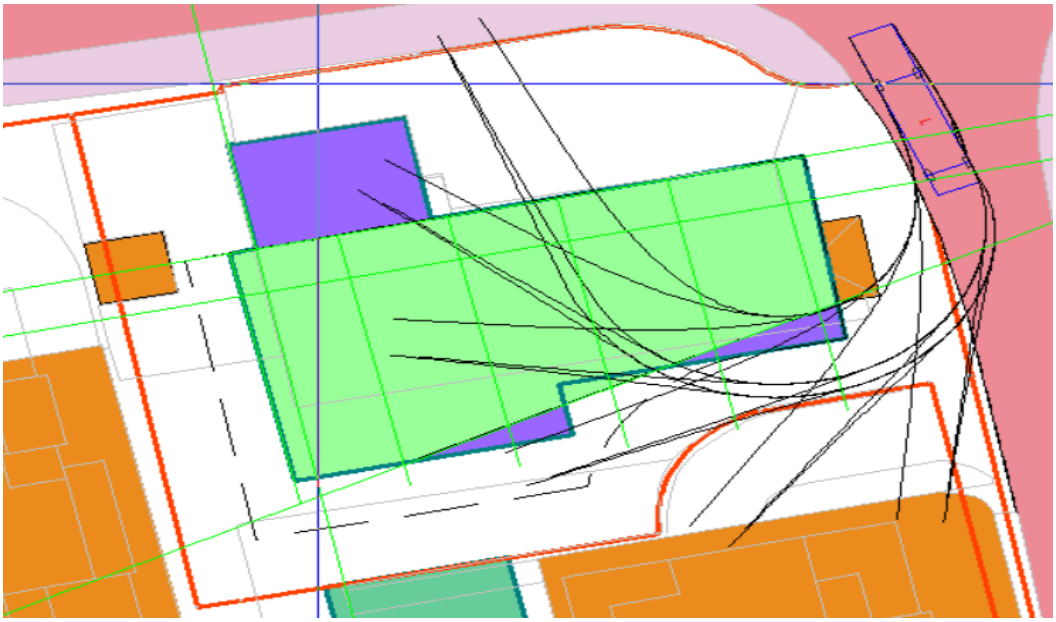
På denne måten får redusert behovet for energi ved utnyttelse av passive strategier, i tillegg til at vi får utnyttet solen som fornybar energikilde. Taket vil inneholde en takterrasse på 369 m^2. Her vil det også plasseres et solfangeranlegg mot sør. Solfangeranlegget vil være på omtrent 69 m^2, og vil dermed kunne dekke 50 % av behovet for varmtvannsoppvarming i boligen. (Lysen, 1996). Resterende energibehov til oppvarming av rom og tappevann vil dekkes av en bergvarmepumpe.

Vi vurderer at med boligblokkens utforming, med en lengde på i overkant av 31 m, vil det være naturlig å dele hver etasje inn i fire leiligheter. Dette vil gi en bredde på i underkant av 8 m per leilighet, som gjør det mulig å oppfylle kravene om at alle boenhetene skal være gjennomgående og ha oppholdsrom og 50 % av soverom med vindu mot stille side. Alle

oppholdsrom og soverom er plassert mot yttervegg med vindu for å oppfylle kravene om dagslys. Vindu på soverom oppfyller størrelseskravene som rømningsvei. Hver leilighet er en egen branncelle, og veggene mellom leilighetene samt etasjeskillere oppfyller kravet til brannmotstand REI 60. Bredde på svalgangen er 2 m, og lengste avstand fra inngangsparti til trapp er 4,4 m. Det er derfor ikke behov for ytterligere rømningstrapp. Alle boenhetene har trinnfri adkomst, og oppfyller kravene til tilgjengelig boenhet. I og med at bygningsformen er skrå på sørsiden vil størrelsen på leilighetene variere fra 59 m^2 til 91 m^2. Se vedlegg for forslag til planløsning som oppfyller nevnte krav.

Parkeringskjelleren under bakkenivå er større enn resten av bygget, med et totalt areal på 688 m^2. Det gir rom for å legge all parkering av biler og sykler under bakkenivå. Boder vil også plasseres her. Se vedlegg for forslag til utforming.

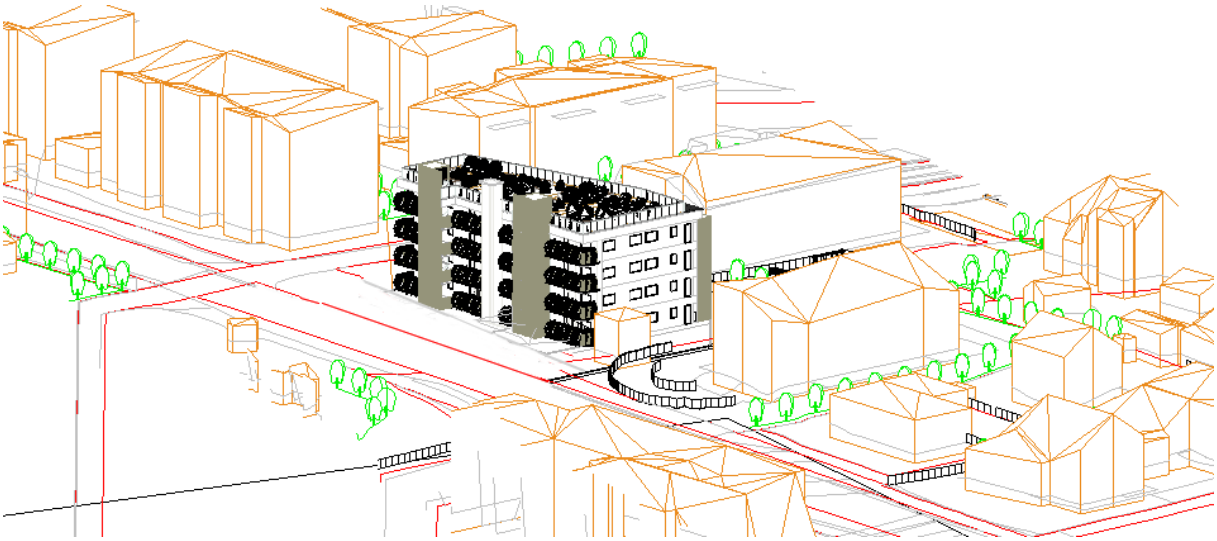
Adkomst for brannbil og søppelbil gjør at vi har valgt en skrå form mot sør. Vi har valgt å trekke bygget litt inn fra adkomstveien, noe som gir plass til balkong også for leilighetene i 1. etasje. Parkeringskjelleren vil ligge under bakkenivå, og vi velger også å legge boder her for å spare plass inne i leilighetene.



Bilde 30: Illustrasjon over tomten. Lilla figur viser bygningens potensielle form hvis det ikke måtte tas hensyn til naboens adkomstrett, og hvis «ny del» av eksisterende bygning ble beholdt. Grønn figur viser valgt bygningsform for den prosjekterte boligblokken. De svarte linjene viser svingradius for stor bil (brannbil/renovasjonsbil). Rød linje er tomtegrensen og svart stiplet linje er tegnet 4 m fra tomtegrensen mot naboer (Powel Construction, u.d.).

Bildet er hentet fra programmet Gemini terreng og entreprenør, som var et viktig verktøy da byggets utforming skulle bestemmes. Bakgrunnskartet med eksisterende terreng, veier og bygninger er lagt inn som SOSI-fil. Framgangsmåten vi brukte for å for å komme fram til bygningsformen, var å først tegne en stiplet linje 4 meter fra tomtegrensen. Deretter målte vi avstanden fra stiplet linje og til nabobebyggelsen, som viste seg å være langt under kravet til nabobebyggelse på 8 m. Vi tegnet deretter en ny linje 8 meter fra de eksisterende bygningene og langs byggelinjene mot vei. Her ble også den delen av det eksisterende bygget som ligger over byggelinjen mot veien beholdt. Dette er vist som lilla figur på bildet. Deretter måtte det tas hensyn til adkomstveien til bygningen mot vest, og vi la inn en figur som viser nødvendig plass og svingradius for lastebil. Som bildet viser trenger en lastebil mye plass, og om bygget skulle hatt en kvadratisk form ville arealet blitt betydelig mindre. Valgt bygningsform ble dermed som grønn figur viser på neste side.

Siden begrunnelsen til at vi ikke kunne bygge utenfor byggegrensen mot veien i nord var støyproblematikk, velger vi å bygge svalgang og heissjakt utenfor byggelinjen slik at selve blokken er innenfor. Dette fordi det ifølge saksbehandler i Ålesund kommune ville være uproblematisk med dispensasjon for lite støyfølsom bebyggelse som parkering, boder og nedkjøring til garasje.



Bilde 31: Illustrasjon av boligblokk med eksisterende bebyggelse (Powel Construction, u.d.).

Bilde 32: Illustrasjon av boligblokk fra Lumion

Bilde 33: Illustrasjon fra Lumion

7.0 Konklusjon

Oppgavens første problemstilling har vært å se på hvordan tomten kan gjøres om til en attraktiv boligtomt, og hvordan utfordringene knyttet til utnyttelsen av tomten kan løses. Fortettingsstrategien til Ålesund kommune legger opp til en sterk og urban fortetting i sentrumsområder, som en konsekvens er det økende krav til grønne arealer og arealer til lek.

Her har vi sett at de forholdene som blir viktige er å redusere andelen asfalterte flater og erstatte de med grønne arealer og lekeplass. Dette er viktig for det estetiske og miljøet, samt for å oppfylle krav til oppholdsareal, lek og overvannshåndtering.

Når man skal utnytte potensialet til en resttomt er det viktig å tenke helhetlig for å utnytte potensialet på best mulig måte til tross for de begrensningene som ligger til grunn. Dette er grønne tak et eksempel på. Ved å utnytte takets flate som oppholdsareal, får man økt andel grønne flater til tross for mangel på disponibelt areal som følge av adkomstrett. Arealet mellom bygget og veien mot nord er ikke egnet som uteoppholdsareal på grunn av både trafikkstøy og solforhold, men vi mener likevel at et regnbed her vil gi et godt estetisk inntrykk og bidra til god overvannshåndtering.

Tiltakene som er nevnt over anser vi som viktige for å oppfylle kravene til utendørs oppholdsareal, lekeplass og overvannshåndtering. De er også med på å løfte det estetiske inntrykket og miljøprofilen til tomten.

På grunn av tomtestørrelse, plassering av bygget på grunn av byggegrenser og adkomstrett for naboer, mangler det tilstrekkelig areal på tomten til å oppfylle kravene til stor nok lekeplass ut fra antall boenheter. Vi måtte derfor se på området i helhet for å finne et friareal som kan opparbeides som lekeplass etter avtale med kommunen. Dette vil utløse dispensasjonssøknad.

En annen viktig faktor for å få en attraktiv boligblokk er privat uteområde i tillegg til fellesområder. Et kompromiss vi måtte gjøre var å trekke bygget inn fra byggegrensen mot sør for å få plass til uteareal for leilighetene i 1. og 2. etasje. Dette medfører redusert bruksareal for leilighetene, men fordelen med privat uteplass må sies å være større enn ulempen det medfører. Vi måtte trekke bygget inn fra byggegrensen da vi ikke klarte å finne en annen optimal løsning for adkomstretten for naboer og utrykningskjøretøy.

Forslaget til planløsning viser at det med valgt inndeling i leiligheter er mulig å oppfylle kravene om at oppholdsrom og 50 % av soverom i hver boenhet skal ha vindu mot stille side. Leilighetene varierer i størrelse, noe vi mener er positivt for å treffe et bredere boligkjøpermarked. Vi viser også et forslag til en løsning i parkeringskjelleren under bakkenivå som gjør det mulig å legge tilstrekkelig parkering av både biler og sykler for alle boenhetene her. Boder til alle boenhetene kan også legges i parkeringskjelleren. På denne måten vil behovet for asfalterte flater over bakkenivå minimeres. I utformingen av fasader og takterrasse har det vært fokusert på at bygget skal gi et godt estetisk inntrykk, og det også her brukt mye grønt.

Den andre problemstillingen vi har sett på er hvilke vurderinger og tiltak som er nødvendige for å få et miljøvennlig bygg. Igjen er det viktig med en helhetlig tilnærming til problemstillingen for å finne optimal løsning for en miljøvennlig boligblokk. For vårt prosjekt var det ikke bare viktig med CO_2-utslippene i forbindelse med uttak, fremstilling og levering av konstruksjonsmaterialene, men også egenskapene til materialene og hvordan de kan utnyttes på best mulig måte ble avgjørende for valgene vi tok. Også formen og orienteringen til boligblokken var en viktig faktor, da en kompakt bygningskropp med åpen fasade mot sør reduserer energibehovet ved passiv oppvarming av solenergi. En orientering mot sør medfører også at vi får mest mulig effekt av solfangeranlegget.

Å bygge miljøvennlig er mer enn å oppfylle kravene til u-verdi, lekkasjetall og energibehov. Hvilket konstruksjonsmateriale man bruker, og hvordan man utnytter egenskapene er også en viktig faktor for å bygge miljøvennlig. Her er det viktig at man ikke tar beslutninger basert på andre lignende prosjekter eller kun basert på EPD alene. Det er viktig med en helhetlig vurdering basert på et optimalt prosjektert prosjekt. Det er tydelig at det er behov for økt kunnskap og bruk av LCA for å kunne bygge mer miljøvennlig og reduserer CO_2- utslipp fra byggebransjen. Dette krever kompetanseheving og tverrfaglig samarbeid. I tillegg kreves det mer helhetlig arealplanlegging i kommunen hvor man for eksempel tilrettelegger for å bygge mer i høyden i sentrumsområder. Dette vil kunne frigjøre mer areal på bakkeplan til grønne arealer, noe som er positivt for både mennesker, luftkvaliteten og det biologiske mangfoldet. Det bør også vurderes om det bør komme mer spesifikke krav til bruk av grønne tak, spesielt i sentrumsområder og områder med stor fortetting.

Det er som nevnt visse forutsetninger som må på plass for at valgt løsning skal kunne realiseres i framtiden. Å utvikle tomten til en attraktiv boligtomt vil være en omfattende og ressurskrevende prosess. Vi vil likevel konkludere med at det er fullt mulig å utvikle tomten til en attraktiv boligtomt. Resultatene viser også at prosjektert boligblokk i teorien innfrir kravene til passivhusstandard, men for å vite om u-verdi og tetthet faktisk innfrir kravene er man avhengig av å utføre en test på en oppført konstruksjon.

8.0 Refleksjon

Arbeidet med oppgaven har vært omfattende, men vi har for det meste klart å holde oss til oppsatt plan. Under arbeidet med forprosjektrapporten hadde vi ikke enda en tydelig definert problemstilling, da det gjenstod en del arbeid med informasjonsinnsamling. Etter hvert som vi fikk samlet mer informasjon om tomten og reguleringsplanen, oppdaget vi at det var langt mer omfattende utfordringer med tomten enn først antatt. Dette medførte en omdisponering av oppgaven, da det tok betraktelig lengre tid å finne en løsning på disse begrensningene og utfordringene. Disse utfordringene var så store at vi på et tidspunkt vurderte å skifte fokus for oppgaven, da det virket tilnærmet umulig å oppfylle kravene for å kunne bruke tomten til boligformål. Vi låste oss i en periode fast i tanken på å finne den perfekte løsningen, men med en gang vi innså at en resttomt har begrensninger og at det av den grunn ikke er mulig med det man kan kalle en perfekt løsning, løsnet det fordi vi begynte å fokusere på mulighetene i stedet for begrensningene.

Hovedtrekkene i problemstillingen i oppgaven er lik med den vi skisserer i forprosjektrapporten, men på grunn av omfanget har vi blitt nødt til å kutte delen med kostnadsanalyse. Dette ble gjort i samråd med veileder og oppdragsgiver i møter.

Vi gjorde også færre beregninger enn vi først hadde antatt vi kom til å gjøre. Til dels på grunn av fokuset vi hadde i oppgaven, og til dels på grunn av tekniske utfordringer med programmene. I tillegg er oppdragsgiver et firma som i hovedsak jobber med plan- og reguleringsarbeid, og det ble derfor naturlig med et større fokus på dette området.

Vi synes vi har funnet en interessant og omfattende problemstilling hvor vi får brukt kunnskap fra arealplanlegging, vann- og miljøteknikk, prosjektering, konstruksjon og til dels prøvd oss som arkitekter. Med en så åpen oppgave fra oppdragsgiver kunne vi lett valgt en mindre omfattende problemstilling som tok for seg kun ett enkelt tema. Vi er derimot av den oppfatning at enkleste utvei ikke alltid er den beste, og med valgt problemstilling har vi utfordret oss, og tilegnet oss mye ny kunnskap. En kunnskap som er viktig for oss som snart skal ut i arbeidslivet, og som kan bidra med positiv endring i en bransje med stort forbedringspotensial når det gjelder miljøet. Vi føler også at problemstillingen harmonerer godt med NTNUs motto: Kunnskap for en bedre verden.

9.0 Referanser

Aarstad, J., Glasø, G. & Bunkholt, A., 2008. *FOKUS på tre - Massivtre.* [Internett]
Available at: http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/fokus-pa-tre/Fokus-nr-20.pdf
[Funnet 20 02 2019].

Anda, S. & Bjelland, A. S. H., 2013. *Fra passivhus til plusshus - tverrfaglig planlegging av energieffektive boliger.* s.l.:Fagbokforlaget.

Andresen, I., 2007. *Smarte energieffektive bygninger.* s.l.:Fagbokforlaget.

Andresen, I., 2008. *Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergiboliger og passivhus. En introduksjon. Prosjektrapport 22.* [Internett]
Available at:
https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/publikasjoner/sb_prosjektrapport_22.pdf
[Funnet 27 03 2019].

ARCA NOVA gruppen, u.d. *Hvor ligger egentlig Verksbyen).* [Internett]
Available at: https://www.arcanova.no/blogg/hvor-ligger-egentlig-verksbyen
[Funnet 19 03 2019].

Berge, B., 2000. *The Ecology of building materials.* s.l.:Architectual Press.

Berge, B., u.d. *Klimagassutslipp fra bygg.* s.l.:Gaia Lista.

BRANNMANNEN, 2015. *Betong og eksplosiv avskalling.* [Internett]
Available at: http://www.brannmannen.no/fagstoff/betong-eksplosiv-avskalling/
[Funnet 24 04 2019].

Braskerud, B. & Paus, K. H., 2016. *Blågrønne overvannsløsninger - testede tiltak.* [Internett]
Available at: https://www.nve.no/Media/5027/overvann-regnbed-for-lokal-flomdemping.pdf
[Funnet 29 01 2019].

Building Design, u.d. *Semi-intensive roof systems.* [Internett]
Available at: https://www.buildingdesignindex.co.uk/category/3-107/type/13/Green-roof-systems/Products/?Q_Type=Semi-intensive
[Funnet 04 02 2019].

Dalland, O., 2007. *Metode og oppgaveskriving for studenter.* Oslo: Gyldendal akademiske forlag.

Det Norske Hageselskap, u.d. *Innspill til Stortingsmelding om norsk handlingsplan for naturmangfold.* [Internett]
Available at:
https://www.regjeringen.no/contentassets/6115b8471f474b21965823041152e811/det-norske-hageselskap.pdf
[Funnet 20 03 2019].

Direktoratet for byggkvalitet, 2017. *Byggteknisk forskrift (TEK 17).* [Internett]
Available at: https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/
[Funnet 07 01 2019].

Direktoratet for byggkvalitet, 2018. *Lavenergiprogrammet.* [Internett]
Available at: http://www.lavenergiprogrammet.no/artikkel/hva-er-et-passivhus/
[Funnet 28 01 2019].

Dragland, Å. S., 2015. *Bygg står for 40% av verdens utslipp - slik skal det reduseres.* [Internett]
Available at: http://www.tu.no/artikler/bygg-staar-for-40-av-verdens-utslipp-slik-skal-det-reduseres/223922
[Funnet 01 02 2019].

Edvardsen, K. I. & Ramstad, T. Ø., 2017. *Trehus.* s.l.:SINTEF Byggforsk.
EPD-Norge, u.d. *Hva er en EPD.* [Internett]
Available at: https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/
[Funnet 20 04 2019].

Ferdigbetong AS, u.d. *Miljøsmart bygging med betong.* [Internett]
Available at: https://ferdig-betong.no/privatkunde/anvendelsesomrade-privat/betong-som-byggemateriale/
[Funnet 26 04 2019].

Fiskaa, H., 2014. *Fysisk detaljplanlegging.* s.l.:NTNU.

GLAVA Isolasjon, u.d. *Styrofoam 300 PL-A-NO.* [Internett]
Available at: https://www.glava.no/isolering-i-grunnen/produkter/skumplastisolasjon/styrofoamtm-xps/styrofoam-300-pl-a-no/
[Funnet 20 04 2019].

Granab Golvregelsystem, u.d. *Trinn- og luftlydreduksjon vertikalt System 3000N12.* [Internett]
Available at: http://granab.se/steg-och-luftljudsreduktion-3000n/?lang=nb
[Funnet 06 03 2019].

Hanssen-Bauer, I. et al., 2015. *Klima i Norge 2100, Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015.* [Internett]
Available at: https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/klima-i-norge-2100/_attachment/10990?_ts=159d5ffcffd
[Funnet 05 02 2019].

Hestnes, A. G. & Andresen, I., 1996. *Alle hus er solfangere.* s.l.:Norsk Arkitekturforlag.

JACKON Isolasjon, u.d. *JACKON super EPS plater.* [Internett]
Available at: https://www.jackon.no/bygg/jackon-eps/jackon-super-eps/plater/
[Funnet 20 04 2019].

Justis- og beredskapsdepartementet, 2013. *Lov um særlege råderettar over framand eigedom.* [Internett]
Available at: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1968-11-29#KAPITTEL_3
[Funnet 11 01 2019].

Klimavakten, u.d. *Norges utslipp - Klimagassutslipp siden 1990.* [Internett]
Available at: https://energiogklima.no/klimavakten/norges-utslipp/
[Funnet 24 01 2019].

Kurkinen, E.-L.et al., 2015. *Energi och klimaeffektiva byggsystem - Miljövärdering av olika stomalternativ,* s.l.: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Larsen, P. K., 2008. *Konstruksjonsteknikk. Laster og bæresystemer.* 2. red. Trondheim: Tapir akademiske forlag.

Lindemann, Ingunn; Miljødirektoratet, 2017. *Metoder for å gjennomføre overvannstiltak - overvannsutvalgets anbefalinger.* [Internett]
Available at: https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2017/01/1.-Lindemann.pdf
[Funnet 23 01 2019].

Lysen, E. H., 1996. *The Trias energica: Solar energy strategies for developing countries.* Freiberg: Eurosun Conference.

Maage, M. (., 2017. *Betong, Regelverk, Teknologi og Utførelse.* s.l.:Byggenæringens Forlag AS.

Mauren, F. K., 2018. *Verditakst,* Ålesund: Møretakst .

Miljødirektoratet, 2019. *Klimaendringer i Norge.* [Internett]
Available at: https://www.miljostatus.no/tema/klima/klimainorge/
[Funnet 09 01 2019].

NIBE, u.d. *Jordvarmepumper.* [Internett]
Available at: https://www.nibe.no/jordvarmepumpe/
[Funnet 10 04 2019].

Noreng, K. et al., 2012. *Grønne tak - Prosjektrapport 104.* [Internett]
Available at: https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2419637
[Funnet 23 01 2019].

Norsk Betongforening, 2015. *Publikasjon NB 37,* s.l.: Norsk Betongforening.

Norsk Betongforenings Miljøkomité, 2018. *Betong og miljø.* [Internett]
Available at: https://brekkestrand.no/betong-og-miljo/
[Funnet 05 04 2019].

Norsk Betongforenings Miljøkomité, u.d. *Visste du dette om betong og miljø?.* [Internett]
Available at: https://betong.net/wp-content/uploads/17966-Visste-du-dette-om-betong-og-miljø-WEB.pdf
[Funnet 01 03 2019].

Norsk Standard, 2012. *Norsk Standard. NS 8175:2012. Lydforhold i bygninger - Lydklasser for ulike bygningstyper.* [Internett]
Available at: https://www.standard.no
[Funnet 27 02 2019].

Norsk Treteknisk Institutt, 2010. *Knutepunktforbindelser i fleretasjes trehus.* [Internett]
Available at: http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/rapporter/Rapport-81.pdf
[Funnet 29 04 2019].

Nøstdal, P. L. & Heen, P.-I., u.d. *Massivtre eller betong.* [Internett]
Available at:
http://veidekke.no/incoming/article26272.ece/binary/Betong%20eller%20massivtre.pdf?fbclid=IwAR2N_wkZEnq4195gYV00D5jkYMPLSZKgZnDVN7mIa2aoJwt0TTxUDJTsVMU
[Funnet 18 03 2019].

Powel Construction, u.d. *Gemini Terreng: Innovativ planlegging i 3D.* [Internett]
Available at: https://www.powelconstruction.no/produkter/gemini-

terreng?gclid=EAIaIQobChMIrcrf7MHt4QIVDlQYCh3oxgdBEAAYASAAEgIeFvD_BwE
[Funnet 26 04 2019].

PROTAN, u.d. *Protan Intensive Green Roofs.* [Internett]
Available at: https://www.protan.co.uk/roofing-and-membranes/applicationsarea/membranes-and-protected-roofing-systems/protan-intensive-green-roofing-systems/
[Funnet 04 02 2019].

Regjeringen.no, 2018. *Forskrifter til plan- og bygningsloven.* [Internett]
Available at: https://www.regjeringen.no/no/tema/plan-bygg-og-eiendom/bygningsregelverket-fra-1965--20172/forskrifter/id2590708/
[Funnet 07 01 2019].

ROCKWOOL, u.d. *FLEXI A-PLATE.* [Internett]
Available at: https://www.rockwool.no/produkter/byggisolasjon/flexi-a-plate/?selectedCat_16563693-f1bb-4c89-87d6-c1916e3e6b8e=brosjyrer&selectedCat_fa34cddf-ac48-4477-be5d-281e463a598c=brosjyrer
[Funnet 20 04 2019].

Roehr, D. & Fassman-Beck, E., 2015. *Living Roofs in Integrated Urban Water systems.* Routledge, Oxon and New York: Taylor & Francis Ltd.

Runet, u.d. *EUROCODEexpress.* [Internett]
Available at: http://www.runet.no/EUROCODEexpress.htm
[Funnet 26 04 2019].

Røine, S., 2017. *Bygge bærekraftig i betong?.* [Internett]
Available at: https://bygg.tekna.no/wp-content/uploads/2017/08/Steinar-Røyne.pdf
[Funnet 05 03 2019].

Røine, S., 2019. *Miljøkonsulent Spenncon* [Intervju] (03 2019).

Rønning, A., Lyng, K.-A. & Vold, M., 2011. *Kunnskapsplattform for beregning av klimabelastning fra bygg og byggemateriaer,* Fredrikstad: Østfoldforskning AS.

Rørvik, T. & Årskog, V., 2010. *Konstruksjonssikkerhet og belastning: Kompendium i lastberegning.* Ålesund: HIALS.

SINTEF Byggforsk, 2003. *471.010 Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer.* [Internett]
Available at:
https://www.byggforsk.no/dokument/209/varmekonduktivitet_og_varmemotstand_for_bygningsmaterialer
[Funnet 20 04 2019].

SINTEF Byggforsk, 2003. *U-verdier. Tak.* [Internett]
Available at: https://www.byggforsk.no/dokument/212/u-verdier_tak
[Funnet 20 04 2019].

SINTEF Byggforsk, 2008. *520.321 Brannmotstand for etasjeskillere.* [Internett]
Available at:
https://www.byggforsk.no/dokument/1538/520321_brannmotstand_for_etasjeskillere
[Funnet 20 04 2019].

SINTEF Byggforsk, 2008. *520.322 Brannmotstand for vegger.* [Internett]
Available at:
https://www.byggforsk.no/dokument/1539/520322_brannmotstand_for_vegger
[Funnet 11 04 2019].

SINTEF Byggforsk, 2009. *522.891 Etasjeskillere i massivtre.* [Internett]
Available at:
https://www.byggforsk.no/dokument/3367/522891_etasjeskillere_i_massivtre#i826
[Funnet 20 03 2019].

SINTEF Byggforsk, 2009. *522.891 Etasjeskillere i massivtre.* [Internett]
Available at:
https://www.byggforsk.no/dokument/3367/522891_etasjeskillere_i_massivtre
[Funnet 20 04 2019].

SINTEF Byggforsk, 2009. *525.306 Terrasser med beplantning på bærende betongdekker.* [Internett]
Available at:
https://www.byggforsk.no/dokument/391/terrasser_med_beplantning_paa_baerende_betongdekker
[Funnet 20 04 2019].

SINTEF Byggforsk, 2013. *471.031 Egenlaster for bygningsmaterialer, byggevarer og bygningsdeler.* [Internett]
Available at:
https://www.byggforsk.no/dokument/215/egenlaster_for_bygningsmaterialer_byggevarer_og_bygningsdeler
[Funnet 07 04 2019].

SINTEF Byggforsk, 2015. *312.130 Parkeringsplasser og garasjeanlegg.* [Internett]
Available at:
https://www.byggforsk.no/dokument/61/parkeringsplasser_og_garasjeanlegg
[Funnet 24 04 2019].

SINTEF Byggforsk, 2015. *522.513 Lydisolerende, tunge etasjeskillere.* [Internett]
Available at:
https://www.byggforsk.no/dokument/340/lydisolerende_tunge_etasjeskillere
[Funnet 19 03 2019].

SINTEF Byggforsk, 2016. *523.422 Lydisolerende egenskaper for yttervegger.* [Internett]
Available at:
https://www.byggforsk.no/dokument/366/lydisolerende_egenskaper_for_yttervegger
[Funnet 20 03 2019].

SINTEF Byggforsk, 2018. *525.207 Kompakte tak.* [Internett]
Available at: https://www.byggforsk.no/dokument/387/kompakte_tak
[Funnet 20 04 2019].

SINTEF Byggforsk, 2019. *524.305 Skillevegg mellom rekkehusboliger.* [Internett]
Available at:
https://www.byggforsk.no/dokument/3059/skillevegg_mellom_rekkehusboliger
[Funnet 25 03 2019].

SINTEF, 2016. *Vi trenger nye løsninger for overvannshåndtering.* [Internett]
Available at: https://www.sintef.no/siste-nytt/vi-trenger-nye-losninger-for-overvannshandtering/
[Funnet 13 02 2019].

Spenncon, u.d. *Etasjeskiller.* [Internett]
Available at: https://spenncon.no/produkter/etasjeskiller/
[Funnet 18 03 2019].

Statens vegvesen, 2008. *Støyskjermer - Idekatalog.* [Internett]
Available at: https://www.vegvesen.no/_attachment/99460/binary/157658
[Funnet 07 03 2019].

Stora Enso, 2015. *Stora Enso CLT - Teknisk brosjyre.* [Internett]
Available at: http://woodcon.no/wp-content/uploads/2018/03/Stora-Enso_CLT-Teknisk-brosjyre.pdf
[Funnet 18 03 2019].

Stora Enso, u.d. *Calculatis by Stora Enso dimensjoneringsprogram.* [Internett]
Available at: https://www.clt.info/se/media-nedladdning/calculatis-dimensioneringsprogam/
[Funnet 26 04 2019].

Storlykken, J., 2003. *Reguleringsbestemmelser for reguleringsplan for GNR 32 BNR 177 M/FL. Holen, Reguleringsendring innen reguleringsplan for en del av GNR. 32 Ytterholen-Fremmerholen og reguleringsplan for området B2, S10, ST1, S4 og A1, Spjelkavik sentrum.* [Internett]
Available at:
https://kartserver.esunnmore.no/webinnsyn/Content/Main.asp?layout=alesund&time=1556549963&vwr=asv
[Funnet 07 01 2019].

Strekerud, I. M., 2017. *Forskjeller i miljøpåvirkninger gjennom livsløpet til Ullerud Helsebygg som følge av valg mellom bærende konstruksjon i massivtre eller stål og betong.* [Internett]
Available at:
https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2468074/Strekerud2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
[Funnet 01 03 2019].

Sture, J., 2015. *Overvannshåndtering ved bruk av ekstensive grønne tak og dens effekt på snølagring i et kaldt klima,* Trondheim: NTNU.

Symetri.no, u.d. *Autodesk Revit.* [Internett]
Available at: https://www.symetri.no/produkter-og-loesninger/produkter/autodesk-revit/
[Funnet 26 04 2019].

SYMETRI, u.d. *LUMION.* [Internett]
Available at: https://www.symetri.no/produkter-og-loesninger/produkter/lumion/
[Funnet 10 05 2019].

Sørensen, S. I., 2017. *Betongkonstruksjoner - Beregning og dimensjonering etter Eurocode 2.* Bergen: Fagbokforlaget.

Sørensen, Å. L., 2015. *Solvarme i kombinasjonssystemer.* [Internett]
Available at: http://gasskonferansen.com/Foredrag2015/Sørensen.pdf
[Funnet 06 02 2019].

Thorolfsson, S. T., 2015. *Hva skal vi gjøre med alt regnvannet?.* [Internett]
Available at: https://www.ntnutechzone.no/author/sveinn-t-thorolfsson/
[Funnet 24 01 2019].

Treindustrien, 2013. *Treindustriens Lille grønne.* [Internett]
Available at: http://www.trefokus.no/resources/Treindustriens-lille-gronne.pdf
[Funnet 18 03 2019].

VH Plan og bygning, 2015. *Ålesund kommune, bestemmelser og retningslinjer. Vedlegg til kommuneplanens arealdel 2016-2028.* [Internett]
Available at:
https://kartserver.esunnmore.no/webinnsyn/Content/plandialog/GetGIplanregisterFil.aspx?systemid=de68301d46534a6a95d0477ab132bb91&k=1504&arkivnavn=WINMAP
[Funnet 08 01 2019].

VH Plan og bygning, 2015. *Ålesund kommune, Kommuneplan.* [Internett]
Available at:
https://www.alesund.kommune.no/tjenester/samfunnsplanlegging/styrende-planer/kommuneplan#kommuneplanens-arealdel
[Funnet 08 01 2019].

VH Plan og bygning, 2015. *Ålesund kommune, Planbeskrivelse Kommuneplanens arealdel 2016-2028.* [Internett]
Available at:
https://kartserver.esunnmore.no/webinnsyn/Content/plandialog/GetGIplanregisterFil.aspx?systemid=968b8ed5ad77443abf6626b1f5c2e51b&k=1504&arkivnavn=WINMAP
[Funnet 08 01 2019].

Vik, B., 2015. *Brannsikre bygg i mur og betong.* [Internett]
Available at: https://murbetong.no/wp-content/uploads/2015/03/1501-brann1.pdf
[Funnet 12 04 2019].

VVSForum, 2014. *Slik monterer du overvannsløsning trinn for trinn.* [Internett]
Available at: https://www.vvsforum.no/2014/slik-monterer-du-overvanns-losning-trinn-for-trinn/
[Funnet 05 03 2019].

Wikipedia, u.d. *Microsoft Office Excel.* [Internett]
Available at: https://no.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Office_Excel
[Funnet 26 04 2019].

Wikipedia, u.d. *Microsoft Word.* [Internett]
Available at: https://no.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Word
[Funnet 26 04 2019].

Ødegaard (red.), H., 2014. *Vann- og avløpsteknikk.* s.l.:Norsk Vann.

Øvergaard, A., 2019. *Mailkorrespondanse* [Intervju] (27 03 2019).

Ålesund kommune, u.d. *Kartserver.* [Internett]
Available at:
https://kartserver.esunnmore.no/webinnsyn/Content/Main.asp?layout=alesund&time=1556549963&vwr=asv
[Funnet 07 01 2019].

10.0 Vedlegg

Vedleggsliste

V1 Forprosjektrapport, inkludert avtale med oppdragsgiver 2
V2 Framdriftsplan 13
V3 Møtereferat 18
V4 Timelister 23
V5 Mailkorrespondanse 23
V5.1 Mailkorrespondanse med Steinar Røine, Spenncon 23
V5.2 Mailkorrespondanse med Arild Øvergaard, Norsk Massivtre AS 36
V6 Verditakst 37
V7 Beregninger 59
V7.1 Tabell over laster brukt i beregningene 59
V7.2 Tak 60
V7.3 Etasjeskiller 63
V7.4 Skillevegg mellom leilighetene 69
V7.5 Yttervegg 76
V7.6 Søyler 85
V7.7 Bjelker 88
V8 Tegninger 89
V8.1 Fasader 89
V8.2 Plantegninger 93
V8.3 Målsatte tegninger 96
V8.4 Snitt 98
V8.5 Detaljtegninger 99
V9 Illustrasjoner 106
V9.1 Illustrasjoner hentet fra Gemini Terreng og Entreprenør 106
V9.2 Illustrasjoner hentet fra Lumion 109
V10 Produktinformasjon 115

TITTEL: HVORDAN VI KAN UTNYTTE AKTUELL TOMT PÅ EN OPTIMAL MÅTE, OG PROSJEKTERING AV ET BÆREKRAFTIG BYGG

Kandidatnummer(e): Ikke fått utdelt enda. Studentnummer: 80625 og 120189			
DATO: **01.02.19**	EMNEKODE: * **IB303312**	EMNE: **Bacheloroppgave (Bygg)**	DOKUMENT TILGANG: - Åpen
STUDIUM: **BACHELOR BYGG**		ANT SIDER/VEDLEGG: 12/0	BIBL. NR: - Ikke i bruk -

OPPDRAGSGIVER(E)/VEILEDER(E): PROESS, VEILEDERE: LIV MØLLER-CHRISTENSEN OG KRISTIAN NORMANN

OPPGAVE/SAMMENDRAG:

Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av student(er) ved NTNU i Ålesund.

INNHOLD

1 INNLEDNING 3

2 PROSJEKTORGANISASJON 3

2.1 PROSJEKTGRUPPE 3
2.2 STYRINGSGRUPPE (VEILEDER OG KONTAKTPERSON OPPDRAGSGIVER) 4

3 AVTALER 4

3.1 AVTALE MED OPPDRAGSGIVER 4
3.2 ARBEIDSSTED OG RESSURSER 5
3.3 GRUPPENORMER – SAMARBEIDSREGLER – HOLDNINGER 6

4 PROSJEKTBESKRIVELSE 6

4.1 PROBLEMSTILLING - MÅLSETTING - HENSIKT 6
4.2 KRAV TIL LØSNING ELLER PROSJEKTRESULTAT – SPESIFIKASJON 7
4.3 PLANLAGT FRAMGANGSMÅTE(R) FOR UTVIKLINGSARBEIDET – METODE(R) 7
4.4 INFORMASJONSINNSAMLING – UTFØRT OG PLANLAGT 8
4.5 VURDERING – ANALYSE AV RISIKO 8
4.6 HOVEDAKTIVITETER I VIDERE ARBEID 9
4.7 FRAMDRIFTSPLAN – STYRING AV PROSJEKTET 9
4.8 BESLUTNINGER – BESLUTNINGSPROSESS 9

5 DOKUMENTASJON 10

5.1 RAPPORTER OG TEKNISKE DOKUMENTER 10

6 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER 10

6.1 MØTER 10
6.2 PERIODISKE RAPPORTER 10

7 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING 10

8 UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING 11

9 REFERANSER 12

1 INNLEDNING

ProESS som er vår oppdragsgiver har kjøpt en kontor- og næringseiendom, hvor de vil se på muligheten for hva som kan gjøres med tomten. Den er regulert til kombinert næringsvirksomhet og boligbebyggelse, og har en utnyttelsesgrad på 40% BYA (Mauren, F. 2018). Dette gir teoretisk store muligheter for utvikling av tomten, og vi har fått frie tøyler for hva vi ønsker å gjøre med denne oppgaven. Vi har dog oppdaget forhold som gjør optimal utnyttelse av tomten problematisk, og oppgaven våres vil derfor være todelt. Den første delen vil ta for seg hvilke forhold som setter begrensninger, samt hvordan disse forholdene kan løses. Den andre delen av oppgaven vil ta for seg viktige aspekter for å oppnå et så godt bygg som mulig på denne tomten. Her vil vi komme innpå faktorer som miljø, overvannshåndtering, energi og byggematerialer. Vi vil først presentere teori om de ulike faktorene, før vi drøfter teorien for å komme frem til et mest mulig miljøvennlig bygg.

2 PROSJEKTORGANISASJON

2.1.1 Prosjektgruppe

Studentnummer(e)
80625 120189

Tabell: Studentnummer for alle i gruppa som leverer oppgaven for bedømmelse

2.1.2 Oppgaver for prosjektgruppen - organisering

Siden vi kun er to stykker på gruppen, har vi blitt enige om en flat struktur der vi begge samarbeider om alle arbeidsoppgaver der det er mulig. Vi ønsker begge å lære mest mulig av denne oppgaven, og synes derfor dette er beste løsning.

Om vi senere oppdager at vi må delegere oppgaver på grunn av tidspress eller andre årsaker, vil vi forsøke å delegere oppgavene på best mulig måte slik vi får utnyttet ressursene best mulig. I en gruppe er det naturlig at den ene kan mer om et tema enn den andre, og vi vil derfor prøve å lære av hverandre i denne prosessen, fremfor at den som kan mest om et tema skal gjøre dette alene.

Vi vil bytte på å skrive referat eller fremgangsrapport, men vi dikterer den muntlig sammen.

2.2 Styringsgruppe (veileder og kontaktperson oppdragsgiver)

Kontaktpersonene i proESS er daglig leder Sindre Øen og faglig leder Svein Olaf Stensland.

Veiledere er Liv Møller-Christensen og Kristian Normann.

3 AVTALER

3.1 Avtale med oppdragsgiver

NTNU

Avdeling for ingeniør- og realfag

1 av 2

Bacheloroppgave 2019

I forbindelse med utførelse av Bacheloroppgave i bedrift.

Avtale mellom oppdragsgiver (bedrift), student og NTNU i Ålesund

Generelt om bacheloroppgaven:

Bacheloroppgaven gjennomføres fortrinnsvis i samarbeid med næringslivet, men kan også utformes i tilknytning til forskningsprosjekt skolens forskningsmiljø er involvert i. Oppgaveperioden deles i en forprosjektfase med egen innlevering og en prosjektfase som avsluttes med en offentlig framføring og rapport. Bacheloroppgaven kan også gjennomføres i bedrift. Oppgaven gjøres i grupper fortrinnsvis med 3 studenter og følges opp av oppnevnte veiledere. Bacheloroppgaven er på 20 studiepoeng som tilsvarer 2/3 av et semester i arbeidsmengde for studenten.

Denne avtale er inngått mellom:

Bedrift: proESS AS

NTNU i Ålesund: Institutt IHB, Fagseksjon Bygg,
Veileder

Studenter: Katrine S Gjerde
Karoline Skeiststeint

Forpliktelser NTNU i Ålesund:

- Fagseksjonen skal stille med ansvarlig veileder.
- Fagseksjon Bygg ved veileder skal godkjenne oppgaven etter beskrivelse gitt i studiehåndboken.
- Veileder har ansvar for oppfølging og kontroll av fremdrift i bacheloroppgaven.

Postadresse	Org.nr. 974 767 880	Besøksadresse	Telefon
Postboks 1517		Langårdsvegen 2	+47 73 59 50 00
6025 Ålesund	postmottak@alesund.ntnu.no	6009 Ålesund	

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

- NTNU i Ålesund ved veileder har ansvar for at vurdering av bacheloroppgaven blir utført i henhold til vedtatte retningslinjer.

Forpliktelser til studentene (studentgruppen(e)):

- Beskrive bacheloroppgaven gjennom forprosjekt og fremdriftsplan
- Levere rapportskjema til veileder hver 14. dag
- Levere og presentere bacheloroppgaven etter oppsatt mal og fremdriftsplan.

Forpliktelser oppdragsgiver (bedrift):

- Støtte studenten i utvelgelse og utforming/beskrivelse av bacheloroppgaven.
- Navngitt person, fra oppdragsgiver/firma, som kontaktperson/veileder for studentgruppen.
- Dekke alle nødvendige utgifter (ikke lønn) som reise, evt. kontorhold, kopiering, spesielle programvare etc.
- Forsikre studentene som om de var tilsatt i firmaet. (Spesielt ulykkesforsikring når studentene er ute på anlegg).

Generelt:

Bacheloroppgaven er NTNUs eiendom, men oppdragsgiver (firma) har rett til å benytte seg av resultatene i oppgaven. Er resultatene i bacheloroppgaven konfidensielle og må beskyttes, gjøres dette ved egen avtale mellom NTNU i Ålesund og oppdragsgiver (bedrift)

Dato: 9/1 19

NTNU i Ålesund	Oppdragsgiver (bedrift)	Student(ene)
	proESS AS	Katrine S. Grødal
		Karoline Skeie Ostad
	Sindre Olsen	

proESS AS

3.2 Arbeidssted og ressurser

Vi får tildelt kontor av oppdragsgiver, og vil få egne nøkler til kontoret slik at vi kan sitte der når vi ønsker, også utenfor vanlig arbeidstid.

Oppdragsgiver stiller med alle tilgjengelige ressurser, der vi kan benytte oss av kompetansen til de ansatte og eventuelle programmer som er nødvendige. Vi har bestemt oss for å bruke Revit selv om proESS ikke bruker dette programmet. Dette fordi det vil være for tidskrevende å lære seg et nytt program nå.

Vi har avtalt møter med oppdragsgiver ca. 2 ganger i måneden, men de er tilgjengelige hele tiden ved behov.

Innledningsvis har vi avtalt møter med veileder ca. hver 14 dag, men dette vil variere litt ut fra hvilke behov som oppstår.

3.3 Gruppenormer – samarbeidsregler – holdninger

Vi som er på gruppe sammen, har samarbeidet mye sammen de siste årene. Dette har tidligere fungert veldig fint, og vi har opplevd at vi er veldig samstemte i hvordan vi ønsker å arbeide og prioritere tiden.

Vi er enige om at vi skal dra lasset sammen, og ser på oppgaveskrivingen som en vanlig 8-16 jobb som vi skal arbeide med hver dag med mindre det oppstår uforutsette hendelser som sykdom ol.. Begge to er mye opptatt på fritiden med familie, dyr og aktiviteter, og vi er derfor enige om å være strukturerte og bruke fulle arbeidsdager hver dag.

Det er som tidligere nevnt planlagt å samarbeide om samtlige arbeidsoppgaver, men om dette lar seg gjøre med tanke på tidspress må vi evaluere etter hvert.

Vi har som mål å vinkle oppgaven mot et grønt fokus, da byggenæringen er en stor bransje som bruker mye ressurser. Det er derfor viktig i våres øyne, at vi som fagpersoner tar ansvar for å ivareta miljøet til kommende generasjoner.

Byggebransjen er også drevet av kostander og pris, det blir derfor også viktig å se på kost-nytte effekten i et slikt prosjekt i et langsiktig perspektiv. Kan et bygg som er dyrere å bygge være billigere i drift i et langsiktig perspektiv?

I tillegg er folkehelsen et viktig aspekt, og hvordan bygninger/hus og dermed inneklima påvirker folks helse.

Avgrensninger må nok gjøres underveis, da vi allerede har skjønt at dette er et svært omfattende tema.

4 PROSJEKTBESKRIVELSE

4.1 Problemstilling - målsetting - hensikt

Nøyaktig problemstilling er ikke formulert enda, men hovedhensikten med denne oppgaven er å undersøke hvordan vi kan utnytte tomten på en optimal måte, og hvordan vi kan prosjektere et bærekraftig bygg.
Prosessmålet er hvordan man best mulig kan utnytte tomten med de utfordringene og finne løsninger på de problemene som ligger til grunn. Dette må gjøres for å se om det er mulig å bygge en boligblokk på tomten. På grunn av beliggenheten og den omliggende bebyggelsen, er tomten best egnet til bolig. Dette til tross for at slik situasjonen er i dag, vil det være utfordrende å få til en god løsning, og det enkleste er å bygge et kontorbygg. Resultatmålet her vil være å gjøre en rest-tomt med vanskelige forhold om til en attraktiv boligtomt som gir et løft til nærområdet.

Et annet resultatmål er å få til en miljøvennlig boligblokk. Det vi da må undersøke er hvilke faktorer som blir viktige for å oppnå målene. Dette vil være overvannshåndtering, energikilder, lagring av energi, byggematerialer mm. I tillegg må man sammenligne hvor mye kjøperne av en slik leilighet vil kunne spare på lavere forbruk i løpet av en gitt periode, og om dette er tilstrekkelig for å kunne forsvare en høyere kjøpspris som følge av en dyrere byggeprosess.

Forhåpentligvis vil resultatene vise at ved god planlegging og utnytting av ressurser, så vil ikke kostnadene bli for store, og at fordelene ved et slikt prosjekt er større enn eventuelle ulemper. Effektmålet blir da å inspirere andre til å gjøre endringer og fokusere mer på miljøet da de vil se at det er gjennomførbart.

4.2 Krav til løsning eller prosjektresultat – spesifikasjon

Målet er å prosjektere en boligblokk som oppfyller de tekniske kravene til passivhus. Vi må også huske på at boligblokken også må oppfylle kravene i TEK-17 og plan og bygningsloven, målet om å oppnå passivhus standard kan ikke gå på bekostning av generelle krav til for eksempel innemiljø, tilgjengelighet eller universell utforming.

Et annet viktig aspekt blir å imøtekomme krav til uteoppholdsareal og lekeområder, samtidig som vi tar hensyn til adkomstretten til naboer og krav som stilles til adkomst for utrykningskjøretøy.

4.3 Planlagt framgangsmåte(r) for utviklingsarbeidet – metode(r)

Det første vi må gjøre er å sette oss inn i reguleringsplanen for gjeldene område, og hvilke bestemmelser som ligger til grunn på denne tomten. I tillegg må vi sette oss inn i kommuneplanen for å forstå hvilke planer og strategier de har for utvikling av Ålesund kommune, og da spesielt dette området.

Videre må vi se på hvilke muligheter og løsninger som finnes for de utfordringene som vi har oppdaget med tomten. Her må vi vurdere fordeler og ulemper med de ulike løsningene, og etter hvert finne den som vi mener er best. Hva som blir avgjørende her vil nok være en kombinasjon av hva som kan være realistisk samtidig som vi får en god utnyttelse av tomten. Andre løsninger vil nok være gunstigere for utnyttingen av tomten, men igjen ha liten sannsynlighet for gjennomføring, da løsningen ikke oppfyller alle krav til adkomst eller lignende.

Når vi har funnet det vi mener er den beste løsningen, vil vi gå videre med å prosjektere boligblokken. Her må vi først diskutere hvilke områder det er viktig å tenke på for å oppnå ønskede mål. Deretter må vi innhente informasjon om disse temaene. Dette gjør vi ved å finne faglitteratur, tidligere oppgaver, veiledere, forskning ol.. De fleste fagbøkene vi har funnet, har vi lånt fra biblioteket ved NTNU. Man kan derfor anta til en viss grad at disse har gått gjennom en form for kvalitetssikring tidligere. I tillegg må vi være kildekritiske til informasjon vi finner på nett. Noen sider er anerkjente og trygge kilder som SINTEF, Miljødirektoratet mfl., mens forskning må man vurdere hver enkelt. Hvem står bak studien, er den utført på vegne av nokken, hvordan har de funnet dataene de bruker etc.

En svakhet ved denne metoden er om man kun støtter seg på den litteraturen som støtter det synspunktet eller vinklingen man selv har valgt for oppgaven. Det er derfor viktig å drøfte all relevant informasjon man kommer over, og vurdere viktigheten av denne.

4.4 Informasjonsinnsamling – utført og planlagt

Som beskrevet over vil vi finne relevant informasjon i planer, veiledere, pensumlitteratur, faglitteratur, tidligere oppgaver, forskning mm. Vi har allerede funnet en god del faglitteratur som vi har begynt å lese og sortere ut.

Vi har i tidligere semester jobbet litt med planarbeid, og da spesielt med fokus på leikeplasser. Dette er et tema vi derfor har grunnleggende kunnskap om, men vi vil i oppgaven henvise til krav gitt i Ålesund kommunes Bestemmelser og retningslinjer, vedlegg til kommuneplanens arealdel. Oppgaven med arealplanleggingsdelen er av såpass utfordrende karakter at vi her må søke en del råd og støtte hos oppdragsgiver for å vurdere de ulike alternativene vi utforsker.

Vi vil også se på eksisterende bygninger som er bygget med fokus på miljø og bærekraft. Dette både for å få inspirasjon i vårt videre arbeid, men også for å kunne dra nytte av hva som har vist seg å fungere, og hva som muligens ikke har hatt ønsket effekt. Her har vår veileder Liv Møller-Christensen bidratt med en god del informasjon.

4.5 Vurdering – analyse av risiko

Ved å jobbe strukturert og effektivt som planlagt, bør det være mulig å komme i mål med oppgaven til fastsatt frist. Det er dog en ganske stor og omfattende oppgave, så det er ikke så mange uforutsette hindringer som skal til før vi ikke klarer å holde fristene vi har satt for fremgang.

Dersom det av ulike årsaker blir nødvendig å begrense oppgaven, må vi på det tidspunktet vurdere hva om er mest hensiktsmessig å beholde fokus på for å nå de overordnede målene vi har satt.

På grunn av utfordringer og plassering av tomten, er det en forutsetning med samarbeid med naboer og kommunen for at det skal kunne være mulig å gjennomføre et større boligprosjekt i fremtiden. Fordi denne oppgaven er mer en mulighetsstudie for fremtidig bruk, vil vi i oppgaven anta at et slikt samarbeid vil være mulig, og at løsningen vi kommer frem til vil være gunstig for alle parter involvert. Risikoen her ligger dermed i at dersom oppdragsgiver en gang i fremtiden ønsker å realisere prosjektet, må samarbeidsprosessene iverksettes, og det er ikke sikkert de løsningene vi har valgt lar seg gjennomføre. Dette er dog en risiko oppdragsgiver er innforstått med. Oppdragsgiver vil holdes oppdatert gjennom prosessen, og dermed ha mulighet til å påvirke hvilke løsninger som blir valgt.

4.6 Hovedaktiviteter i videre arbeid

- Beskrivelser av planlagte hovedaktiviteter og viktigste delaktiviteter for gjennomføring av prosjektet.

Nr	Hovedaktivitet	Ansvar	Tid/omfang
1	Identifisere og løse utfordringer knyttet til tomten	Kathrine og Karoline	30.01.19
2	Innhente informasjon teoridel	Kathrine og Karoline	Fortløpende
3	Ferdig å skrive teoridel	Kathrine og Karoline	20.02.19
4	Drøfte teoridel og ta valg for prosjektering	Kathrine og Karoline	06.03.19
5	Resultatdel av oppgaven med tegninger og beregninger	Kathrine og Karoline	05.04.19
6	Konklusjon/oppsummering	Kathrine og Karoline	20.04.19
7	Lage presentasjon av oppgaven	Kathrine og Karoline	08.05.19
8	Innlevering oppgave	Kathrine og Karoline	20.05.19

4.7 Framdriftsplan – styring av prosjektet

4.7.1 Hovedplan

Planen er å følge fremdriften som er gitt over, men på grunn av oppgavens omfang er det vanskelig å vite allerede nå om vi kommer til å nå målene innen de tidsfristene som er satt.

Klarer vi å holde de fristene som vi har satt, har vi en del ledig tid på slutten før innlevering av oppgaven. Denne tiden vil vi da bruke på å gå gjennom og finpusse oppgaven.

4.7.2 Intern kontroll – evaluering

Framdriften skal følge malen for planlagte hovedaktiviteter som gitt i punkt 5.6. Vi vil fortløpende vurdere om vi karer å holde de tidsfristene som er satt. Dette gjøres ved at vi fører logg over hvilke aktiviteter vi gjør fra dag til dag, og må justere planen hvis vi kommer skjevt ut. Fristene er satt etter hvor mye tid vi antar å bruke på hvert enkelt punkt, men det kan vise seg at noe tar kortere eller lengre tid enn først antatt.

Kjennetegnet på at et delmål er nådd er når vi i del 1 av oppgaven har kommet frem til en løsning som tilfredsstiller de kravene vi har satt i prosessmålet. I del 2 vil de ulike målene oppfylles ved at vi føler vi har funnet tilstrekkelig teori til å belyse og drøfte temaet fra ulike vinkler, slik at vi kommer frem til en løsning som oppfyller kravene som vi har satt i forhold til resultat- og effektmål.

4.8 Beslutninger – beslutningsprosess

Oppgaven vi ble gitt hadde ingen føringer eller begrensninger bortsett fra de som er gitt i reguleringsplanen for området. Vi har derfor satt oss inn i kommuneplanen, sett på hva som ellers er bygd i nærområdet, tenkt på hva det vil være behov for i fremtiden og tatt et valg ut fra denne informasjonen. Basert på det vi fant ut, var det mest åpenbare valget en boligblokk.

Fordi byggebransjen står bak 40 % av energiforbruket på land her i Norge, synes vi det er viktig å ha mer fokus på miljøet, og det å bygge bærekraftige bygg (Andersen et al. 2007). Dette er noe vi også har merket at det har blitt mer fokus på i bransjen. Vi ønsket derfor å fokusere oppgavene på å prosjektere en miljøvennlig/bærekraftig boligblokk, og hva som må til for å oppå dette.

En viktig beslutning for oss blir hvordan vi kan utnytte tomten, utfordringer til dette har vi nevnt tidligere. Beslutningen blir tatt i samråd med oppdragsgiver etter å ha vurdert ulike alternativ.

Beslutninger om utforming på boligblokken og materialbruk blir tatt som følge av den informasjonen vi tilegner oss og drøfter i hoveddelen.

5 DOKUMENTASJON

5.1 Rapporter og tekniske dokumenter

Det er ikke planlagt noen andre rapporter enn framdriftsrapport i forbindelse med denne oppgaven. De tekniske dokumentene som blir vedlagt oppgaven er tegninger av boligblokken, herunder snitt, fasader og detaljtegninger, beregninger, reguleringsplan ol..

6 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER

6.1 Møter

6.1.1 Møter med styringsgruppen

11.01.19 – møte med Liv Møller-Christensen.
22.01.19 – møte med Liv Møller-Christensen, Sindre Øen og Svein Olaf Stensland

6.1.2 Prosjektmøter

Det er planlagt møter med oppdragsgiver ca. to ganger i måneden. Dette for å legge frem hva vi har gjort, og hva vi har kommet frem til så langt i prosessen.

6.2 Periodiske rapporter

6.2.1 Framdriftsrapporter (inkl. milepæl)

Logg føres daglig og framdriftsrapport føres for hver 14. dag. Denne skal etter hvert leveres inn, men det er ikke opprettet mappe for innlevering på BlackBoard enda.

7 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING

Dersom fremdriften ikke går som planlagt, må vi vurdere om det er mulig å komme på rett kjøl igjen ved å legge inn ekstra arbeidstimer i for eksempel helg eller på kveldstid, eller om oppgaven rett og slett har blitt så omfattende at det er nødvendig å sette en avgrensning. Dette er vurderinger som må bli gjort fortløpende gjennom hele prosessen med oppgaveskrivingen.

Dersom den ene i gruppen ikke kan møte på grunn av sykdom eller andre uforutsatte hendelser, er det viktig at den andre fortsetter arbeidet som planlagt.

8 UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING

For å gjennomføre prosjektet har vi behov for Revit og Eurocode Expess. Revit har vi tilgang til fra før, mens Eurocode Express må vi få tilgang til. Dette for å kunne gjennomføre kontrollberegninger på konstruksjonen. Dette skal Lala Nilsen skaffe tilgang til for hele klassen.
I tillegg vil vi forsøke å finne et program som gjør det enkelt å kontrollere u-verdi beregninger.

9 REFERANSER

Andresen, Kleiven, Ryghaug, Malvik (red.), Smarte energieffektive bygninger. Tapir akademisk forlag, 2007.

Mauren, F. Verditakst. Sunnmøre Eiendom Takst AS, 19.02.2018, Valderøya.

V2 Framdriftsplan

Uke	Aktiviteter	Planlagt arbeid	Gjennomført arbeid	Kommentar
2	Møte med ProESS og møte med veileder	Begynne å skrive forprosjektrapport og å finne litteratur som er relevant for oppgaven.	Samlet litteratur, både bøker fra biblioteket på skolen og artikler og tidligere bacheloroppgaver på nett.	
3		Lese relevant litteratur for oppgaven, begynne å skrive på teoridelen. Vi må sette oss inn i reguleringsplanen til området vi jobber med.	Leste litteratur og begynte å skrive på teoridelen. Satt oss også inn i reguleringsplanen til området vi jobber med.	
4	Felles møte med ProESS og veileder	Innhente mer informasjon og fortsette arbeidet med teoridelen av oppgaven. Begynne litt med drøftingen.	Har jobbet med teoridelen av oppgaven. Har også diskutert en del om og hvordan det vil være mulig å gjennomføre prosjektet med den vinklingen vi ønsker.	På møtet med ProESS og veileder kom det fram en del utfordringer med tomten som vi måtte ta hensyn til, og vi dermed brukte mer tid på enn planlagt denne uken.
5	Møte med veileder	Bli ferdig å identifisere og løse utfordringer knyttet til tomten. Ferdigstille og levere inn forprosjektrapport.	Diskuterte hvilke utfordringer der er med tomten i forhold til å bygge en boligblokk der, og ulike alternativer til hvordan disse utfordringene kan løses.	
6		Jobbe med teoridelen av oppgaven.	Jobbet med teoridelen av oppgaven.	
7	Møte med veileder	Jobbe med teoridelen av oppgaven.	Jobbet med teoridelen av oppgaven.	
8	Møte med ProESS	Skrive ferdig teoridelen av oppgaven.	Jobbet med teoridelen av oppgaven. Drøftet og tok noen avgjørelser angående hvordan	Vi kom fram til at oppgaven må være to-delt, da utfordringene knyttet til tomten må løses før vi kan jobbe videre

			utfordringene på tomten, angående lekeplass og adkomstrett kan løses.	med hvordan bygget skal prosjekteres.
9		Begynne å drøfte, og tegne grovskisse av bygget.	Tegnet grovskisse av bygget i Revit. Brukte Gemini for å finne størrelsen på bygget utfra byggelinjer og avstand til nabobebyggelse. Begynte å drøfte teorien vi har jobbet med.	
10	Møte med Ålesund kommune	Drøfte teoridel og gjøre de valg som er nødvendig for å kunne prosjektere bygget. Ta et valg angående bygningsform.	Tok et endelig valg angående bygningsform etter møtet med kommunen. Fortsatte å drøfte teoridelen.	
11				Denne uken tok vi en pause fra å jobbe med oppgaven, for å forberede oss til eksamen i Ingeniørfaglig systemteknikk og systemutvikling.
12		Bli ferdig med drøfting. Velge materialer og fortsette med tegningen.	Drøftet ferdig og fortsatte med tegning i Revit. Gjorde valg på hvilke materialer som skal brukes.	
13	Møte med veileder	Gjøre de beregningene som er nødvendig for å bestemme dimensjonene på de ulike elementene.	Jobbet med metodedelen av oppgaven. Kom på flere ting vi syntes burde være med i teori- og drøftingsdelen av oppgaven som vi førte inn.	Vi valgte å utsette beregningene en uke, da det var andre ting vi fant ut at manglet som vi syntes burde komme på plass på dette tidspunktet.
14		Bli ferdig med beregningene og føre riktig oppbygging av materialene over til tegningen. Skrive på metodedelen av oppgaven.	Begynte å gjøre beregninger. Brukte også mye tid på å finne og laste ned BIM-objekter som	

			kan live opp byggets fasader på tegningen i Revit.	
15	Møte med ProESS og møte med veileder	Jobbe med tegningen. Fokus på fasadenes utforming. Skrive resultat/konklusjon/oppsummering.	Gjorde oss ferdig med nødvendige beregninger. Endret materialer og dimensjoner i Revit til å samsvare med nødvendig materialtykkelse utfra beregningene. Jobbet med fasadene på tegningen i Revit. Begynte å skrive resultat/konklusjon utfra foretatte beregninger.	Vi henger litt etter planlagt tidsskjema, og har gjort ting i en litt annen rekkefølge enn planlagt. Å finne og laste ned nødvendige materialer og andre BIM-objekter i Revit har vært mer tidkrevende enn vi har sett for oss. Også under beregningene gikk det litt mer tid enn forventet, da vi hadde noen utfordringer med programmet Eurocode Express og måtte lære oss et nytt program, Calculatis, for å gjøre beregninger på massivtre.
16		Lese gjennom oppgaven og evt. korrigere skrivefeil og forbedre formuleringer.	Leste gjennom oppgaven og korrigerte for skrivefeil	Påskeferie
17		Jobbe videre med resultatdelen av oppgaven.	Jobbet videre med resultat/konklusjon	
18		Skrive ferdig oppgaven og finpusse. Gjøre ferdig tegningen i Revit og skrive ut detaljtegninger.	Jobbet med å ferdigstille prosjektet i Revit og organisere dokumentet med kildeliste, bildeliste, tabelliste, figurliste osv.	Ferdigstillingen av prosjektet tok lenger tid enn antatt, så vi havnet litt bak tidsskjema. Vi tror likevel at vi ligger greit an i forhold til innleveringsfristen.
19	Møte med veileder	Gjøre klar presentasjonen av oppgaven.	Har jobbet med de tegningene som skal legges ved oppgaven, detaljer, fasader, plantegning osv. Har importert 3D-fil av bygget i både Gemini og Lumion for å forsøke å vise	Vi har hatt utfordringer med kapasiteten til PCene våre som har gjort at arbeidet har gått tregt, og vi har brukt mye tid på å prøve ulike ting i ulike programmer for å få til en best mulig

			hvordan området blir seende ut i sin helhet. Har lastet ned program som kan slå sammen flere PDF-filer og forberedt oss til ferdigstillingen av prosjektet.	presentasjon av løsningene vi har valgt.
20		Ferdigstille oppgaven med alle nødvendige vedlegg.	Laget powerpointpresentasjon og poster. Har slått sammen oppgaven og vedlegg til en stor fil og skrevet ut med innbinding. Har også forberedt oss til den muntlige presentasjonen.	
21	Innlevering og framføring av oppgaven			

V3 Møtereferat

Møte med ProESS		
Dato: 31.10.2018	Kl. 13.00	Ålesund
Deltakere	Sindre Øen, Svein Olaf Stensland, Kathrine Skodje Grødal, Karoline Skylstad	
Møteinnhold	Vi fikk informasjon om området vi skulle jobbe med i oppgaven, og fikk tilgang til verditakst og plantegninger av eksisterende bygg på området. Vi avtalte at vi skulle skrive bacheloroppgaven vår for ProESS og gikk gjennom kontrakten.	

Møte med ProESS		
Dato: 09.01.2019	Kl. 13.00	Ålesund
Deltakere	Sindre Øen, Svein Olaf Stensland, Kathrine Skodje Grødal, Karoline Skylstad	
Møteinnhold	Vi signerte kontrakten og fikk en grundig innføring i området som er utgangspunkt for oppgaven. Oppdragsgiver ønsker ikke å legge føringer for hvordan vi løser oppgaven, men ønsker et forslag til hvordan tomten kan utnyttes fram i tid. Oppdragsgiver vil ordne kontorplass i samme bygg som de selv har kontor i første omgang, og etter hvert vil vi få kontorplass i bygget vi skal skrive om i oppgaven. Muligheten for å bli med å gjøre målinger i bygget ble diskutert, men dette vil avtales nærmere.	

Møte med veileder		
Dato: 11.01.2019	Kl. 08.15	Ålesund
Deltakere	Liv Møller-Christensen, Kathrine Skodje Grødal, Karoline Skylstad	
Møteinnhold	Vi introduserte området vi jobber med for veileder og diskuterte hvilke muligheter vi har og hva vi må ta stilling til. Hva skal tomten brukes til, kontor eller bolig? Skal det eksisterende bygget bevares og bygges ut, eller bør det rives og bygges nytt? Hvordan kan man bidra til å gjøre et område med en anonym utforming til et mer attraktivt område? I løpet av møtet konkluderte vi med at det er mest fornuftig å rive eksisterende bygningsmasse og bygge nytt. Vi kom også fram til at bolig virker som det mest fornuftige formålet med tanke på at tomten ligger i et boligområde. Trafikkert vei mot nord gjør at bygget eventuelt bør lukkes på denne siden, og være mer åpent på de sidene som vender mot andre boliger. For å gjøre området mer attraktivt kan det være lurt å tenke grønt. Vi må ta vurderinger rundt grøntområder, vurdere takterrasse med grønt, og muligens overvannshåndtering. Det virker fornuftig å vinkle oppgaven mot utformingen av bygget og hvordan dette kan bidra positivt til å utvikle området. Vi må også ha med kontrollberegninger og begrunne materialvalg.	

Møte med ProESS og veileder		
Dato: 22.01.2019	Kl. 13.00	Ålesund
Deltakere	Sindre Øen, Svein Olaf Stensland, Liv Møller-Christensen, Kathrine Skodje Grødal, Karoline Skylstad	
Møteinnhold	Vi så på ny på området og utgangspunktet for oppgaven, samt diskuterte litt rundt den vinklingen vi heller mot å velge. Det kom fram at den ene naboen har adkomstrett via tomten, noe vi ikke var bevisst på fra før. Etter møtet ble veileder igjen for å se på det vi hadde gjort så langt og å diskutere løsninger for hvordan vi kunne utnytte arealet på tomten best mulig og uten å ødelegge adkomsten for naboen. Vi diskuterte også om denne adkomstretten gjør det mer gunstig å benytte 1. etasje til kontor istedenfor bolig.	

Møte med veileder		
Dato: 31.01.2019	Kl. 08.15	Ålesund
Deltakere	Liv Møller-Christensen, Kathrine Skodje Grødal, Karoline Skylstad	
Møteinnhold	Gjennomgang av forprosjektrapport. Vi diskuterte også videre hvordan vi kan løse dette med naboens adkomstrett og ellers hvordan vi har valgt å vinkle oppgaven. Bør ha fokus på miljø og grønt, og hvordan vi kan gi området et estetisk løft.	

Møte med veileder		
Dato: 12.02.2019	Kl. 12.15	Ålesund
Deltakere	Liv Møller-Christensen, Kathrine Skodje Grødal, Karoline Skylstad	
Møteinnhold	Vi hadde på forhånd sendt over det vi har jobbet med på teoridelen. Veileder syntes dette så bra ut, og vi diskuterte hva mer vi måtte ha med i teoridelen. Vi snakket om hvordan og hva vi må jobbe med framover, og at det er viktig at teorien vi har skrevet følges opp videre i oppgaven.	

Møte med ProESS		
Dato: 20.02.2019	Kl. 13.00	Ålesund
Deltakere	Sindre Øen, Svein Olaf Stensland, Kathrine Skodje Grødal, Karoline Skylstad	
Møteinnhold	Vi la fram for oppdragsgiver det vi har jobbet med så langt. Vi var usikre på bygningsform med tanke på byggelinjer, og lurte på om vi kunne forvente å få bygge opp igjen et nytt bygg der bygget står i dag, selv om det er utenfor byggelinjen mot nord. Vi lurte også på om det var et alternativ, å ikke rive denne delen av bygget. Oppdragsgiver mente at det kan være en ide å kjøre en plansak for å flytte byggegrensen etter eksisterende bygningsmasse hvis/når det skal bygges nybygg på tomten. Vi la også fram alternativene vi har funnet for lekeareal, og oppdragsgiver mente dette er et alternativ kommunen burde	

	synes er ok. Oppdragsgiver forklarte oss litt om hvordan det funger i forhold til kommunen når man sender inn byggesøknad, og at man ofte kan få dispensasjoner så lenge ban kan begrunne godt for hvorfor det bør gis dispensasjon. Det bør dog ikke være for mange dispensasjoner i en og samme søknad, da er sannsynligheten liten for at søknaden blir godkjent.

Møte med Ålesund Kommune		
Dato: 04.03.2019	Kl. 14.30	Ålesund
Deltakere	Annegret Siejak (landskapsarkitekt), Lars Roger Lundanes (Fagleder plan og bygning), Kathrine Skodje Grødal, Karoline Skylstad	
Møteinnhold	Vi hadde en del spørsmål om byggets utforming og hva som var realistisk å få lov til å gjøre på tomten. Et av spørsmålene vi hadde, var om det var realistisk å få flytte byggelinjen etter det eksisterende bygget, som foreslått av oppdragsgiver. Dette mente de ikke kunne gjøres, begrunnet det med støy fra veien og at bolig er støyfølsomt bruksformål. Støy var den eneste begrunnelsen, og de mente at det derfor vil være mulig å bygge for eksempel carporter/boder og nedkjøring til parkeringskjeller utenfor byggelinjen. Dette forutsatt at det ikke påvirker siktlinjen i krysset der man kjører ut på hovedveien. En parkeringskjeller under bakkenivå kunne uten problemer bygges utenfor byggelinjen. En fornuftig nedkjøring til parkeringskjeller vil være mot vest, slik at den delvis kan samkjøres med nedkjøringen til den naboen som har adkomstrett. All sykkelparkering kan, om ønskelig, legges til parkeringskjelleren. En annen ting vi lurte på var om det var sannsynlig å få dispensasjon til å bygge høyere enn det som er bestemt i reguleringsplanen, siden diverse utfordringer med tomten begrenser BYA til langt under det som er tillat ifølge reguleringsplanen. Dette var de ikke positive til, men et grønt tak det et gjerde av gjennomsiktig glass overstiger tillatt høyde vil være ok. Mangel på plass til lekeareal var et annet tema vi tok opp. Dette mente de ville kunne løses ved å låne og opparbeide friareal av kommunen, slik vi hadde tenkt i utgangspunktet. De nevnte også at boligene på de to nærmeste nabotomtene er seniorboliger, der utbygger hadde bestemt at de ikke skulle selges til personer under 55 år. Dette er ikke et krav kommunen kan stille, og det kan dermed ikke brukes som begrunnelse for å slippe unna for eksempel krav om lekeareal.	

Møte med veileder		
Dato: 29.03.2019	Kl. 08.30	Ålesund
Deltakere	Liv Møller-Christensen, Kathrine Skodje Grødal, Karoline Skylstad	
Møteinnhold	Vi hadde på forhånd sendt over til veileder det vi hadde jobbet med så langt, som var innledning, teori, drøfting og grovskisse av bygget. Veileder gjorde oss oppmerksomme på noen gjennomgående skrivefeil, men mente ellers at det vi hadde skrevet var bra. Hun forventet en mer utfyllende drøfting, noe vi selv var enig i da vi kun var i startfasen med drøftingen. Hun påpekte også at vi måtte legge til flere illustrasjoner i oppgaven og gjøre om på noen formuleringer. Grovskissen var ikke veileder fornøyd med, selv om vi prøvde å presisere at dette kun var en grovskisse. Her forventet hun mer kreative løsninger på fasadene, og helst klatreplanter som dekker fasaden mot nord og integrerte blomsterkasser på balkongene mot sør. Hun vil også ha plantegninger med i den endelige innleveringen. Arkitektoniske detaljer var i utgangspunktet ikke det vi hadde tenkt å ha mest fokus på, men vi ble enige om å prøve å finne tid til å jobbe mer med dette.	

Møte med ProESS		
Dato: 09.04.2019	Kl. 14.00	Ålesund
Deltakere	Sindre Øen, Caroline Fritz, Kathrine Skodje Grødal, Karoline Skylstad	
Møteinnhold	Vi ønsket et møte med oppdragsgiver for å presentere de løsningene vi har kommet fram til så langt. Oppdragsgiver hadde her ikke mange innvendinger, og syntes løsningene vi hadde valgt i stor grad lignet på løsninger de selv har valgt for et tilsvarende prosjekt. Firmaets sivilarkitekt deltok også på møtet, da vi ønsket hjelp til å live opp fasadene. Hun hadde skrevet ut noen bilder til oss som inspirasjon og kom med noen forslag til løsninger. Noen av forslagene valgte vi å ikke bruke, da de ikke passet inn med tanke på de utfordringene vi allerede har på tomten. Andre forslag, som «private soner» vil vi ta med i vurderingene framover.	

Møte med veileder		
Dato: 12.04.2019	Kl. 08.30	Ålesund
Deltakere	Liv Møller-Christensen, Kathrine Skodje Grødal, Karoline Skylstad	
Møteinnhold	Vi hadde på forhånd gjort de endringene i teksten som ble etterspurt etter forrige møte og sendt denne til veileder. Vi fikk ingen konkrete kommentarer på noe som burde endres, men fikk beskjed om å bruke påsken til å lese nøye gjennom og evt. endre formuleringer og korrigere skrivefeil.	

	Veileder så også på skissen av bygget, som vi hadde prøvd å forbedre. Fasaden mot nord var nå ok, men fasadene mot sør syntes veileder så feil ut, så den må vi jobbe videre med.

Møte med veileder		
Dato: 08.05.2019	Kl. 08.30	Ålesund
Deltakere	Liv Møller-Christensen, Kathrine Skodje Grødal, Karoline Skylstad	
Møteinnhold	Vi hadde på forhånd oversendt fullstendig tekstoppgave til veileder. Tilbakemelding fra veileder var at vi i refleksjonen burde forsterke hvordan utfordringene vi har hatt med å finne gode løsninger på tomten har påvirket hvordan vi har fokusert i oppgaven. Der var også andre ting vi hadde utelatt i konklusjon og refleksjon, men som burde nevnes. Vi gikk gjennom hva som bør presenteres under den muntlige framføringen av oppgaven.	

V4 Timelister

JANUAR	Uke 2	Uke 3	Uke 4	Uke 5
Kathrine Skodje Grødal	16 t	30 t	18 t	23 t
Karoline Skylstad	16 t	28 t	20 t	23 t
Totalt: 184 t	32 t	58 t	38 t	56 t
FEBRUAR	Uke 6	Uke 7	Uke 8	Uke 9
Kathrine Skodje Grødal	16 t	24 t	24 t	24 t
Karoline Skylstad	16 t	24 t	24 t	24 t
Totalt: 179 t	32 t	48 t	48 t	48 t
MARS	Uke 10	Uke 11	Uke 12	Uke 13
Kathrine Skodje Grødal	16 t	Eksamensforberedelser	40 t	40 t
Karoline Skylstad	16 t	Eksamensforberedelser	40 t	40 t
Totalt: 192 t	32 t	0 t	80 t	80 t
APRIL	Uke 14	Uke 15	Uke 16 (Påske)	Uke 17
Kathrine Skodje Grødal	28 t	40 t	10 t	40 t
Karoline Skylstad	24 t	40 t	8 t	40 t
Totalt: 230 t	52 t	80 t	18 t	80 t
MAI	Uke 18	Uke 19	Uke 20	
Kathrine Skodje Grødal	45 t	55 t	40 t	
Karoline Skylstad	52 t	48 t	40 t	
Totalt: 280 t	97 t	103 t	80 t	

SV: SV: SV: SV: SV: VS: [External] Informasjon til bacheloroppgave

Roine Steinar <Steinar.Roine@spenncon.no>
fr. 22.03.2019 10.36
Til: 'Kathrine Grødal' <kathrine.grodal@hotmail.com>

Hei igjen.

Fint å se at dere er godt i gang, og dere har gode vurderinger på klare problemstillinger.

Lyd er imidlertid ikke mitt sterkeste område og jeg kan ikke gi noe bidrag til den problemstillingen dere beskriver.

Håper at dere kan finne andre personer som kan støtte dere med kunnskap om lyd og energi.

Kom gjerne tilbake med eventuelle spørsmål om betong og miljø / CO2-avtrykk.

Steinar

Fra: Kathrine Grødal [mailto:kathrine.grodal@hotmail.com]
Sendt: 22. mars 2019 9:57
Til: Roine Steinar
Emne: Re: SV: SV: SV: SV: VS: [External] Informasjon til bacheloroppgave

Hei.

Vi har nå jobbet og lest oss gjennom mye spennende materiale i tillegg til å ha funnet utforming av boligblokken.

Vi har vel egentlig funnet ut at det krever god planlegging og tilpasning av den enkelte konstruksjon for å kunne si noe om hvilket materialvalg som er «best» å bruke. Dette vil altså være individuelt for hver enkelt konstruksjon. En sammenligning med lignende konstruksjoner vil ikke være godt nok da det foreligge usikkerhet rundt optimalisering av ressursbruk som for eksempel korte spenn og laver byggehøyde. I tillegg er det ofte vanskelig ut fra de ulike studiene å vite hvilken betong som er lagt til grunn og opphavet til armeringen.

Mot nord har vi valgt fasade i massiv betong. Dette fordi det ligger en vei med en del trafikk på denne siden, og vi ønsker å redusere mest mulig innendørs støy.

Problemet vi står overfor nå er problemet med lydtransmisjon vs termiske egenskaper. I byggforskartikkel 522.513 Lydisolerende tunge etasjeskillere står det at stive dekkeløsninger med korte spenn vil gi relativt stor flankeoverføring fordi man vil få lydavstråling både fra dekke og vegg.

Krav til lavt energibehov for oppvarming gjør at vi ønsker eksponerte flater for å utnytte de termiske egenskapene, men på grunn av lyd blir det brukt granab system på gulv. Har du noen formening om dette er tilstrekkelig for å dempe støy, eller må det i et slikt tilfelle også gjøres tiltak med vegger?

Alle leilighetene vil ha inngang mot nord, mens stue/kjøkken vil vende mot sør. Tanken var at en åpen fasade med mye vindu og eksponerte betongvegger vil gi gode muligheter for lagring av solvarme.

Takk for mange gode tips og råd så langt.

Mvh Kathrine og Karoline
Sendt fra min iPhone

19. feb. 2019 kl. 16:18 skrev Roine Steinar <Steinar.Roine@spenncon.no>:

> Et tips når dere vurderer hvordan oppnå lydkrav med hulldekker.
> Du har helt rett i at korte spenn / lave høyder gir vesentlig lavere klimagassutslipp.
> Dersom man ukritisk benytter tabeller for tykkelse på hulldekker for å oppnå lydkrav kan du risikere at lydkravene drar deg opp til høyder på 340 / 400, ev inkl ren påstøp.
>
> Det finnes imidlertid en rekke løsninger som bygges oppe på hulldekkene, og som ivaretar lydkrav. Se for eksempel det svenske systemet GRANAB som jeg vet at entreprenørene bruker i stor grad.
> Det gleder meg å se at dere også har med termiske egenskaper i vurderingen.
>
> Steinar
>
> ---
>
> **Fra:** Kathrine Grødal [mailto:kathrine.grodal@hotmail.com]
> **Sendt:** 19. februar 2019 16:05
> **Til:** Roine Steinar
> **Emne:** Re: SV: SV: SV: VS: [External] Informasjon til bacheloroppgave
>
> Hele oppgaven omhandler løsning av en resttomt med lite attraktiv beliggenhet, hvor vi vil prosjektere en boligblokk med fokus på miljø og grønne løsninger. Det har endt opp med litt mer utfordringer enn først antatt på grunn av byggegrenser og adkomsrett for naboer, og dette setter også føringer for utformingen på bygget. Det blir en ganske stor oppgave da vi har med litt om blågrønne overvannsløsninger som grønt tak, regnbed ol, men hovedfokuset blir på materialvalg og klimagasser.
>
> Ved å sammenligne materialene med tanke på klimagasser og egenskapene til materiale (brannteknisk, termiske egenskaper, lyd etc.),vil vi forsøke å komme frem til best mulig valg med hensyn til miljøet for så å prosjektere en boligblokk ut fra de forutsetningene. Et godt eksempel på dette er informasjon fra foredraget i den forrige linken jeg fikk med deg. At ved å redusere spennvidden kan man få lavere høyde på dekket og dermed lavere utslipp er viktige betraktninger, og slik informasjon er veldig nyttig når vi kommer til selve utformingen av konstruksjonen.
>
> Så hittil har all informasjon vært nyttig og svært relevant ☺
>
> Sendt fra min iPhone

19. feb. 2019 kl. 15:05 skrev Roine Steinar <Steinar.Roine@spenncon.no>:

> Jeg trodde at dere skulle vurdere betong-løsning opp mot løsning i tre, og at klimagass var det sentrale.
> I så tilfelle har jeg en meget grundig og god rapport om et prosjekt i Gøteborg. Rapporten ligger vedlagt.
>
> Dersom det er selve prosjekteringen av bygget som er hovedoppgaven, og klimagass er en sekundær greie, så er jo mine bidrag litt overdrevet. Men god lærdom uansett!
>
> Da avventer jeg evt nye spørsmål når dere har valgt løsning og ønsker dokumentasjon. Da kan jeg skaffe EPD på de betongproduktene dere evt. bruker sammen med definisjon av hvilken lavkarbonklasse betongen ligger i, samt EcoProduct-dokumentasjon.
>
> Lykke til med arbeidet videre.
>
> Steinar

Fra: Kathrine Grødal [mailto:kathrine.grodal@hotmail.com]
Sendt: 19. februar 2019 9:35
Til: Roine Steinar
Emne: Re: SV: SV: VS: [External] Informasjon til bacheloroppgave

Vi har ikke tegnet blokken enda, da vi fortsatt holder på å løse en del utfordringer knyttet til tomten og mulighetene til å utnytte den. I tillegg er vi fortsatt på vurderingsstadiet når det kommer til materiale da vi også vurderer tre, så foredraget om bygging med tre kontra betong er veldig aktuelt for vår oppgave.

Tusen takk for at du tar deg tid til å svare og komme med god informasjon, det setter vi stor pris på.

Sendt fra min iPhone

18. feb. 2019 kl. 18:01 skrev Roine Steinar <Steinar.Roine@spenncon.no>:

> Alle mine svar hittil har gått på grunnkunskap om hvordan produsere betong mer miljøvennlig, og hvilke dokumentasjoner som brukes i bransjen.
> Dere spurte om jeg hadde CO2-regnskap for våre produkter til bruk i sammenligning med andre materialer. Det har jeg ikke svart på, men svaret er ja. Men for å finne de riktige dokumenter må jeg vite hvordan dere har bygget opp den boligblokken som dere skal sammenligne. Har dere tegninger og beskrivelse på hvordan bæresystemet er bygget opp, og hvilke produkter dere bruker? Spenvidder? Hvordan ivaretatt lydkrav?

Om dere åpner denne linken vil dere finne en rekke foredrag som omhandler emnet.
https://bygg.tekna.no/tag/video/page/2/
Om dere går inn på «Bygge bærekraftig i betong» vil dere finne tre foredrag, hvorav ett som jeg holdt om emnet bygge i tre kontra bygge i betong.

Steinar

Fra: Kathrine Grødal [mailto:kathrine.grodal@hotmail.com]
Sendt: 18. februar 2019 16:19
Til: Roine Steinar
Emne: Re: SV: VS: [External] Informasjon til bacheloroppgave

Absolutt ikke for mye møllers tran ☺ Veldig interessante poeng du kommer med. Vi hadde sett for oss at CO2 redusert betong var dyrere av en eller annen grunn. Muligens fordi miljøvennlige produkter i dagligvarehandel (ikke at det nødvendigvis er dirkete sammenlignbart) er dyrere.

Veldig spennende tema, og positivt overrasket over stort fokus på miljø innad i bransjen. Tusen takk for gode og informative svar!

Mvh Kathrine og Karoline

Sendt fra min iPhone

18. feb. 2019 kl. 14:28 skrev Roine Steinar <Steinar.Roine@spenncon.no>:

> Hei igjen!
>
> Gode spørsmål, men vanskelige svar!
>
> Som du vil se av innholdet i NB37 så er det ulike metoder for å oppnå lavere CO2-avtrykk fra betongen.
>
> 1. Komponere betongsammensetningen på best mulig måte med tilslag, filler og tilsetningsstoffer, slik at nødvendig fasthet oppnås med minst mulig bruk av sement.
> 2. Bytte ut deler av portlandsementen (CEM I) med andre typer limstoff som Flygeaske, slagg, silka og

eventuelt andre typer limstoff. Slik utbytting kan skje på to måter.

a. Sementprodusenten lager sementtyper hvor deler av portlandsementen er byttet ut. Eksempel: Norcem lager Standard FA (18% flygeaske, 4 % gips og dermed 78% portlandsement) Konkurrenten Cemex, som importerer sement til Norge, benytter slagg som alternativt limstoff. Begge disse leverandørene har en rekke ulike sementtyper med ulikt innhold av de alternative limstoffene
b. Betongprodusenten kan selv lage en mix en eller annen type sement fra sementleverandøren og alternativt limstoff fra egen silo. Silika, et avfallsstoff fra aluminiumsindustrien, er mye brukt i tillegg til Flygeaske. Silika har så mange positive tilleggsegenskaper at det i Norge blir stilt krav til å benytte innblanding av den på de betongtypene som krever best bestandighet.

Kostnad for de samme punktene:

1. Dersom prisen på sementbesparelsen er større enn prisen på tiltakene for å spare, så vil lavere utslipp bli billigere!
2. Flygeaske og slagg er billigere enn ren portlandsement. Silika er dyrere.
    a. Følgelig er lavkaronsementene fra sementleverandøren billigere enn ren portlandsement.
    b. Ved å tilsette ytterligere alternative limstoff fra egen silo vil betongen bli enda billigere. Unntaket er silika som trekker prisen opp.

Som du vil se så er det i stor grad besparelser ved å produsere lavkarbonbetong, men det krever en del investeringer i bedre betongteknologi og i ekstra pulversiloer hos betongprodusenten for å kunne velge de ulike løsningene.

Og så skal denne betongen brukes ute på byggeplass eller i fabrikk. Da kan vi i prinsippet si at jo mer utskifting av limstoff - det vil si lavere CO2-utslipp – jo langsommere herding i tidlig fase. Det vil igjen medføre fordyrende herdetiltak med tilførsel av varme, eller lengere liggetid før man kan rive forskaling eller løfte produkter ut av form.

Jeg prøver meg på en konklusjon:
Betong med lavere CO2-utslipp er faktisk billigere enn standard, så lenge det ikke krever ekstra utstyr eller går ut over produktiviteten.
På ett eller annet nivå, og avhengig av type produkt og produksjonsmetode, vil prisen kunne øke til nivå som er mye høyere enn bruk av standard betong.

Betongfabrikkene har en rekke standard betongsammensetninger med faste priser, og de har dermed priset inn de besparelser / tillegg som jeg har skissert over.

I perfabindustrien tror jeg de fleste beholder samme prisnivå, men forsøker å benytte alle tiltak for å komme ned i CO2 uten at det går ut over produktivitet.

Eksempel:
Spenncon Verdal har tre ulike betongsammensetninger for å produsere hulldekker.

- Standard. Tillater avspenning og utheising av dekkene etter 5 timer slik at man kan støpe ny produksjon på benken samme dag.
- Lavcarbonklasse B. Støper den siste benken på dagen, slik at den kan ligge og herde til dagen etter før den heises ut.
- Ca 8% lavere enn lavckarbonklasse A. Siste benken på fredag. Har hele helga å herde på.

Som dere ser. Ingen tilleggskostnad så lenge etterspørsel passer med denne produksjon. Men dersom alle skulle ha lavkarbonklasse A så ville prisen måtte øke dramatisk på grunn av lavere produktivitet.

Det er stor fokus på dette fra kunder. Vi i bransjen ønsker at kundene tenker utslipp pr funksjonell flate. Det vil f eks si CO2 pr m2 dekke. Da vil smart bruk av elementer og bæresystem kunne ha stor innvirkning. Kundene har imidlertid forelsket seg i lavkarbonklassetabellen og fokuserer mye på den.
Milsjøsertifiseringssystemet BREEAM Nor gir poeng for at hovedprodukter dokumenteres med EPD og med Eco-product. Det medfører en rekke krav av slike dokumentasjoner.

Går jeg for langt og dypt i mine svar?
Dere må bare gi meg tilbakemelding om dere synes at jeg tar litt for mye Møllers Tran.
Og vil dere enda dypere så kan jeg sende link til noen presentasjoner som ligge streemet, eller vi kunne ta en runde på Skype med ulike presentasjoner.

Steinar

Fra: Kathrine Grødal [mailto:kathrine.grodal@hotmail.com]
Sendt: 18. februar 2019 11:46
Til: Roine Steinar
Emne: Re: VS: [External] Informasjon til bacheloroppgave

Tusen takk for flott informasjon!
Vi må sette oss ned å gå gjennom informasjonen, her var det mye nyttig.

Hvordan er prisforskjellen på «vanlig» betong kontra CO2 redusert betong?
Opplever dere at det er fokus på dette fra kunder, eller er det først og fremst pris som er rådende?

Mvh Kathrine og Karoline

Sendt fra min iPhone

17. feb. 2019 kl. 18:14 skrev Roine Steinar <Steinar.Roine@spenncon.no>:

Fra: Roine Steinar
Sendt: 17. februar 2019 18:13
Til: 'Kathrine Grødal '
Emne: SV: [External] Informasjon til bacheloroppgave

Hei

Dere har funnet en veldig interessant oppgave, og jeg har flere presentasjoner og mye dokumentasjon som jeg ønsker å bidra med.
Jeg jobber som miljøkonsulent i Spenncon, men bidrar på dette saksområdet både for betongelementforeningen og for Norsk betongforening, hvor jeg deltar i både kurskomiteen og i miljøkomiteen.

Jeg vet at jeg med min entusiasme kan risikere å «overkjøre» dere med å pøse på med for mye stoff, og skal derfor forsøke å svare på de spørsmål dere stiller, og så gi litt tips om dybdestoff.
Og så håper jeg at dere bare spør i vei.

Svar på det dere nå har spurt om:
Ja, vi har dokumentasjon på klimagassutslipp. Det finnes to typer dokumentasjon:

1. Klimagassutslippet til selve betongen som brukes til å støpe konstruksjoner eller produkter med. Defineres i en publikasjon fra Norsk betongforening som

heter NB37 lavkarbonbetong. Dette er en norsk publikasjon som ikke har tilsvarende i resten av europa. NB37 definerer kravene. Dokumentasjon på å oppfylle kravene gjøres gjennom å lage EPD på det forespurte produktet.

2. EPD. (Environmental Product Decalration) Dette er en miljødeklarasjon i henhold til europeisk standard ISO 14025. Den utarbeides for enekeltprodukter som ren betong eller ren armering, men kan også utarbeides for et armert og produsert betongprodukt helt fram til revet bygg etter byggets levetid. Betongbransjen i Norge er ledende i europa på å lage EPD på betong og på betongprodukter. Dette på grunn av at hele bransjen har gått sammen om å utvikle et verktøy for å lage epd. Gå inn på https://lca.no/ . Ferdig utviklede epd kan legges ut til allmenn bruk på nettstedet https://www.epd-norge.no/ . På dette nettstedet vil dere finne generelle epd for både Spenncon og konkurrenter. Dersom der ønsker en med prosjektspesifikk epd kan dere komme med premissene, og så kan jeg utarbeide en

prosjektspesifikk epd for det enkeltproduktet dere ønsker.

Forskjellen på «vanlig» betong og CO2 redusert betong?
Jeg legger ved publikasjonen NB 37 som definerer CO2 redusert betong i ulike klasser av lavkarbonbetong
Spenncon har 4 fabrikker. (En av dem i deres nærhet på Hjørungavåg på Hareid) Hver fabrikk har en mengde ulike betongsammensetninger, delvis på grunn av ulike styrkekrav og ulike bestandighetskrav, men og så på grunn av krav til lavkarbonbetonger.. I prinsippet kan vi si at jo lavere CO2-utslipp på en betongsammensetning jo langsommere herding, og dermed tidligfasthet, som vil kunne gå ut over en effektiv produksjon.

Som sagt så har jeg en mengde stoff og dokumentasjoner som jeg tror dere kan ha glede av, men sett dere inn i NB37 og de to nettadressene jeg har anbefalt.
Og så ser jeg fram til at dere kommer med nye og gode spørsmål.

Med vennlig hilsen/regards

<image002.jpg> Steinar Røine
Miljøkonsulent /
Environmental Consultant
SPENNCON Consolis
Mail to:
steinar.roine@Spenncon.no
Tel.: +47 90107740

www.spenncon.no

Fra: Holte Anne **På vegne av** Spenncon Tilbud
Sendt: 17. februar 2019 16:00
Til: Roine Steinar
Emne: VS: [External] Informasjon til bacheloroppgave

<image001.jpg> Anne Holte
Lønningssjef
SPENNCON
Anne.Holte@spenncon.no
Tel.: +4792635244

Fra: Kathrine Grødal [mailto:kathrine.grodal@hotmail.com]
Sendt: 15. februar 2019 12:35
Til: Spenncon Tilbud
Emne: [External] Informasjon til bacheloroppgave

Hei.

Vi er to studenter ved NTNU Ålesund som skriver bacheloroppgave. I den forbindelse ønsker vi å sammenligne materialer mtp CO2 utslipp og klimapåvirkning, og dermed vurdere klimaavtrykket til boligblokken vi prosjekterer. Vi lurer derfor på om dere har klimaregnskap eller tall på CO2 utslipp fra produksjon til leveranse og ferdig konstruksjon. Også på forskjellen i "vanlig" betong og CO2 redusert betong dersom dere har det.

Mvh Kathrine Grødal og
Karoline Skylstad

<Publikasjon NB 37 -
Lavkarbonbetong.pdf>

<sp_rapport_2015_70_viva_lca_1.docx>

V5.2 Mailkorrespondanse med Arild Øvergaard, Norsk Massivtre AS

SV: Informasjon til bacheloroppgave

Arild Øvergaard <arild@norskmassivtre.no>
on. 27.03.2019 15.48
Til: Kathrine Grødal <kathrine.grodal@hotmail.com>

Hei igjen

Viktig og interesant tema; Termiske egenskaper.

Sant og si så kjenner jeg ikke til betong, men massivtre har også hygroskopiske egenskaper. Dette gjør at den gir fra seg fukt når inneluften er tørr og tar til seg fukt når inneluften er fuktig. Du vil f.eks ikke oppleve damp på speil på badet etter en dusj i samme grad i et bad med massivtre enn ett med fliser.
Et fjøs med massivtre regulerer også fukt tilsvarende.
Når det gjelder massivtrefjøs for melkekuer er det en oppfatning at de trives bedre og derved melker mer
Fordi tre avgir varme når det blir fuktigere, vil typisk et massivtrehus på en høstkveld «holde» bedre på varmen enn et tradisjonelt hus.

Dette ble nok litt ensidig massivtre….

Mvh Arild Øvergaard, Norsk Massivtre AS
mob: 47925050

Fra: Kathrine Grødal <kathrine.grodal@hotmail.com>
Sendt: 27. mars 2019 13:56
Til: Arild Øvergaard <arild@norskmassivtre.no>
Emne: Informasjon til bacheloroppgave

Hei.

Vi er to studenter ved NTNU i Ålesund som skriver bacheloroppgave. Her sammenligner vi konstruksjonsmaterialene massivtre og lavkarbonbetong med tanke på CO2 utslipp, lyd, brann og termiske egenskaper.

Vi finner mye god og relevant informasjon om CO2 utslipp, lyd og brann, men de termiske egenskapene er det mindre informasjon om. Til gjengjeld er dette en egenskap ved betong som blir dratt frem som svært positiv med tanke på å redusere energibehovet i driftsfasen.

Det eneste konkrete vi har funnet om massivtre er at det har god termisk kapasitet, men lav varmeledningsevne (som er positivt mtp brannspredning) og dermed igjen treg respons på temperaturendringer i omgivelsene. Dette vil slik vi har forstått det påvirke energibehovet til temperaturregulering i en konstruksjon, og gi økt energibehov sammenlignet med en konstruksjon med eksponerte flater i betong.

Har dere noen betraktninger eller relevant informasjon som vi kan bruke i oppgaven vår når vi sammenligner disse materialene på akkurat dette punktet?

Mvh Kathrine Grødal og Karoline Skylstad

NORGES TAKSERINGS FORBUND
MEDLEM

VERDITAKST

Brusdalsveien 20/22 , 6011 ÅLESUND

Gnr 32: Bnr 57
1504 ÅLESUND KOMMUNE

SERTIFISERT TAKSTMANN
Takstmann Frode K. Mauren
Telefon: 922 36 850
E-post: frode@moretakst.no
Rolle: Uavhengig takstmann

AUTORISERT FORETAK
Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685
Organisasjonsnr: 911 810 239

møretakst
ESTIMA
Norges Eiendomspartner

Dato befaring:	19.02.2018
Utskriftsdato:	19.02.2018
Dato verdisetting:	19.02.2018
Oppdrag nr:	5266

Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685

MEDLEM

1 Innholdsfortegnelse

2 Sammendrag 3
3 Introduksjon 4
3.1 Informasjon fra kunden 4
3.2 Generell informasjon 4
3.3 Beskrivelse av eiendommen 5
3.3.1 Eiendomsinformasjon 5
3.3.2 Matrikkeldata 5
3.3.3 Beskrivelse av tomt 6
3.3.4 Beskrivelse av områdene rundt 6
3.3.5 Andre forhold 6
3.4 Bygninger på eiendommen 7
3.4.1 Kontorbygg etc 7
3.4.2 Lager 9
4 Verdigrunnlag 10
4.1 Utleiekontrakter og ledige lokaler 10
4.2 Beskrivelse av eiendomsmarkedet 11
4.3 Inntekter/kostnader 12
5 Verdisetting 13
5.1 Tomteverdi 13
5.2 Teknisk verdi 13
5.3 Nettokapitalisering 14
5.4 Sammenlignbare priser 14
5.5 Kontantstrømsanalyse 15
5.6 Følsomhetsanalyse 18
6 Andre bilder 19

Vedlegg:

Eiendomsdata.no
Infoland.no
Norges Eiendommer
Offentlige planer
Reguleringsplaner
Situasjonskart
Tegninger

Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685

MEDLEM

2 Sammendrag

Konklusjon/ markedsvurdering:

Eiendommen er en næringseiendom beliggende sentralt i Spjelkavika/Moa området i Ålesund kommune. Bygget er over 2 etg + kjeller. Hele bygget er i dag i bruk; enten utleid eller i bruk av eier.

Eiendommen er først bygd i 1942 - senere noe påbygd/ombygd i 1952/1990. Bygget har gjennomgått en betydelig oppgradering i 2004 i 1.etg og i 2008 i 2.etg samt en del senere år.

Den ligger i et område hvor nabotomter i stor grad har blitt utbygd med blokkbebyggelse siste 10-15 årene. Tomta har en reguleringsmessig status som gir muligheter for økt utnyttelse både i flate og i høyde, og har en attraktiv og sentral beliggenhet både som kontor og som event fremtidig utnyttelse til bolig.

De tre bruksenhetene i eiendommen har to utleieforhold + eget bruk - i tillegg et felles møterom etc.

Græsdal Glass AS leier den østlige delen i 1.etg samt del mot nord + kjeller. Leiekontrakten er en 7-års kontrakt som løper ut 31.12.2018 - leiebeløpet er for tiden kr 225 600 kr pr år eks mva. Det løper imidlertid en gjensidig oppsigelsestid på 12 mnd inenfor avtaleperioden.

2.etg er utleid til Hedalm Anebyhus AS på en 7-års kontrakt som løper ut 31.12.2024. Leiebeløpet er for tiden kr 162 940 pr år eks mva. Det løper imidlertid en gjensidig oppsigelsestid på 6 mnd innenfor avtaleperioden.
Leietaker har nå sagt opp.

Møre Maskin AS som eier bygget bruker den sydvestlige delen av bygget selv. Dette er et areal på 108 kvm utifra nivået på leienivået til Hedalm Anebyhus AS på ca kr 1 200 kr/kvm - så legges dette arealet på et leienivå på kr 1250 kr/kvm.

Dagens leienivå ansees å være et realistisk nivå som en utifra dagens markedssituasjon også vil kunne oppnå ved event opphør av dagens leieforhold.

Det er lagt inn en merverdi i tomta på kr 5 000 000,- utover avkastningsverdien. Dette er basert på at det på tomta kan bebygges f.eks ei boligblokk på 4 etg med f.eks 24 leiligheter på ca 70 kvm hver som kan i snitt tåle kr 500.000 i råtomtbelastning . Dette priser tomta til kr 12 mill - med fratrekk for rivningskostnader og dagens avkastningsverdi på bygget stipuleres "merverdi" i tomt til kr 5 mill.

Basert på den visuelle befaringen, markedskunnskap, erfaring og vurderinger antas eiendommen å kunne omsettes for den stipulerte markedsverdi i dagens markedssituasjon.

Kunde/rekvirent: Møre Maskin AS
Brusdalsveien 20/22 , 6011 ÅLESUND. Tlf. 70158880

Formål med taksten: Takst over næringseiendom.

Egne forutsetninger: Taksten er en oppgradering av takst tatt i 2016.

Verdi: **Kr. 10 600 000**

Dato verdisetting: 19.02.2018

Takstmann: **Frode K. Mauren Tlf.: 922 36 685**

Denne rapporten er utarbeidet av en uavhengig takstmann uten bindinger til andre aktører i eiendomsbransjen. Takstmannen har verken et ansettelsesforhold til eller økonomisk interesse i sin oppdragsgivers virksomhet. For nærmere beskrivelse av kravene til takstmannens integritet, se takseringsbransjens etiske retningslinjer på www.ntf.no.

Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685

MEDLEM

VALDERØYA, 19.02.2018

Frode Mauren

Takstmann Frode K. Mauren
Telefon: 922 36 685

3 Introduksjon

3.1 Informasjon fra kunden

Dokument/kilde	Dato	Kommentar	Status	Sider
Offentlige planer				
Reguleringsplaner				
Situasjonskart				
Tegninger				
Eiendomsdata.no				
Eiers repr				
Infoland.no				
Norges Eiendommer				

3.2 Generell informasjon

Beskrivelse av eiendommen	Eiendommen er en næringseiendom beliggende sentralt i Spjelkavika/Moa området i Ålesund kommune. Bygget er over 2 etg + kjeller. Hele bygget er i dag i bruk; enten utleid eller i bruk av eier.
Hva slags verdi (markedsverdi ec)	Markedsverdi
Kunde/rekvirent:	Møre Maskin AS Brusdalsveien 20/22 , 6011 ÅLESUND. Tlf. 70158880
Formålet med oppdraget	Verditaksering ifm finansiering/salg.
Standarder som legges til grunn	NTF s retningslinjer for taksering av næringseiendommer.
Retningslinjer	Jfr foran
Takstmannens status og erfaring	Takstmannen har sin utdanning innen eiendom fra NBT/Norges eiendomshøyskole, NTF/ Norges Eiendomsakademi samt Certificate in Property Valuation & Development fra Sheffield Hallam University. Har drevet med taksering av næringseiendom fra 2002.
Befaring/tilstede:	Befaringsdato: 19.02.2018 Frode K. Mauren. Tlf. 92 23 68 50 Møre Maskin AS. Tlf. 70158880

Forutsetninger:

Verditaksten er utført iht. NTF's regler, NS 3451 og NS 3940. Taksten er kun basert på visuell befaring uten inngrep i byggverket, evt. supplert med enkle målinger. Merk at en verditakst ikke er en tilstandsrapport, som beskriver byggverkets tekniske tilstand. Kunden/rekvirenten skal lese gjennom dokumentet før bruk og gi tilbakemelding til takstmannen hvis det finnes feil/ mangler som bør rettes opp.

Takstkonklusjonen er en vurdering av verdien av objektet dvs. det beløp som takstmannen mener at markedet er villig til å betale. Takstmannen er ikke ansvarlig for manglende opplysninger om feil og mangler, som han ikke kunne ha oppdaget, etter å ha undersøkt takstobjektet slik god skikk tilsier. Taksten er avholdt etter beste skjønn. Takstkonklusjonen baserer seg på objektet i den stand og slik det var på takseringsdagen.

Dersom selger fraskriver seg ansvaret for riktigheten av bygningsarealer eller tomtearealer, overføres dette ansvaret ikke til takstmannen. Oppmåling av- og nøyaktig arealfastsettelse av næringseiendommer er en omfattende oppgave og inngår ikke i normaloppdraget 'Taksering av næringseiendom'. De oppgitte arealer er ikke nødvendigvis oppmålt, men kan være hentet fra annen dokumentasjon. Arealmåling kan bestilles som et eget oppdrag.

3.3 Beskrivelse av eiendommen

3.3.1 Eiendomsinformasjon

Konsesjonsplikt	Nei
Adkomst	Eiendommen har adkomst fra Brusdalsvegen - rett øst for rundkjøringa ved Esso-stasjonen.
Vann	Offentlig vann
Avløp	Offentlig avløp.
Regulering	Eiendommen er regulert til kombinert bolig/kontor. Benevnt BK 3 i plan.
Kommuneplan	Eiendommen er i kommuneplan avsatt til sentrumsformål; bolig/kontor.

3.3.2 Matrikkeldata

Matrikkel:	Kommune: 1504 ÅLESUND Gnr: 32 Bnr: 57
Eiet/festet:	Eiet
Areal:	1 450,1 m² Arealkilde: Ambita Infoland
Hjemmelshaver:	Møre Maskin AS
Adresse:	Brusdalsveien 20/22 , 6011 ÅLESUND

3.3.3 Beskrivelse av tomt

Tomtens anvendelse	Tomten er anvendt til et næringsbygg over 2 etg + kjeller. Videre står et mindre bygg mot vest - vestre del av dette ligger utifra kart litt inn på naboeiendom.
Tomtens form	Tomta er i stor grad flatt/litt skrånende mot syd.
Grunnforhold og fundamentering	Byggegrunn er ukjent.
Miljø og forurensning	Det er ikke foretatt noen form for undersøkelser av grunnen med tanke på forurensing.
Utnyttelse	Tomta er bebygd med et hovedbygg på 1 og 2 etg + kjeller, i tillegg et enkelt bygg på ca 20 kvm. Totalt sett dekker bygningsmassen ca 400 kvm av tomtas totale areal på 1450 kvm. Dette utgjør ca 27 % utnyttelse.
Utbyggingspotensiale	Reguleringsplanen åpner opp for en utnyttelse på inntil 40 % samt inntil 12,5 m takhøyde - 4 etg. Utifra dette så har tomta et stort utbyggingspotensiale i forhold til dagens utnyttelse. Utifra markedssituasjonen vil utvikling til bolig være mest nærliggende.

3.3.4 Beskrivelse av områdene rundt

Utbygging, år	Eiendommen er fra 1942 - senere noe påbygd/ombygd i 1952/1990. Bygget har gjennomgått en betydelig oppgradering fra 2004 og utover.
Områdene rundt	Nærområdet består i hovedsak av boligbygg av forskjellig karakter utbygd siste 10-12 årene samt en del eldre eneboliger.
Transport og kommunikasjon	Det er kort avstand til bussstopp samt til bussholdeplass på Moa.
Infrastruktur	Eiendommen ligger sentralt til trafikkmessig med kort avstand til hovedvegnett i alle retninger og til Moa med alle faciliteter.
Parkering	Det er opparbeidet godt med parkeringsplasser på egen grunn, i tillegg disponerer eiendommen noen parkeringsplasser på nabotomt på dagtid.

3.3.5 Andre forhold

Forsikring:	Selskap: IF.

Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685

MEDLEM

3.4 Bygninger på eiendommen

3.4.1 Kontorbygg etc

Bygningsdata

Byggeår: 1942 Kilde: Påbygd/ombygd 1952/1991

Arealer:

Etasje	Bruttoareal BTA m²	Bruksareal BRA m²	Kommentar
2. etasje	155	141	Kontorlokaler på ca 134 kvm til Hedalm + trapperom på 7 kvm.
1. etasje	298	276	Ca 131 kvm til Græsdal Glass AS, eget ca 108 kvm - felles møterom og trapperom resten.
U etg	320	298	I stor grad utleid til Græsdal Glass AS - en mindre del brukes av eier.
Sum bygning:	773	715	

Konstruksjoner og innvendige forhold:

Bygning generelt
Kontorbygg over 2 etg + kjeller oppført i murkonstruksjoner.

Drenering
Drenering er fra byggeår - ukjent type.

Grunn og fundamenter
Antagelig betongfundamenter fra byggeår.

Grunnmurskonstruksjon
Betongkonstruksjoner i grunnmur fra byggeår.

Ytterveggskonstruksjon
Yttervegger oppført i murkonstruksjoner.

Fasader
Utvendige fasader er pussede og malte murfasader.

Utvendige dører og vinduer
Pvc vinduer nye i 2015 2-lags glass.
Nye dører etc.
Leddport i metall i underetg ca 2,6x2,3 m.

Montert ny inngangsdør til 2.etg i 2017.

Takkonstruksjon
Takkonstruksjon i tre.

Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685

Taktekking

Papptekking - banebelegg fra slutten av 1990-tallet.

Utvendige trapper

Utvendig inngangsparti er oppgradert senere tid med flislagte trapper, platter og bedd etc.

Terrasser og balkonger

Utgang fra 2.etg til flislagt balkong mot øst på ca 7 kvm. Murrekkverk.

Etasjeskillere

Betong etg skille fra byggeår.

Innvendige overflater

Underetg:
I hovedsak lager/produksjonsrom - et mindre kontor og noe wc/dusjrom - arkivrom. Utover arkivrommet benyttes lokalene av Græsdal Glass AS
Betonggulv, malte betongvegger og betonghimling.
Montert portdør mellom lager/gang.
Laget til nye toalett og dusjrom, 2 wc rom.
Utvendig bodrom mot øst har malte betongkonstruksjoner - tidligere vært sentral for Telenor.

WC/dusjrommene har fliser på gulv gulvvarme, malte vegger og himlingsplater.

1.etg:

Græsdal Glass AS lokaler:
Innvendig oppgradert i ca 2004.
Laminatflis på gulv, malte Hunton panelplater og malte vegger. Systemhimlinger.
Systemvegger i bjørk med glass - inneholder 3 kontor + utstilling.
Glassliperi mot nord har vinyl malte vegger og himling.
Takhøyde i glassliperi er ca 3,5 m.

Møre Maskin AS - egne lokaler:
Innvendig oppgradert i 2004.
Laminatflis på gulv, malte vegger, systemhimlinger,
Inneholder inngangsparti, 4 kontor, kjøkken/spiserom, lager, tekn rom.
Bjørk kjøkkeninnredning kjøl/fryseskap, komfyr/platetopp, oppvaskmaskin.
Toalett og vaskerom har flislagte gulv og vegger, skyllekar på vaskerom, wc og servant på toalettrom.

Felles møterom i samme standard.

2.etg - Hedalm Anebyhus AS

Hele 2.eg er oppgradert i i 2008.
Revet til mur, isolert innvendig.
Laminatgulv, malte tapetserte vegger og himlingsplater i himling.
WC rom har Wc og servant.
Bjørk finÈr kjøkkeninnredning fra 2008 med komfyr/platetopp, oppvask kjøle og fryseskap. Micro. Mindre vvt.
Inneholder 5 kontor + fellesrom + kjøkken, wc.
Systemvegger i bøk og glass.
Nytt rør og el i 2008. Eidsnes elektro as
Utgang flislagt balkong mot øst på ca 7 kvm

Innvendige trapper

Innvendige betongtrapper fra byggeår.
Pusset opp trapp til 2.etg i 2017.

Kjøkkeninnredning

Det er i 1.etg i lokalene til Møre Maskin AS og i 2.etg montert nyere kjøkkeninnredninger jfr beskrivelse av hvert leieforhold.

WC - våtrom

Laget til nytt dusjrom og 2 wc rom i underetg.
Fliser på gulv, gulvvarme, malte vegger og himlingsplater.
Dusjkabinett og vegghengte wc og servant.

WC-rom og i 1.etg jfr besrkivelse under leieforholdene.

Sanitær primæranlegg

Innvendige røropplegg er kobberrør fra forskjellige tidsepoker.
Avløpsrør er i all hovedsak plastrør - kan være noe innslag av soilrør.
Utvendig vann og avløp ble fornyet ifm utbygging i området i 2005 og utover.

Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685

MEDLEM

Ventilasjon primæranlegg

Bygget har kun naturlig ventilering.

Elektrisk primæranlegg

El anlegg i bygget er fornyet i 2004 og 2008. Automatsikringer og nye skap etc. Tilpasset kontorvirksomhet og glassvirksomheten.

3.4.2 Lager

Bygningsdata:

Byggeår: 1986

Arealer:

Etasje	Bruttoareal BTA m²	Bruksareal BRA m²	Kommentar
1. etasje	18	16	lager
Sum bygning:	18	16	

Konstruksjoner og innvendige forhold:

Bygning generelt

Enkelt lagerbygg/sandblåsing. Kun vurdert utenfra. Oppført i murkontruksjoner.

Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685

MEDLEM

4 Verdigrunnlag

4.1 Utleiekontrakter og ledige lokaler

Leiekontrakter/markedsleie:

Bygning/areal	Etg.	Antall	Pris pr år	Enh.pris	Leie f.o.m. mnd/år	Opphør mnd/år	Reg %	Markedsleie pris	Pris pr år	Markedsleie f.o.m. mnd/år	Reg %
Kontorbygg etc											
-kontor											
Græsdal Glass AS	1.etg	73 m²	91 250	1 250	7/2016	12/2018	100	1 250	91 250	1/2019	100
-Kontor											
Hedalm Anebyhus AS	2.etg	134 m²	162 940	1 216	7/2016	6/2018	100	1 200	160 800	7/2018	100
Møre Maskin AS	1.etg	108 m²	135 000	1 250	7/2016	12/2018	100	1 250	135 000	1/2019	100
-Lager											
Græsdal Glass AS	u.etg	303 m²	128 350	424	7/2016	12/2018	100	425	128 775	1/2019	100
Møre Maskin AS	1.etg	31 m²	15 000	484	7/2016	12/2018	100	500	15 500	1/2019	100
Sum:			532 540						531 325		
Lager											
-Lager											
Græsdal Glass AS	1.etg	16 m²	6 000	375	7/2016	12/2018	100	375	6 000	1/2019	100
Sum:			6 000						6 000		
Total:			**538 540**						**537 325**		

Bransjer/leiekontrakter:

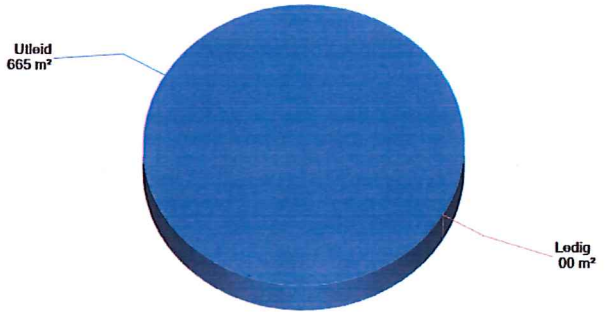
Bygning/bransje	Etg	Antall	Pris pr år	Enh.pris	Leie f.o.m. mnd/år	Opphør mnd/år	Reg %	Markedsleie pris	Pris pr år	Markedsleie f.o.m. mnd/år	Reg %
Kontorbygg etc											
-Kontor											
Hedalm Anebyhus AS	2.etg	134 m²	162 940	1 216	7/2016	6/2018	100	1 200	160 800	7/2018	100
Møre Maskin AS	1.etg	108 m²	135 000	1 250	7/2016	12/2018	100	1 250	135 000	1/2019	100
Møre Maskin AS	1.etg	31 m²	15 000	484	7/2016	12/2018	100	500	15 500	1/2019	100
-Kontor/lager											
Græsdal Glass AS	u.etg	303 m²	128 350	424	7/2016	12/2018	100	425	128 775	1/2019	100
Græsdal Glass AS	1.etg	73 m²	91 250	1 250	7/2016	12/2018	100	1 250	91 250	1/2019	100
Sum:				532 540					531 325		
Lager											
-Kontor/lager											
Græsdal Glass AS	1.etg	16 m²	6 000	375	7/2016	12/2018	100	375	6 000	1/2019	100
Sum:			6 000						6 000		
Total:			**538 540**						**537 325**		

Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685

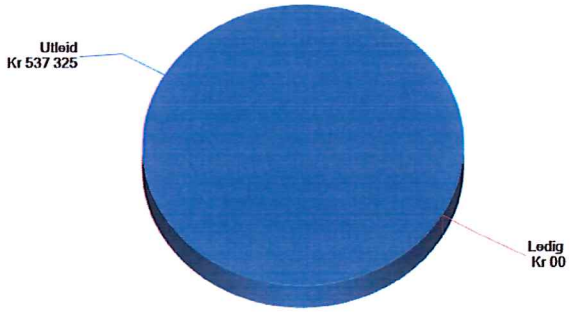
MEDLEM

Utleiekontrakter og ledige lokaler

Utleide og ledige arealer



Inntekter/markedsleie for utleide/ledige arealer inkl. andre objekter



4.2 Beskrivelse av eiendomsmarkedet

Kort beskrivelse

Næringseiendom over 2 etg + kjeller beliggende i Brusdalsvegen sentralt i Spjelkavik/Moa området - eiendommer har tre bruksenheter hvor to er utleid og resten brukes av eier.

Eiendommen ligger i et område hvor nabotomter i stor grad har blitt utbygd med blokkbebyggelse siste 10-12 årene. Tomta har en reguleringsmessig status som gir muligheter for økt utnyttelse både i flate og i høyde.

Eiendommen har en attraktiv og sentral beliggenhet både som kontor og som event fremtidig utnyttelse til bolig.

Leiepriser utleieobjekter

De tre bruksenhetene i eiendommen har to utleieforhold + eget bruk - i tillegg et felles møterom etc.

Græsdal Glass AS leier den østlige delen i 1.etg samt del mot nord + kjeller. Leiekontrakten er en 7-års kontrakt som løper ut 31.12.2018 - leiebeløpet er for tiden kr 225 600 kr pr år eks mva. Det løper imidlertid en gjensidig oppsigelsestid på 12 mnd inenfor avtaleperioden.

2.etg er utleid til Hedalm Anebyhus AS på en 7-års kontrakt som løper ut 31.12.2024. Leiebeløpet er for tiden kr 162 940 pr år eks mva. Det løper imidlertid en gjensidig oppsigelsestid på 6 mnd innenfor avtaleperioden.
Leietaker har nå sagt opp.

Møre Maskin AS som eier bygget bruker den sydvestlige delen av bygget selv. Dette er et areal på 108 kvm utifra nivået på leienivået til Hedalm Anebyhus AS på ca kr 1 200 kr/kvm - så legges dette arealet på et leienivå på kr 1250 kr/kvm.

Dagens leienivå ansees å være et realistisk nivå som en utifra dagens markedssituasjon også vil kunne oppnå ved event opphør av dagens leieforhold.

Salgspriser

Jfr sammenlignbare priser.

Tidligere takster

Nei

Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685

MEDLEM

Markedsutsikter

I salgsmarkedet er det relativt få eiendommer som ligger ute i det ÅPNE markedet i dag. . Det er imidlerid i tillegg en del eiendommer for salg som ikke ligger i det åpne markedet.
I leiemarkedet er det for tiden annonsert 51 objekter i Ålesund kommune. Av disse ansees 6-7 av dem å være sammenlignbare med takstobjektet med tanke på beliggenhet og utleie som kontorlokaler. Takstobjektet har imidlertid et potensiale som utbyggingseiendom for bolig. Dette gjør den mer attraktiv som investeringsobjekt.

4.3 Inntekter/kostnader

Inntekter

Arealtype			Kontrakter			Markedsleie
	m²	Kr./m²	Pris/år	m²	Kr./m²	Markedsleie pr år
kontor	73	1 250	91 250	73	1 250	91 250
Kontor	134	1 216	162 940	134	1 200	160 800
Kontor	108	1 250	135 000	108	1 250	135 000
Lager	303	424	128 350	303	425	128 775
Lager	16	375	6 000	16	375	6 000
Lager	31	484	15 000	31	500	15 500
Sum	**665**		**538 540**	**665**		**537 325**

Inntektsoverskudd

Inntekter (overført)		**537 325**
Tap ved ledighet, 2%		10 747
Normale eierkostnader, årlig		
FDV kostnader	100 000	100 000
Eiendommens inntektsoverskudd		**426 579**

Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685

MEDLEM

5 Verdisetting

5.1 Tomteverdi

Verdi tomt

Tomteareal

Tomteareal, overført fra matrikkeldata:	**1 450,1 m²**
Sum areal:	**1 450,1 m²**

Verdi tomt

Ansatt verdi tomt:	**10 500 000**
Verdi tomt:	**10 500 000**

5.2 Teknisk verdi

Metode: Byggekostnadene er beregnet til hva det ville koste å føre opp et tilsvarende bygg i dag. Tomteverdien fremkommer ved en betraktning av tomtebelastningen og reguleringsbestemmelsene. I begrepet "normale tomtekostnader" ligger også verdi av eventuell andel fellesareal, samt markedstilpasning for beliggenhet/ attraktivitet. Det er foretatt en reduksjon på grunn av byggets alder, tilstand, hensiktsmessighet og tekniske anlegg. For kurante næringseiendommer forekommer det ofte avvik mellom den tekniske verdien og takstkonklusjonen.

Kontorbygg etc

Normale byggekostnader (utregnet som for nybygg)	12 036 220	
diverse	150 000	
Fradrag (alder, utidsmessighet, vedlikeholdsmangler, tilstandssvekkelser, gjenst. arbeider)	4 200 000	
Sum teknisk verdi – Kontorbygg etc		**7 986 220**

Lager

Normale byggekostnader (utregnet som for nybygg)	291 600	
Fradrag (alder, utidsmessighet, vedlikeholdsmangler, tilstandssvekkelser, gjenst. arbeider)	80 000	
Sum teknisk verdi – Lager		**211 600**
Sum teknisk verdi bygninger		**8 197 820**

Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685

MEDLEM

5.3 Nettokapitalisering

Metode: Ved beregning av nettokapitalisering er det brukt en risikofri rente (10 år Statsobligasjon) på 1,75 % og en inflasjon på 2,5 % som er det samme som inflasjonsmålet til Norges Bank. Ved beregning av realavkastningskravet er det lagt til et risikopåslag på 8,75 % i forhold til rente, objekt, marked og kurans. Renterisikoen er satt til 1,5 % da det fortsatt er en del uro i finansmarkedet i Europa og verden forøvrig og dette gjør at markedet antar renten vil holde seg forholdsvis lav fremover.
Den generelle eiendomsrisiko er satt til 1,50 % .
Markedsrisikoen er satt til 3,0 % - sentral eiendom, ok leieforhold. Objektrisiko/kurans er satt til 2,75 % - betonghus i generelt god stand.
Verdien som fremkommer etter denne metoden har sin bakgrunn i eiendommens vurderte netto inntektsoverskudd og det kravet til avkastning som normalt stilles ved investeringer av denne typen

Forutsetninger

Effektiv risikofri rente:	1,75 %
- Inflasjon:	2,50 %
Realrente, avrundet:	**-0,75 %**
Objektrisiko	2,75 %
Markedsrisiko	3,00 %
Eiendomsrisiko	1,50 %
Renteglidning	1,50 %
Realavkastningskrav:	8,00 %

Beregning av kapitalisert verdi

Eiendommens inntektsoverskudd (overført fra inntekter/kostnader)		426 579
Eiendommens forrentningsverdi som grunnlag for salgsverdi, beregnet av inntektsoverskuddet (Kr. 426 579) når realrenten er 8,00%		5 332 231
Korreksjon: Potensiale tomt	5 000 000	5 000 000
Eiendommens forrentningsverdi som grunnlag for salgsverdi:		10 332 231
Eiendommens forrentningsverdi som grunnlag for salgsverdi (avrundet):		**10 330 000**

5.4 Sammenlignbare priser

Metode: Metoden betraktes som den foretrukne måten å komme fram til markedsverdien på. Den må alltid benyttes når det er muligheter til det. Markedsverdien framkommer etter en analyse av oppnådde priser for tilsvarende eiendommer. Det foretas en systematisk vektet sammenlikning av en rekke parametre for de forskjellige eiendommene i analysen, sammenliknet med parametrene for den takserte eiendommen.

Nr	Adresse	Sted	Areal	Verdier		Justering			Vekting/vurdering **)							Faktor	Pris/m2
				Sum	kr/m2	År	KPI	Pris	Beliggenhet	Størrelse	Eksponering	Nytte/bruk	Grunnforh.	Adkomst	Spesielt		
7	Storevågen 75	Ålesund	1 636	5 750 000	3 515	2012	1,10	3 866	1,30	1,20	1,20	1,30	1,00	1,00	1,20	2,92	11290
8	Postvegen 12	Ålesund	2 300	20 000 000	8 696	2013	1,07	9 304	0,90	1,30	1,00	1,10	1,00	1,00	1,20	1,54	14370
9	Postvegen 15	Ålesund	600	7 600 000	12 667	2014	1,05	13 300	0,90	1,00	1,00	1,10	1,00	1,00	1,20	1,18	15800
10	Spjelkavikveg en 51	Ålesund	600	7 600 000	12 667	2014	1,05	13 300	1,00	1,00	1,00	1,10	1,00	1,00	1,20	1,32	17556
															Gjennomsnitt pris pr. m2:		14 754

Aktuelt objekt	Areal	Pris/m2	Verdi objekt
Brusdalsveien 20/22 , 6011 ÅLESUND	731	14 754	10 785 246

Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685

MEDLEM

Forklaringer	Beliggenhet	De fire eiendommene ligger i indre bydel - eiendommene i Breivika har nok en noe mer attraktivitet næringsmessig. Storevågen noe dårligere.
	Størrelse	To større eiendommer - og to i omtrent samme størrelse.
	Eksponering	Storevågen har noe dårlgiere eksponering.
	Nytte/bruk	Takstobjektet har et utbyggingspotensiale til bolig.
	Grunnforh.	Samme
	Adkomst	Samme
	Spesielt	Jfr nytte/bruk
Sammendrag	Takstobjektet har et stort utbyggingspotensiale for bolig.	

5.5 Kontantstrømsanalyse

Metode: Kontantstrømanalysen er en analyse av kontantstrømmen i eiendommen over en 10-års periode. Verdien fremkommer med bakgrunn i påstående leieinntekter, korrigert for normale markedsleier ved kontraktenes utløp.

Forutsetninger

Effektiv risikofri rente:	1,75 %
- Inflasjon:	2,50 %
Realrente, avrundet:	**-0,75 %**
Objektrisiko	2,75 %
Markedsrisiko	3,00 %
Eiendomsrisiko	1,50 %
Renteglidning	1,50 %
Realavkastningskrav:	8,00 %

Kontantstrømanalyse

Normale eierkostnader:	100 000	Fra nettokap.	Analyse f.o.m.:	
Realavkastningskrav:	8,00 %		År:	2018
Inflasjon:	2,50 %		Måned:	2
Diskontert rente:	10,50 %		Antall år:	10
Inntektsutvikling:	2,50 %			
Kostnadsutvikling:	2,50 %			
Generell ledighet:	2,0 %	F.o.m. år: 2019		

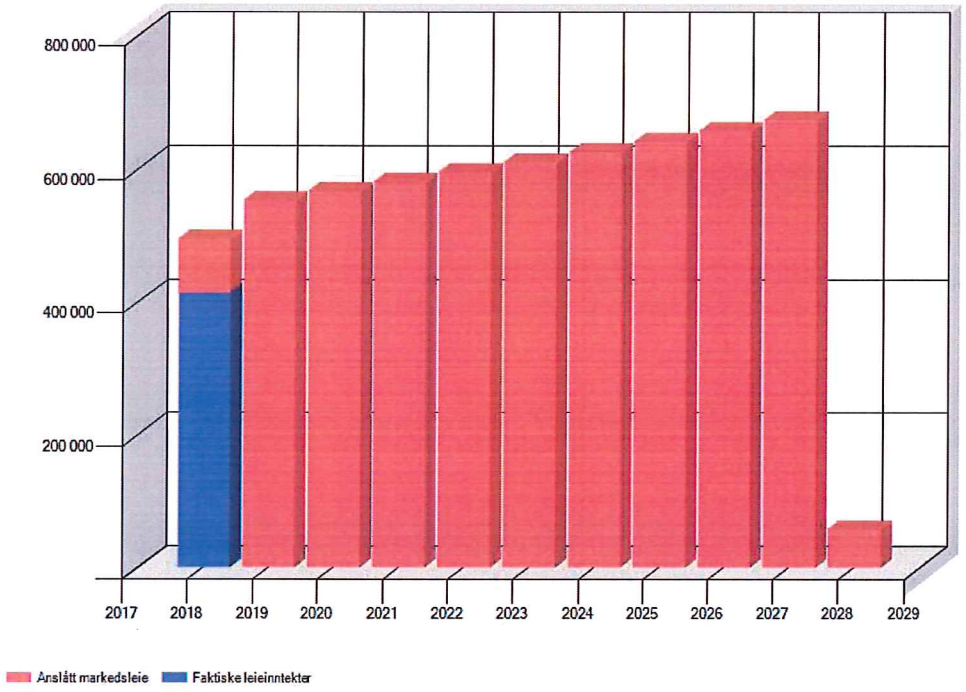
År	Leieinntekter	Normale eierkostn.	Spesiell kostn.	Generell ledighet	Endring likviditet	Nåverdi
2018	492 592	91 667			400 925	400 925
2019	550 758	102 500		11 015	437 243	395 695
2020	564 527	105 063		11 291	448 174	367 047
2021	578 640	107 689		11 573	459 378	340 474
2022	593 106	110 381		11 862	470 863	315 824
2023	607 934	113 141		12 159	482 634	292 959
2024	623 132	115 969		12 463	494 700	271 749
2025	638 711	118 869		12 774	507 068	252 075
2026	654 678	121 840		13 094	519 744	233 825
2027	671 045	124 886		13 421	532 738	216 897
2028	57 318	10 667		1 146	45 505	16 766
Nåverdi av resultat, sum:						**3 104 237**

Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685

	Estimert	Kalkulert
Restverdi, fra endring likviditet siste hele år:		6 825 707
Nåverdi av restverdi:		**2 514 924**
Nåverdi inkludert nåverdi av restverdi:	**3 104 237**	**5 619 161**

Korreksjoner med engangsbeløp for utbyggingspotensiale etc.			
Utbyggignspotensiale i tomt	5 000 000		
Sum korreksjoner:		**5 000 000**	**5 000 000**
Nåverdi inkludert nåverdi av restverdi (inkl. event. korreksjoner):		**8 104 237**	**10 619 161**

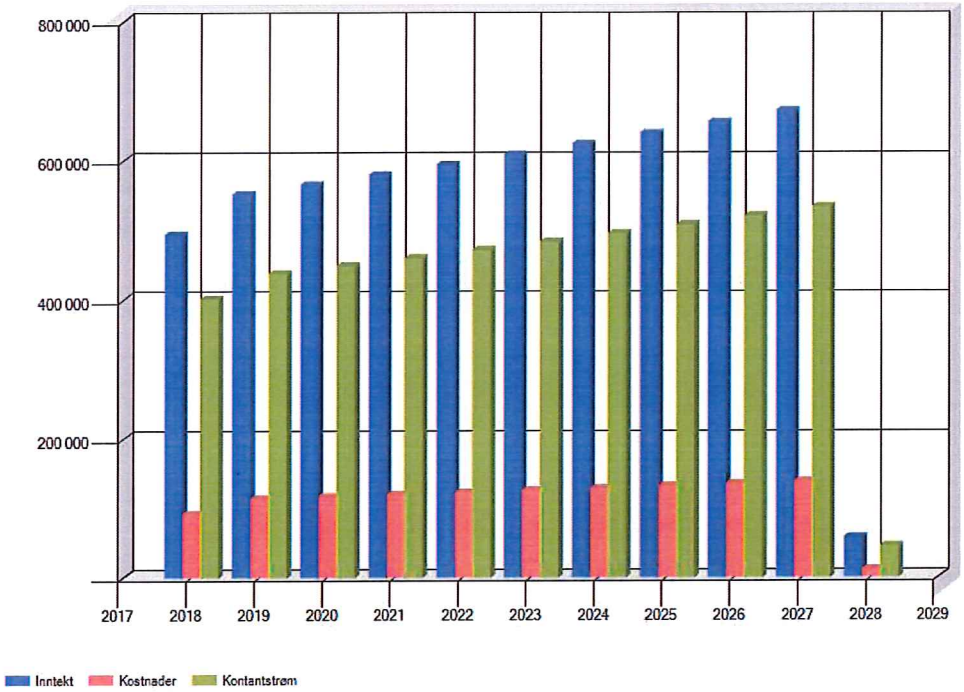
Leieinntekter og anslått markedsleie



Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685

MEDLEM

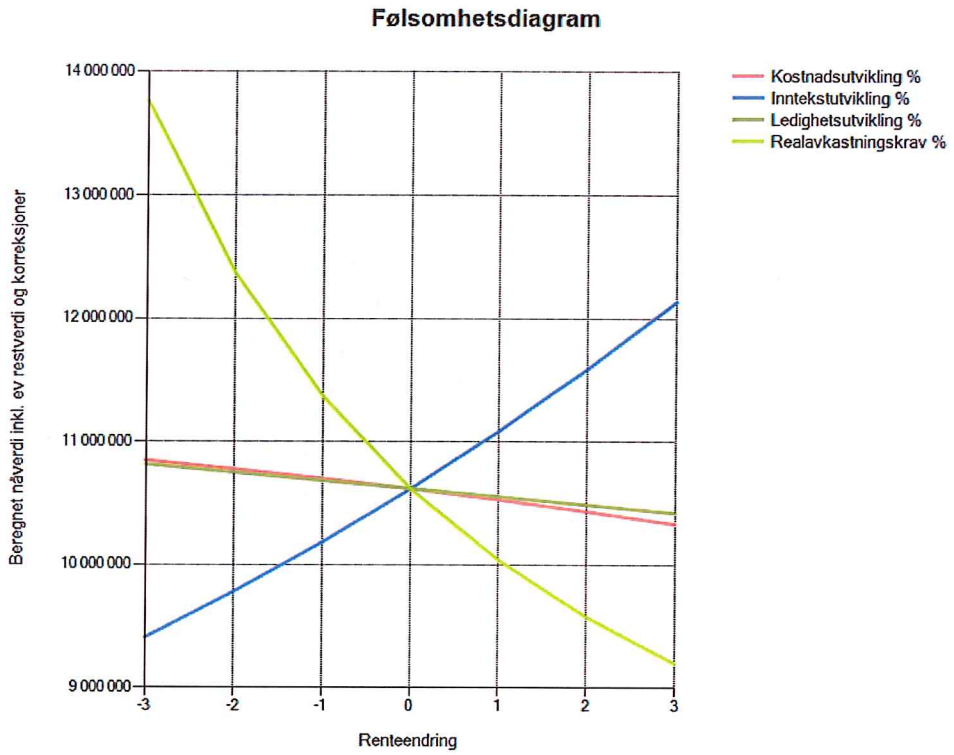
Inntekter, kostnader og kontantstrøm



Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685

MEDLEM

5.6 Følsomhetsanalyse

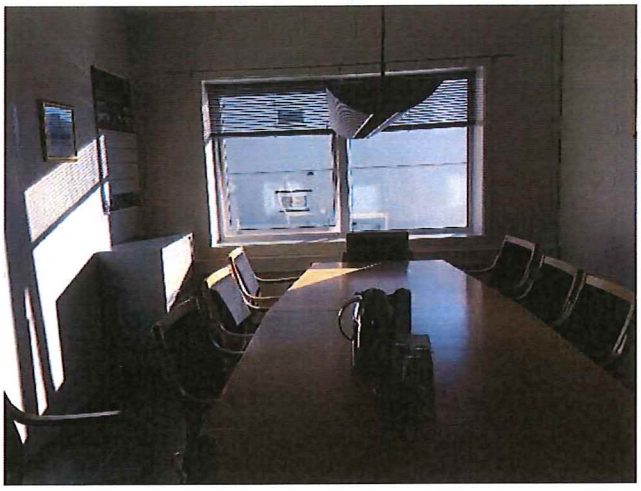


Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685

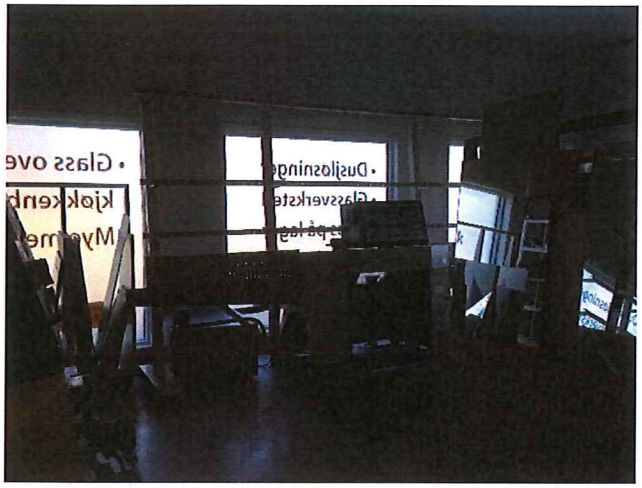
MEDLEM

6 Andre bilder

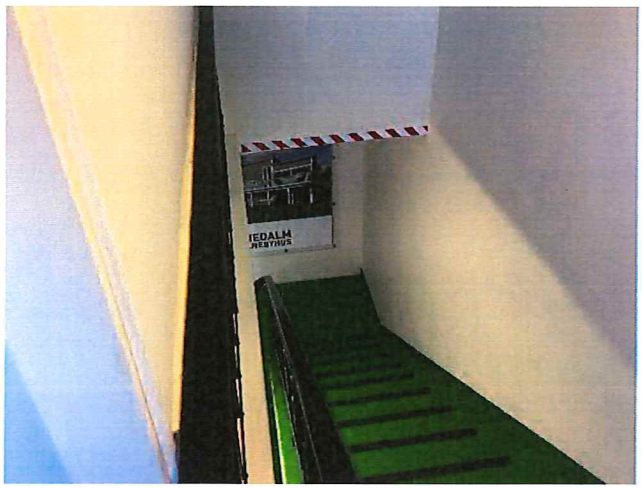
Andre bilder for oppdraget



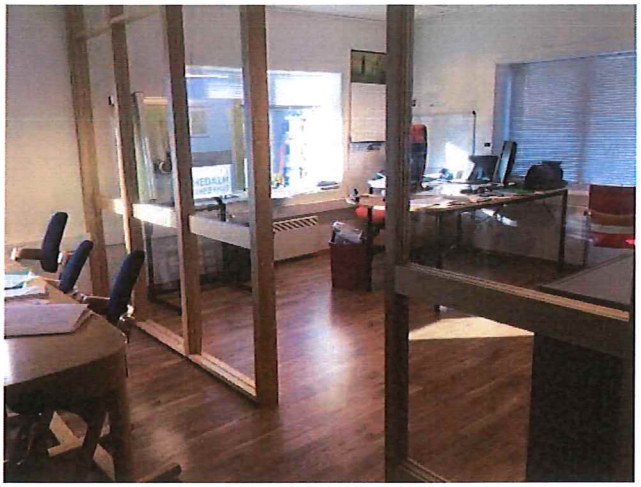
Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685



Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685



Sunnmøre Eiendom Takst AS
v/Frode Mauren, Trollhaugane 20, 6050 VALDERØYA
Telefon: 922 36 685



V7 Beregninger

V7.1 Tabell over laster brukt i beregninger

Plate på tak:

Egenlast, 0,2 m armert betong og semi-intensivt grønt tak	6,96 kN/m^2
Egenlast XPS: 0,3 kN/m^3 x 0,45m	0,14 kN/m^2
Egenlast takfolie	0,03 kN/m^2
Egenlast nedhengt himling, system basert på skinner og steinull	0,04 kN/m^2
Egenlast gipsplate, 13 mm, 9 kN/m^3x 0,013m	0,12 kN/m^2
Totale egenlaster	**7,29 kN/m^2**
Snølast, 0,8 x 3kN/m^2	**2,4 kN/m^2**
Nyttelast tak	**4 kN/m^2**

Skillevegg:

Egenlast (fra Calculatis)	2,08 kN/m (2,08 kN/m^2)
Steinull, 1,4 kN/m^3 x 0,140m	0,2 kN/m^2

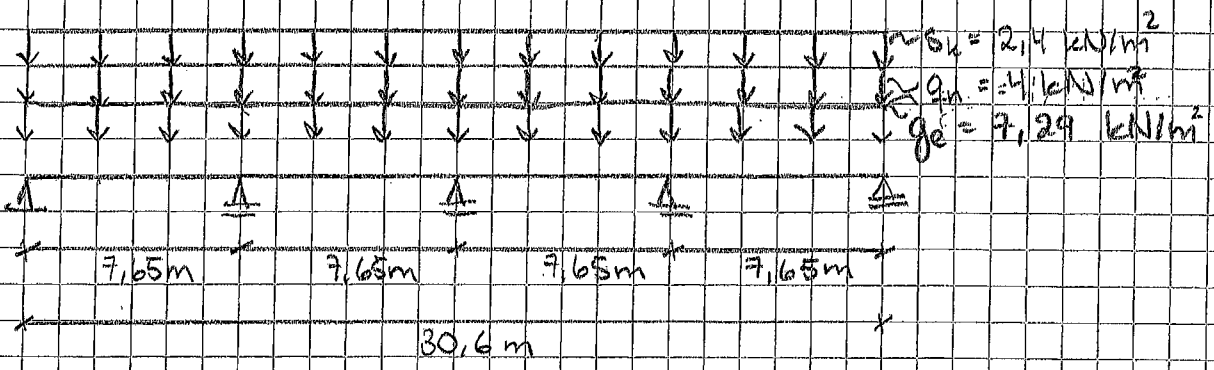
Etasjeskiller:

Egenlast massivtre (fra Calculatis)	1,2 kN/m
Egenlast trinnlydplate, 1,6 kN/m^3 x 0,015m	0,009 kN/m^2
Egenlast sponplate, 8 kN/m^3 x 0,015m	0,12 kN/m^2
Egenlast parkett, 0,015m	0,08 kN/m^2
Egenlast nedhengt himling	0,04 kN/m^2
Egenlast gipsplater, 9 kN kN/m^3 x 0,026 m	0,23 kN/m^2
Totale egenlaster	**1,68 kN/m^2**
Nyttelast gulv	**2 kN/m^2**

Plate 1. etasje:

Egenlast plate, 25 kN/m^3 x 0,2m	5 kN/m^2
Egenlast XPS, 0,3 kN/m^3 x 0,3m	0,09 kN/m^2
Egenlast sponplate, 8 kN/m^3 x 0,015m	0,12 kN/m^2
Egenlast parkett, 0,015m	0,08 kN/m^2
Totale egenlaster	**5,29 kN/m^2**
Nyttelast gulv	**2 kN/m^2**

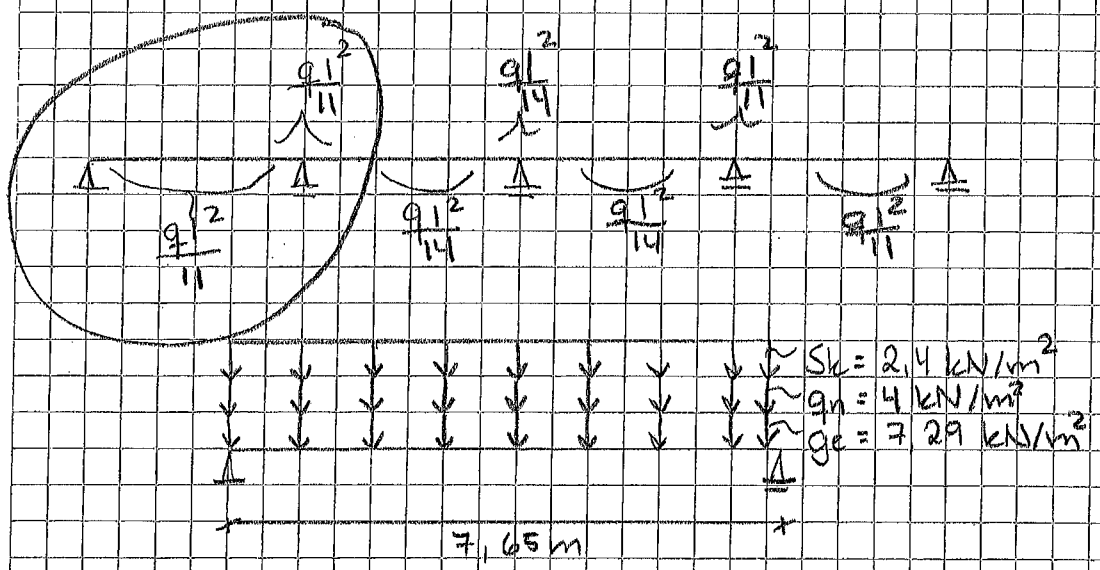
Forenklet beregning plate på tak:



$S_k = 2,4$ kN/m², snolast

$q_n = 4$ kN/m², nyttelast

$g_e = 7,29$ kN/m², egenlast



Betong B35: $f_{ck} = 35$ N/mm² $f_{cd} = 19,83$ N/mm²

$f_{ctm} = 2,9$ N/mm²

Armering B500C: $f_{yk} = 500$ N/mm² $f_{yd} = 434,78$ N/mm²

Bruddgrensetilstand:

B_1: $7,29$ kN/m² $\cdot 1,35 + 4$ kN/m² $\cdot 1,05 + 2,4$ kN/m² $\cdot 1,05 = 16,6$ kN/m²

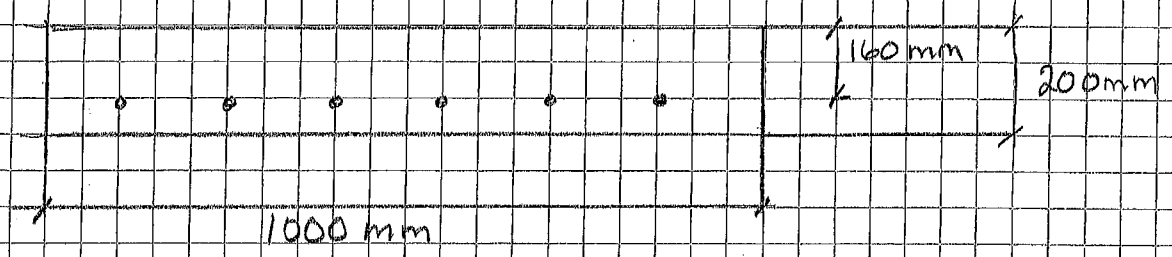
B_2: $7,29$ kN/m² $\cdot 1,2 + 4$ kN/m² $\cdot 1,5 + 2,4$ kN/m² $\cdot 1,05 = \underline{17,3 \text{ kN/m}^2}$

$\underline{B_2 \text{ størst}}$

M_{Ed}: $\frac{17,3\,kN/m^2 \cdot 7,65^2 m}{11} = 92,04\ kNm/m$

V_{Ed}: $\frac{17,3\,kN/m^2 \cdot 7,65 m}{2} = 66,2\ kN/m$

Dimensjonering av plate:



$M_{Rd} = m \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2$

$M_{Rd} = 0,275 \cdot 19,83\,N/mm^2 \cdot 1000mm \cdot 160^2 mm \cdot 10^{-6} = 189,6\ kNm/m$

$M_{Rd} > M_{Ed} \rightarrow OK$

Armering:

$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d$

$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1000 \cdot 160 = 241\ mm^2$

$A_{s,max} \leq 0,04 \cdot A_c$

$A_{s,max} \leq 0,04 \cdot (1000 \cdot 200) = 8000\ mm^2$

$A_{s,nød} = \frac{M_{Ed}}{(1 - 0 \cdot (\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}})) d \cdot f_{yd}} = \frac{92,04 \cdot 10^6}{(1 - 0,17 \cdot (\frac{92,04}{189,6})) \cdot 160 \cdot 434,78}$

$A_{s,nød} = 1490,1\ mm^2 \rightarrow > A_{s,min}$ og $\leq A_{s,max} \rightarrow OK.$

Velger Ø20

$n \geq \frac{1490{,}1\,mm^2}{314\,mm^2} = 4{,}75 \rightarrow 5\,stk$

$5Ø20 = \underline{1570\,mm^2}$

Maksimal senteravstand mellom stengene:

$S_{max} \leq min\{2h; 250\,mm\}$ for hovedarmering

Velger <u>Ø20 c 200 mm → 1570 mm²/m</u>

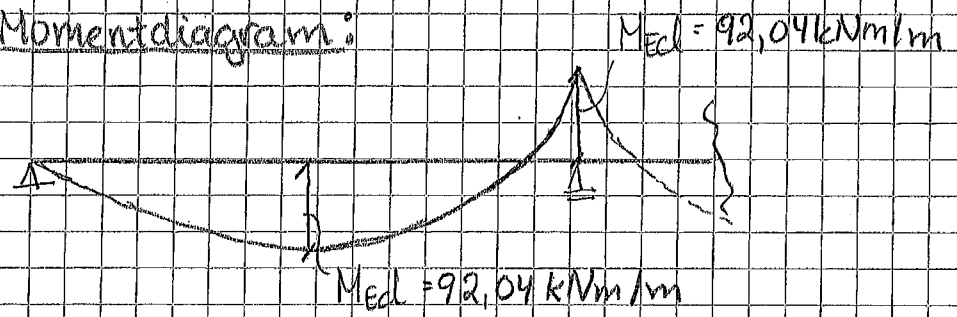
Tverrarmering i enveisplate ≥ 20% av hovedarmering

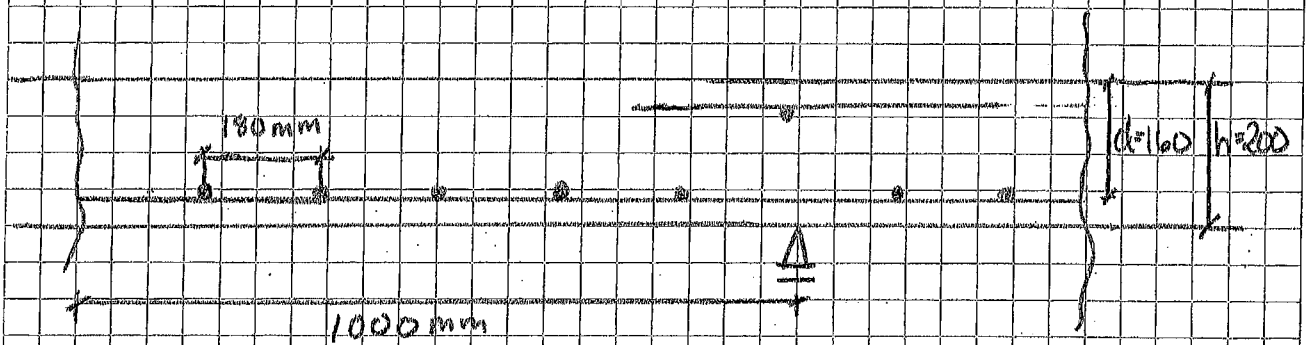
$\geq 314\,mm^2 \rightarrow 5Ø10 = 393\,mm^2$

$S_{max} \leq min\{3h; 400\,mm\}$ for fordelingsarmering

<u>Velger Ø10 c 180 mm → 436 mm²/m</u>

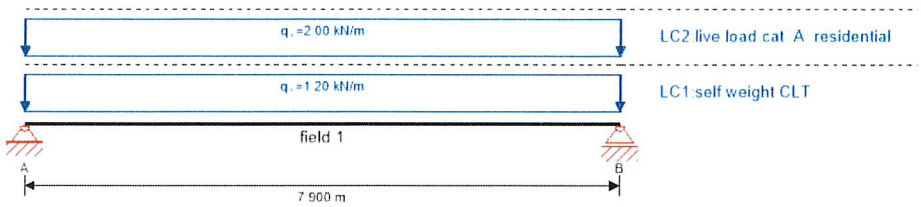
<u>Momentdiagram:</u>





Skisse med plassering av armering

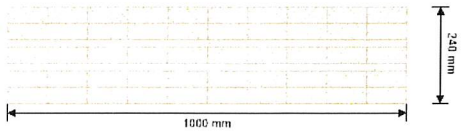
system



global utilization ratio — 96 %

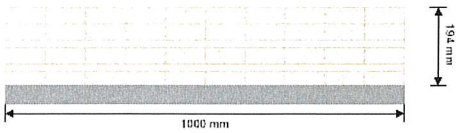
ULS	21 %	ULS fire	9 %	SLS	48 %	SLS vibration	96 %	support	8 %

section: CLT 240 L7s - 2



layer	thickness	orientation	material
1	40.0 mm	0°	C24 spruce
2	40.0 mm	0°	C24 spruce
3	20.0 mm	90°	C24 spruce
4	40.0 mm	0°	C24 spruce
5	20.0 mm	90°	C24 spruce
6	40.0 mm	0°	C24 spruce
7	40.0 mm	0°	C24 spruce
t_{CLT}	**240.0 mm**		

section fire: CLT 240 L7s - 2



layer	thickness	orientation	material
1	40.0 mm	0°	C24 spruce
2	40.0 mm	0°	C24 spruce
3	20.0 mm	90°	C24 spruce
4	40.0 mm	0°	C24 spruce
5	20.0 mm	90°	C24 spruce
6	34.0 mm	0°	C24 spruce
t_{CLT}	**194.0 mm**		
time	**60 min**		

fire resistance class:R 60

fire protection layering : 15.0 mm gypsum plasterboard Type A
gypsum plasterboard Type A (acc. to EN 520)gypsum plasterboard Type F (acc. to EN 520)

$t_{ch,h}$	$t_{f,h}$	$t_{a,h}$	$d_{ta,h}$	k_0	d_0	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$
[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]
20	20	39	25	1	7	39.0	46.0

material values

material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k\ min}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{r,mean}$
	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]
C24 spruce	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,500.00	690.00	50.00

load

load case groups

	load case category	Typ	duration	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
LC1	self weight CLT	G	permanet	0.6	1	1.35	1	1	1
LC2	live load cat. A: residential	Q	medium term	0.8	0	1.5	0.7	0.5	0.3

LC1:self weight CLT

continous load

field	load at start
	[kN/m]
1	1.20

© 2019 - Calculatis by Stora Enso - Version 2.25.1

LC2:live load cat. A: residential

continous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	2.00

ULS combinations

	combination rule
LCO1	1.23/1.00 * LC1
LCO2	1.23/1.00 * LC1 + 1.37/0.00 * LC2

ULS combinations fire

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

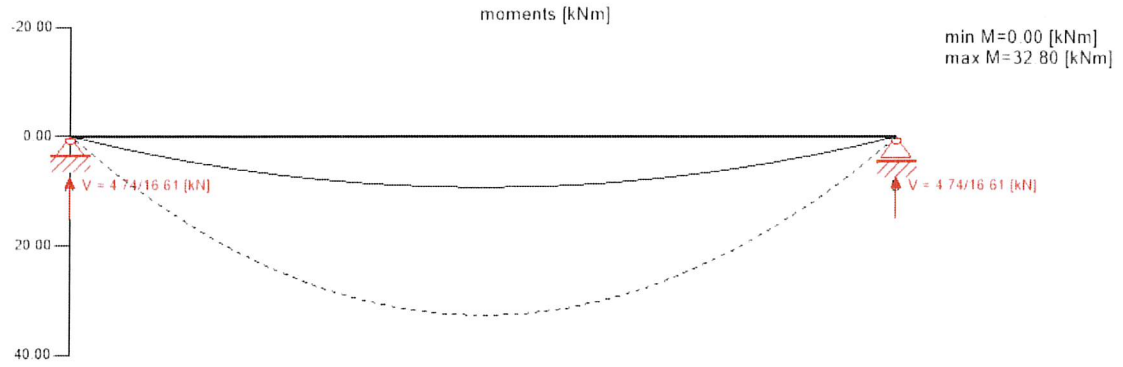
SLS characteristic combination

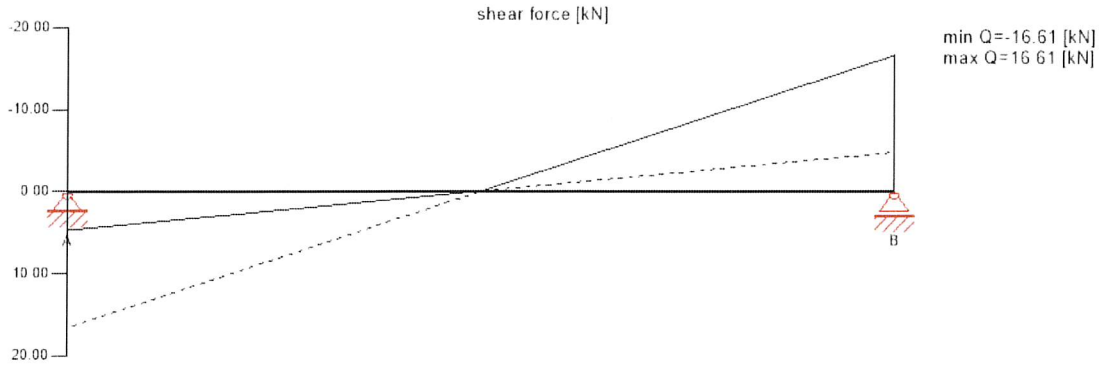
	combination rule
LCO5	1.00/1.00 * LC1
LCO6	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/0.00 * LC2

SLS quasi-permanent combination

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

Ultimate limit state (ULS) - design results





ULS flexural design

field	dist.	$f_{m,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm²]	[kNm]	[N/mm²]		
1	3.95	24.00	1.25	0.80	1.10	16.90	32.80	-3.53	21 %	LCO2

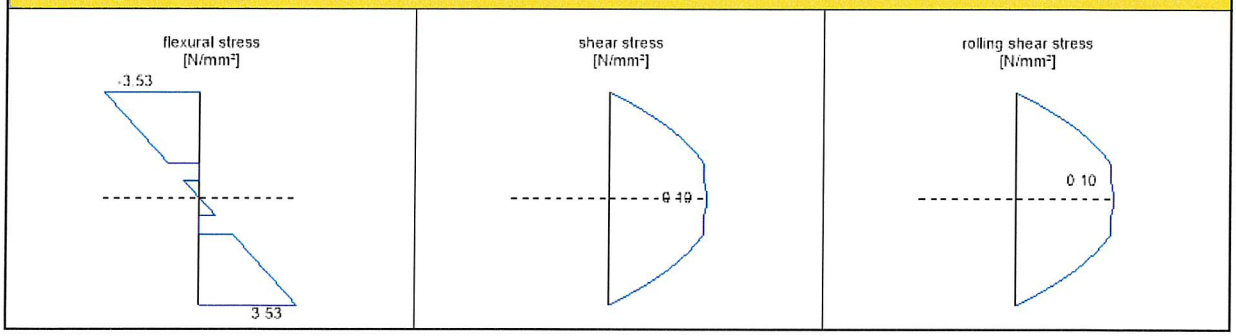
ULS shear analysis

field	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm²]	[-]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[N/mm²]		
1	7.9	4.00	1.25	0.80	2.56	-16.61	0.10	4 %	LCO2

ULS rolling shear

field	dist.	$f_{r,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{r,d}$	V_d	$\tau_{r,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm²]	[-]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[N/mm²]		
1	7.9	1.25	1.25	0.80	0.80	-16.61	0.10	12 %	LCO2

stress diagram



flexural stress analysis

$M_{y,d}$ =	32.80	kNm		$f_{m,k}$ =	24.00	N/mm²	
$N_{t,d}$ =	0.00	kN		γ_m =	1.25	-	
				k_{mod} =	0.80	-	
				$k_{sys,y}$ =	1.10	-	
				k_{hm} =	1.00	-	
				k_l =	1.00	-	
$\sigma_{t,d}$ =	0.00	N/mm²		$f_{t,d}$ =	8.96	N/mm²	
$\sigma_{m,y,d}$ =	-3.53	N/mm²	<	$f_{m,y,d}$ =	16.90	N/mm²	✓

utilization ratio 21 %

shear stress analysis

V_d =	- 16.61	kN		$f_{v,k}$ =	4.00	N/mm²	
				γ_m =	1.25		
				k_{mod} =	0.80		
$\tau_{v,d}$ =	0.10	N/mm²	<	$f_{v,d}$ =	2.56	N/mm²	✓

utilization ratio 4 %

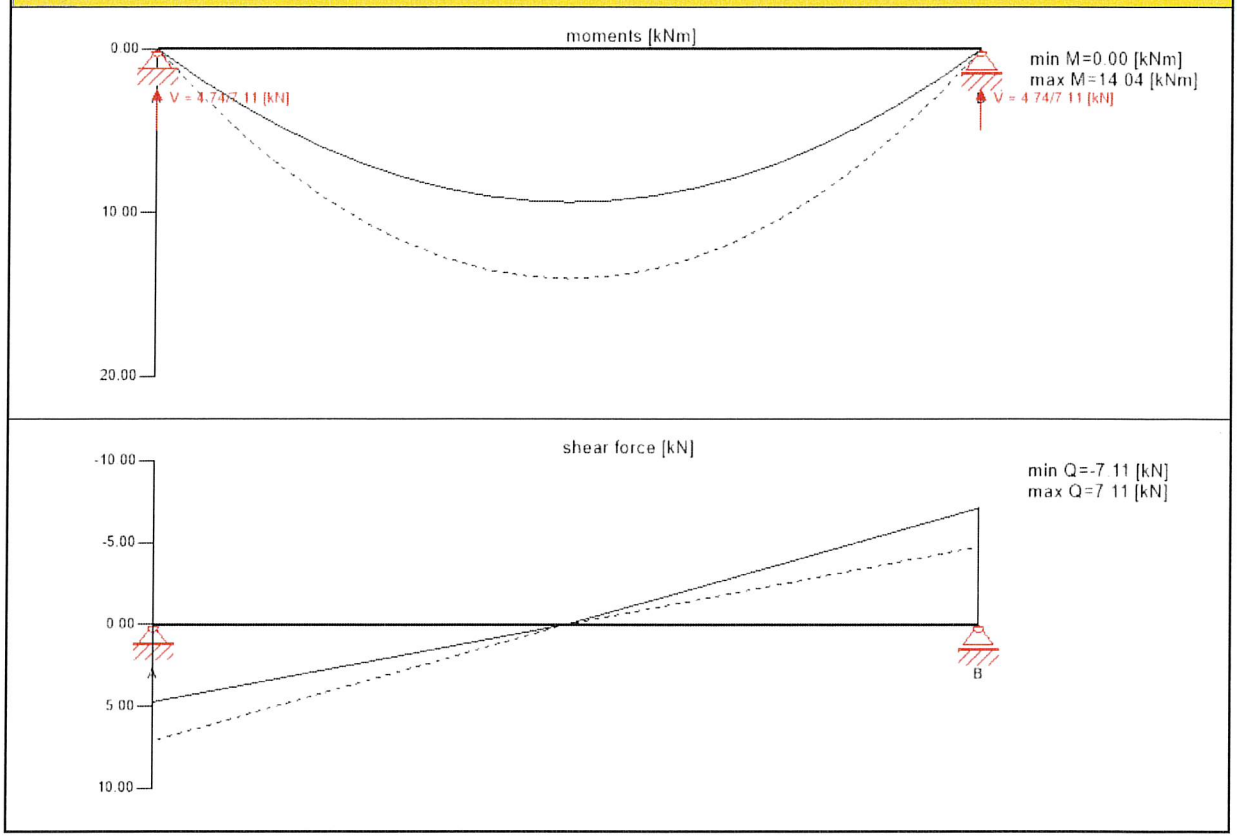
rolling shear analysis

V_d =	-16.61	kN		$f_{r,k}$ =	1.25	N/mm²	
				γ_m =	1.25	-	
				k_{mod} =	0.80	-	
$\tau_{r,d}$ =	0.10	N/mm²	<	$f_{r,d}$ =	0.80	N/mm²	✓

utilization ratio 12 %

© 2019 - Calculatis by Stora Enso - Version 2.25.1

Ultimate limit state (ULS) fire design - results



ULS fire flexural design

field	dist.	$f_{m,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	k_{fi}	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm²]	[kNm]	[N/mm²]		
1	3.95	24.00	1.00	1.00	1.10	1.15	30.36	14.04	2.66	9 %	LCO4

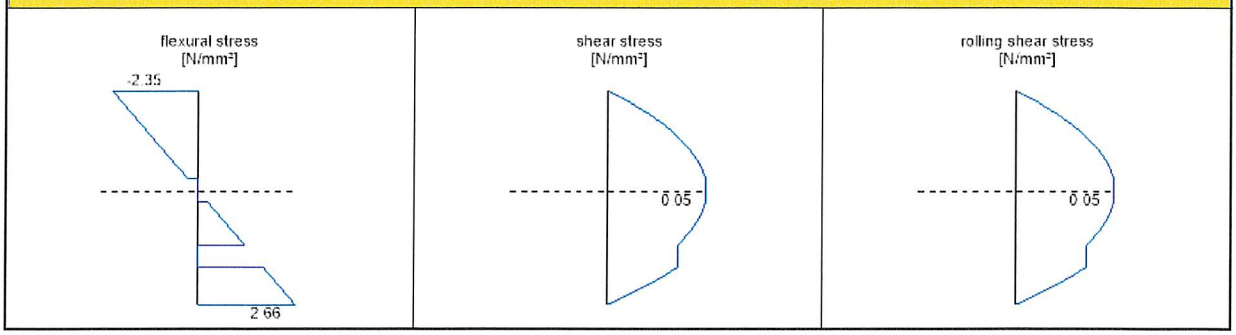
ULS fire shear analysis

field	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	k_{fi}	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[N/mm²]		
1	0.0	4.00	1.00	1.00	1.15	4.60	7.11	0.05	1 %	LCO4

ULS fire rolling shear

field	dist.	$f_{r,k}$	γ_m	k_{mod}	k_{fi}	$f_{r,d}$	V_d	$\tau_{r,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[N/mm²]		
1	0.0	1.25	1.00	1.00	1.15	1.44	7.11	0.05	4 %	LCO4

stress diagram



© 2019 - Calculatis by Stora Enso - Version 2.25.1

flexural stress analysis fire

$M_{y,d}$ =	14.04	kNm		$f_{m,k}$ =	24.00	N/mm²	
$N_{t,d}$ =	0.00	kN		γ_m =	1.00	-	
				k_{mod} =	1.00	-	
				$k_{sys,y}$ =	1.10	-	
				k_{hm} =	1.00	-	
				k_l =	1.00	-	
				k_{fi} =	1.15	-	
$\sigma_{t,d}$ =	0.00	N/mm²		$f_{t,d}$ =	16.10	N/mm²	
$\sigma_{m,y,d}$ =	2.66	N/mm²	<	$f_{m,y,d}$ =	30.36	N/mm²	✓

utilization ratio 9 %

shear stress analysis fire

V_d =	7.11	kN		$f_{v,k}$ =	4.00	N/mm²	
				γ_m =	1.00		
				k_{mod} =	1.00		
				k_{fi} =	1.15		
$\tau_{v,d}$ =	0.05	N/mm²	<	$f_{v,d}$ =	4.60	N/mm²	✓

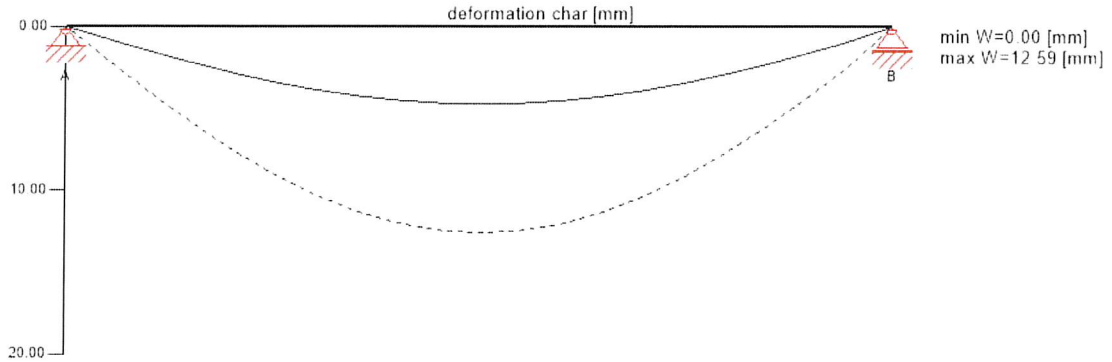
utilization ratio 1 %

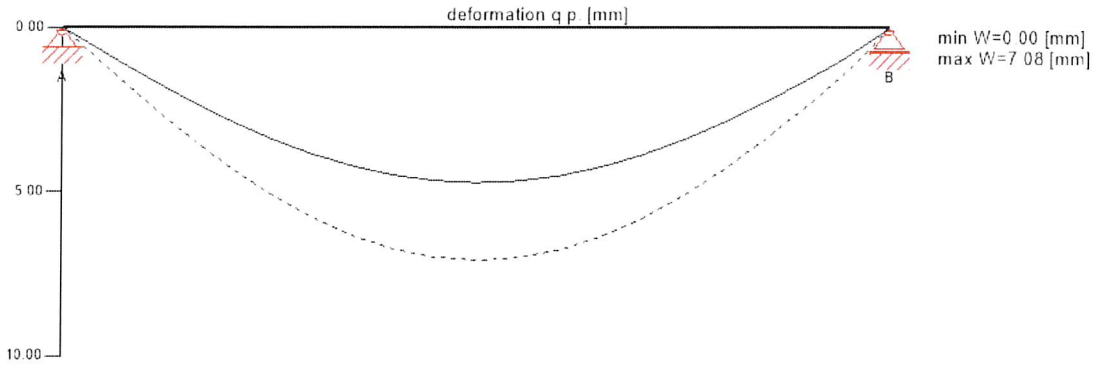
rolling shear analysis fire

V_d =	7.11	kN		$f_{r,k}$ =	1.25	N/mm²	
				γ_m =	1.00	-	
				k_{mod} =	1.00	-	
				k_{fi} =	1.15	-	
$\tau_{r,d}$ =	0.05	N/mm²	<	$f_{r,d}$ =	1.44	N/mm²	✓

utilization ratio 4 %

Service limit state design (SLS) - design results





w_{inst} = w[char]

field	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
	[-]	[mm]	[mm]	
1	1/300	26.3	12.6	48 %

© 2019 - Calculatis by Stora Enso - Version 2.25.1

w_{fin} = w[char] + w[q.p.]*kdef				
field	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
	[-]	[mm]	[mm]	
1	1/150	52.7	18.3	35 %

$w_{net,fin}$ = w[q.p.] + w[q.p.]*kdef				
field	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
	[-]	[mm]	[mm]	
1	1/250	31.6	12.7	40 %

vibration analysis

general		
total mass	12.56	[t]
tributary width	3.1	[m]
stiffness longitudinal direction	13933.3	[kNm²]
stiffness cross direction	466.7	[kNm²]
modal damping	1.0	[%]
α	0.0	[-]
man weight	700.0	[N]
modal mass	1483.0	[kg]

analysis							
criterion	calc.	class I	class II	class I	class II	cl. I	cl. II
frequency criterion min	8.497 [Hz]	4.5 [Hz]	4.5 [Hz]	53 %	53 %	✓	✓
frequency criterion	8.497 [Hz]	8.0 [Hz]	6.0 [Hz]	94 %	71 %	✓	✓
acceleration criterion	0.315 [m/s²]	0.05 [m/s²]	0.1 [m/s²]	631 %	315 %	×	×
stiffness criterion	0.24 [mm]	0.25 [mm]	0.5 [mm]	96 %	48 %	✓	✓

support design

nr.	type	width	area	k_{mod}	γ_m	$k_{c,90,k}$	$f_{c,k}$	$f_{c,d}$	V_{max}	V_{min}	$\sigma_{c,d}$		ratio
		[mm]	[cm²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm²]	[N/mm²]	[kN]	[kN]	[N/mm²]		
A	CLT 100 L5s	60	900.00	0.80	1.25	1.50	2.50	2.40	16.61	0.00	0.18	LCO2	8 %
B	CLT 100 L5s	60	900.00	0.80	1.25	1.50	2.50	2.40	16.61	0.00	0.18	LCO2	8 %

support reaction

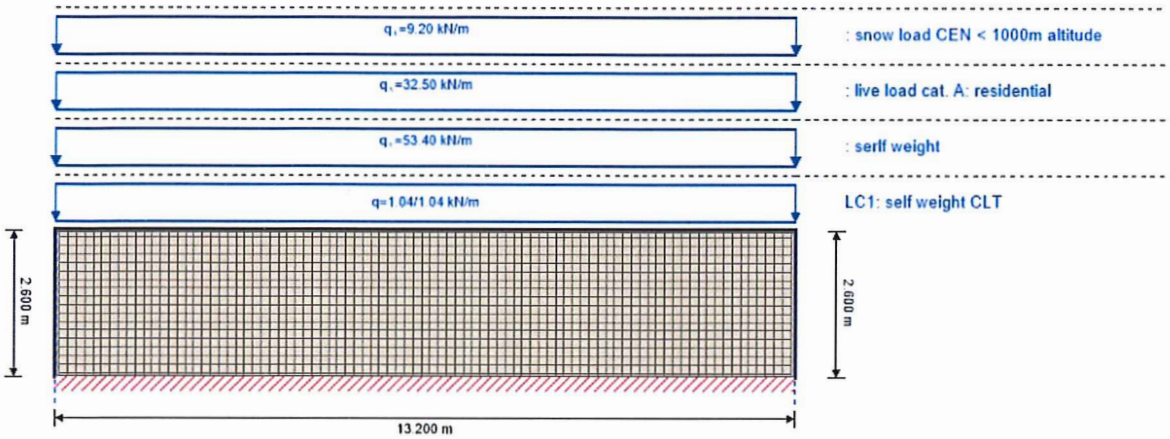
load case category	k_{mod}	A_V	B_V
		[kN]	
self weight CLT	0.6	4.74	4.74
		4.74	4.74
live load cat. A: residential	0.8	7.90	7.90
		0.00	0.00

Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.
The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.
Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.
Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.
Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).

V7.4 Skillevegg mellom leilighetene

system

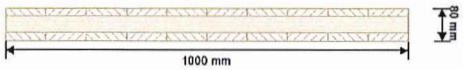


global utilization ratio

42 %

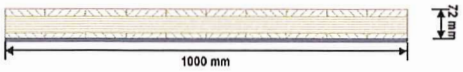
ULS	42 %	ULS fire	23 %	SLS	0 %

section: CLT 80 L3s



layer	thickness	orientation	material
1	20.0 mm	0°	C24 spruce
2	40.0 mm	90°	C24 spruce
3	20.0 mm	0°	C24 spruce
t_{CLT}	**80.0 mm**		

section fire: CLT 80 L3s



layer	thickness	orientation	material
1	20.0 mm	0°	C24 spruce
2	40.0 mm	90°	C24 spruce
3	11.5 mm	0°	C24 spruce
t_{CLT}	**71.5 mm**		

fire resistance class:R 60

time	**60 min**

fire protection layering : 2 x 15.0 mm gypsum plasterboard Type F
gypsum plasterboard Type A (acc. to EN 520)gypsum plasterboard Type F (acc. to EN 520)

$t_{ch,h}$	$t_{f,h}$	$t_{a,h}$	$d_{ta,h}$	k_0	d_0	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$
[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]
50	68	81	9	1	7	8.5	0.0

material values

material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k\ min}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{r,mean}$
	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]
C24 spruce	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,500.00	690.00	50.00

load

© 2019 - Calculatis by Stora Enso - Version 2.25.1

load case groups

	load case category	Typ	duration	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
LC1	self weight CLT	G	permanet	0.6	1	1.35	1	1	1
	snow load CEN < 1000m altitude	Q	short term	0.9	0	1.5	0.5	0.2	0
	serlf weight	G	permanet	0.6	1	1.35	1	1	1
	live load cat. A: residential	Q	medium term	0.8	0	1.5	0.7	0.5	0.3

LC1:self weight CLT

trapezoidal load

distance from start	$q_{k,a}$	load at end	laod length
[m]	[kN/m]		[m]
0.000	1.04	1.04	13.200

:snow load CEN < 1000m altitude

continous load

q_k
[kN/m]
9.2

:serlf weight

continous load

q_k
[kN/m]
53.4

:live load cat. A: residential

continous load

q_k
[kN/m]
32.5

ULS combinations

	combination rule
LCO1	1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 *
LCO2	1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * + 1.25/0.00 *
LCO3	1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * + 1.25/0.00 * + 1.25/0.00 * 0.70 *
LCO4	1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * + 1.25/0.00 *
LCO5	1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * + 1.25/0.00 * + 1.25/0.00 * 0.50 *

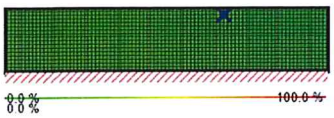
ULS combinations fire

	combination rule
LCO1	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 *
LCO2	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * + 1.00/0.00 * 0.00 *
LCO3	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * + 1.00/0.00 * 0.00 * + 1.00/0.00 * 0.30 *
LCO4	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * + 1.00/0.00 * 0.30 *
LCO5	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * + 1.00/0.00 * 0.30 * + 1.00/0.00 * 0.00 *

Ultimate limit state (ULS) - design results

© 2019 - Calculatis by Stora Enso - Version 2.25.1

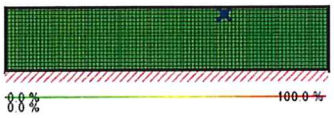
utilization rate of shear stress in plane on net section



LCO4

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$\tau_{IP,Net,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[N/mm²]	[%]
1468	8.925	2.325	0.8	8.0	0.00	0.00	0 %

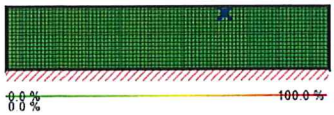
utilization rate of shear stress in plaen of gross section



LCO4

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,Brutto,k}$	Q	$\tau_{IP,Gross,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[N/mm²]	[%]
1468	8.925	2.325	0.8	3.5	0.00	0.00	0 %

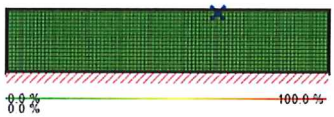
utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces



LCO4

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$\tau_{T,Node,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[N/mm²]	[%]
1468	8.925	2.325	0.8	2.5	0.00	0.00	0 %

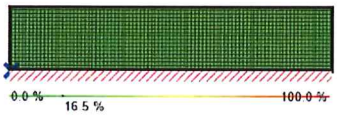
utilization rate of axail force horizontal



LCO4

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{m,k}$	$N_{h,max}$	M_y	$\sigma_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[kNm]	[N/mm²]	[%]
1554	8.625	2.475	0.8	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %

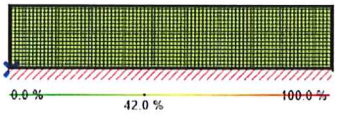
utilization rate of axail force vertical



LCO4

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{m,k}$	$N_{v,max}$	M_y	$\sigma_{v,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[kNm]	[N/mm²]	[%]
1	0.075	0	0.8	24.0	15.2194	0.0000	2.54	17 %

utilization rate for buckling

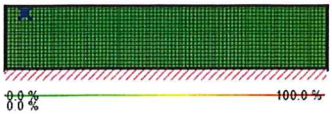


LCO4

Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[%]
1	0.075	0	2.6	85	0.2	0.45	13.44	2.54	0.00	42 %

Ultimate limit state (ULS) fire design - results

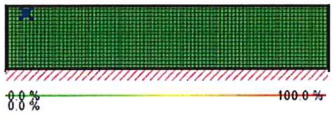
utilization rate of shear stress in plane on net section



LCO3

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$\tau_{IP,Net,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[N/mm²]	[%]
1414	0.825	2.325	1	8.0	0.00	0.00	0 %

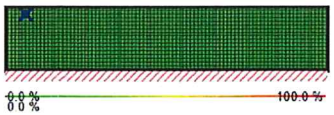
utilization rate of shear stress in plaen of gross section



LCO3

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,Brutto,k}$	Q	$\tau_{IP,Gross,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[N/mm²]	[%]
1414	0.825	2.325	1	3.5	0.00	0.00	0 %

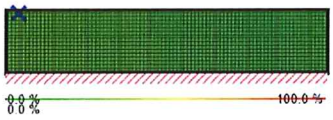
utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces



LCO3

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$\tau_{T,Node,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[N/mm²]	[%]
1414	0.825	2.325	1	2.5	0.00	0.00	0 %

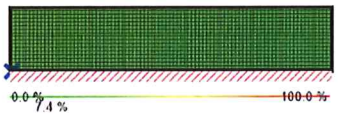
utilization rate of axail force horizontal



LCO3

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{m,k}$	$N_{h,max}$	M_y	$\sigma_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[kNm]	[N/mm²]	[%]
1500	0.525	2.475	1	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %

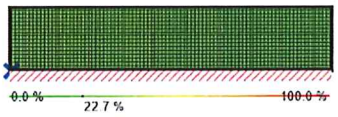
utilization rate of axail force vertical



LCO3

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{m,k}$	$N_{v,max}$	M_y	$\sigma_{v,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[kNm]	[N/mm²]	[%]
1	0.075	0	1	24.0	9.6285	0.0000	2.04	7 %

utilization rate for buckling

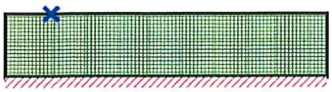


LCO3

Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[%]
1	0.075	0	2.6	95	0.2	0.371	24.15	2.04	0.00	23 %

Service limit state design (SLS) - design results

horizontal deformation

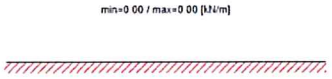


LCO3

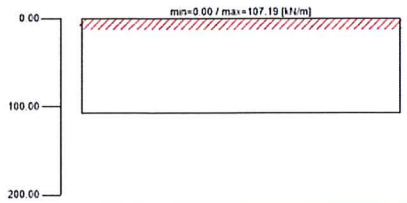
Id	X	Z	w_{ilimit}	limit	$v_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
1685	1.875	2.6	8.7	L/300 = 8.7	0.0000	0.0 %

support reaction

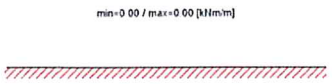
support reaction horizontal min/max



support reaction vertical min/max



support reaction moment min/max



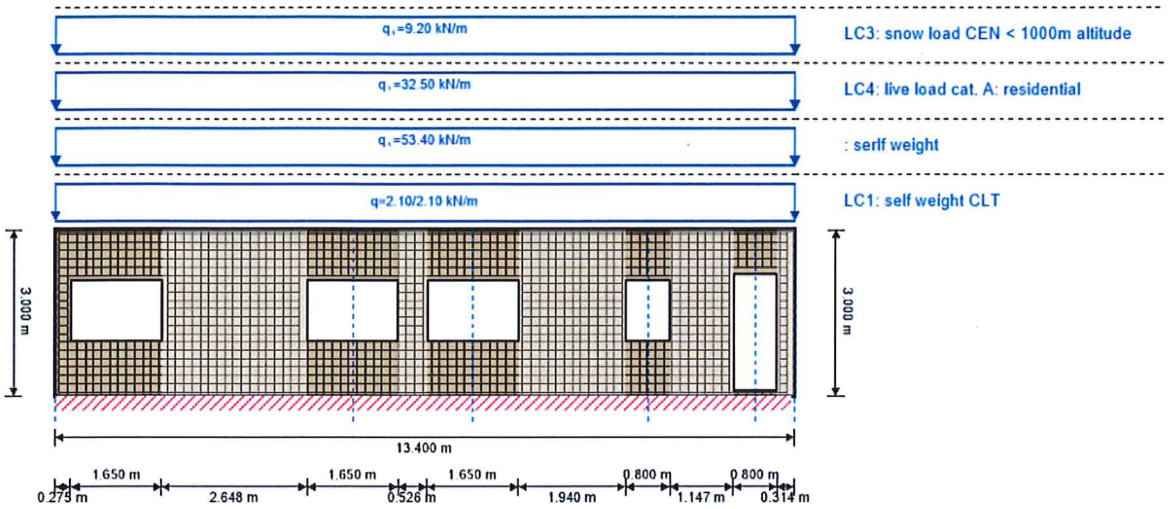
Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for

© 2019 - Calculatis by Stora Enso - Version 2.25.1

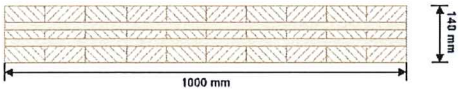
storaenso

system



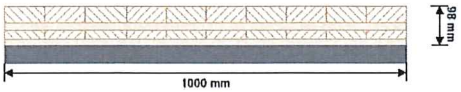
global utilization ratio						83 %
ULS	58 %	ULS fire	83 %	SLS	15 %	

section: CLT 140 L5s



layer	thickness	orientation	material
1	40.0 mm	0°	C24 spruce
2	20.0 mm	90°	C24 spruce
3	20.0 mm	0°	C24 spruce
4	20.0 mm	90°	C24 spruce
5	40.0 mm	0°	C24 spruce
t_{CLT}	**140.0 mm**		

section fire: CLT 140 L5s



layer	thickness	orientation	material
1	40.0 mm	0°	C24 spruce
2	20.0 mm	90°	C24 spruce
3	20.0 mm	0°	C24 spruce
4	18.0 mm	90°	C24 spruce
t_{CLT}	**98.0 mm**		

fire resistance class:R 60

time	**60 min**

fire protection layering : 12.5 mm gypsum plasterboard Type F
gypsum plasterboard Type A (acc. to EN 520)gypsum plasterboard Type F (acc. to EN 520)

$t_{ch,h}$	$t_{f,h}$	$t_{a,h}$	$d_{ta,h}$	k_0	d_0	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$
[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]
16	32	46	25	1	7	35.0	42.0

material values

material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k\,min}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{r,mean}$
	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]
C24 spruce	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,500.00	690.00	50.00

load

load case groups

	load case category	Typ	duration	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
LC1	self weight CLT	G	permanet	0.6	1	1.35	1	1	1
	serlf weight	G	permanet	0.6	1	1.35	1	1	1
LC3	snow load CEN < 1000m altitude	Q	short term	0.9	0	1.5	0.5	0.2	0
LC4	live load cat. A: residential	Q	medium term	0.8	0	1.5	0.7	0.5	0.3

LC1:self weight CLT

trapezoidal load

distance from start	$q_{k,a}$	load at end	laod length
[m]	[kN/m]		[m]
0.000	2.1	2.10	13.400

:serlf weight

continous load

q_k
[kN/m]
53.4

LC3:snow load CEN < 1000m altitude

continous load

q_k
[kN/m]
9.2

LC4:live load cat. A: residential

continous load

q_k
[kN/m]
32.5

ULS combinations

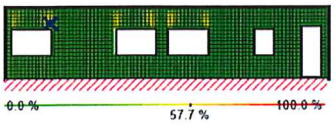
	combination rule
LCO1	1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 *
LCO2	1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * + 1.25/0.00 * LC3
LCO3	1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * + 1.25/0.00 * LC3 + 1.25/0.00 * 0.70 * LC4
LCO4	1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * + 1.25/0.00 * LC4
LCO5	1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * + 1.25/0.00 * LC4 + 1.25/0.00 * 0.50 * LC3

ULS combinations fire

	combination rule
LCO1	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 *
LCO2	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3
LCO3	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC4
LCO4	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * + 1.00/0.00 * 0.30 * LC4
LCO5	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * + 1.00/0.00 * 0.30 * LC4 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC3

Ultimate limit state (ULS) - design results

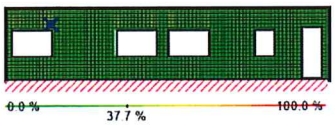
utilization rate of shear stress in plane on net section



LCO4

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$\tau_{IP,Net,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[N/mm²]	[%]
1437	1.875	2.325	0.8	8.0	-17.72	2.95	58 %

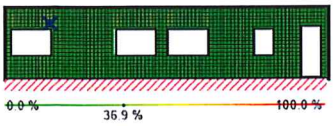
utilization rate of shear stress in plaen of gross section



LCO4

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,Brutto,k}$	Q	$\tau_{IP,Gross,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[N/mm²]	[%]
1437	1.875	2.325	0.8	3.5	-17.72	0.84	38 %

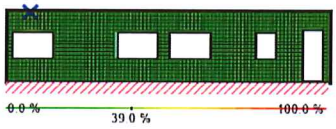
utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces



LCO4

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$\tau_{T,Node,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[N/mm²]	[%]
1437	1.875	2.325	0.8	2.5	-17.72	0.59	37 %

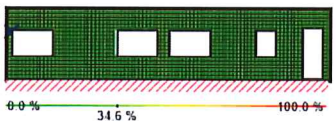
utilization rate of axail force horizontal



LCO4

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{m,k}$	$N_{h,max}$	M_y	$\sigma_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[kNm]	[N/mm²]	[%]
1787	0.975	2.925	0.8	24.0	35.9212	0.0000	5.99	39 %

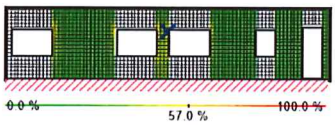
utilization rate of axail force vertical



LCO4

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{m,k}$	$N_{v,max}$	M_y	$\sigma_{v,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[kNm]	[N/mm²]	[%]
1248	0.225	2.025	0.8	24.0	79.8130	0.0000	5.32	35 %

utilization rate for buckling

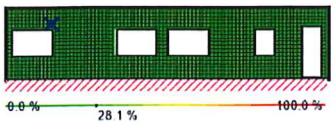


LCO4

Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[%]
1291	6.675	2.025	3.0	65	0.2	0.659	13.44	5.05	0.00	57 %

Ultimate limit state (ULS) fire design - results

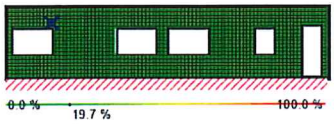
utilization rate of shear stress in plane on net section



LCO3

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$\tau_{IP,Net,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[N/mm²]	[%]
1437	1.875	2.325	1	8.0	-11.65	2.59	28 %

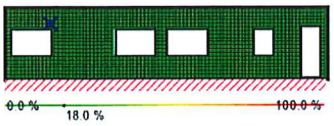
utilization rate of shear stress in plaen of gross section



LCO3

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,Brutto,k}$	Q	$\tau_{IP,Gross,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[N/mm²]	[%]
1437	1.875	2.325	1	3.5	-11.65	0.79	20 %

utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces

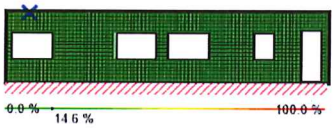


LCO3

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$\tau_{T,Node,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[N/mm²]	[%]
1437	1.875	2.325	1	2.5	-11.65	0.52	18 %

© 2019 - Calculatis by Stora Enso - Version 2.25.1

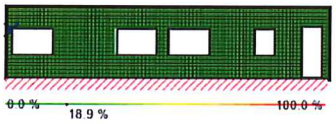
utilization rate of axail force horizontal



LCO3

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{m,k}$	$N_{h,max}$	M_y	$\sigma_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[kNm]	[N/mm²]	[%]
1787	0.975	2.925	1	24.0	22.9234	0.0000	4.02	15 %

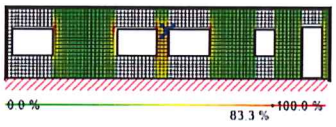
utilization rate of axail force vertical



LCO3

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{m,k}$	$N_{v,max}$	M_y	$\sigma_{v,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm²]	[kN]	[kNm]	[N/mm²]	[%]
1248	0.225	2.025	1	24.0	47.0151	0.0000	5.22	19 %

utilization rate for buckling

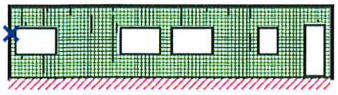


LCO3

Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[%]
1291	6.675	2.025	3.0	117	0.2	0.256	24.15	5.15	0.00	83 %

Service limit state design (SLS) - design results

horizontal deformation



LCO3

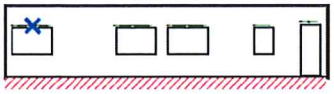
Id	X	Z	w_{limit}	limit	$v_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
1158	0.075	1.875	10.0	L/300 = 10.0	0.4668	4.7 %

w_{inst} = w[char]

LCO3

Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1343	1.125	2.175	0.8	1.7	1/300	5.5	0.8	14 %

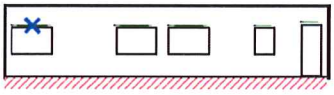
w_{fin} = w[char] + w[q.p.]*kdef



Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1343	1.125	2.175	0.8	1.7	1/150	11.0	1.2	11 %

© 2019 - Calculatis by Stora Enso - Version 2.25.1

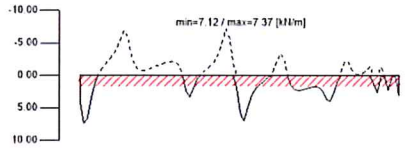
$w_{net,fin}$ = w[q.p.] + w[q.p.]*kdef



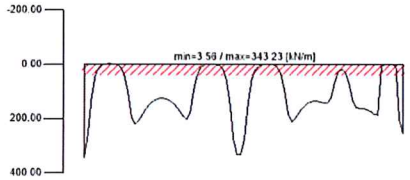
Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	limit	w_{limit}	$w_{calc.}$	ratio
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[m]	[mm]	
1343	1.125	2.175	0.8	1.7	1/250	6.6	1.0	15 %

support reaction

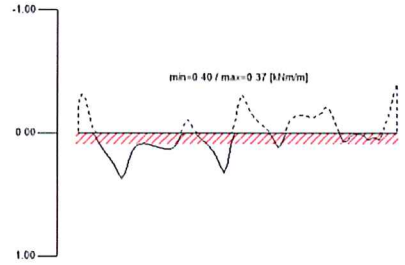
support reaction horizontal min/max



support reaction vertical min/max



support reaction moment min/max

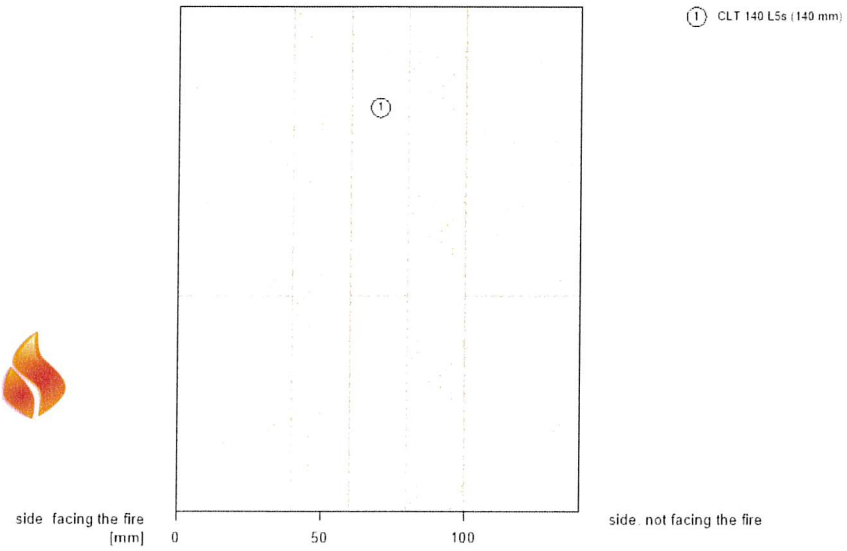


Disclaimer

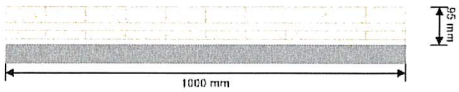
The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for

© 2019 - Calculatis by Stora Enso - Version 2.25.1

system



section fire: CLT 140 L5s



layer	thickness	orientation	material
1	40.0 mm	0°	C24 spruce
2	20.0 mm	90°	C24 spruce
3	20.0 mm	0°	C24 spruce
4	15.0 mm	90°	C24 spruce
t_{CLT}	**95.0 mm**		

fire resistance class:R 60 — time **60 min**

fire protection layering : no additional fire protection

k_0	d_0	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$	$d_{char,0,v}$	$d_{ef,v}$
[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	7	38.0	45.0	38.0	45.0

E and I analysis

thickness	$T_{ins,0}$	$T_{prot,0}$	Δ_T	$K_{i,j}$	$K_{pos,exp}$	$K_{pos,unexp}$	T_{ins}	T_{prot}
[mm]	[min]	[min]	[min]	[-]	[-]	[-]	[min]	[min]
40.00	50.14	64.31	0.000	1.000	1.000	1.000		64.306
20.00	19.00	30.00	0.000	1.000	0.342	1.000		10.245
20.00	19.00	30.00	0.000	1.000	0.317	1.000		9.515
20.00	19.00	30.00	0.000	1.000	0.299	1.000		8.961
40.00	50.14	64.31	0.000	1.000	0.367	1.000	18.406	

analysis

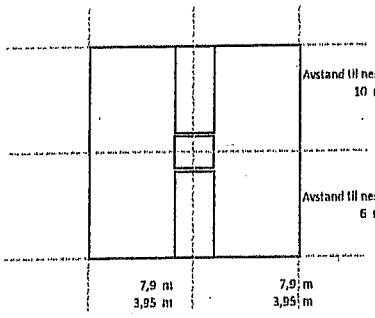
T_{ins}	T_{req}	utilization
111 [min]	60 [min]	54 %

© 2019 - Calculatis by Stora Enso - Version 2.25.1

Aksialtrykk på søyle

Søyle S4-8 betong i parkeringskjeller

Belastningsareal



Avstand til neste søyle 10 m — Beregningsavstand 5 m

Avstand til neste søyle 6 m — Beregningsavstand 3,00 m

Avst til neste bjelke: 7,9 m, 7,9 m
Beregningsavstand: 3,95 m, 3,95 m

Belastningsareal 47,40 m^2

Snølast

Velg sted -> MøreOgRomsdal Ålesund

Høyde over havet på byggestedet		H	30	m
Karakteristisk snølast på mark		S_{k0}	3	kN/m^2
Dim. Snølast for kommune	$S_k = S_{k0} + n \cdot \Delta S_k$	S_k	3	kN/m^2
Snølast på tak per m^2	$S = \mu_i * S_k$	S	2,4	kN/m^2
Snølastens bidrag til aksialkraft på søylen			113,8	kN

Eksponeringsfaktor	C_e	1	
Termisk faktor	C_t	1	
Formfaktor for takform	μ_i	0,8	For flatt tak
	H_g	150	
	n	0	
	ΔS_k	1	

Horisontallaster (golv, bjelker, etc)

Element	Egenlast (kN)	Ant. Etasjer	Egenvekt γ		Bredde (m)	Høyde (m)	Lengde (m)	Nytelast: Jevnt fordelt q_k (kN/m^2)	q_K (kN)	Punkt Q_k (kN/m^2)	Q_k (kN)
Tak	329,9	1	6,96	kN/m^2				4	161,16		
Skillevegg	24,2	4	1,79	kN/m			13,5				
Massivtre etasjeskille	817,7	3	5,75	kN/m				2	241,7	2	241,7
Etasjeskiller 1.	345,1	1						2	80,6	2	80,6
HEM Bjelke kjeller	12,6	1		kN/m^3							
								Etasjereduksjonsfaktor	0,85	n =	4
Sum	1529,4								483,5		322,3

Vertikallaster (vegger, etc)

Element	Egenlast (kN)	Ant. Etasjer	Egenvekt γ		Bredde (m)	Høyde (m)	Lengde (m)
Innervegg massivtre	77,7	4	3,92	kN/m^3	0,16	3,6	8,60
Søyle C5	8,2	1	2,5	kN/m^3	0,4	0,4	2,3
	86,9						

Lastfaktor

		B1		B2	
Total egenlast	1616,3	1,35	2182,0	1,2	1939,5
Total nyttelast q_k	483,5	1,05	507,7	1,5	725,2
Total nyttelast Q_k					
Total snølast	113,8	1,05	119,4	1,05	119,4
Laster totalt i bruddgrensetilstand			2809,1		2784,2

Dimensjon søyle — Eksponeringsklasse XC3 — Dim. Brukstid 100 år — Cnom 45 mm

Betong B35 — fck — fcd 19,833333
Armering N500C — fyk — fyd 434,78261

Ned 2784,2 — Ac 90000

As ≥ 2408,047916

d2 65,5 — d2/h 0,16375 Bruker diagram for 0,2

e0 = 20 — max (H/30, 20 mm)

Moment M= 55,68435475

n 0,883878647
m 0,077989292
w 0,34

As 2142 mm^2

As/2 1071 mm^2 — 4ø20 — 1256 mm^2 — As total 2512

Minimum lengdearmering 900 mm^2 — eller 821,1
størst av

As 2512 mm^2 — Krav oppfylt

Sa 53,8 > — 2ø25 — OK

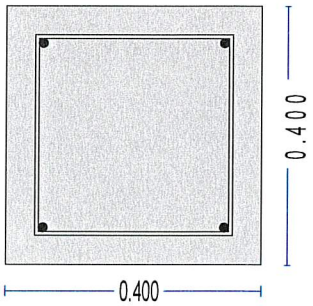
Bøylearmering ø8 — Scl, max = — minste av
375 mm
400 mm
400 mm

Scl, max blir da 375 mm

Velger bøyler ø8s375

Nrd 2827,35258 > — Ned 2809,1 — OK

1. EC2-SØYLE-001



Søyletverrsnitt med toakset moment
(EC2 EN1992-1-1:2004, EC0 EN1990:2002, +NA-NS:2008)

b =0.400 m, h =0.400 m, Ned =2139.50 kN
Med yy = 42.80 kNm, Med zz = 0.00 kNm

Dimensjonering av Betong

Betong- og stålkvalitet: B35-B500C (EC2 §3)
Beskrivelse av miljøet : XC3 (EC2 §4.4.1)
Betongoverdekning : Cnom=45 mm (EC2 §4.4.1)
$\gamma c=1.50$, $\gamma s=1.15$ (EC2 Tabell 2.1N)
$fcd=\alpha cc \cdot fck/\gamma c=0.85x35/1.50=19.83$ MPa (EC2 §3.1.6)
$fctd=\alpha ct \cdot fctk0.05/\gamma c=0.85x2.2/1.50=1.25$ MPa (EC2 §3.1.6)
$fyd=fyk/\gamma s=500/1.15=435$ MPa (EC2 §3.2.7)
Betongens elastisitetsmodul Ecm=34.0GPa

2. Dimensjoner, laster

Søyler med rektangulære tverrsnitt b=0.400 m, h=0.400 m
Laster , Laster, aksial Ned=2139.50kN (trykk), momenter Medxx=42.80kNm, Medyy=0.00kNm
Effektiv høyde av tverrsnitt d=h-d1, d1=d2=Cnom+∅s+∅/2=45+8+20/2=63mm, dx=337mm, dy=337mm

3. Dimensjonering for trykk med liten eksentrisitet (ULS) (EC2 §6.1, §9.2.1)

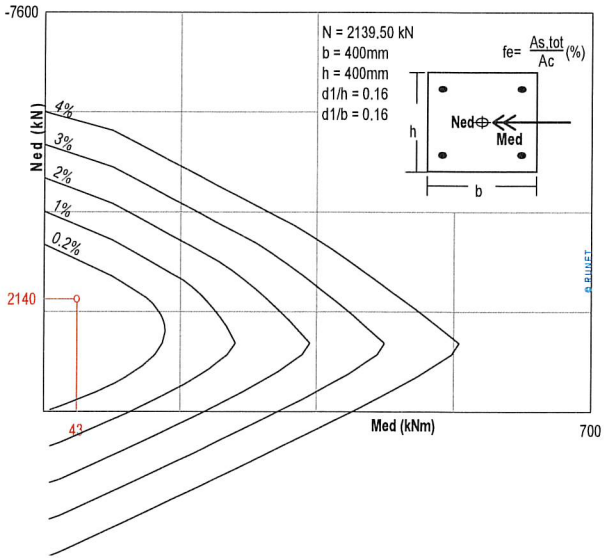
Ned=2139.50kN, Med,yy=42.80kNm, Med,zz=0.00kNm

Beregninger ved numerisk integrasjon

Dimensjoneringsdiagram M/N er
laget med numerisk integrasjon av
betong- og stålkrefter over tverrsnittet
Ned=2139.50kN (trykk), Med=42.80kNm
B35-B500C
b=400mm, h=400mm
d=337mm, d1= 63mm, d2= 63mm, d1/h=0.158
e=Med/Ned=42.80/2139.50=0.020m=20mm
zs=h/2-d1=400/2-63=137mm, e=20mm<=sz=137mm

As1=As2=160mm², (As1+As2)/Ac=0.20%
εc2/εs1=-2.00/-1.96

As1= 160mm², As2= 160mm²
As,tot= 320mm²



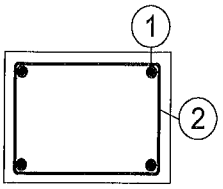
Minimum lengdearmering, As>=0.10Ned/fyk, ∅s>=8, As,min=4Ø14 (616mm²) (EC2 §9.5.2.2)
Maksimum lengdearmering, As<=0.04Ac, (As,max=6400mm²) (EC2 §9.5.2.3)
Transvers armering, bøyler med minimum ∅s ved maksimum avstand Scl,t (EC2 §9.5.3)
i søylehøyde fra 0.40m til H-0.40m : Bøyler ∅s>=6, Scl,t<=20x16=3
i område 0 til 0.40m og H-0.40m til H : Bøyler ∅s>=6, Scl,t<=12x16=1
Forankringslengde er minst lik Lbd=380mm =0.380m (EC2 Lign.8.3)

Lengdearmering: 4Ø14 (616mm²)

Transversarmering: Bøyler Ø 8s280h:0.40m~H-0.40m], Ø 8s190h:0~0.40m, H-0.40m~H]

4. Bøyeliste

Num	Pos. nr.	Armering [mm]	Ant.	∅	g/m [kg/m]	Lengde [m]	Vekt [kg]
1	1	2500	4	14	1.210	2.500	12.10
2	2	80 80 300 300 300 300 80	11	8	0.395	1.360	5.91
		Total vekt [kg]					18.01

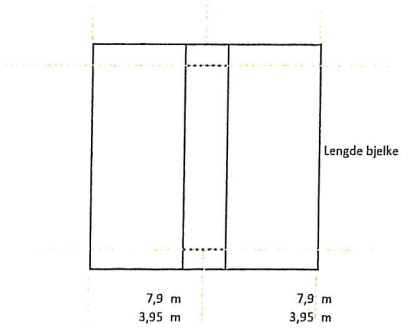


V7.7 Bjelker

Moment på bjelke

Bjelke S3 2 i parkeringskjeller

Belastningsareal



Belastningsareal 94,80 m^2

Horisontal- og vertikallaster

Element	Egenlast (kN/m)	Ant. Etasjer	Egenvekt γ		Lengde (m)	Høyde (m)	Bredde (m)	Nyttelast: Jevnt fordelt q_K (kN/m^2)	Nyttelast: qK (kN/m)	Nyttelast: Punkt Q_K (kN/m^2)	Nyttelast: Q_K (kN/m)
								2	0,0	2	0,0
Plate 1. etasje	39,5	1	25	kN/m^3		0,2	7,9				
Bjelke B35	4,0	1	25	kN/m3		0,4	0,4				
XPS	0,7	1	0,3	kN/m3		0,3	7,9				
Sponplate	7,6	1	8	kN/m3		0,12	7,9				
Parkett	0,1	1	0,08	kN/m3		0,15	7,9				
								Arealred.faktor α_A	0,66	≤ 1	
Sum	51,9 kN/m								1,3		0,0

		Lastfaktor B1		Lastfaktor B2	
Total egenlast	51,9	1,35	70,1	1,2	62,3
Total nyttelast q_K	1,3	1,05	1,4	1,5	2,0
Total nyttelast Q_K	0,0	1,05	0,0	1,05	0,0
Laster totalt i bruddgrensetilstand			71,4		64,2

Med 1285,80 kNm

B35 fcd 35 N/mm^2
B500C fyd 434,78 N/mm^2

Overdekking Cnom 45 mm

d1 = Cnom + Ø8/2 49 mm

d = h -d1 400mm-49mm 351 mm

Mrd = 0,275 * fcd * b * d^2 *10^-6 616 kNm

z = (1-0,17 * (Med/Mrd)) *d 226,45 mm

As,nødvendig = Med/fyd*z 13059,78 mm^2

Fra tabell i vedlegg As= 8Ø32 6432 mm^2

As1 = Strekkarmering Mrd/fyd*z 6256,65

As2 = Trykkarmering ΔMed/fyd*h' 5239,99

h' = h - (90 + 16) mm 294 mm

ΔMed = Med - Mrd 669,80 kNm

Strekkarmering = As1 + As2 11496,64 mm^2

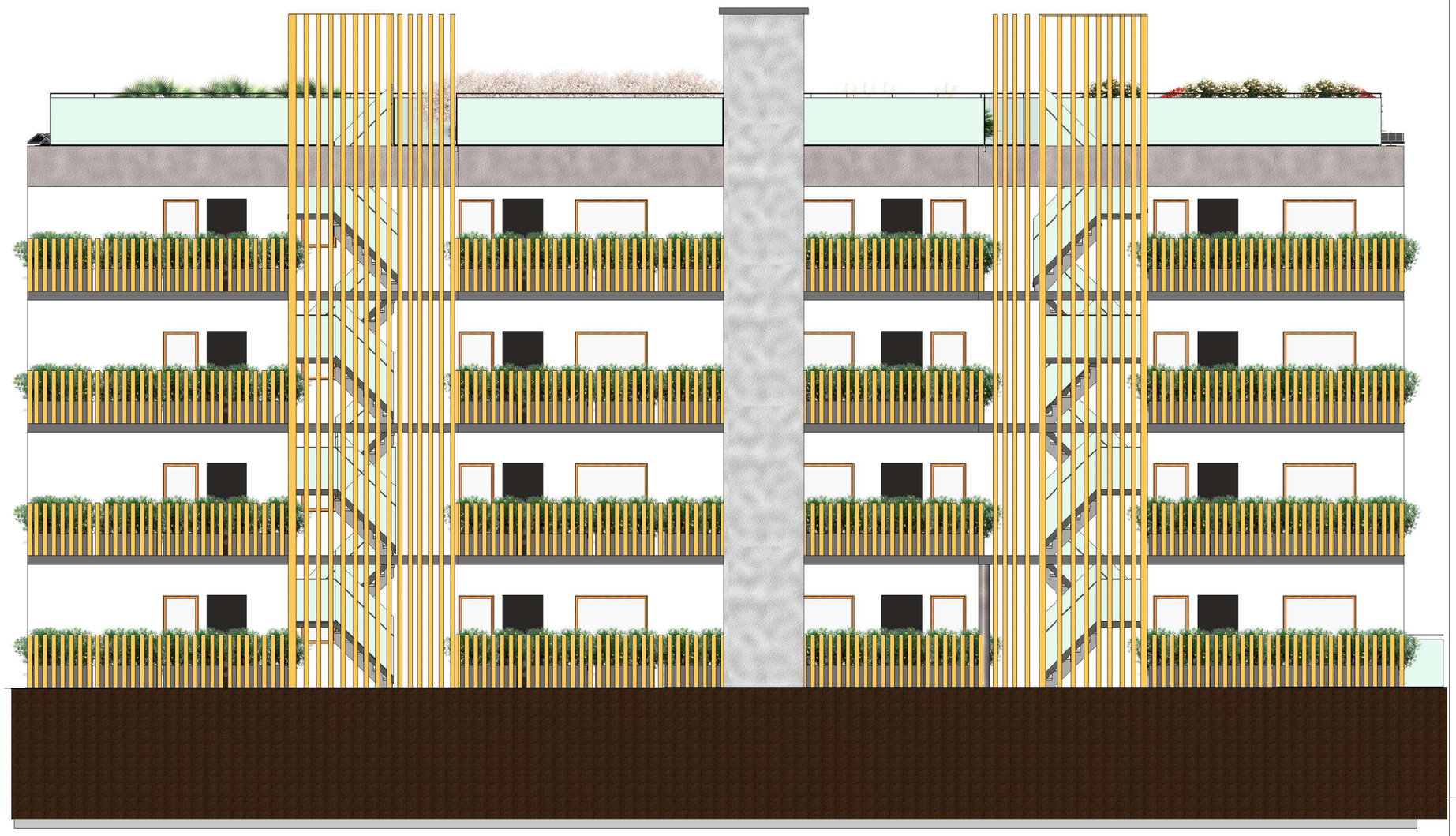
Trykkarmering = As' = As2 5239,99 mm^2

As,min 266,24 >
og → Krav til As, min oppfylt
As,min 182,52

As, max ≤ 0,04 x Ac → 6400 mm^2

As, total 16736,63 mm^2 Ikke OK

Går ikke videre.



PROSJEKTNAVN: Brusdalsvegen 20/22		
DETALJ: Fasade nord		
TEGNET AV: KG	FORMAT: A:3	MÅLESTOKK: 1:100
TEGNINGSNR.: F-1	DATO: 06.05.2019	
OPDRAGSGIVER: proESS	STUDIESTED: NTNU	

PROSJEKTNAVN:
Brusdalsvegen 20/22

DETALJ:
Fasade sør

TEGNET AV:	FORMAT:	MÅLESTOKK:
KS	A:3	1:100

TEGNINGSNR.:	DATO:
F-2	06.05.2019

OPDRAGSGIVER:	STUDIESTED:
proESS	NTNU

PROSJEKTNAVN:
Brusdalsvegen 20/22

DETALJ:
Fasade øst

TEGNET AV:	FORMAT:	MÅLESTOKK:
KS	A:3	1:100

TEGNINGSNR.:	DATO:
F-3	06.05.2019

OPDRAGSGIVER:	STUDIESTED:
proESS	NTNU

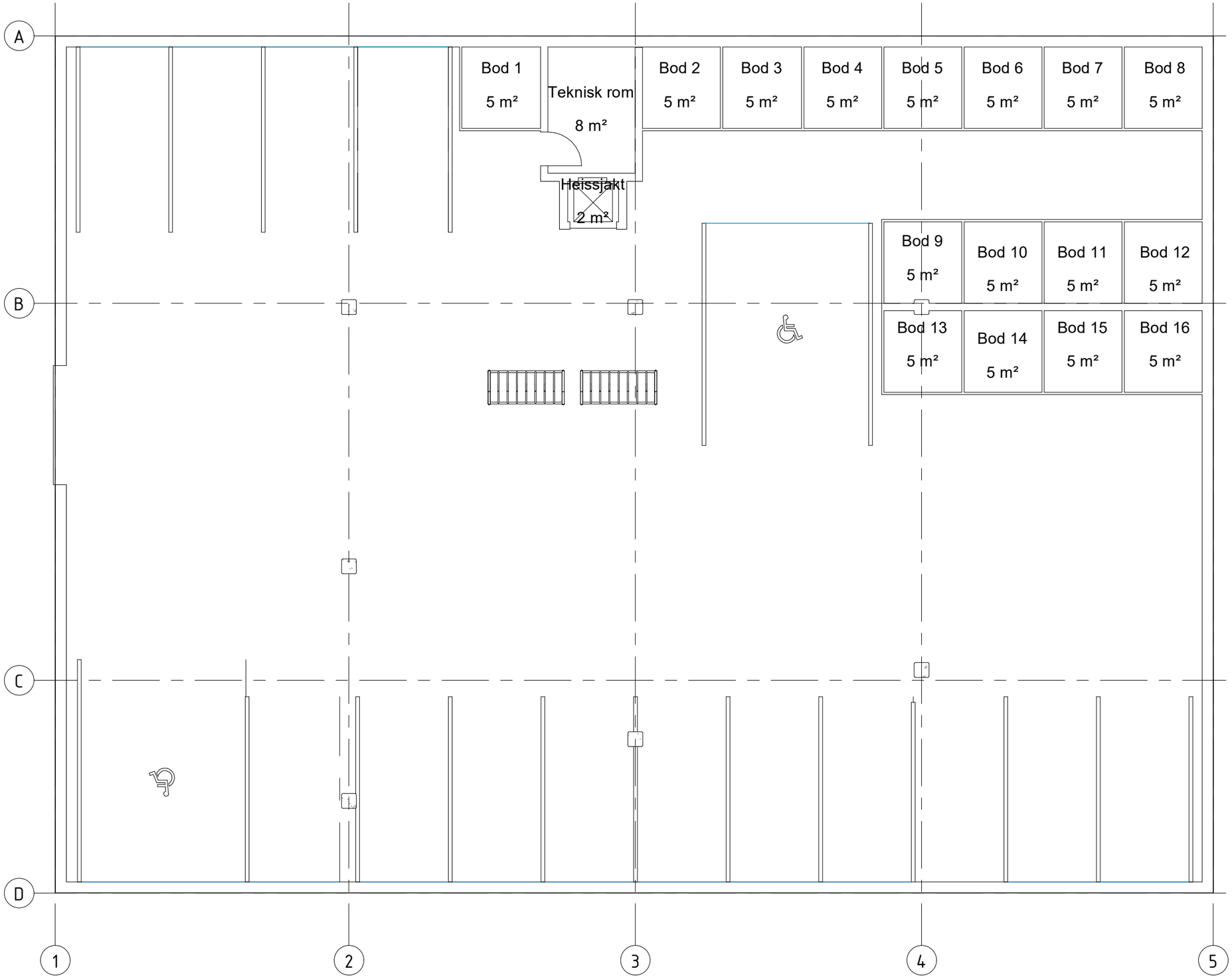
PROSJEKTNAVN:
Brusdalsvegen 20/22

DETALJ:
Fasade vest

TEGNET AV:	FORMAT:	MÅLESTOKK:
KS	A:3	1:100

TEGNINGSNR.:	DATO:
F-4	06.05.2019

OPDRAGSGIVER:	STUDIESTED:
proESS	NTNU

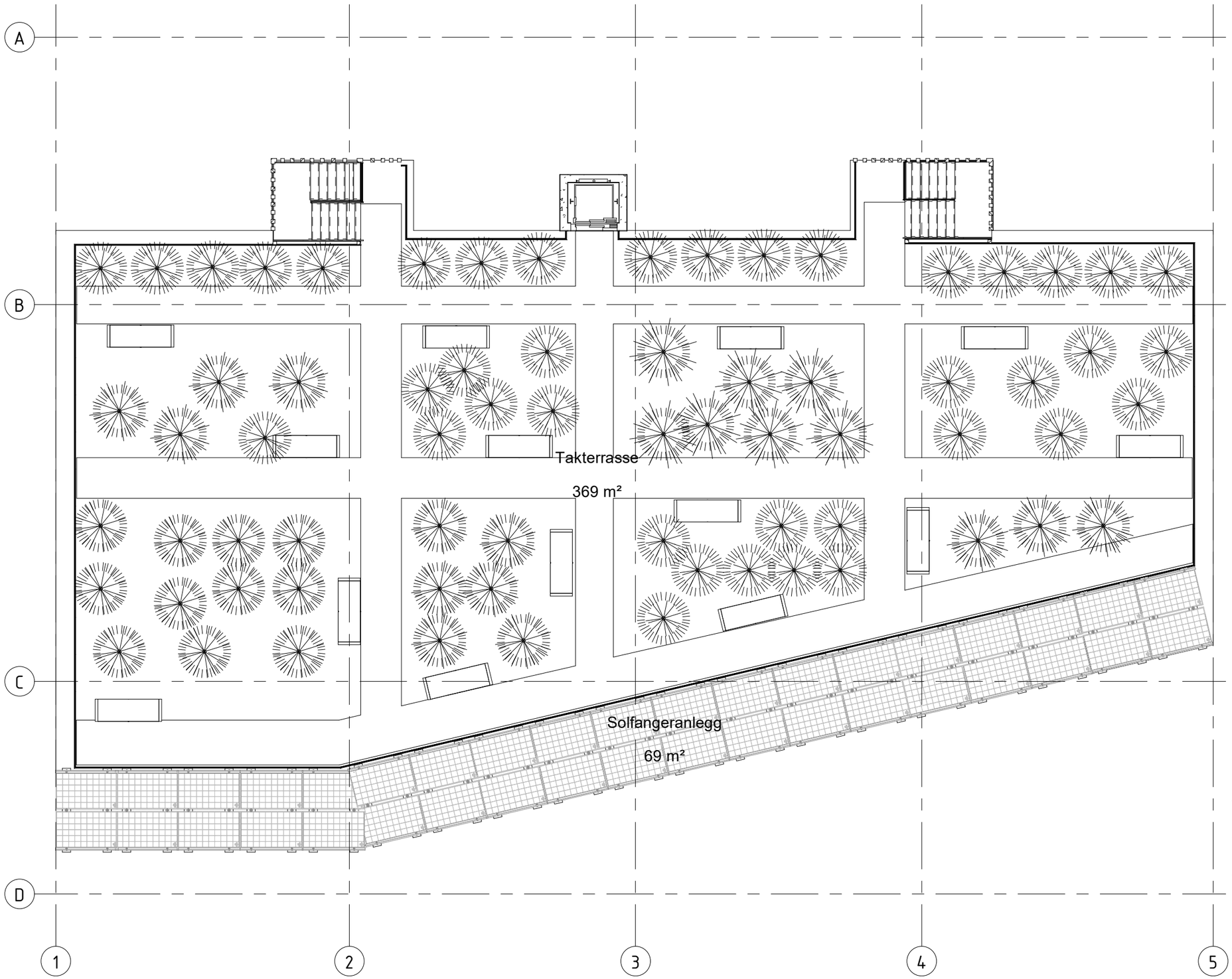


PROSJEKTNAVN: Brusdalsvegen 20/22		
DETALJ: Plan parkeringskjeller		
TEGNET AV: KS	FORMAT: A:3	MÅLESTOKK: 1:100
TEGNINGSNR.: P-1	DATO: 06.05.2019	
OPDRAGSGIVER: proESS	STUDIESTED: NTNU	

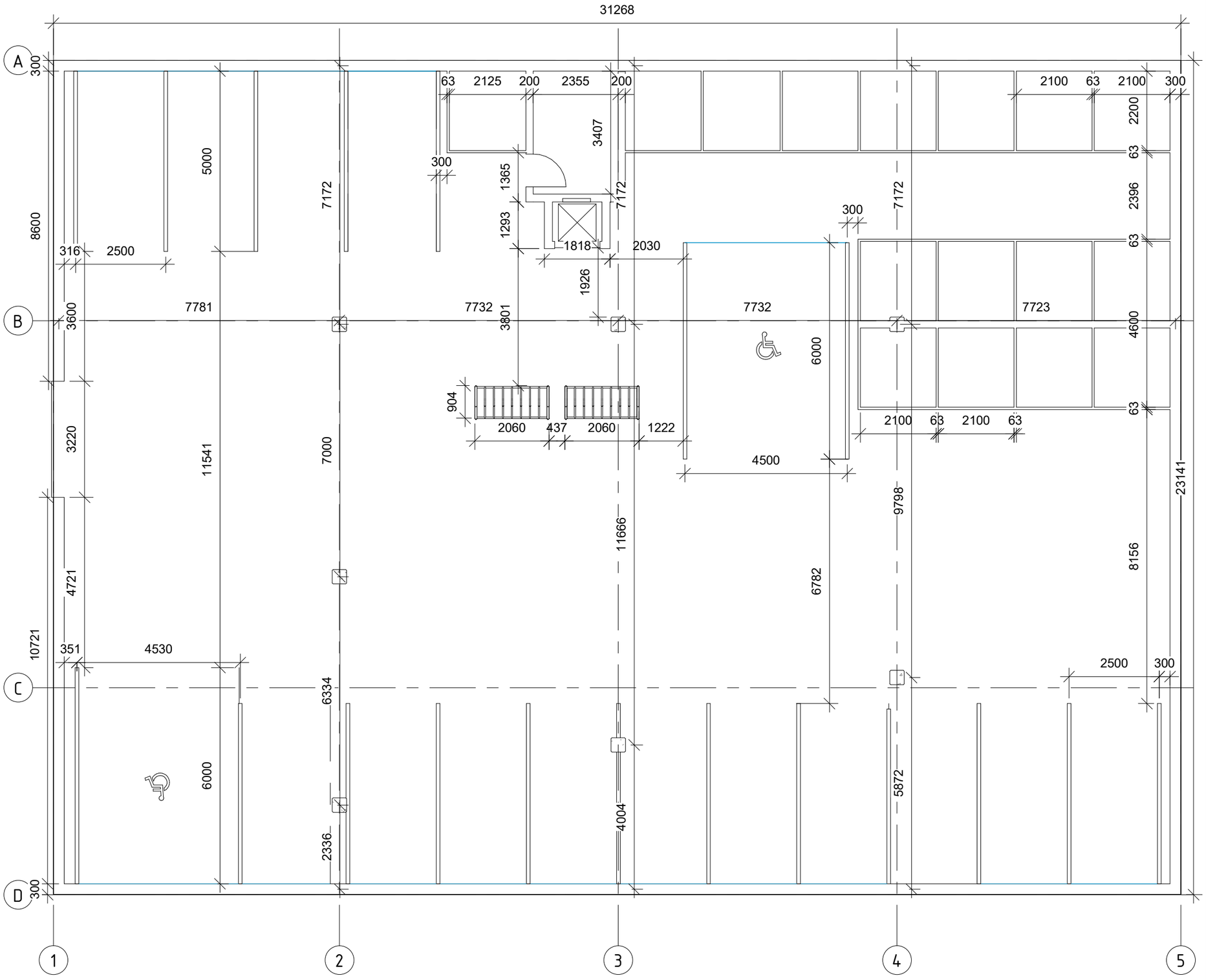
Rominndeling

- Bad
- Bod
- Gang
- Heissjakt
- Soverom
- Stue/kjøkken

PROSJEKTNAVN: Brusdalsvegen 20/22		
DETALJ: Plantegning 1. etg		
TEGNET AV: KS	FORMAT: A:3	MÅLESTOKK: 1:100
TEGNINGSNR.: P-2	DATO: 06.05.2019	
OPDRAGSGIVER: proESS	STUDIESTED: NTNU	



PROSJEKTNAVN: Brusdalsvegen 20/22		
DETALJ: Plan tak		
TEGNET AV: KS	FORMAT: A:3	MÅLESTOKK: 1:100
TEGNINGSNR.: P-3	DATO: 08.05.2019	
OPDRAGSGIVER:	STUDIESTED:	



PROSJEKTNAVN:
Brusdalsvegen 20/22

DETALJ:
Mål parkeringskjeller

TEGNET AV:	FORMAT:	MÅLESTOKK:
KS	A:3	1:100

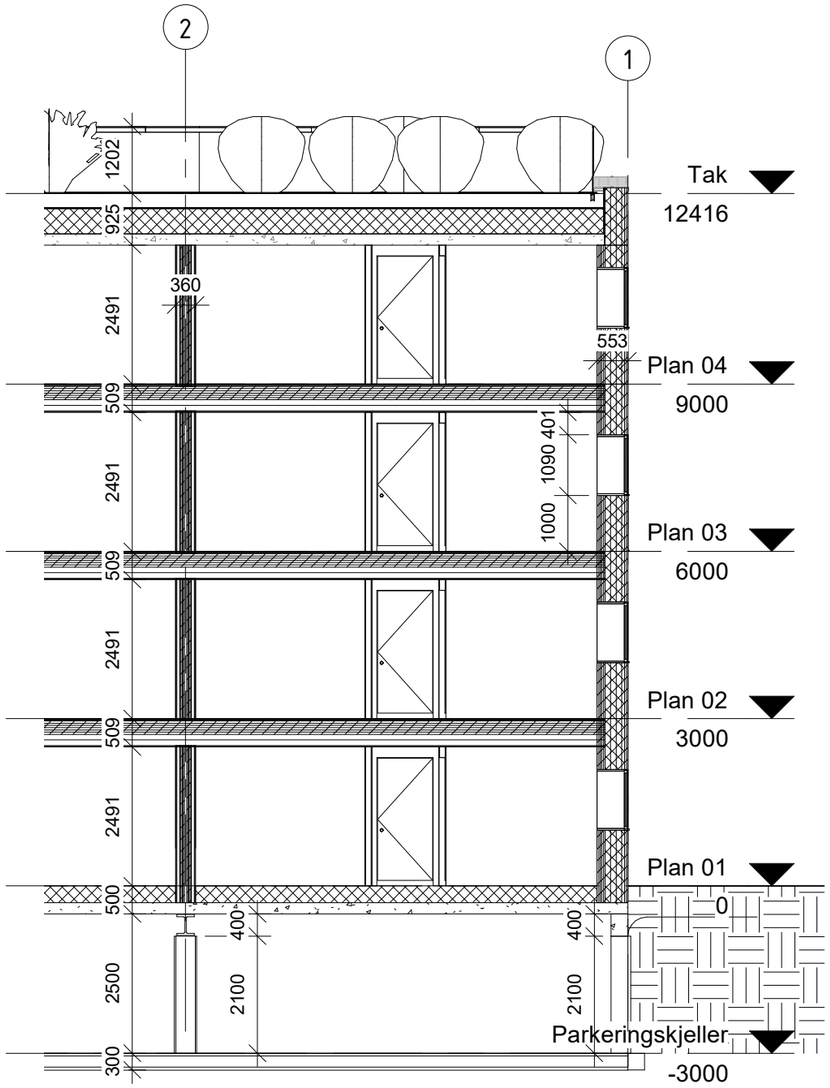
TEGNINGSNR.:	DATO:
M-1	07.05.2019

OPDRAGSGIVER:

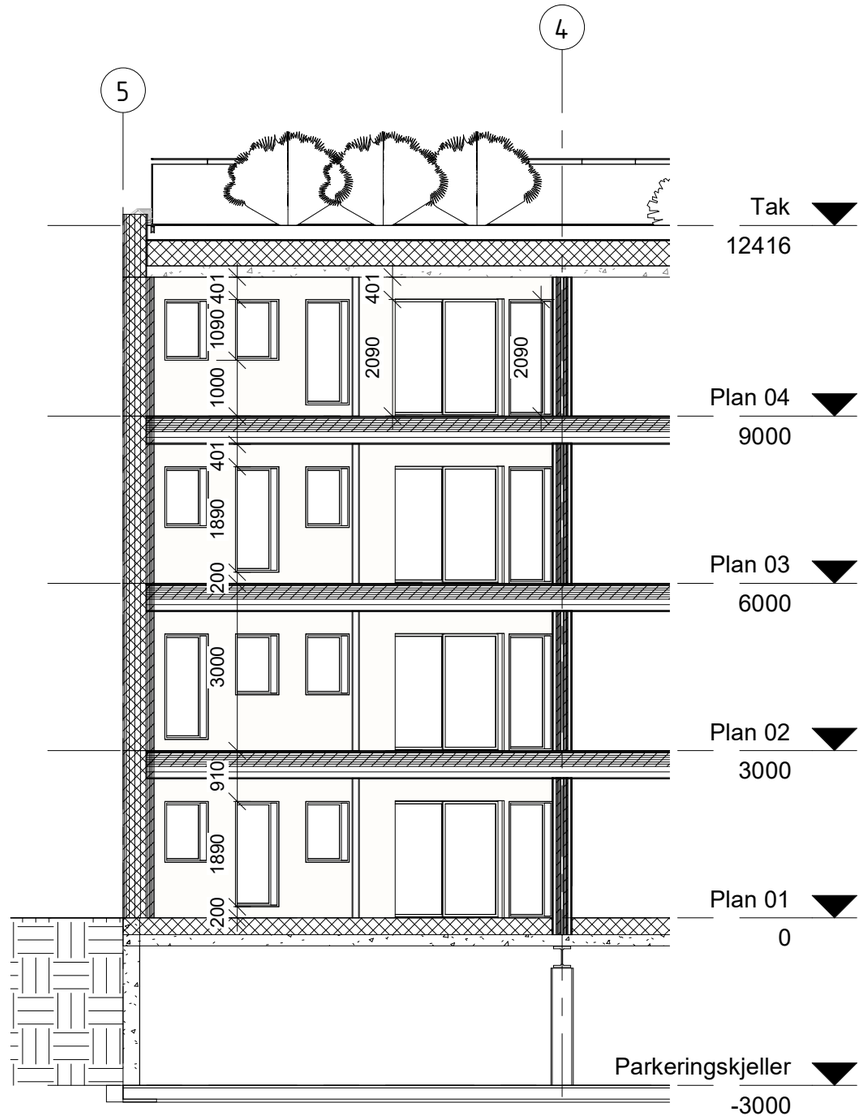
STUDIESTED:

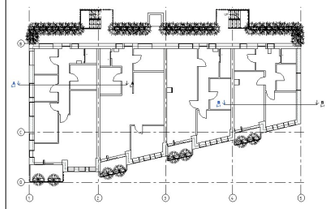
PROSJEKTNAVN: Brusdalsvegen 20/22		
DETALJ: Mål 1. etg		
TEGNET AV: KS	FORMAT: A:3	MÅLESTOKK: 1:100
TEGNINGSNR.: M-2	DATO: 08.05.2019	
OPDRAGSGIVER: proESS	STUDIESTED: NTNU	

Snitt A-A



Snitt B-B





PROSJEKTNAVN:
Brusdalsvegen 20/22

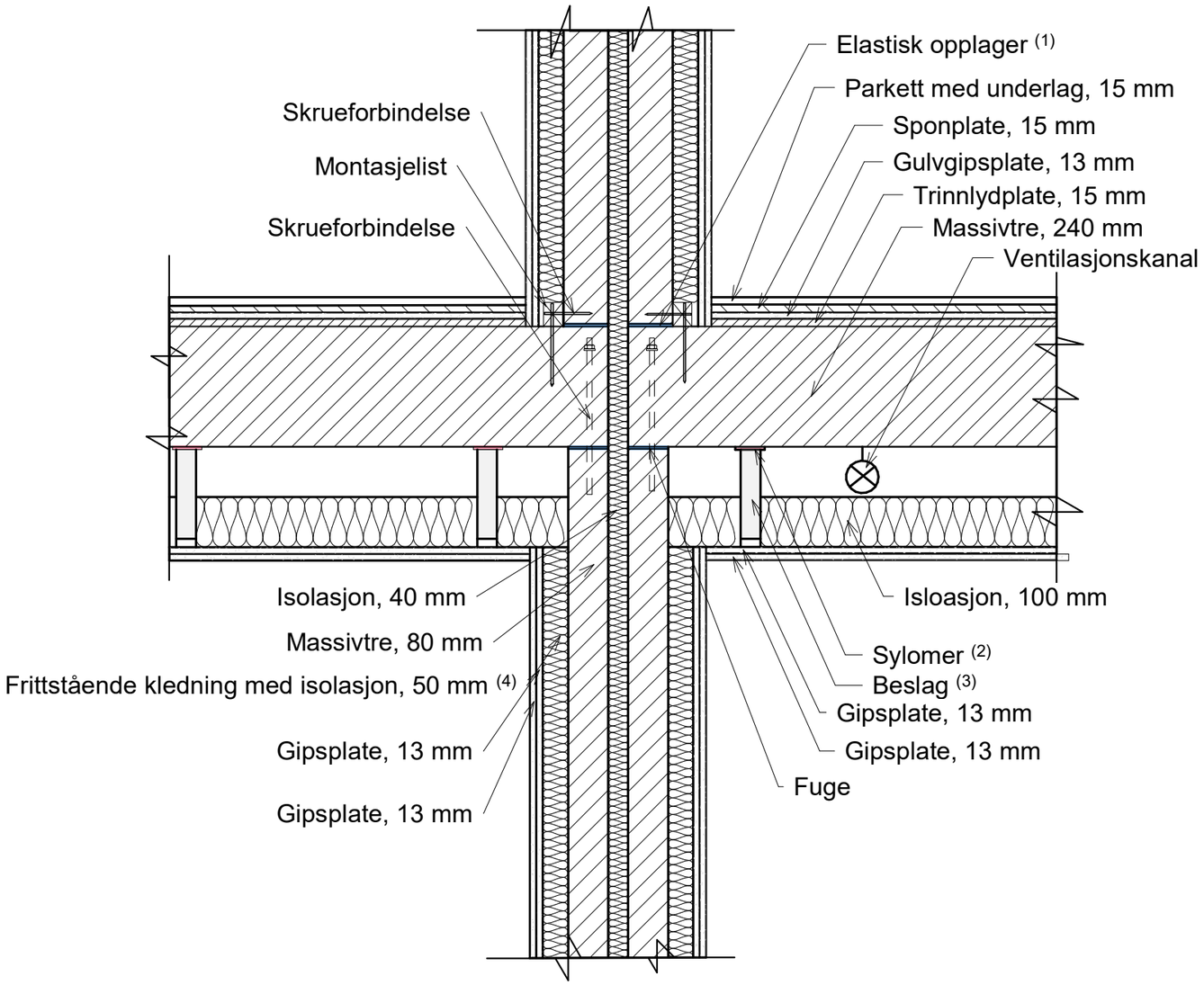
DETALJ:
Snitt

TEGNET AV:	FORMAT:	MÅLESTOKK:
KS	A:3	1:100

TEGNINGSNR.:	DATO:
S-1	08.05.2019

OPDRAGSGIVER:

STUDIESTED:



(1) Elastisk opplager

(2) Elastisk sylomerspalte for reduksjon av lydtransmisjon

(3) Beslag for nedfelling av himling

(4) Trykkfast ubrennbar isolasjon som Flexi A-Plate fra Rockwool

Lydkrav etasjeskiller klasse C:

$R'_W \geq 55$ dB
$L'_w \leq 53$ dB

Prosjektert etasjeskiller git:

$R'_w = 67$ dB
$L'_w = 50\text{-}53$ dB

Brannkrav etasjeskiller:

REI 60

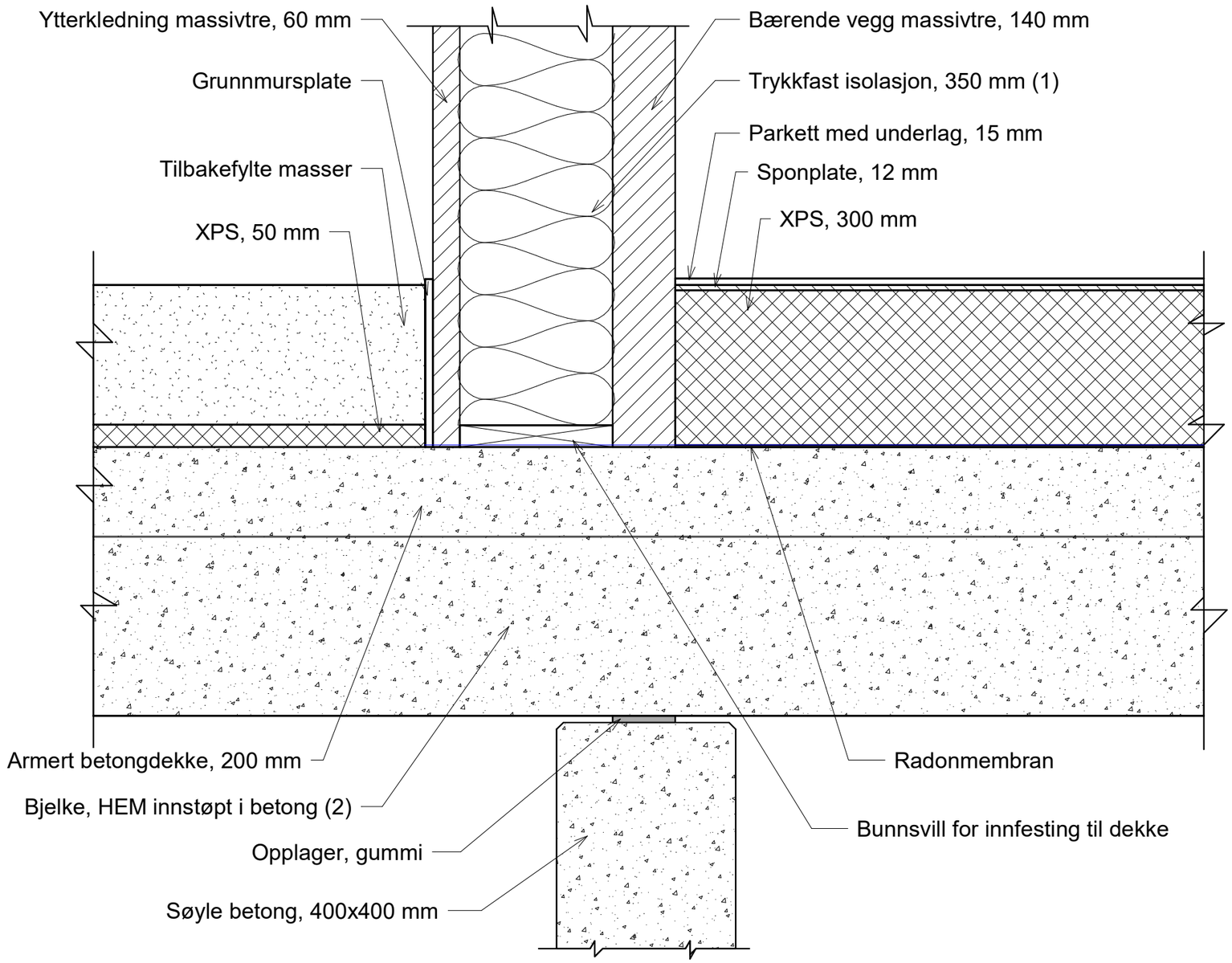
Lydkrav skillevegg:

$R'_w \geq 55$ dB

Brannkrav skillevegg:

REI 60

PROSJEKTNAVN: Brusdalsvegen 20/22		
DETALJ: Overgang skillevegg og etasjeskiller		
TEGNET AV: KG	FORMAT: A:3	MÅLESTOKK: 1:10
TEGNINGSNR.: D-1	DATO: 06.05.19	
OPDRAGSGIVER:	STUDIESTED:	



Detalj som viser overgang mellom yttervegg i massivtre og plate mellom parkeringskjeller og 1. etasje

(1) Flexi A-Plate

(2) Lavkarbon betong, klasse A: B35, XC#

Brannmotstand yttervegg:

REI 60

U-verdi yttervegg:

0,10 W/(m^2*K)

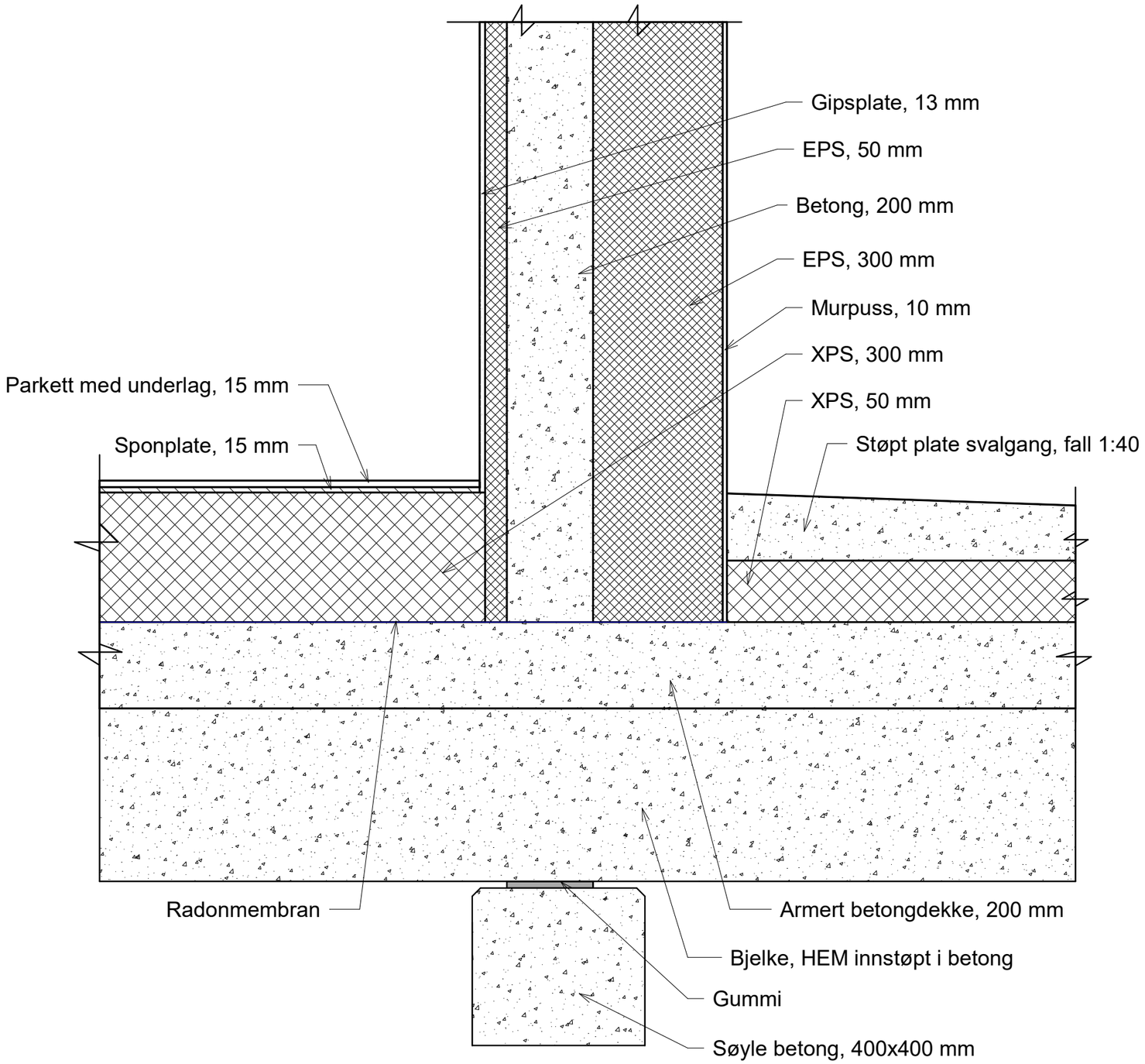
Plate 1. etasje over parkeringskjeller:

U-verdi: 0,104 W/(m^2*K)

Brannmotstand: REI 90

Lydreduksjonstall R_w > 61 dB

PROSJEKTNAVN: Brusdalsvegen 20/22		
DETALJ: Overgang yttervegg og plate		
TEGNET AV: KG	FORMAT: A:3	MÅLESTOKK: 1:10
TEGNINGSNR.: D-2	DATO: 07.05.19	
OPDRAGSGIVER:	STUDIESTED:	



Detaljtegning av yttervegg og betongplate med bjelke og søyle.

Yttervegg i betong:

U-verdi: 0,085 W/(m^2*K)

Brannmotstand: REI 60

Lydreduksjonstall R_w > 61 dB

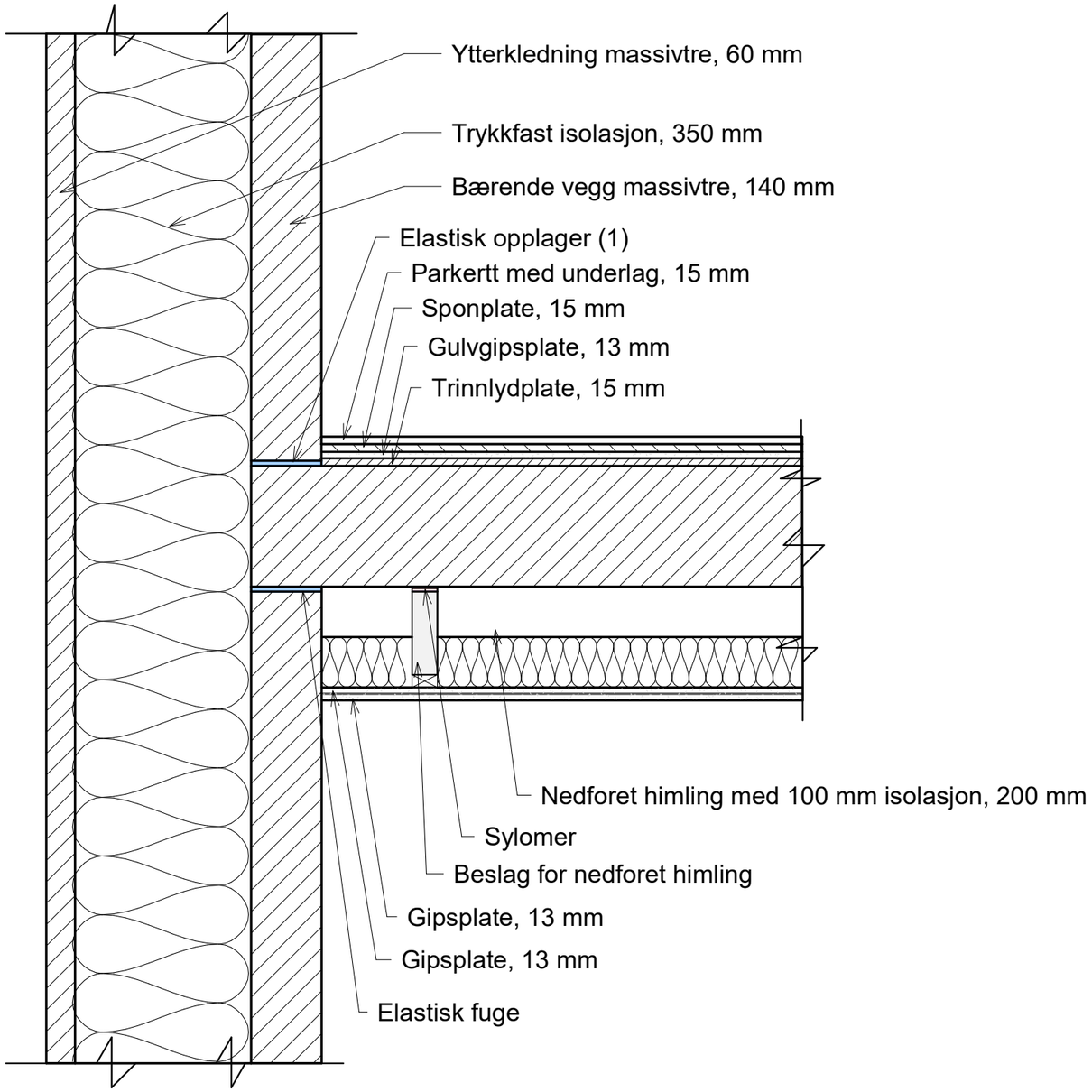
Plate 1. etasje over parkeringskjeller:

U-verdi: 0,104 W/(m^2*K)

Brannmotstand: REI 90

Lydreduksjonstall R_w > 61 dB

PROSJEKTNAVN: Brusdalsvegen 20/22		
DETALJ: Overgang plate og yttervegg		
TEGNET AV: KG	FORMAT: A:3	MÅLESTOKK: 1:10
TEGNINGSNR.: D-3	DATO: 07.05.19	
OPDRAGSGIVER:	STUDIESTED:	



Overgang mellom yttervegg i massivtre og etasjeskiller

(1) Elastisk opplager, sylomer

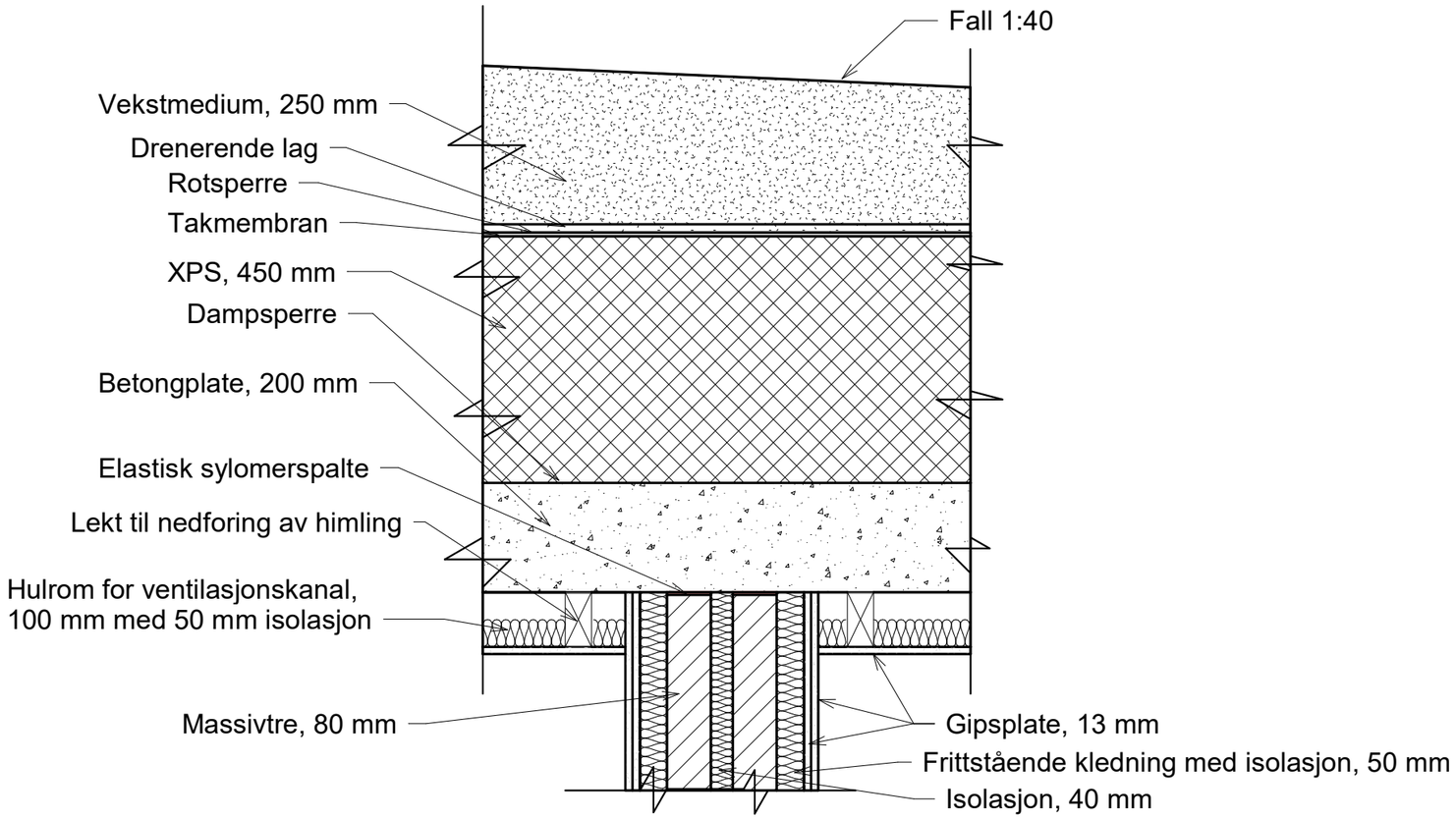
Yttervegg i massivtre:

U-verdi: 0,10 W/(m^2*K)

Brannmotstand: REI 60

For informasjon om etasjeskiller se tegning D-1.

PROSJEKTNAVN: Brusdalsvegen 20/22		
DETALJ: Yttervegg massivtre og etasjeskiller		
TEGNET AV: KG	FORMAT: A:3	MÅLESTOKK: 1:10
TEGNINGSNR.: D-4	DATO: 07.05.19	
OPDRAGSGIVER:	STUDIESTED:	



Detalj overgang skillevegg og tak

Grønt tak:

Brannmotstand:

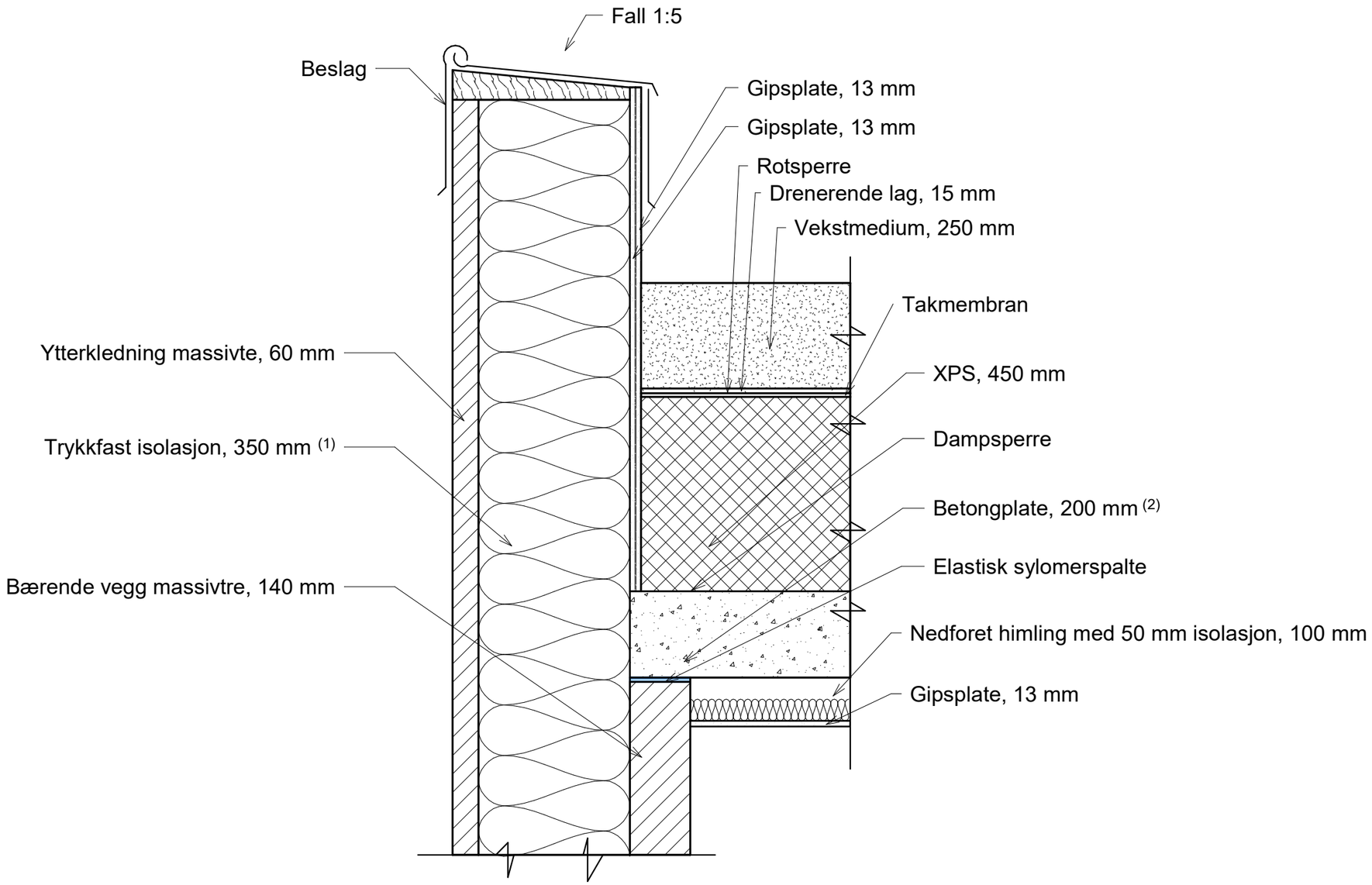
Ingen dimensjonering nødvendig med valgt løsning.

U-verdi: 0,082 W/(m^2 *K)

Lydreduksjon:

R_w > 61 dB basert på betongdekke > 180 mm

PROSJEKTNAVN: Brusdalsvegen 20/22		
DETALJ: Overgang skillevegg til tak		
TEGNET AV: KG	FORMAT: A:3	MÅLESTOKK: 1:10
TEGNINGSNR.: D-5	DATO: 07.05.19	
OPDRAGSGIVER:	STUDIESTED:	



Detaljtegning for overgang yttervegg i massivtre og grønt tak

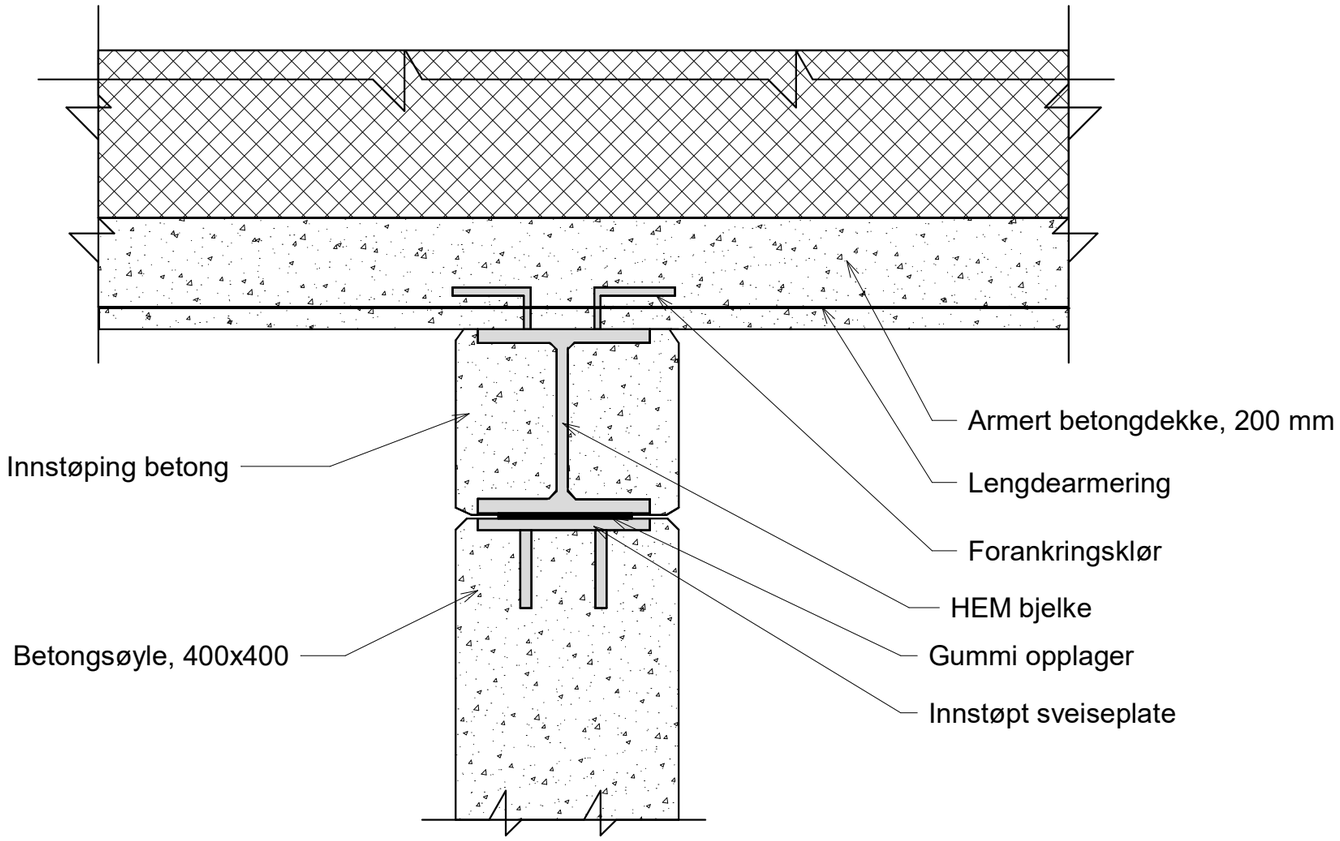
(1) Flexi A-Plate
(2) Lavkarbon klasse A. B35, eksponeringsklasse XC3

For informasjon om U-verdier og brannmotstand se tegninger:

Tak: D-5

Yttervegg i massivtre: D-4

PROSJEKTNAVN: Brusdalsvegen 20/22		
DETALJ: Overgang yttervegg i massivtre og grønt tak		
TEGNET AV: KG	FORMAT: A:3	MÅLESTOKK: 1:10
TEGNINGSNR.: D-6	DATO: 07.05.19	
OPDRAGSGIVER:	STUDIESTED:	



Detaljtegning overgang mellom søyle, innstøpt bjelke og plate

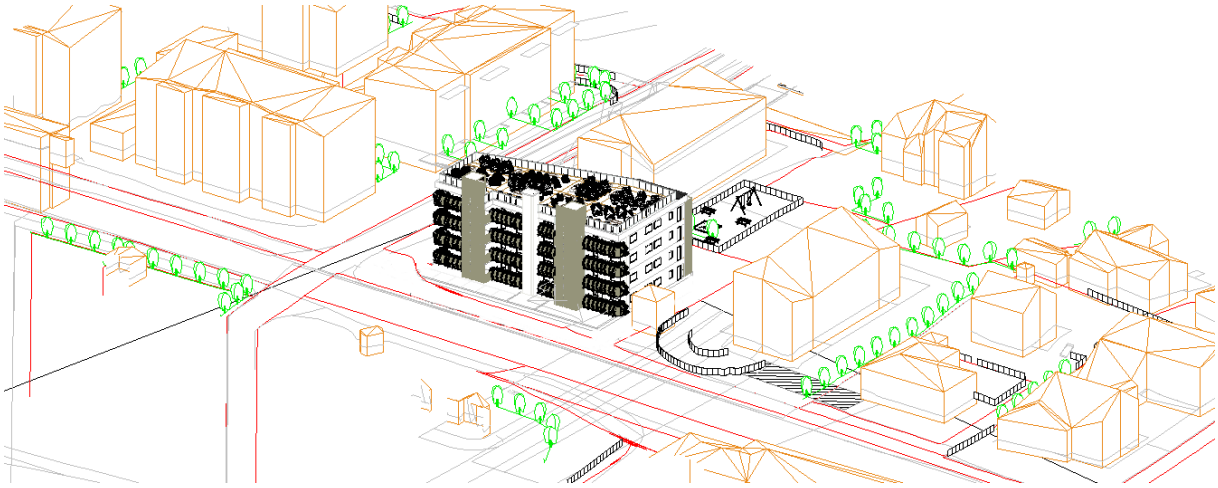
HEM bjelke ikke dimensjonert.

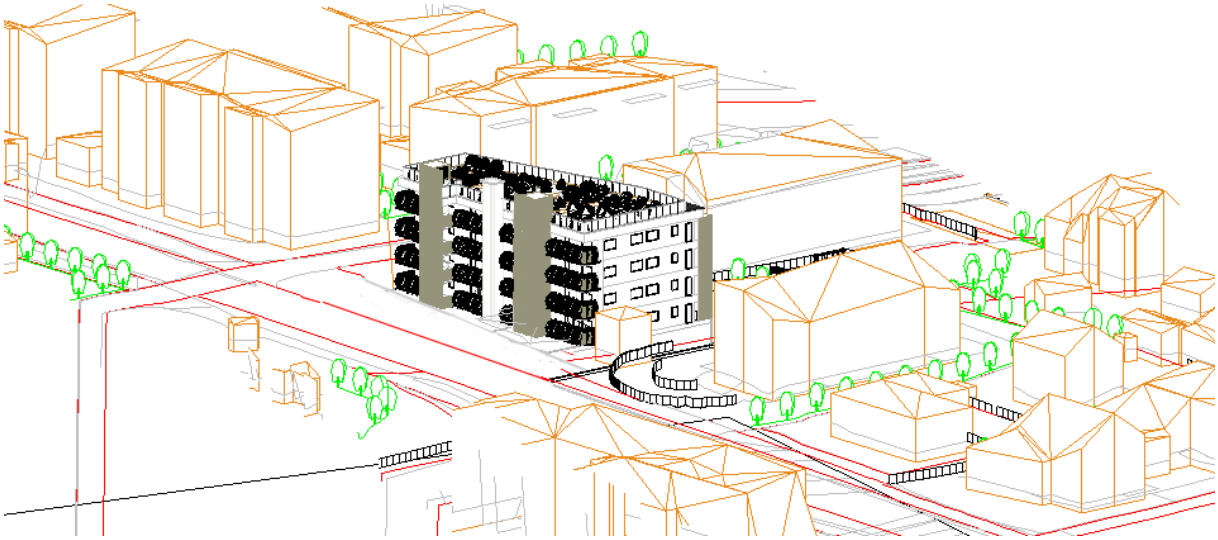
Tegninger basert på skisse av ingeniør i Chistie & Opsahl AS

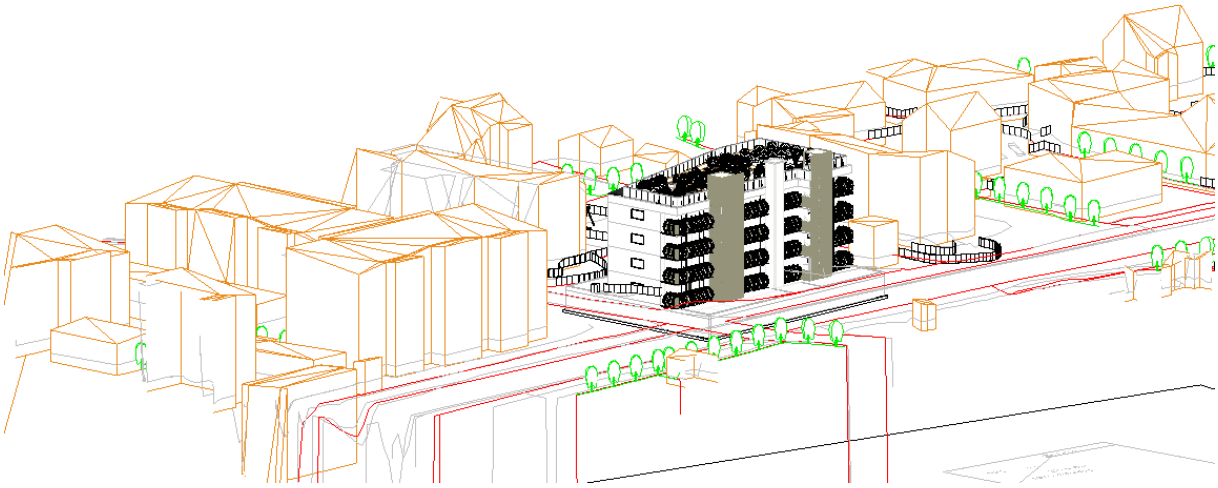
PROSJEKTNAVN: Brusdalsvegen 20/22		
DETALJ: Søyle, bjelke og plate		
TEGNET AV: KG	FORMAT: A:3	MÅLESTOKK: 1:10
TEGNINGSNR.: D-7	DATO: 10.05.19	
OPDRAGSGIVER: proESS	STUDIESTED: NTNU	

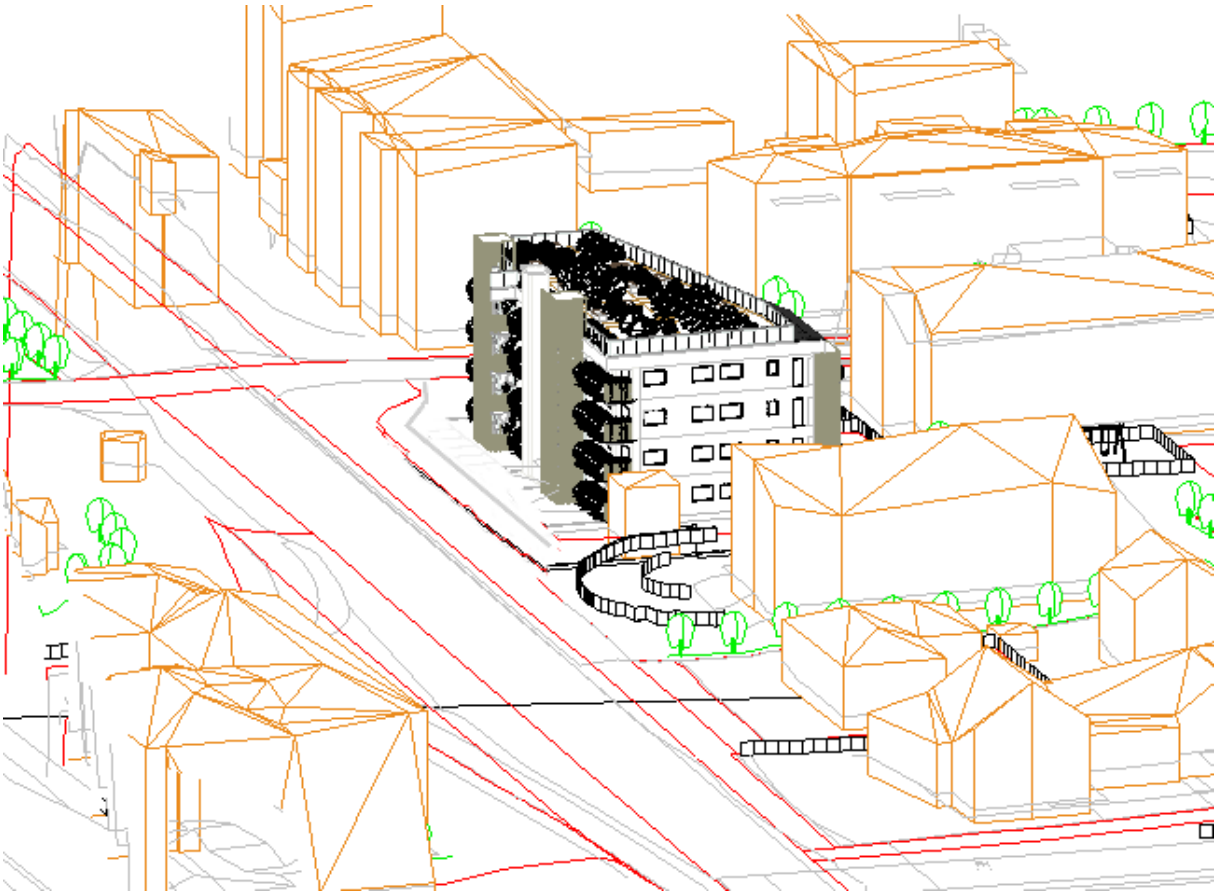
V9 Illustrasjoner

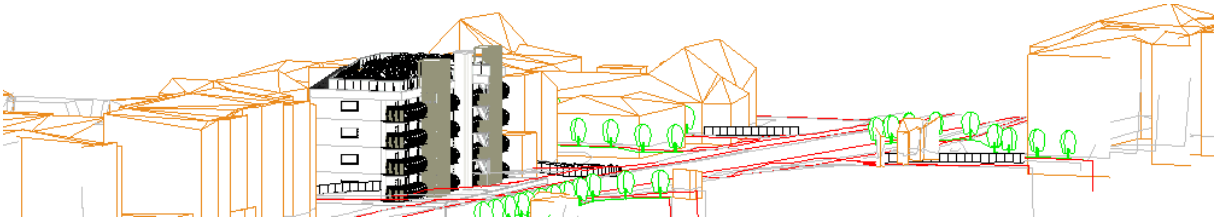
V9.1 Illustrasjoner hentet fra Gemini Terreng og Entreprenør

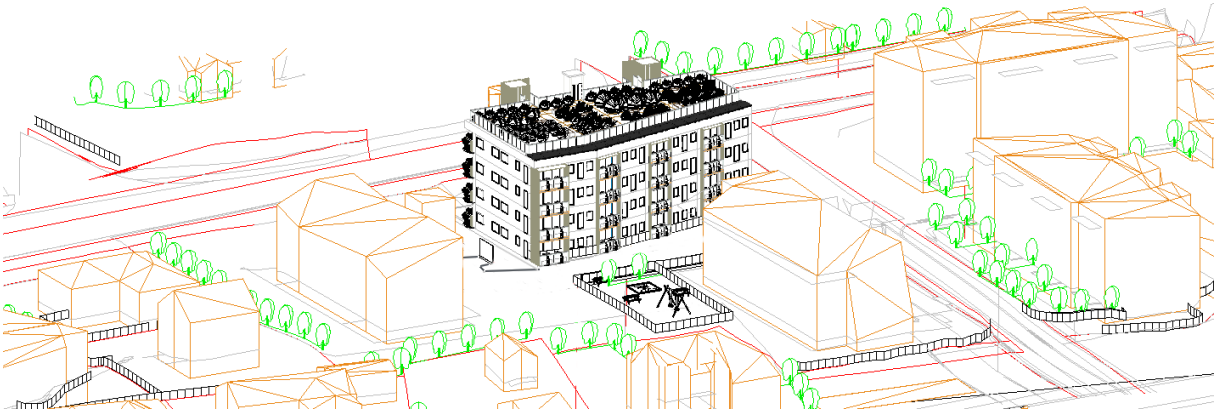


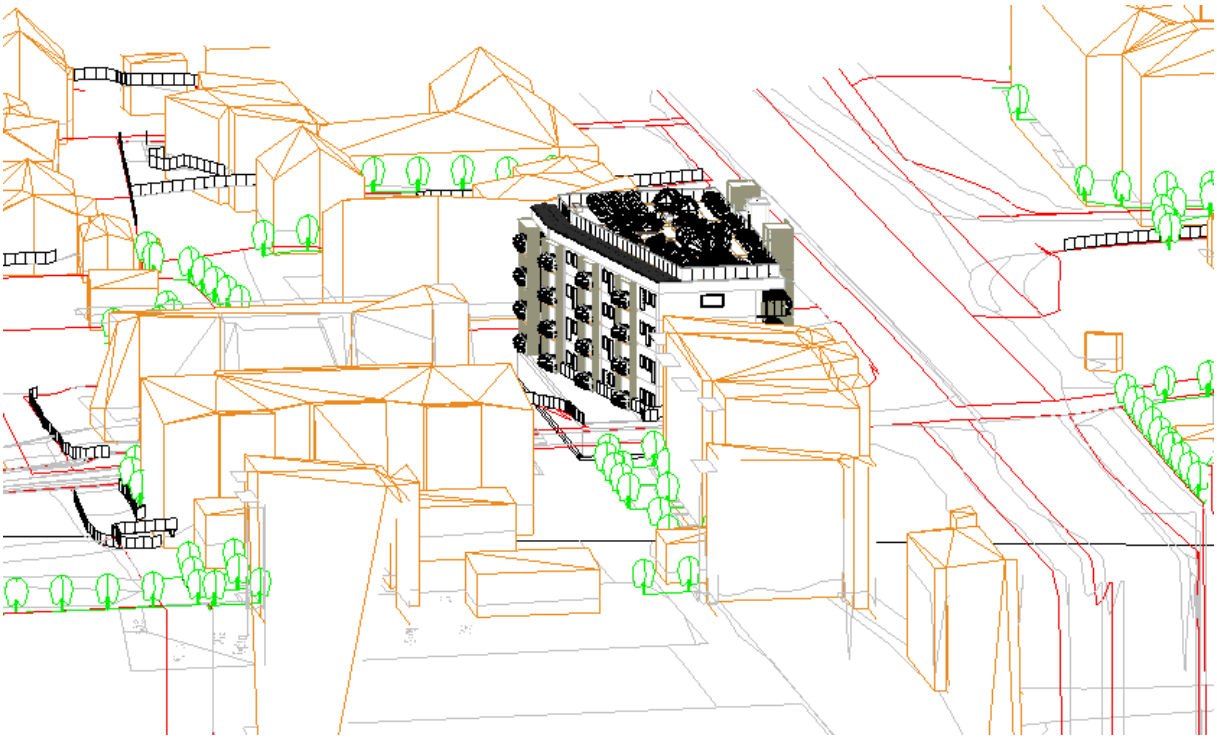


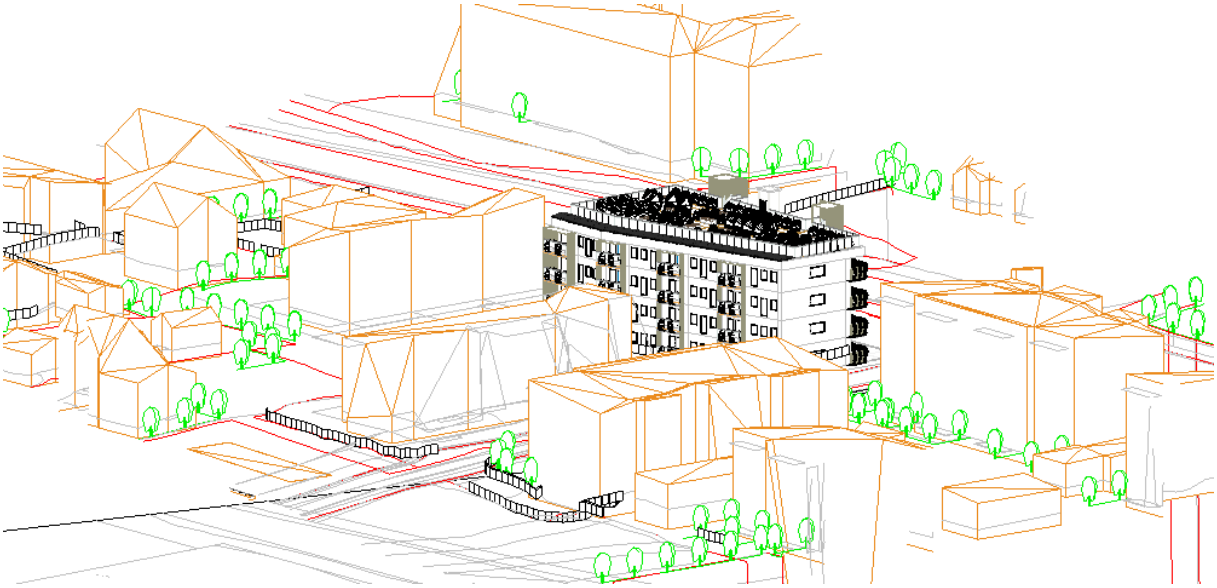


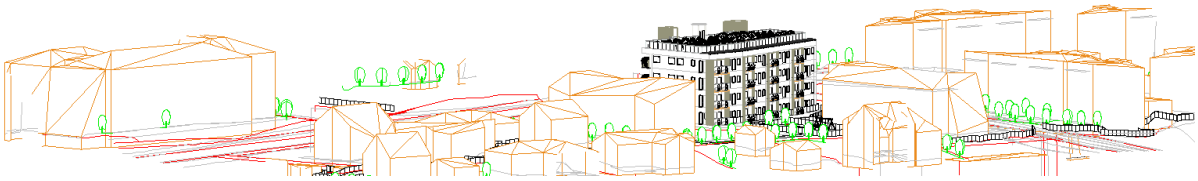












V9.2 Illustrasjoner hentet fra Lumion

LUMION
EDUCATIONAL

LUMION
EDUCATIONAL

LUMION
EDUCATIONAL

LUMION
EDUCATIONAL

Not for commercial use
LUMION
EDUCATIONAL

Not for commercial use
LUMION
EDUCATIONAL

LUMION
EDUCATIONAL

LUMION
EDUCATIONAL

LUMION
EDUCATIONAL

LUMION
EDUCATIONAL

Dow Building Solutions

Tekniske Data

STYROFOAM™ A-N

SPESIFIKASJONER	Standard	Enhet	CE-kode	STYROFOAM™ A-N 250	300	300-PL	400	500	700
Varmekonduktivitet (W/mK)									
≤ 60 mm				0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
> 60 - 80 mm	NS-EN 13164	W/mK	λD	0,034	0,034	-	0,034	0,034	0,034
> 80 - 120 mm				0,035	0,035	-	0,035	0,035	-
> 120 mm				0,036	0,036	-	0,036	-	-
Trykkfasthet, korttidslast	NS-EN 826	kPa	CS (10/Y)	250	300	300	400	500	700
Største anbefalte langtidslast ved 2% def. 50 år	NS-EN 1606	kPa	CC (2/1,5/50)	90	140	NPD	180	225	250
Vannabsorpsjon									
-ved nedsenking	NS-EN 12087	%-vol.	WL(T)	< 0,7	< 0,7	< 1,5	< 0,7	< 0,7	< 0,7
-ved diffusjon									
< 50 mm	NS-EN 12088	%-vol.	WD(V)	≤ 3,0	≤ 3,0	NPD	-	-	-
50 - 70 mm				≤ 2,0	≤ 2,0	NPD	≤ 2,0	≤ 2,0	≤ 2,0
> 70 mm				≤ 1,0	≤ 1,0	-	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0
-ved frys/tin	NS-EN 12091	%-vol.	FTCD	< 1,0	< 1,0	NPD	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Densitet		kg/m3	-	30	32	32	34	38	42
Brannegenskaper	NS-EN 13501-1	-	Euroclass	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD

Mars 2018 – Dette dokumentet erstatter alle tidligere versjoner.

DOW Sverige AB
Carlsgatan 12A
SE-211 20 Malmö
Tel.: +46 (0)11 24 5100
291-12746-1017

®™ Varumärke som tillhör Dow Chemical Company

FLEXI A-PLATE

PRODUKT

ROCKWOOL FLEXI A-PLATE® er laget av ubrennbar fukt-og vannavvisende ROCKWOOL steinull.

FLEXI A-PLATE er en formfast isolasjonsplate med spesielt god utfyllingsevne. Produktet har en fleksibel langside som tar opp variasjoner i lysåpning i bindingsverk på inntil 20 mm.

ANVENDELSE

For isolering av gamle hus, isolering av nye hus, vegger, himlinger, bjelkelag, skillevegger etc.

TEKNISKE EGENSKAPER

Område	Beskrivelse	Standard
Varmekonduktivitet	λ_D=37 mW/mK	EN 12939
Tykkelsesklasse	T2	EN 823
Brannklasse	A1	EN 13501-1
Vannabsorpsjon	Korttid WS ≤ 1 kg/m²	EN 1609
Beskrivelseskode	MW-EN13162-T2-WS	

Dimensjoner (pall)

Info	Dimensjoner (mm)	Pk pr pall	Stk pr pall	Stk pr pakke	m^2 pr pall	m^2 pr pakke	m3 pr. pall	m3 pr. pakke	NOBB nr
Levering Sør-Norge	1200 x 565 x 50	16	144	9	97,63	6,1	3,5	0,18	44358118
Levering Midt/Nord-Norge	1200 x 565 x 50	16	192	12	130,18	8,14	3,5	0,27	43240135
Levering Sør-Norge	1200 x 575 x 50	16	144	9	99,36	6,21	3,5	0,18	44358213
Levering hele landet	1200 x 575 x 70	16	128	8	88,32	5,52	3,5	0,28	30673560
Levering Midt/Nord-Norge	1200 x 575 x 98	16	96	6	66,24	4,14	3,5	0,28	43240846
Levering Sør-Norge	1200 x 575 x 98	24	144	6	99,36	4,14	3,5	0,27	30673594
Levering Sør-Norge	1200 x 575 x 123	20	120	6	82,8	4,14	3,5	0,33	44358296
Levering Sør-Norge	1200 x 575 x 148	20	100	5	69	3,45	3,53	0,311	53017345
Levering Midt/Nord-Norge	1200 x 575 x 148	20	80	4	55,2	2,76	3,5	0,28	30673610
Levering hele landet	1200 x 575 x 170	20	60	4	41,4	2,07	3,5	0,21	46419338
levering Midt/Nord-Norge	1200 x 575 x 198	20	60	3	41,4	2,07	3,5	0,28	30673628
Levering Sør-Norge	1200 x 575 x 198	24	72	3	49,68	2,07	3,5	0,28	53017353
Levering hele landet	1200 x 575 x 250	20	60	3	41,4	2,07	3,5	0,33	30673578
Levering hele landet	1200 x 575 x 300	16	32	2	22,08	1,38	3,5	0,33	30673586

Dimensjoner som ikke fremkommer i prislisten kan leveres på forespørsel mot et omstillingsgebyr på kr 4.000,00

Kvalitetssikring

AS ROCKWOOL har et kvalitetsstyringssystem, som er sertifisert etter NS-EN ISO 9001.

Produktet er CE-merket i henhold til EN 13162, og er underlagt produkt og produksjonskontroll inkludert løpende kontrollprøving utført av Dancert.

Denne kontrollen er basert på regler fra Keymark, som er etablert av den europeiske standardiseringsorganisasjonen CEN.

ROCKWOOL isolasjonsprodukter er under løpende utvikling og produktenes tekniske spesifikasjoner er angitt med forbehold om endringer.

YTELSESESERKLÆRING

NO - JS150 - CPD-01

1. Entydig identifikasjonskode for produkten	NO-JS150-CPD-01	
2. Type, parti- eller serienummer:	Jackon Super EPS 150	
3. Produsentens tilsiktede bruksområder for byggevaren, i samsvar med den relevante harmoniserte tekniske spesifikasjonen:	Varmeisolasjonsprodukter for byggninger (EPS)	
4. Produsentens navn og adresse:	Jackon AS, Fredrikstad. Postboks 1410, 1602 Fredrikstad	
5.Hvis relevant, navn og kontaktadresse til godkjent representant:		
6. Det eller de system for vurdering og kontroll av byggevarens konstante ytelse, som fastsatt i vedlegg V:	System 3 og 4 (brann)	
7. Navn og identifikasjonsnummer på det meldte organ:	Sintef, identifikationsnr.: 1071 har utført ITT etter system 3.	
8. Vesentlige egenskaper (EN 13163 : 2012)	**Ytelse**	**EN-Standard**
Brannklasse	Euroklass = F	13501-1
Kontinuerlig glødende forbrenning	NPD (a)	-
Vannabsorpsjon	WL(T): 3 %	12087
Avgivelse av farlige stoffer	NPD (a)	-
Akustisk absorpsjonsindeks	NPD (b)	-
Dynamisk stivhet	NPD	29052-1
Tykkelse	T2	823
Sammentrykkbarhet (gjelder for flytende gulv)	NPD	12431
Varmekonduktivitet	λ_D = 0,031 W/mk	12667
Relativ vanndampmotstand	μ = 60	10456
Trykkspenning ved 10 % deformasjon	CS(10) = 150 KPa	826
Bøyefasthet	200 KPa	12089
Strekkfasthet vinkelrett på overflater	NPD	1607
Holdbarhet av materialers egenskaper ved brannpåvirkning mot varme, slitasje, aldring/forringelse	NPD (c)	13501-1
Fryse /tine motstand etter langtids vannabsorpsjon ved total nedsenking	NPD	12087/12088
Holdbarhet av trykkfasthet mot aldring/forringelse. Kryp	CC = 45 KPa	1606
Langtids tykkelsesreduksjon	NPD	1606

(a) Ingen testmetode tilgjengelig
(b) EPS har ingen vesentlige lydabsorpsjonsegenskaper
(c) Reaksjonen ved brannpåvirkning for EPS endres ikke med tiden.

9. Ytelsen for varen som angitt i nr. 1 og 2, er i samsvar med ytelsen angitt i nr.9. Denne ytelseserklæring er utstedt på eget ansvar av produsenten, som angitt i nr. 4.

Undertegnet for og på vegne av produsenten av:

Jennie Helgar, HMS og Kvalitessjef
(navn og stilling)

Fredrikstad, 10.06.2013
(sted og dato) (signatur)

Opplager	Luftlydisolasjon dB	Redusert lydoverføring via knutepunkt
Ikke-elastiske opplegg		
Direkte lagring	45	(mye "lyd" overføres via knutepunktet)
Striper av Silencio tykkelse 36 mm	46	
Kryssfinerklosser tykkelse 18 mm	49	(mindre "lyd" overføres via knutepunktet)
Elastiske opplegg		
Generelle gummiprodukter (Neopren, etc.)	50-52	
CDM-klosser tykkelse 18 mm	52	
SYLODYN®-klosser tykkelse 25 mm	55	(lite "lyd" overføres via knutepunktet)