



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2018 30 stp

Fakultetet for realfag og teknologi

Leif Daniel Houck

Massivtre som byggemateriale – en studie av prosjekteringsprosessen og utformingen av undervisningsarealene i massivtreskoler

Solid wood as a construction material –
a study of the design process and design of the
teaching areas in solid wood school buildings

Gina Marie Schøien Hegle

Industriell økonomi, byggeteknikk og arkitektur

Fakultetet for realfag og teknologi

I. Forord

Denne oppgaven markerer slutten på min femårige master i industriell økonomi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.

Jeg vil takke min veileder Leif Daniel Houck for ide til oppgaven og veiledning. En takk går også til alle som har vært behjelpelig under innsamlingen av dokumentasjon og til de som stilte til intervju.

Jeg vil også takke samboeren min, mamma, pappa og lillesøster for motiverende ord og støtte i løpet av denne oppgaven.

Jeg vil takke Tonje, Natasa og Tommy for gode råd og Tora og Christina for korrekturlesing.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, mai 2018

Gina Marie Schøien Hegle

II. Sammendrag

Fokuset for denne oppgaven har vært å finne ut hvordan det er å prosjektere skolebygg i massivtre og å undersøke hva slags utforming disse skolene har. Massivtre er et materiale i vekst og siden 2010 har volumet av trekonstruksjoner i Norge doblet seg hvert år. Økt bruk av massivtre har en positiv effekt på miljøet, i form av redusert karbonfotavtrykk. I tillegg er det observert at eksponert massivtre er positivt for innemiljø og -klima.

Oppgaven ble avgrenset til å kun se på undervisningsarealene i skolebyggene og har problemstillingen:

Hvordan har bruken av massivtre i skolebygg påvirket prosjekteringen og utformingen av undervisningsarealene i bygget?

Problemstillingen vil bli forsøkt besvart ved hjelp av følgende forskningsspørsmål:

- 1. Hvilke etasjeskillere blir valgt i massivtreskoler og hvilke følger har valget på utformingen av de generelle læringsarealene?*
- 2. Hvordan har prosjekteringsprosessen vært for skolebygg i massivtre og hvilke fordeler og ulemper ga massivtre?*

Det utført en litteraturstudie, en dokumentanalyse og intervjuer. Utvalget som ble analysert bestod av barneskoler, ungdomsskoler, kombinerte skoler og videregående skoler med bæresystem i massivtre. Dokumentstudiet bestod av tekniske tegninger for åtte skoler. Totalt fire arkitekter ble intervjuet om sine erfaringer rundt prosjektering av skolebygg i massivtre.

Oppgaven avdekket at lengre spenn og fleksibilitet er mer utfordrende i massivtrebygg enn i bygg som er konstruert i mer tradisjonelle materialer som stål og betong. Mangelen på standardiserte løsninger for massivtrebygg gjør det vanskelig å oppfylle lyd- og brannkrav. De undersøkte etasjeskillerkonstruksjonene viste ingen klar trend i oppbyggingen, men flertallet var utstyrt med en nedsenket himling bestående av lydisolerende materialer.

For prosjekteringsdel var funnene knyttet til at prosjekteringen må være ferdig tidligere enn i andre prosjekter og at det er behov for mer samarbeid på tvers av fagene. Et problem som ble nevnt flere ganger i løpet av arbeidet med denne oppgaven var at sene avgjørelser rundt materialvalget ga store utfordringer for prosjekteringsprosessen.

III. Abstract

The primary focus of this master thesis was to examine the design process of school buildings in solid wood and to explore the design of these schools. Solid wood is a material in growth and the volume of wooden structures has doubled itself every year since 2010. The increased usage of solid wood has a positive effect on the environment, by reducing the carbon footprint. Observation has shown that exposed solid wood has a positive effect on the indoor environment and the air quality.

The assignment is limited to the teaching areas in the school buildings and aim to answer the following question:

How has the use of solid wood in school buildings affected the design process and the design of the teaching areas in the building?

To achieve this the following research questions was formed:

- 1. What type of story construction are chosen in solid wood school buildings and what are the effects of this choice on the general teaching areas?*
- 2. How has the design process for school building in solid wood been and what are the benefits and disadvantages of using solid wood?*

To answer the previous questions a literature study, a document study and interviews were conducted. The analysed selection consists of primary schools, lower secondary schools, combined primary and lower secondary schools and upper secondary schools with a solid wood bearing system. The document study included technical drawing for eight schools. Four architects were interviewed about their experience with the design process of solid wood school buildings.

The findings reveal that longer spans and flexibility are more challenging in solid wood buildings than in buildings constructed in more traditional materials such as steel and concrete. The lack of standardised methods for solid wood buildings makes it difficult to achieve the requirements for fire and sound. The examined story constructions had some similarities, but none were identical. The most common aspect of the constructions was a dropped ceiling consisting of sound resistant materials.

The results indicated that the design must be finished earlier and that the amount of collaboration is increased in this type of buildings. The late decision of choice of material was highlighted as a factor that made the design phase more difficult.

Innholdsfortegnelse

I.	Forord	I
II.	Sammendrag	III
III.	Abstract	V
IV.	Tabelliste	IX
V.	Figurliste	XI
VI.	Forkortelser	XIII
VII.	Definisjoner	XV
1	Innledning og problemstilling	1
1.1	Bakgrunn for oppgaven og hensikt	1
1.2	Problemstilling	2
1.3	Masteroppgavens struktur og avgrensninger	2
2	Teori	3
2.1	Skolebygg	3
2.1.1	Klasserom	5
2.1.2	Arealnormer	6
2.1.3	Kostnader	7
2.2	Krav	8
2.2.1	Arealkrav	8
2.2.2	Lyd	8
2.2.3	Brannsikkerhet	9
2.3	Materialer	10
2.3.1	Massivtreelementer	11
2.3.2	Limtreelementer	12
2.3.3	Samvirkekonstruksjon	13
2.4	Etasjeskiller	14
2.4.1	Oppbygning	14
2.5	Kontraktsmodeller	15
2.5.1	Totalentreprise	15
2.5.2	Delte entrepriser	15
2.5.3	Samspillsentreprise	16
3	Metode og gjennomføringsprosess	17
3.1	Valg av forskningsmetode	17
3.2	Utvalg	18
3.3	Litteraturstudie	19
3.4	Dokumentstudie	20

3.5	Intervju	22
3.5.1	Forberedelse av intervjuene.....	22
3.5.2	Gjennomføring av intervjuene.....	23
3.5.3	Bearbeiding av intervjuene.....	24
3.6	Reliabilitet, validitet og etiske betraktninger.....	25
3.6.1	Reliabilitet	25
3.6.2	Validitet.....	26
3.6.3	Etiske betraktninger.....	26
4	Resultater	27
4.1	Utvalgsbeskrivelse av massivtreskolene	27
4.1.1	Bjørkelangen skole – Bjørkelangen.....	28
4.1.2	Hoppern skole - Moss.....	29
4.1.3	Idd skole - Halden	30
4.1.4	Lade skole - Trondheim.....	31
4.1.5	Nardo skole - Trondheim.....	32
4.1.6	Romsdal videregående skole - Molde	33
4.1.7	Ulsmåg skole - Nesttun	34
4.1.8	Åsveien skole - Trondheim	35
4.2	Resultater fra dokumentstudiet av undervisningsarealer.....	36
4.2.1	Utforming av undervisningsarealene for de ulike skolene	37
4.2.2	Oversikt andel ulike typer av undervisningsareal.....	43
4.2.3	Klassestørrelser.....	44
4.2.4	Generelle læringsarealer pr. elev for grunnskolen.....	46
4.2.5	Etasjeskiller	47
4.2.6	Etasjehøyde	50
4.3	Intervjuer	51
4.3.1	Delspørsmål 1	51
4.3.2	Delspørsmål 2.....	52
5	Diskusjon.....	55
5.1	Datautvalg	55
5.2	Måleusikkerhet.....	55
5.3	Forskningsspørsmål 1	56
5.4	Forskningsspørsmål 2.....	59
6	Konklusjon.....	63
7	Videre arbeid	65
8	Litteraturhenvisninger.....	67

IV. Tabelliste

- Tabell 2.1 Kostnader for yttervegg i eksempelbygg. Tall hentet fra Norsk prisbok (Norsk Prisbok, 2018). Egen tilvirkning.
- Tabell 3.1 Sentrale søkeord. Egen tilvirkning.
- Tabell 3.2 Oversikt over mottatt dokumentasjon fra de ulike skolene. Egen tilvirkning.
- Tabell 4.1 Generell informasjon om Bjørkelangen skole. Egen tilvirkning
- Tabell 4.2 Generell informasjon om Hoppern skole. Egen tilvirkning.
- Tabell 4.3 Generell informasjon om Idd skole. Egen tilvirkning
- Tabell 4.4 Generell informasjon om Lade skole. Egen tilvirkning
- Tabell 4.5 Generell informasjon om Nardo skole. Egen tilvirkning
- Tabell 4.6 Generell informasjon om Romsdal videregående skole. Egen tilvirkning
- Tabell 4.7 Generell informasjon om Ulsmåg skole. Egen tilvirkning
- Tabell 4.8 Generell informasjon om Åsveien skole. Egen tilvirkning
- Tabell 4.9 Oversikt over hvor mange av de forskjellige typene undervisningsarealer de ulike skolene har. Egen tilvirkning
- Tabell 4.10 Oversikt over antall klasserom, grupperom og baser og deres gjennomsnitts- og totalarealer for de ulike skolene. Egen tilvirkning
- Tabell 4.11 Oversikt over de ulike skolenes etasjehøyder og høyde på etasjeskiller i massivtre. Spennviddene i bygget gir også høyden på alternativ etasjeskiller i stål og betong. Til slutt blir differansen mellom etasjeskiller og alternativ etasjeskiller oppgitt. Egen tilvirkning.
- Tabell 4.12 De ulike skolenes ekstra fasadehøyde på grunn av differansen på etasjeskiller, den totale omkretsen av undervisningsarealenes yttervegger og den tilhørende kostnaden for økt høyde på ytterveggen. Prisene er hentet fra Tabell 2.1. Egen tilvirkning.

V. Figurliste

- Figur 2.1 Illustrasjon av ulike typer klasserom. Fra venstre kvadratisk, vridd og tradisjonelt klasserom. Egen tilvirkning
- Figur 2.2 Oversikt over areal pr. elev for barneskoler, ungdomsskoler og kombinerte skoler. Tall hentet fra Figur 31 «Areal per elev og prosentvis fordeling i gjennomsnittsskolene» (Norsted, 2015, s. 29). Egen tilvirkning.
- Figur 2.3 Illustrasjon av kantstilte elementer. Egen tilvirkning
- Figur 2.4 Illustrasjon av flersjiktselementer. Egen tilvirkning
- Figur 2.5 Limtreelement. Egen tilvirkning
- Figur 2.6 Kanaldekke. Egen tilvirkning
- Figur 2.7 Ribbedekke. Egen tilvirkning
- Figur 4.1 Massivtreskoler i Norge og deres plassering. De blå tallene representerer skoler som er benyttet i masteroppgaven og de røde tallene representerer de skolene som ikke er benyttet (Blad, 2011).
- Figur 4.2 Illustrasjonsbilde av Bjørkelangen skole (HRTB Arkitekter, u.å.).
- Figur 4.3 Illustrasjonsbilde av Hoppern skole i Moss (Jansen Arkitekter, 2016).
- Figur 4.4 Illustrasjonsbilde av Idd skole i Halden (SG Arkitekter, 2016).
- Figur 4.5 Illustrasjonsbilde av Lade skole i Trondheim (Eggen Arkitekter, u.å.-b).
- Figur 4.6 Illustrasjonsbilde av Nardo skole i Trondheim (Eggen Arkitekter, u.å.-b).
- Figur 4.7 Illustrasjonsbilde av Romsdal videregående skole i Molde (HUS Arkitekter AS, 2013).
- Figur 4.8 Illustrasjonsbilde av Ulsmåg skole på Nesttun (Ola Roald AS, u.å.).
- Figur 4.9 Illustrasjonsbilde av Åsveien skole i Trondheim (Løvetanna Landskap AS, u.å.).
- Figur 4.10 Markert planløsning for en undervisningsdel i Bjørkelangen skole
- Figur 4.11 Markert plantegning for Hoppern skole (Jansen Arkitekter, 2016).
- Figur 4.12 Markert planløsning av undervisningsarealene i 3. etasje i lade skole
- Figur 4.13 Markert planløsning av undervisningsarealene i 1. og 2. etasje av lade skole
- Figur 4.14 Markert planløsning for 1 og 2 etasje for Nardo skole
- Figur 4.15 Markert planløsning for 1 etasje for Nardo skole
- Figur 4.16 Markert planløsning for Ulsmåg skole
- Figur 4.17 Markert planløsning for 4. etasje for Åsveien skole

- Figur 4.18 Markert planløsning for 2. og 3. etasje for Åsveien skole
- Figur 4.19 Oversikt over den totale prosentfordelingen av de ulike typene undervisningsarealer. Egen tilvirkning
- Figur 4.20 Oversikt over klassestørrelsen for de ulike skolene. Egen tilvirkning.
- Figur 4.21 Viser sammenhengen mellom klassestørrelser og skolestørrelser. De største skolene har færrest elever i hver klasse. Egen tilvirkning.
- Figur 4.22 Oversikt over antall kvadratmeter generelle læringsarealer pr. elev for de enkelte skolene. De ulike fargene i stolpediagrammet kobler sammen barneskolene, ungdomsskolene, kombinert skolene og den videregående skolen. Grønt er barneskoler, oransje er kombinerte skoler og gult er ungdomsskoler. Egen tilvirkning.
- Figur 4.23 Detaljtegning for etasjeskiller i undervisningsarealet til Bjørkelangen skole. Egen tilvirkning.
- Figur 4.24 Detaljtegning for etasjeskiller i undervisningsarealet til Hoppern skole. Egen tilvirkning.
- Figur 4.25 Detaljtegning for etasjeskiller i undervisningsarealet til Lade skole. Egen tilvirkning.
- Figur 4.26 Detaljtegning for etasjeskiller i undervisningsarealet til Nardo skole. Egen tilvirkning.
- Figur 4.27 Detaljtegning for etasjeskiller i undervisningsarealet til Romsdal videregående skole. Egen tilvirkning.
- Figur 4.28 Detaljtegning for etasjeskiller i undervisningsarealet til Åsveien skole. Egen tilvirkning.
- Figur 4.29 Oversikt over antall informanter som nevnte de ulike temaene som svar på delspørsmål 1. Egen tilvirkning.
- Figur 5.1 Generelle læringsarealer pr. elev. Sammenligning av målte verdier og verdier fra arealnormer (Norsted, 2015, s. 29) Egen tilvirkning.
- Figur 5.2 Oversikt over høyden til etasjeskillerene for de ulike skolene. Den oransje linjen representerer gjennomsnittlig høyde for alle etasjeskillerene. Egen tilvirkning.
- Figur 5.3 Illustrasjon av spennvidden til de ulike etasjeskillerene for de ulike skolene. Den oransje linjen viser gjennomsnittlig spennvidde for de forskjellige skolene. Egen tilvirkning.

VI. Forkortelser

En liste over forkortelser som er benyttet i oppgaven og deres betydning.

Forkortelser	Definisjon
BREEAM	Building Research Establishment Environment Assessment Method
BIM	Building information model
BKS	Byggforskserien
VGS	Videregående skole
SFO	Skolefritidsordning
BRA	Bruksareal
BTA	Bruttoareal
Pbl.	Plan- og bygningsloven

VII. Definisjoner

Her er en oversikt over betydningen av visse begrep og deres definisjon listet opp. Dette er gjort for å gjøre begrepets betydning i denne oppgaven klar og på den måten forhindre eventuelle misforståelser.

Begrep	Definisjon
BREEAM-NOR	En norsk tilpasning av miljøsertifiseringsverktøy for bygninger (ngbc.no, u.å.)
Byggherre	Pbl. § 23-2 «... en person eller foretak tiltaket utføres på vegne av»
Klasserom	Et rom der den primære undervisningen foregår
Etterklangstid	«den tid det tar for lydtrykket å avta 60 dB etter at lydkilden er stoppet» (Standard Norge, 2012, side 6)
Trinnlydisolasjon	«en konstruksjons evne til å isolere mot lyd fra fottrinn, dunking o.l. i bygninger» (Standard Norge, 2012, side 7)
Universell utforming	«utforming av produkter og omgivelser på en slik måte at de kan brukes av alle mennesker i så stor utstrekning si mulig, uten behov for tilpasning eller spesiell utforming.» (Standard Norge, 2012, side 7)
Hygroskopiske egenskaper	«et stoffs egenskaper til å ta opp fuktighet fra luft» (Pedersen, 2018)
Hulldekke	Betongelement med gjennomgående, runde kanaler i midtsjiktet langs med spennretningen. Elementene kan være forspente og slakkarmerte (Store Norske Leksikon, 2009)
Avrettingsmasse	«Materiale som brukes til å rette opp og jevne ut betonggulv» (Thue, 2009)
Strøkkarakter	Detaljer i et strøk/nabolag som skaper en helhetlig følelse.

1 Innledning og problemstilling

1.1 Bakgrunn for oppgaven og hensikt

I «Parisavtalen» forplikter Norge og 194 andre stater seg til å gjennomføre utslippskutt og Norge har i den forbindelse satt seg sine egne klimamål (Jakobsen, 2017). En måte å nå disse klimamålene på er blant annet å redusere utslipp fra byggebransjen og å øke karbonlagringen i treverk.

På dette området har staten og kommunene vært langt fremme med prosjekter som Trebyen Trondheim, kampanjer som Ordførere for tre og tilskuddsordninger til innovativ bruk av tre (byggmedtre, u.å.; Innovasjon Norge, u.å.; TreSenteret, u.å.). Det har de siste årene vært en økning i bruk av treverk som byggemateriale og Norges skogeierforbund fastslår at

«volumet av trekonstruksjoner i Norge har doblet seg hvert år siden 2010, og forståelsen for trekonstruksjoner øker i takt med dette.» (Alsén, 2018, s. 28).

Tradisjonelt sett har bygg i massivtre hatt kortere spennvidder, men på grunn av økt forståelse for trekonstruksjoner og nye metoder blir nå større bygg oppført i massivtre. Det har de siste årene blitt bygget flere større bygg i massivtre slik som omsorgsbygg, skoler og barnehager (Alsén, 2018, s. 28).

Skoler har en litt spesiell utforming og det er derfor ønskelig i denne masteroppgaven å kartlegge hvilke løsninger som er benyttet i ulike massivtreskoler. Det er også interessant å se om utviklingen har kommet så langt at det finnes standardiserte løsninger for skolebygg i massivtre slik det gjør for stål og betong. Oppgaven vil også ha fokus på hvordan planleggingsprosessen bak massivtreskolene har vært og hvilke muligheter og begrensninger massivtre gir.

1.2 Problemstilling

Denne masteroppgaven omhandler skoler bygget i massivtre og har problemstillingen:

Hvordan har bruken av massivtre i skolebygg påvirket prosjekteringen og utformingen av undervisningsarealene i bygget?

Problemstillingen vil bli forsøkt besvart ved hjelp av følgende forskningsspørsmål:

- 1. Hvilke etasjeskillere blir valgt i massivtreskoler og hvilke følger har valget på utformingen av de generelle læringsarealene?*
- 2. Hvordan har prosjekteringsprosessen vært for skolebygg i massivtre og hvilke fordeler og ulemper ga massivtre?*

1.3 Masteroppgavens struktur og avgrensninger

Denne masteroppgaven vil først presentere relevant teori og beskrive hvilke metoder som er benyttet. Deretter vil resultatene bli presentert og diskutert. Til slutt vil konklusjonen bli presentert og videre arbeid vil bli anbefalt.

En nødvendig avgrensning i denne oppgaven har vært å kun fokusere på vanlige undervisningsarealer slik som klasserom, baser og grupperom. Denne avgrensningen ble gjort for å få et likere sammenligningsgrunnlag for de ulike prosjektene. Rom som skolekjøkken, labber, datarom og lignende inngår derfor ikke i begrepet undervisningsarealer i denne oppgaven.

2 Teori

Dette kapittelet tar for seg teori som er relevant for å kunne svare på problemstillingen. Først presenteres generell informasjon om skolebygg og tilhørende tekniske krav. Deretter vil det gjøres rede for materialer og etasjeskillerkonstruksjoner som er relevant for denne oppgaven. Til slutt vil ulike kontraktsmodeller bli beskrevet kortfattet.

2.1 Skolebygg

Det finnes tre hovedgrupperinger for skoler i Norge. Disse er som følger: barneskole (1-7 trinn), ungdomsskole (8-10 trinn) og videregående skole. De to første typene, som ofte refereres til som «grunnskolen», kan kombineres til en felles 1-10 trinns skole (heretter kalt en «kombinert skole»). Opplæringsloven av 1998 fastsetter ansvaret for utdannelsen i den offentlige grunnskolen og i den offentlige videregående skolen til henholdsvis kommunene og fylkeskommunene, jf. opplæringsloven 1998 §§ 2-1 og 3-1. For denne oppgaven vil det si at det er kommunene som er byggherre ved bygging av grunnskole og fylkeskommunen ved bygging av videregående skole.

Selve utformingen av skolebygg har forandret seg gjennom årene fra å ha en standardisert løsning for alle bygg til å ha større variasjon i utformingen av skolene (Buvik, 2009a, s. 1). Denne forandringen har foregått over tid og har vært påvirket fra flere hold blant annet utviklingen av filosofien rundt utdanning.

I Norge er det utdanningsdirektoratet som har ansvaret for selve utviklingen av opplæringen og de formidler denne utviklingen via skolereformer (Utdanningsdirektoratet, u.å.). Kunnskapsløftet er den gjeldende skolereformen i Norge og endringene som følge av denne er spesifisert i læreplanverket. En av endringene i denne nye reformen er fokuset på tilpasset opplæring (Utdannings- og forskningsdepartementet, 2015, s. 3). Denne differensieringen i opplæringen vil ifølge BKS sitt datablad 342.205 bety at skolene nå bør kunne tilby flere aktivitetsmuligheter samtidig (Buvik, 2009b, s. 2). Nye skolereformer og de behovene disse skaper for bruken av klasserom, grupperom og lignende setter dermed et økt krav til en fleksibel planløsning i skolebygg. Betydningen av fleksibilitet i utformingen er behandlet i Arge & Landstad (2002, s. 18) der de uttaler følgende:

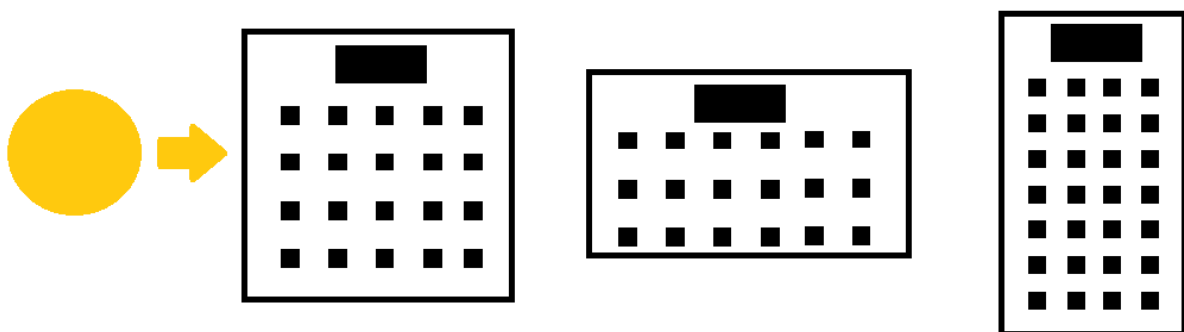
«Med fleksibilitet menes evnen som en bygning har til å møte vekslende funksjonelle krav gjennom å forandre egenskaper, dvs. mulighetene for å foreta bygningsmessige og tekniske endringer i bygningen med minimale kostnader og forstyrrelser for den løpende drift.»

En annen måte å si dette på er at fleksibilitet er et byggs evne til å bli bygd om til noe annet.

Andre faktorer som har påvirket utformingen av skolebygg er universell utforming, økt befolkningstetthet og mindre plass. Det er også ofte slik at nye skoler bygges på samme sted som den tidligere skolen sto. Den samme plasseringen av skolebygg setter begrensninger både i form av å beholde strøkkarakteren i nabolaget og størrelsen på skoletomten.

2.1.1 Klasserom

Klasserom er kjent for å ha en standardisert form med vinduer på venstre side og rekker med pulter. Foran pultene er tavlen plassert og det er i hovedsak her lærerens undervisning foregår. Det finnes ulike versjoner av dette klasserommet med navn kvadratisk, vridd og tradisjonelt klasserom (Houck, 2012, s. 36). Disse rommene har vinduene på venstre side, men med ulikt oppsett for pultene slik vist i Figur 2.1. I en undersøkelse utført i 2012, som sammenlignet 44 konkurranseforslag for 10 ulike skolekonkurranser viste resultatene: «At det i all hovedsak tegnes «vridde» klasserom» (Houck, 2012, s. 12).



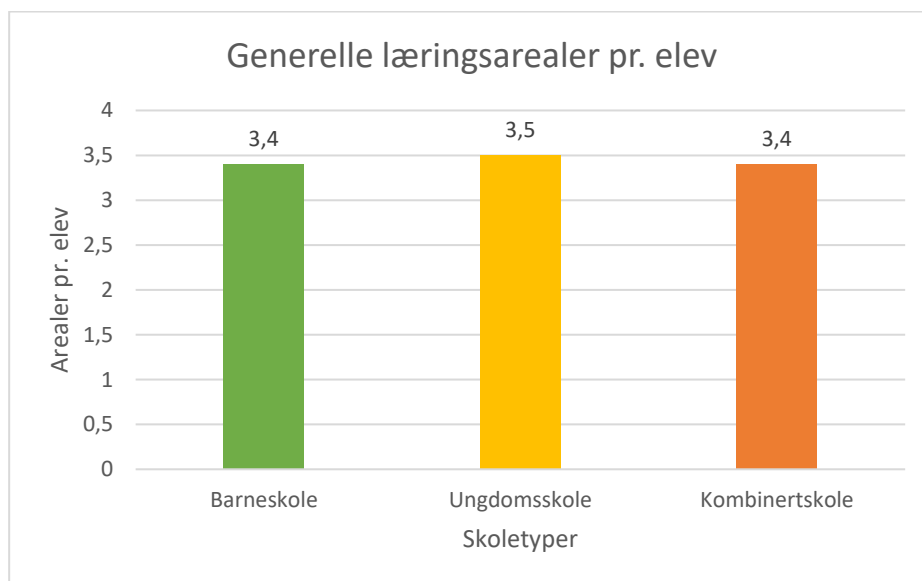
Figur 2.1 Illustrasjon av ulike typer klasserom. Fra venstre kvadratisk, vridd og tradisjonelt klasserom. Egen tilvirkning

Det tradisjonelle kvadratiske klasserom har et gulvareal på rundt 60 m² (Brantenberg, 1980, s. 6). Bredden og lengden til rommet vil kunne påvirke hvor godt elevene ser læreren og omvendt, samt hvor godt lyden bærer i rommet. Hvordan lyset distribueres i rommet er også påvirket av forholdet mellom rommets bredde, dybde og antall vinduer og deres plassering.

I tillegg til tradisjonelle skoler som primært består av klasserom finnes det også baseskoler. Baseskoler er skolebygg som er delt inn i forskjellige baser, ofte en base til hvert trinn. Planløsningen til slike baser består av et større hovedrom som er beregnet til 60-100 elever og tilhørende grupperom i ulike størrelser (Jerkø & Homb, 2009, s. 3).

2.1.2 Arealnormer

I 2015 bestilte Utdanningsdirektoratet en rapport fra Norconsult med temaet «*Arealnormer for grunnskolen*». Rapporten inneholder tall på arealer i barneskoler, ungdomsskoler og kombinerte skoler i fem forskjellige kommuner. Rapportens tall for antall elever pr. areal gjelder for antall elever som skal oppholde seg i rommet, og ikke nødvendigvis for hvor mange elever skolen har totalt. Rapporten deler inn rommene i skolen i forskjellige arealkategorier og kategorien «Generelle læringsarealer» består av grupperom, klasserom og baser (Norsted, 2015, s. 8). Rapporten viser at den gjennomsnittlige barne-, ungdoms- og kombinert skolen setter av henholdsvis 45,5 %, 43,4 % og 47,8 % av sitt totale areal til generelle læringsarealer (Norsted, 2015, s. 24-27). Figur 2.2 viser hvor mange kvadratmeter generelle læringsarealer gjennomsnittsskolene har pr. elev.



Figur 2.2 Oversikt over areal pr. elev for barneskoler, ungdomsskoler og kombinerte skoler. Tall hentet fra Figur 31 «Areal per elev og prosentvis fordeling i gjennomsnittsskolene» (Norsted, 2015, s. 29). Egen tilvirkning.

2.1.3 Kostnader

Norsk prisbok er en prisdatabase som blant annet inneholder kostnader i byggeprosjekter. Tabell 2.1 inneholder priser hentet fra Norsk prisbok for yttervegg for bygningstypene barneskole, ungdomsskole og videregående skole. I de tilfellene der Norsk prisbok hadde flere eksempelbygg blir gjennomsnittet av de beregnet og benyttet. Et gjennomsnitt av prisen for barneskole og ungdomsskole ble benyttet for kombinerte skoler. Prisene i Tabell 2.1 er pr. kvadratmeter yttervegg (Norsk Prisbok, 2018).

Tabell 2.1 Kostnader for yttervegg i eksempelbygg. Tall hentet fra Norsk prisbok (Norsk Prisbok, 2018). Egen tilvirkning.

Pris i kroner pr. m ² yttervegg				
Eksempelbygg	Barneskole	Ungdomsskole	Kombinert skole	Videregående skole
1 etasje	2 008,00			
1 etasje passivhus	2 295,00			
3 etasjer	2 051,00			
3 etasjer passivhus	2 284,00			
2 etasjer		1 983,00		
2 etasjer passivhus		2 170,00		
4 etasjer kompakt		2 230,00		
4 etasjer kompakt passivhus		2 422,00		
Gjennomsnitt	2 029,50	2 106,50	2068,00	
Gjennomsnitt passivhus	2 289,50	2 296,00	2292,75	
VGS allmenn				1 940,00

2.2 Krav

Ved prosjektering av skolebygg må *Byggteknisk forskrift (TEK17)* og *Forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skoler m.v.* følges. I tillegg må kravene i Opplæringsloven (1998) og Arbeidsmiljøloven (2005) følges. Dette delkapittelet vil belyse arealnormer og kravene rundt lyd og brannsikkerhet for skolebygg.

2.2.1 Arealkrav

Per i dag er det ingen statlige arealkrav for skoler og det er kommunenes ansvar å sette arealkrav til skolene i sin kommune. Selv om det er kommunenes ansvar å fastsette arealnormer, må arealene i skolen være i samsvar med lover og forskrifter. I veiledningen til forskrift om miljørettet helsevern står det at arealet til klasserom/hovedrom skal ligge mellom 2 og 2,5 m² pr. elev. Arealet på 2 m² pr. elev gjelder hvis klasserommet har tilleggsarealer i nærheten av klasserommet, med tilleggsarealer menes her grupperom og formidlingsrom. Hvis klassen ikke disponerer tilleggsrom burde kvadratmeter pr. elev ligge opp mot 2,5 m² pr. elev (Helsedirektoratet, 2014, s. 18-19; Norsted, 2015, s. 5-6).

2.2.2 Lyd

Lydkrav for skoler omtales i både i byggteknisk forskrift (TEK17) og i forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skoler.

Forskriften for miljørettet helsevern i barnehager og skoler § 21 uttrykker at «*Virksomhetens lokaler og uteområder skal ha tilfredsstillende lydforhold.*» (Helsedirektoratet, 2014, s. 38).

Veiledningen til TEK17 fokuserer på at lydforhold og vibrasjonsforhold skal være tilfredsstillende for personene som oppholder seg i rommet og at publikumsbygg skal være utstyrt med lyd- og taleoverføringsutstyr. Forskriften har også fokus på universell utforming og tilrettelegging for at alle skal ha gode lydforhold (Direktoratet for byggkvalitet, 2017, s. 309-310).

Begge veiledningene refererer til *NS 8175:2012 Lydforhold i bygninger* for spesifisering av lydkravene. Standarden brukes til å stille krav til lydforhold eller til å klassifisere lydforholdene i et bygg. Standarden definerer fire lydklasser A, B, C og D. Lydklasse A har «svært gode

lydforhold» og brukerne blir sjeldent plaget av lyd og støy. Lydklasse D er på andre siden av skalaen med lydforhold, hvor en stor andel blir forstyrret av lyd og støy. Kapittel 7 i standarden tar for seg skoler og andre bygninger til undervisningsformål. Kravene er til for å sikre at elevene forstår hva læreren sier og omvendt, og for å unngå støy i undervisningsarealene. Standarden setter krav til luftlydisolasjon, trinnlydisolasjon, romakustikk og lydnivå fra tekniske installasjoner. Standarden setter også krav til innendørs lydnivå fra lydkilder utenfor og for lydnivå ute (Standard Norge, 2012, s. 16-21).

2.2.3 Brannsikkerhet

Av sikkerhetsmessige årsaker blir bygg delt inn i risikoklasser og brannklasser som avgjør hvilke brannkrav som stilles til bygget. Skolebygg er for eksempel i risikoklasse 3 og i forskjellige brannklasser avhengig av hvor mange etasjer bygget har. Brannklasser sier noe om kravet til brannmotstand for de ulike konstruksjonsdelene, mens risikoklasse sier noe om menneskene som bruker bygget. Et bygg hvor brukerne ikke er kjent i bygget eller et bygg hvor mennesker sover vil ha høyere risikoklasse enn bygg hvor dette ikke er tilfellet. NS-EN 13501-2 karakteriserer brannmotstanden ved symbolene R E I M.

- R – Bæreevne ved brann
- E – Integritet, evnen til at brann ikke sprer seg fra den ene siden av elementet til den andre via flammer og/eller varme gasser
- I – Isolasjon, evnen til at brann ikke sprer seg fra den ene siden av elementet til den andre via varmeledning
- M – Mekanisk motstandsevne, evne til å tåle påkjenning ved sammenstyrtning av tilstøtende bygningsdeler.

De ulike bokstavene har et tall bak seg som forteller i hvor mange minutter bygningsdelen skal oppfylle kravet. For eksempel vil et skolebygg på mellom 3 og 4 etasjer være i brannklasse 2 og de bærende bygningsdelene har derfor R60 som krav. Dette betyr at byggets bæring skal holde i 60 minutter (Homb, 2009, s. 2; Krohn, 2017, s. 5).

Treverk er som kjent et brennbart materiale og oppfører seg annerledes under brann enn stål og betong. Veiledningen til teknisk forskrift fastslår krav om ikke brennbare materialer i bærende hovedsystem for skoler. Det må derfor ved bruk av massivtre i bygninger utføres en analytisk prosjektering. Dette vil si å utføre analyser og selv dokumentere at forskriftenes krav er oppfylt (Direktoratet for byggkvalitet, 2017, s. 130 og 149).

2.3 Materialer

I dag består bygg hovedsak av betong, stål og treverk. Disse materialtypene har ulike egenskaper og ulikt CO₂-avtrykk, men kan til en viss grad brukes til samme formål. I dette delkapittelet vil først betong, stål og treverk bli beskrevet. Deretter vil ulike typer trematerialer bli beskrevet grundigere.

Kort fortalt består betong av: vann, sement, tilslag og eventuelle tilsetningsstoffer.

Betong gir bygninger tyngde og har god motstand mot trykkbelastninger, men ikke strekkbelastninger. Betong kan være bestilte prefabrikkerte elementer eller elementer som plasstøpes i forskalingsformer direkte på byggeplassen.

Stål er et materiale som er svært sterkt i forhold til vekten sin. Stålbjelker og -søylor kan derfor ha lite tverrsnittsareal og samtidig høy kapasitet. Stål blir også brukt som armering i betongelementer for å øke elementets kapasitet mot strekkpåkjenninger.

Treverk skiller seg fra stål og betong ved at det er et heterogent materiale med hygroskopiske egenskaper. Anatomien til treverk gjør at det har ulik kapasitet på langs og på tvers av fiberretningen. Fibrenes evne til å suge opp og holde på vann gjør at volumet og vekten til treverket kan endres ved endringer i omgivelsenes temperatur og luftfuktighet. Endring av treets volum kalles svelling og krymping og er en av grunnene til knakelyder som oppstår i trebygninger ved temperaturforandringer. Treverket vil på grunn av sin oppbygning krympe og svulle ulikt i tangentiell-, radiell- og lengderetning. Oppsamlingen av vann kan også føre til muggdannelser og råte (Kristensen, 2001, s. 2). Treverk sine hygroskopiske egenskaper kan også ha en positiv effekt og disse blir av Tycho beskrevet på følgende måte

«tre skaper et godt inneklima fordi ubehandlede treoverflater justerer fuktbalansen i innemiljøet naturlig gjennom det man kaller hygroskopisk effekt» (Alsén, 2018, s. 29).

Fuktnivå samt ujevnheter som kvist gjør at treverkets styrke varierer i større grad enn hos homogene materialer (Kristensen, 2001, s. 2). Hovedfordelene med treverk som byggemateriale er klimaaspektet, vekten og at det bidrar til effektiv bygging (Homb, 2009, s. 1). Andre positive aspekter ved treverk er:

«at bygninger med eksponerte overflater av tre og andre naturmaterialer, kan bidra til lavere sykefravær og lavere stressnivå, færre forkjølelser, raskere tilbake fra sykdom og bedre konsentrasjon» (Alsén, 2018, s. 29).

Treverk er som kjent et brennbart materiale og brannmotstandsevnen avhenger blant annet av størrelsen på elementet. Ved en brann vil resttverrsnittet, som er igjen etter at overflatene har forkullet, fremdeles ha bæreevne. Jo større tverrsnitt før brannen jo større resttverrsnitt og dermed større bæreevne etter brannen (Homb, 2009, s. 3).

Bruken av massive treelementer til bygningsformål er vanlig i land som Østerrike, Sveits, Sverige og Tyskland. Etter forskriftsendringen i 1997, som igjen tillot å bygge fleretasjes trehus, har det også i Norge blitt vanligere å bygge større bygg i treverk (Kristensen, 2001, s. 1). Eksempler på dette er økningen av offentlige prosjekter som skoler, barnehager og omsorgsbygg som blir oppført med høy andel av tre (Alsén, 2018, s. 28).

2.3.1 Massivtreelementer

Massivtre er en fellesbetegnelse på planker og lameller som lagvis er festet sammen til ett element. Disse lagene settes sammen ved hjelp av lim, dybler, spiker eller lignende. Det er i hovedsak to ulike måter å sette sammen massivtreelementer på og disse kalles kantstilte elementer og flersjiktselementer. Disse metode er som vist i Figur 2.3 og Figur 2.4 henholdsvis å sette lamellene/bordene på høykant og feste de sammen eller krysslegging av sjiktene. Treverk er mye sterkere i fiberretningen enn på tvers av fiberretningen, derfor blir lagene i elementet plassert vinkelrett på hverandre. Denne kryssmåten er ofte kalt *Cross-Laminated Timber (CLT)* eller krysslimt tre (kl-tre) og gir elementet lik styrke i begge retninger. Lamellene kan både ha åpne buttskjøter og fingerskjøter. Kl-tre har ofte tre, syv eller ni lag med treverk og det er vanlig at de ytterste lagene har høyere fasthet enn de innerst (Edwardsen & Ramstad, 2014, s. 99; Kristensen, 2001, s. 2-5; Norsk Treteknisk Institutt, 2009, s. 249).



Figur 2.3 Illustrasjon av kantstilte elementer. Egen tilvirkning



Figur 2.4 Illustrasjon av flersjiktselementer. Egen tilvirkning

Spennvidden til massivtreelementer avhenger av festemåten og antall lameller. I følge Norsk Treteknisk Institutt (2009, s. 251) vil et limt massivtreelement med tykkelsen 240 mm klare et fritt spenn på 7-7,5 meter. Massivtre kan takle lenger spenn enn 7,5 meter, men da må de kombineres med andre materialer som betong og limtre. Dette er nærmere beskrevet i delkapittel 2.3.3.

Massivtreelementer kan skreddersys og prosjekteres for hvert enkelt byggeprosjekt. Dette betyr at når elementene ankommer byggeplassen blir de satt sammen som et puslespill. Elementene vil da allerede ha utsparinger til dører, vinduer, tekniske føringer osv. De ferdige elementene er som nevnt skreddersydd til det spesifikke prosjektet og derfor vanskeligere å gjøre endringer på underveis i byggingen. Slike endringer må kalkuleres for å kontrollere hvordan det påvirker kapasiteten til elementet.

2.3.2 Limtreelementer

Limtre består i likhet med massivtreelementer av flere lameller som er satt sammen til ett element. Ved produksjon av limtreelementer blir lamellene limt og presset sammen ved hjelp av hydrauliske presser. Elementene blir satt sammen på lik måte som kantstilte elementer med lim på den bredeste delen av lamellen (Edvardsen & Ramstad, 2014, s. 97). Limtreelementer har høy styrke og er svært formbare. Dette gjør at det er mulig å produsere limtreelementer med spennvidder opp mot 160 meter. Elementene kan på grunn av sin gode formbarhet både produseres til å være rette elementer samt krumme elementer med ulikt tverrsnitt (Bell et al., 2015, s. 2-4). Fordelene med limtreelementer er i tillegg til sitt gode styrke-vekt forhold at det ikke forandrer fasong like lett som andre konstruksjonsvirker (Edvardsen & Ramstad, 2014, s. 97).

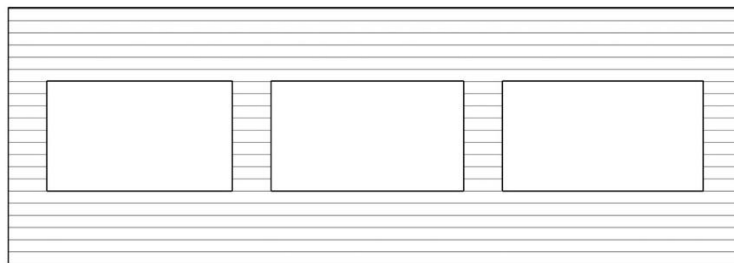


Figur 2.5 Limtreelement. Egen tilvirkning

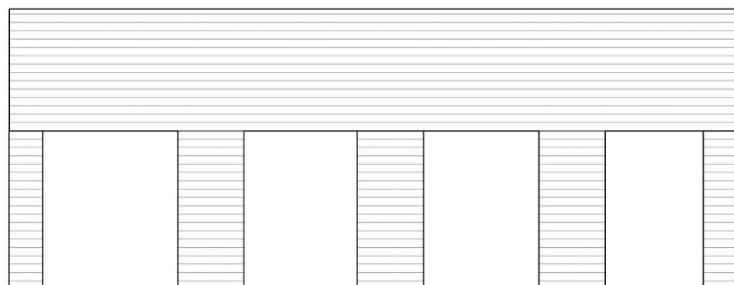
2.3.3 Samvirkekonstruksjon

En samvirkekonstruksjon er en konstruksjon som er satt sammen av flere typer elementer, for eksempel stål og betong eller tre og betong. Hensikten med å sette sammen ulike materialer til ett element er å utnytte materialenes egenskaper på en best mulig måte. For eksempel vil en kombinasjon av tre og betong gi et mindre og stivere element enn ett element i tre og et lettere element enn ett element i betong.

Det er også mulig å kombinere massivtreelementer med limtrebjelker. Limtrebjelkene ligger da under massivtredekket og hjelper til med å stive av elementet. Disse elementene kan kombineres i for eksempel et ribbedekke eller et kanaldekke slik Figur 2.6 og Figur 2.7 viser (Homb, 2009, s. 4; Norsk Treteknisk Institutt, 2009, s. 251).



Figur 2.6 Kanaldekke. Egen tilvirkning



Figur 2.7 Ribbedekke. Egen tilvirkning

En samvirkekonstruksjon vil også kunne bedre materialets evne til å overføre lyd. Store, tyngre elementer gir bedre lydisolasjon enn lette elementer i treverk. En mulighet for å øke tyngden og dermed trinnlydisolasjonen er å benytte større tverrsnitt av tre eller benytte andre materialer i tillegg til massivtre. Betonglaget vil være med på å øke tyngden til elementet og gjøre det stivere (Edvardsen & Ramstad, 2014, s. 242; Homb, 2009, s. 4).

2.4 Etasjeskiller

En etasjeskiller er som ordet tilsier noe som skiller ulike etasjer. To viktige aspekter ved en etasjeskiller er hvor godt den overfører lyd og hvor lett brann sprer seg gjennom den. Det stilles i tillegg krav til nedbøyning, vibrasjoner og kuldebroverdi. Etasjeskillerkonstruksjoner i massivtre kan bygges opp av kun massivtre, eller i en kombinasjon med andre elementer (Homb, 2009, s. 4).

I Byggforsk (Homb, 2009, s. 4) sitt datablad på etasjeskillere i massivtre nevnes det flere ganger at det «foreligger få erfaringer», at «hvis man ønsker å benytte slike løsninger er det viktig å be produsentene om dokumentasjon» og at «ved slike bruksituasjoner må elementene dimensjoneres spesielt». Dette viser den begrensede tilgjengelige informasjonen om massivtre og at det pr. nå ikke finnes preaksepterte løsninger for massivtre.

2.4.1 Oppbygning

En måte å bygge opp en etasjeskiller på er å dekke et basisdekke med et overgulv og ha en himling på undersiden. Dette basisdekket kan for eksempel være et bjelkelag, et massivtredekke, betong hulldekke, et kanaldekke eller et ribbedekke. Basisdekket velges på bakgrunn av blant annet hvilke brann- og lydkrav bygget må oppfylle og hvilke spenn etasjeskillerene skal ha (Solem, 2018). For å oppfylle brann- og lydkrav må ofte en av sidene til etasjeskilleren kles inn (Kristensen, 2001, s. 5). Installasjoner i form av ledninger og rør kan legges på toppen av elementet og skjules med et overgulv, eller legges under elementet og skjules av en nedfelt himling. Det er også mulig å føre installasjoner gjennom hulrommene i ribbedekket og kanaldekket (Kristensen, 2001, s. 7; Solem, 2018).

I skolebygg er hulldekker et anvendt dekkeelement. Forspente hulldekker er prefabrikkerte elementer som gir høy brannsikkerhet og grad av lydisolasjon. Elementene dimensjoneres for hvert prosjekt og kan tilpasses til å inneholde utsparinger og innstøpninger. De gjennomgående hullene i dekket reduserer vekten til elementet med 55-60 % sammenlignet med kompakte betongdekker. Disse kanalene kan brukes til føringer av ledninger og andre rør (Contiga, u.å.; Krohn, 1996, s. 1). Figur 12 i byggforskblad 522.881 illustrerer sammenhengen mellom karakteristisk nyttelast, dekketykkelse og spennvidde. For eksempel vil et dekke på 200 mm med en last på 5 kN/m² ha en spennvidde på 9 meter (Krohn, 1996, s. 2). Standardtykkelsen for hulldekker er 200 mm, 265 mm, 320 mm, 400 mm og 500 mm og har en bredde på 1200 mm.

2.5 Kontraktsmodeller

Ved byggeprosjekter etableres det kontrakter mellom de som ønsker et arbeid utført og de som utfører arbeidet. Det finnes ulike typer kontrakter og de er i hovedsak forskjellige med hensyn på fordeling av ansvar og risiko. Kontraktsmodellen til et prosjekt – som også omtales som «entrepriseform» - forteller oss hvem som inngår avtaler, hvordan prosjektet blir organisert og hvordan ansvarsfordelingen er (Lædre, 2009, s. 71-78). Tradisjonelt har de ulike entrepriseformene blitt delt inn i utførelsesentreprise og totalentreprise (Direktoratet for byggkvalitet, u.å.). Forskjellen i entrepriseformer er hvorvidt byggherren er den som styrer, eller om det er entreprenøren som har fått tildelt dette ansvaret. I nyere tid er også ulike samarbeidsmodeller blitt benyttet, eksempler på disse er samspillsentreprise og Offentlig-privat samarbeid (OPS) (Direktoratet for byggkvalitet, u.å.). OPS prosjekter er prosjekter hvor leverandøren får betalt av byggherren i driftsfasen. Leverandøren står her for finansieringen, prosjekteringen, byggingen og driften av bygget (Lædre, 2009, s. 93).

Under vil de entrepriseformene som er relevant for denne oppgaven bli presentert i korthet.

2.5.1 Totalentreprise

Byggherren har kontrakt med en prosjekterende som igjen har kontrakter med underentreprenører. Det er totalentreprenøren som har ansvaret for prosjekteringen. En slik entrepriser overfører mye av risikoen til totalentreprenøren og krever mindre kapasitet fra byggherrens side. Entreprenørens ønske om gevinst kan i denne entrepriseformen føre til valg av billigere løsninger, men dette kan reguleres ved lengre garantitider, ansvar for vedlikeholdskostnader og lignende (Lædre, 2009, s. 74-76).

2.5.2 Delte entrepriser

Byggherren har ansvaret for prosjekteringsarbeidet og har kontrakter med flere sidestilte entreprenører. Disse entreprenørene utfører forskjellige deler av arbeidet (Direktoratet for byggkvalitet, u.å.).

2.5.3 Samspillsentreprise

Entreprenørforeningen(2016, s. 4) definerer samspillsentreprise på følgende måte:

«Samspillsentreprise er en samarbeidsform i et bygge- eller anleggsprosjekt som kjennetegnes ved tidlig involvering av partene, dialog, tillit og åpenhet. Prosjektet gjennomføres under felles målsettinger og felles økonomiske interesser.»

Samarbeidet kan foregå mellom byggherre, entreprenør, arkitekt og rådgivere og med involvering fra tekniske sideentreprenører og eventuelle underentreprenører. En slik entreprisform har høyere grad av samarbeid enn andre entrepriser og tanken er at den vil gi større muligheter for besparelser, verdiskapning og optimalisering (Entreprenørforeningen-Bygg og Anlegg (EBA), 2016, s. 4 og 6).

3 Metode og gjennomføringsprosess

De benyttede metodene i denne masteroppgaven er litteraturstudie, dokumentanalyse og intervjuer. Dette kapitlet vil presentere valgene som ble tatt rundt metodevalg og beskrive hvordan de ulike metodene ble utført. Først vil valg av forskningsmetode og hvordan utvalget ble utført bli begrunnet. Deretter vil metodeteori for litteraturstudie, dokumentstudie og intervjumetode bli presentert. Til slutt vil forskningens validitet og reliabilitet bli kommentert.

3.1 Valg av forskningsmetode

Dalland (2017, s. 51) beskriver valg av forskningsmetode på følgende måte

«Begrunnelsen for å velge én bestemt metode er at vi mener at akkurat den metoden egner seg best til å belyse det spørsmålet eller problemstillingen vi har stilt på en best mulig måte.»

Med dette mener han at en metode som fungerer godt til ett prosjekt ikke nødvendigvis vil fungere like godt til et annet prosjekt. Det er derfor viktig å velge forskningsmetoder som er tilpasset hvert enkelt forskningsprosjekt med tanke på blant annet tidsperspektivet og tilgjengelige ressurser.

Det er to hovedgrupperinger av forskningsmetoder: Kvalitative og kvantitative forskningsmetoder. Tjora (2017, s. 24) beskriver kvalitativ og kvantitativ metode ved at kvalitativ analyse vektlegger forståelse, mens kvantitativ analyse vektlegger forklaring. Kvalitative analyser vil i tillegg ofte være tettere på forskningsobjektet på grunn av interaksjonen i intervjusettinger og lignende. Til tross for at det er to forskjellige typer tilnærminger, mener Tjora (2017, s. 24) at en kombinasjon av kvalitative og kvantitative metoder er gunstig i de aller fleste tilfeller. Ved å benytte flere metoder og dermed flere kilder, vil ifølge Yin (2003) dataenes reliabilitet og validitet styrkes. Dette kalles ofte triangulering eller metodetriangulering, som vil si å hente inn data på forskjellige måter. Dersom dataene samsvarer vil resultatene og konklusjonen ha mer tyngde enn hvis dataene kun kommer fra ett sted. I denne masteroppgaven er triangulering av data benyttet ved å både foreta et dokumentstudie og intervjuer.

Litteraturstudiet ble benyttet for å sette seg inn i den tilgjengelige informasjonen for å være forberedt til det videre arbeidet. Dokumentstudiet gjorde det mulig å sammenligne flere forskjellige skoler uten å fysisk undersøke samtlige skoler. Dokumentstudiet ble utført for å

kunne svare på forskningsspørsmål 1: «*Hvilke etasjeskillere blir valgt i massivtreskoler og hvilke følger har valget på utformingen av de generelle læringsarealene?*»

Intervjuene ble til slutt benyttet for å undersøke hvordan prosessen rundt byggingen av skolen foregikk og opplevdes av de involverte partene. Den innsamlede dataen fra intervjuene skal benyttes til å svare på forskningsspørsmål 2: «*Hvordan har prosjekteringsprosessen vært for skolebygg i massivtre og hvilke fordeler og ulemper ga massivtre?*»

3.2 Utvalg

Utvelgelsen av skoler til denne masteroppgaven foregikk primært via generelle google søk og ved gjennomgang av informasjon på store norske entreprenørers hjemmesider. De store entreprenørene ble systematisk gjennomgått ved bygg.no sin liste over de 100 største entreprenørene i Norge (bygg.no, 2017). Denne søkeprosessen resulterte i en liste med 15 skoleprosjekter. Listen inneholdt informasjon om antall etasjer, arealer og hvem som var byggherre, entreprenør, rådgiver og arkitekt på de ulike prosjektene. Skolene med kun en etasje ble ekskludert fra utvalget. Denne avgrensningen ble gjort fordi en etasje gir færre utfordringer med tanke på spennvidder og er derfor ikke av betydning for denne masteroppgaven.

Utvelgelsen av skolene ble gjort basert på følgende kriterier:

- Skolebygg
- Offentlig skole
- Over én etasje
- Bæresystem i massivtre

Disse kriteriene ble satt for å velge skoler som var mest mulig relevant for å svare på problemstillingen.

3.3 Litteraturstudie

For å forberede det videre arbeidet var det viktig å sette seg inn i de ulike temaene oppgaven ville berøre. Dette var for å kartlegge dagens situasjon og for å skaffe den nødvendige informasjonen for å kunne utføre det videre arbeidet.

Noe av den tilgjengelige publiserte informasjonen på temaer omkring massivtre, viste seg å være rundt ti år gamle og er derfor muligens noe utdatert. Til tross for dette var disse artiklene og andre masteroppgaver fine kilder for søkeord som ble benyttet videre i litteraturstudiet. De ulike søkeordene som er listet opp i Tabell 3.1 ble satt sammen i ulike kombinasjoner for å presisere søket. For å finne informasjon om de ulike skolene viste det seg at å sette ordet «ny» eller «nye» foran navnet til skolen resulterte i gode kilder.

Følgende søkekanaler ble benyttet i litteratursøket:

Google Scholar, Oria, Byggforskserien, generelle internettsøk, bygg.no, standard.no og lovdata.no

Sentrale søkeord er listet opp i Tabell 3.1. Antall treff i henholdsvis Oria og Google scholar er oppgitt i parentesene bak søkeordene.

Tabell 3.1 Sentrale søkeord. Egen tilvirkning.

Norske	Engelske
Massivtre (126, 193)	Solid wood (221 379, 3 940 000)
Limtre (90, 307)	Cross Laminated Timber (2 455, 27 400)
Nye+skolebygg (10, 1 010)	
Klasserom (756, 6 900)	
TEK17 (8, 90)	
Opplæringsloven (430, 4 550)	

Slik Tabell 3.1 viser ga de engelske søkeordene langt flere treff enn det de norske gjorde. Generelt ga Google Scholar flere treff enn det Oria ga. Søkeordene *Massivtre*, *Limtre* *Solid wood* og *Cross Laminated Timber* ga treff innenfor feltene dimensjonering, byggeteknikk, bygningsfysikk og treteknologi. Søkeordene *Nye+skolebygg* og *Klasserom* ga treff innenfor feltene pedagogikk, læringsmiljø, utforming av klasserom og casestudier av skolebygg. *TEK17* ga treff innenfor feltene klima, bygninger og universell utforming. *Opplæringsloven* ga treff innenfor tilpasset opplæring og spesialpedagogikk.

3.4 Dokumentstudie

Et dokumentstudie er en kvalitativ metode som analyserer ulike dokumenter. Disse dokumentene er allerede eksisterende dokumenter som er produsert for et annet formål enn forskning (Tjora, 2017, s. 182). Dokumentene som ble studert i denne masteroppgaven er casespesifikke og er primært byggtekniske tegninger slik som plantegninger, snittegninger, prinsippskisser og detaljtegninger. I tillegg til disse tegningene ble noe informasjon hentet ut fra BIM-modeller.

Anskaffelsen av dokumentene har foregått på tre ulike måter. Først ble noen av arkitektene i den etablerte listen over utvalgte skoler kontaktet. Dette resulterte i tegninger for to skoler og ellers tilbakemeldingen om at «henvendelser angående tegninger må rettes til byggherren». Deretter ble de ulike kommunenes og fylkeskommunenes sentralbord oppringt. De ulike kommunene behandlet forespørselen noe ulikt og kontaktpersonen i kommunen var som oftest en person hos arkivkontoret til kommunen eller prosjektlederen for utbyggingen av skolen. Noen av kommunene kontaktet også arkitekten eller rådgiveren i prosjektet som igjen tok kontakt. Til slutt ble prinsippskissene av etasjeskillere etterspurt under telefonintervjuene av arkitektene. Totalt ble fem arkitekter, elleve kommuner og to fylkeskommuner førsøkt kontaktet. Den mottatte informasjonen er beskrevet i Tabell 3.2. Det ble mottatt dokumenter fra totalt fire barneskoler, to ungdomsskoler, to kombinasjonsskoler og en videregående skole.

Tabell 3.2 Oversikt over mottatt dokumentasjon fra de ulike skolene. Egen tilvirkning.

Navn	Plantegninger	3D-modell	Snittegninger	Prinsippskisser
Bjørkelangen skole	x		x	x
Bø skole				
Hadsel videregående skole				
Hoppern skole	x		x	x
Horten videregående skole				
Idd skole		x		
Karlshus skole				
Lade skole	x		x	x
Nardo skole	x		x	x
Romsdal videregående skole	x		x	x
Tråstad skole		x		
Ulsmåg skole	x		x	
Ydalir skole				
Ytre enebakk skole				
Åsveien skole	x		x	x

Til tross for at det i alle henvendelsene ble etterspurt samme type dokumentasjon var den mottatte dokumentasjonen ulik. En avgrensning måtte derfor til, og utvalget ble derfor avgrenset til å kun sammenligne undervisningsarealene. Denne avgrensningen gjorde at den analyserte delen blir noenlunde lik for de ulike prosjektene. En annen faktor som bør nevnes er tidsfasen tegningene er hentet fra. Noen av tegningene er hentet fra ferdigstilte bygg, noen er byggesakstegninger og noen er tegninger pr. dags dato. Det er derfor for noen av tilfellene ikke mulig å si om den viste løsningen er den som faktisk ble bygget eller vil bli bygget i fremtiden. Dokumentene er utarbeidet av arkitekter og rådgivere.

Ved gjennomgang av dokumentene ble programmene Solibri og Adobe Acrobat Viewer benyttet. Noen av dokumentene var målsatte og arealet og avstander var derfor enkle å beregne. De dokumentene som ikke var målsatte ble beregnet ved hjelp av et måleverktøy i Adobe Acrobat Viewer. For å få reelle størrelser ble avstandene multiplisert med målestokken til dokumentet. For å redusere feilmarginen ved disse manuelle oppmålingene ble flere avstandsmålinger utført og gjennomsnittet av disse ble benyttet. Det ble også utført kontroller av målingene ved å sammenligne det oppførte arealet med det utregnede arealet. I tillegg til gulvarealer, etasjehøyder, spennvidder og omkretsen av fasaden rundt de generelle læringsarealene ble også de ulike typene undervisningsarealer og deres utforming dokumentert.

Det ble utført følgende analyser av de innsamlede dokumentene.

- Utformingen av undervisningsarealene ble beskrevet og de generelle læringsarealene ble kartlagt.
- Kartlegging av antall baser og tradisjonelle, vridde og kvadratiske klasserom.
- Kartlegging av antallet og størrelsen på de generelle læringsarealene og beregning av klassestørrelsene for de ulike skolene. Klassestørrelsene for de ulike skolene ble beregnet ved å dividere antall elever på skolen på antall klasserom/baser.
- Utregning av generelle læringsarealer pr. elev. Skolens totale areal for generelle læringsarealer ble dividert på skolens antall elever.
- Presentasjon av etasjeskiller i undervisningsarealene til de ulike skolene.
- Den økonomiske virkningen av å velge etasjeskiller i massivtre kontra etasjeskiller i stål og betong. Høyden på etasjeskiller i stål og betong ble avgjort basert på spennvidden til etasjeskilleren i massivtre.

3.5 Intervju

Intervjuer er en kvalitativ metode som har som formål å hente ut en informants meninger, holdninger og erfaringer. Slike intervjuer kan være av personlig art hvor informanten forteller om seg selv eller informanten kan være en representant for noe (Tjora, 2017, s. 114). I dette tilfellet vil informantene være representanter fra bedrifter. Graden av struktur på intervjuene varierer med antallet intervjuer som skal utføres og hvilken type informasjon som skal samles inn. I en kvalitativ tilnærming vil det være naturlig å stille noen spørsmål, men videre la det være opp til informanten å avgjøre hva som er viktig å nevne og komme med informasjon om hva som er relevant. Ved å la informanten føre deler av samtalen, mener Tjora (2017, s. 114) at nye temaer kan dukke opp. Disse temaene kan være temaer intervjueren tidligere ikke har vært klar over og kan være av relevans for forskningen. Det er likevel viktig å styre samtalen slik at den nødvendige informasjonen blir samlet inn. Styring av samtalen kan gjøres ved hjelp av intervjuguiden eller ved å peke tilbake på noe informanten sa tidligere i intervjuet.

3.5.1 Forberedelse av intervjuene

I denne oppgaven har fokuserte intervjuer vært en anvendt metode. Dette valget ble tatt på bakgrunn av at temaet av interesse er sterkt avgrenset til å kun gjelde et prosjekt, og at spørsmålene ikke omhandlet vanskelige eller følsomme temaer. Det var i hovedsak kun tre spørsmål det var ønskelig å få svar på. Disse spørsmålene var:

- Hvordan har prosjekteringsprosessen vært annerledes i forhold til prosjekteringsprosessen for en skole i mer tradisjonelle materialer som stål og betong?
- Hvilke muligheter og begrensninger ga massivtre for prosjekteringen av undervisningsarealene i denne skolen, kontra prosjekteringen av undervisningsarealene i en skole bygget i stål og betong?
- Hvordan er etasjeskilleren i undervisningsarealene bygget opp?

I tillegg til disse spørsmålene ble det utarbeidet noen «probes» for å hjelpe i gang samtalen hvis den ikke fløt så godt.

Det var i starten av arbeidet ønskelig å intervjuer ulike parter i et prosjekt, men dette lot seg dessverre ikke gjøre. Det ble derfor etterstrebet at informantene skulle ha god erfaring fra et prosjekt eller erfaringer fra flere prosjekter hvor skolebygget ble oppført i massivtre.

Informantene ble spurt om å stille til intervju ved at sentralbordet til arkitektkontoret ble kontaktet. Arkitektkontorene behandlet denne forespørselen noe ulikt ved å enten overføre telefonsamtalen direkte til den rette personen eller ved å spørre om de kunne få tilsendt en mail med spørsmålene. Totalt ble seks arkitektkontorer kontakten og det ble utført tre telefonintervjuer og en mailkorrespondanse. To av informantene spurte om å få tilsendt spørsmålene i forkant av telefonintervjuet og dette ønsket ble etterfulgt.

3.5.2 Gjennomføring av intervjuene

Telefonintervjuene ble utført på et stille rom for å unngå forstyrrelser og for at det ikke skulle være noen problemer med å oppfatte hva den andre sa.

Samtalene startet med en oppvarmingsdel hvor informanten i korte trekk ble informert om hva masteroppgaven omhandlet. Informantene ble stilt oppvarmingsspørsmål for å dokumentere informantens personalia, rolle i prosjektet og erfaringer med prosjektering av massivtreskoler. Deretter ble «de virkelige» spørsmålene stilt. Disse spørsmålene blir av Tjora (2017, s. 145-147) definert som refleksjonsspørsmål og er kjennetegnet ved høyere krav til refleksjon. Det ble etterstrebet å holde intervjuet som en normal samtale og de tre forberedte spørsmålene ble stilt med noen variasjoner. Det ble også stilt oppfølgingsspørsmål for å få informanten til å svare på hele spørsmålet eller for å dobbeltsjekke betydningen av informasjonen som fremkom. Under samtalen fikk informanten fritt komme med digresjoner. Disse digresjonene viste tydelig hva som engasjerte informanten og hva informanten mente var viktig å ta opp. På slutten av intervjuet var det lagt opp til en avrundingsdel hvor informantene fikk spørsmålet om de ville legge til noe. De ble også informert om hvordan prosessen var videre og takket for sitt bidrag.

Av praktiske og økonomiske årsaker ble intervjuene foretatt på telefon eller ved mailkorrespondanse. Slik metode har noen ulemper, og slike ulemper er blant annet uttrykt i Tjora (2017, s. 169)

«[at] vi mister da muligheten til å bruke kroppsspråk, for eksempel å nikke for å få informanten til å snakke videre i en allerede påbegynt setning. Dermed forsvinner noe av samtaleaspektet som det gode intervju er avhengig av.»

Dette viste seg å ikke bli et problem da alle informantene snakket lett om temaene de ble spurt om. En av fordelene med at intervjuene ble foretatt på denne måten var at det krevde mindre av

informanten med tanke på hvor mye av informantens tid som ble beslaglagt og fleksibiliteten en telefonsamtale gir i motsetning til et personlig intervju som krever personlig dialog mellom informant og intervjuer.

3.5.3 Bearbeiding av intervjuene

Kort tid etter intervjuet var gjennomført ble det ført en oversikt over intervjuene der informasjon ble nedskrevet. På denne måten ble eventuelle ideer og andre inntrykk bevart til bruk i analysen. Notatene fra intervjuet ble også gjennomgått og utbrodert der det var nødvendig. Dette ble gjort med intervjuet friskt i minnet for å kontrollere at notatene var korrekte. To av informantene sendte også detaljtegninger av etasjeskiller for byggene pr. mail i ettertid. Beskrivelsen de to andre informantene kom med for oppbyggingen av etasjeskiller ble tegnet i SketchUp.

De tre intervjuene og den ene mailkorrespondansen ga erfaringer fra fire ulike arkitektkontor og totalt seks skoleprosjekter i massivtre.

3.6 Reliabilitet, validitet og etiske betraktninger

For å avgjøre hvorvidt resultater fra forskning er til å stole på finnes det ulike kvalitetskrav som bør være oppfylt. To av disse kvalitetskravene er reliabilitet og validitet, eller bedre beskrevet som pålitelighet, relevans og gyldighet (Dalland, 2017, s. 60; Tjora, 2017, s. 231). Dette delkapittelet vil definere reliabilitet og validitet og beskrive hvordan disse ble søkt besvart i oppgaven. Til slutt vil etiske betraktninger i forbindelse med denne masteroppgaven bli vurdert.

3.6.1 Reliabilitet

Reliabilitet blir av Dalland (2017, s. 40) definert slik:

«Reliabilitet betyr pålitelighet, og handler om at målinger må utføres korrekt, og at eventuelle feilmarginer angis.»

Høy grad av reliabilitet vil si at forsøket er utført såpass pålitelig at en annen person skal kunne gjøre samme type forsøk og oppnå samme resultat. Det er derfor enklere å ha høy grad av reliabilitet i forsøk der personen som utfører forsøket ikke har en innvirkning på resultatene. I denne masteroppgaven vil dermed resultatene fra intervjuene være mindre pålitelige enn resultatene fra dokumentanalysen. Samspillet mellom personene i en intervjusetting vil kunne påvirke mengden data og kvaliteten på dataene og dermed svekke reliabiliteten til resultatene. For å styrke påliteligheten til dataene ble det under intervjuene notert flittig og det ble stilt spørsmål hvis noe var uklart. Et dokumentstudie vil på den andre siden kun bli påvirket av hvor nøyaktig analysen blir utført og dermed styrke resultatenes reliabilitet.

3.6.2 Validitet

Dalland (2017, s. 40) definerer videre validitet følgende:

«Validitet står for relevant og gyldighet. Det som måles, må ha relevans og være gyldig for det problemet som undersøkes.»

Dataene som ble tatt med i litteraturstudiet ble vurdert og kun tatt med hvis kilden ble vurdert som troverdig. Det er i denne oppgaven benyttet avisartikler som kilde og troverdighet til en slik kilde må derfor dobbeltsjekkes for å styrke gyldigheten.

På grunn av det noe begrensede omfanget av studien vil ikke resultatene fra studiet kunne generaliseres til å gjelde alle massivtreskoler. Studien vil derimot beskrive konstruksjonsvalg som er tatt i de ulike byggeprosjektene og erfaringer fra prosjekteringsfasen. På grunn av den noe begrensede tilgjengelige informasjonen om løsninger i massivtrebygg vil denne informasjonen styrke oppgavens relevans.

3.6.3 Etske betraktninger

Det er i et hvert forskningsprosjekt viktig å vurdere hvilken virkning forskningen har på informanter og på omgivelsene. Det er forskerens etiske ansvar å overveie denne virkningen. I denne masteroppgaven blir det samlet inn svært lite sensitiv informasjon om enkeltpersoner. Et hensyn som derimot ble tatt var anonymiseringen av informantene. Anonymiseringen ble gjort ved å ikke koble utsagn fra de ulike arkitektene med de ulike skolene. Et annet vesentlig punkt i dette forskningsprosjektet er de etiske betraktningene rundt håndtering av empiri fra dokumentstudiet. Noen av disse dokumentene kom fra arkivene til kommunen og er derfor offentlig informasjon og byr ikke på etiske utfordringer. Derimot er noe av datagrunnlaget unntatt offentligheten og er tilsendt direkte fra byggherre, arkitekt og rådgiver. Disse dokumentene og modellene ble i noen tilfeller tilsendt med en anmodning om at de kun skulle brukes til masteroppgaven og at de ikke måtte deles eller publiseres. Ved å benytte disse dokumentene i studien fulgte det dermed et spesielt ansvar rundt håndteringen av dokumentene. Dokumentene ble oppbevart trygt på en privat pc som ikke ble benyttet av noen andre. Dokumentene ble kun brukt i forbindelse med oppgaven og bilder og illustrasjoner ble ikke tatt med i oppgaven. Da analysen var ferdig ble dokumentene slettet.

4 Resultater

I dette kapittelet vil de innsamlede resultatene bli presentert.

4.1 Utvalgsbeskrivelse av massivtreskolene

Dette delkapittelet vil presentere de åtte ulike skolene som er behandlet i denne masteroppgaven. Figur 4.1 under viser hvilke massivtreskoler som ble funnet og deres plassering. De 15 skolene som er presentert i denne oppgaven, er markert i blått og rødt. Blå og rødt representerer henholdsvis de skolene som er med i undersøkelsen og hvilke som ikke er det.



Figur 4.1 Massivtreskoler i Norge og deres plassering. De blå tallene representerer skoler som er benyttet i masteroppgaven og de røde tallene representerer de skolene som ikke er benyttet (Blad, 2011).

I de følgende underkapitlene vil generell informasjon for de ulike skolene bli presentert. Denne informasjonen er blant annet hvilke firmaer som har hatt ulike roller under prosjekteringen, hvor lang tid byggeprosjektet tok og kostnaden for bygget. Antall etasjer, areal og antall elever vil også bli presentert.

4.1.1 Bjørkelangen skole – Bjørkelangen



Figur 4.2 Illustrasjonsbilde av Bjørkelangen skole (HRTB Arkitekter, u.å.).

Tabell 4.1 Generell informasjon om Bjørkelangen skole. Egen tilvirkning

Prosjekt	Bjørkelangen skole
Type skole	Kombinasjonsskole
Byggherre	Aurskog-Høland kommune
Entrepriseform	Totalentreprise
Entreprenør	HENT AS
Arkitekt	HRTB Arkitekter
Kontraktssum	-
Prosjektkostnad	303 MNOK
Ferdigstillelsesdato	November 2017
Byggetid	1 år og 3 måneder, 2 måneder kortere enn planlagt
Areal	13 500 m ²
Antall etasjer	2
Antall elever	660
Antall klasser	23

I tillegg til skolebygget inneholder Bjørkelangen skole SFO, kulturskole, kultursal og flerbrukshall. Miljøtiltak som er gjort i bygget i tillegg til bruken av massivtre er solcelleanlegg på deler av fasaden, solfangere på taket og bioenergianlegg. Skolen er bygget for å holde passivhusnivå. Prosjektlederen for byggeprosjektet uttrykte til bygg.no i februar 2018 at de «fra første dag ønsket at skolen skulle bygges med massivtrekonstruksjoner i de bærende elementene, noe vi var veldig tydelige på i konkurransegrunnlaget.»

I forbindelse med valget om å bygge bærekonstruksjonen i massivtre mottok de 1 million kroner fra Innovasjon Norge for å utrede muligheten for et bæresystem i massivtre (Hammer, 2017; Joelson, 2018).

4.1.2 Hoppert skole - Moss



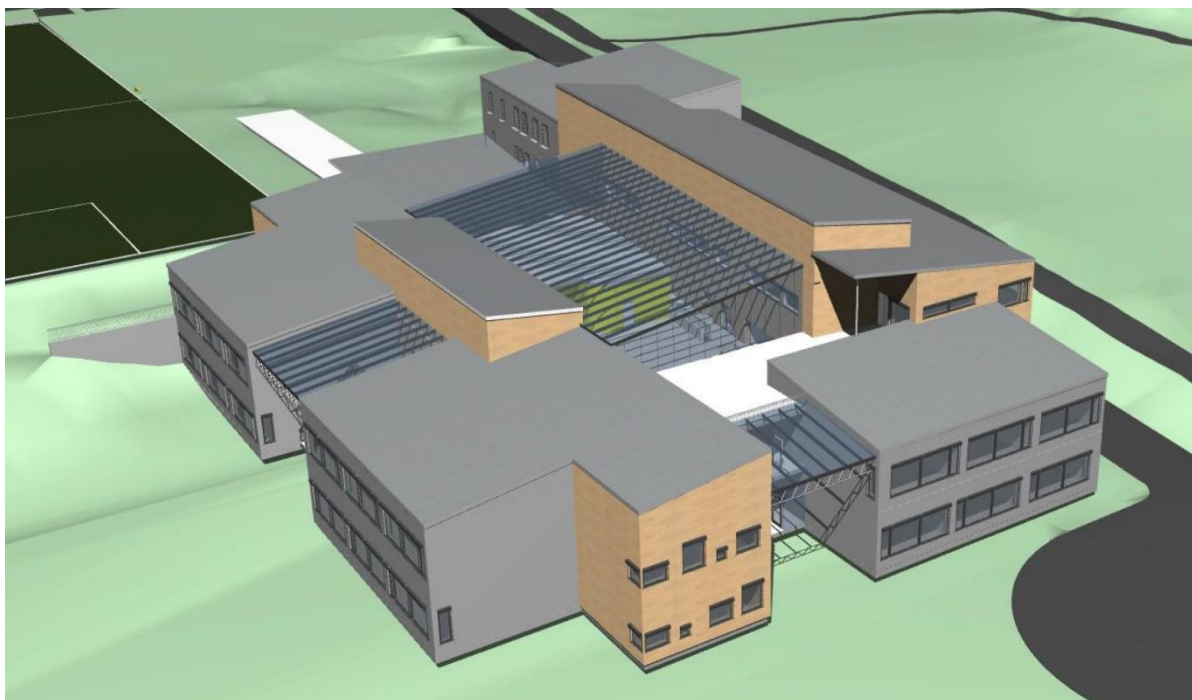
Figur 4.3 Illustrasjonsbilde av Hoppert skole i Moss (Jansen Arkitekter, 2016).

Tabell 4.2 Generell informasjon om Hoppert skole. Egen tilvirkning.

Prosjekt	Hoppert skole
Type skole	Ungdomsskole
Byggherre	Moss Kommune
Entrepriseform	Totalentreprise
Entreprenør	AF Østfold
Arkitekt	Jansen Arkitekter
Kontraktssum	215 MNOK
Prosjektkostnad	-
Ferdigstillelsesdato	August 2019
Byggetid	2 år og 3 måneder
Areal	9 900 m ²
Antall etasjer	3
Antall elever	450
Antall klasser	15

I tillegg til skolebygget har Hoppert en tilhørende idrettshall og en scene. Bygget er bygget for å holde passivhus standard og har valgt å legge seg på BREEAM-NOR kravet «Very Good». Bygget vil også være utstyrt med solcelleanlegg (AF Gruppen, 2017a; Urstad, 2017).

4.1.3 Idd skole - Halden



Figur 4.4 Illustrasjonsbilde av Idd skole i Halden (SG Arkitekter, 2016).

Tabell 4.3 Generell informasjon om Idd skole. Egen tilvirkning

Prosjekt	Idd skole
Type skole	Barneskole
Byggherre	Halden Kommune
Entrepriseform	Totalentreprise
Entreprenør	AF Bygg Østfold
Arkitekt	SG Arkitekter
Kontraktssum	183 MNOK
Prosjektkostnad	-
Ferdigstillelsesdato	Juli 2018
Byggetid	1 år og 2 måneder
Areal	6 700 m ²
Antall etasjer	4
Antall elever	588
Antall klasser	21

Bygget har energiklasse A (AF Gruppen, 2017b).

4.1.4 Lade skole - Trondheim



Figur 4.5 Illustrasjonsbilde av Lade skole i Trondheim (Eggen Arkitekter, u.å.-b).

Tabell 4.4 Generell informasjon om Lade skole. Egen tilvirkning

Prosjekt	Lade skole
Type skole	Kombinasjonsskole
Byggherre	Trondheim kommune
Entrepriseform	Totalentreprise
Entreprenør	BetonmastHæhre Trøndelag
Arkitekt	Eggen Arkitekter
Kontraktssum	216 MNOK
Prosjektkostnad	-
Ferdigstillelsesdato	31. mai 2018
Byggetid	1 år og 9 måneder
Areal	11 000 m ² (BRA)
Antall etasjer	3
Antall elever	700
Antall klasser	30

Bygget vil i tillegg til skolebygget ha en idrettshall. Bygget er bygd for å holde passivhusstandard (BetonmastHæhre, 2018; Byggeindustrien, 2016; Eggen Arkitekter, u.å.-a).

4.1.5 Nardo skole - Trondheim



Figur 4.6 Illustrasjonsbilde av Nardo skole i Trondheim (Eggen Arkitekter, u.å.-b).

Tabell 4.5 Generell informasjon om Nardo skole. Egen tilvirkning

Prosjekt	Nardo skole
Type skole	Barneskole
Byggherre	Trondheim kommune
Entrepriseform	Totalentreprise
Entreprenør	Skanska Norge AS
Arkitekt	Eggen Arkitekter AS
Kontraktssum	155 MNOK
Prosjektkostnad	185 MNOK
Ferdigstillelsesdato	September 2008
Byggetid	2 år
Areal	6 600 m ² (BTA)
Antall etasjer	2
Antall elever	385
Antall klasser	7 baseområder

Nardo skole består av en skoledel og en barnehagedel. Originalt var skolen tenkt bygd i betong med teglfasader, men høsten 2006 ble det bestemt at skolen skulle være et pilotprosjekt for *Trebyen Trondheim* og bygget ble valgt oppført i massivtre. Oppføringen av skolen foregikk under et stort telt for å redusere risikoen for fukt i treverket. Bygget er prosjektert for å oppfylle kravene i henhold til lavenergibygg NS3701 (Dale, 2008; Norske Arkitekters Landsforbund, 2015).

4.1.6 Romsdal videregående skole - Molde



Figur 4.7 Illustrasjonsbilde av Romsdal videregående skole i Molde (HUS Arkitekter AS, 2013).

Tabell 4.6 Generell informasjon om Romsdal videregående skole. Egen tilvirkning

Prosjekt	Romsdal videregående skole
Type skole	Videregående skole
Byggherre	Møre og Romsdal fylkeskommune
Entrepriseform	Totalentreprise med to måneders samspillfase i forkant
Entreprenør	Betonmast Røsand
Arkitekt	Kosbergs Arkitektkontor
Kontraktssum	320 MNOK
Prosjektkostnad	520 MNOK (inkl. riving av gammel skole)
Ferdigstillelsesdato	13. desember 2017
Byggetid	1 år og 11 måneder
Areal	12 300 m ²
Antall etasjer	4
Antall elever	950
Antall klasser	-

Romsdal vgs er en yrkesfaglig skole og skiller seg derfor fra de andre skolene ved at de har verksteder, frisørsalong og lignende. Bygget skal holde passivhusstandard. I en artikkel hos bygg.no beskrev byggherre at byggetiden hadde vært redusert i forhold til hva som var forventet og at på grunn av den gode fremdriften ble prisen på bygget omtrent lik som ved tradisjonelle byggematerialer. For å oppfylle brannkravene ble de innvendige massivtreveggene brannlakkert med påføring av 3 % hvitpigmentert lakk (Herskedal, 2017; Moene, 2016).

4.1.7 Ulsmåg skole - Nesttun



Figur 4.8 Illustrasjonsbilde av Ulsmåg skole på Nesttun (Ola Roald AS, u.å.).

Tabell 4.7 Generell informasjon om Ulsmåg skole. Egen tilvirkning

Prosjekt	Ulsmåg skole
Type skole	Barneskole
Byggherre	Bergen kommune
Entrepriseform	Delte Entreprenser
Entreprenør	NCC Construction AS (hovedentreprenør)
Arkitekt	Ola Roald AS arkitektur
Kontraktssum	115 MNOK
Prosjektkostnad	-
Ferdigstillelsesdato	Desember 2014
Byggetid	1 år og 4 måneder
Areal	6 804 m ² (oppvarmet BRA)
Antall etasjer	2
Antall elever	600
Antall klasser	7 baser

Skolebygget har i tillegg til undervisningsbasene en idrettshall, bibliotek og auditorium. Bygget fikk i 2016 Statens byggeskikkpris «hedrende omtale». Bygget har energimerke A og på taket er det vegetasjonsmatter av sedum og solceller. Byggeprosessen foregikk under telt (Anda, 2017; NCC, 2018; Utdanningsdirektoratet, 2015).

4.1.8 Åsveien skole - Trondheim



Figur 4.9 Illustrasjonsbilde av Åsveien skole i Trondheim (Løvetanna Landskap AS, u.å.).

Tabell 4.8 Generell informasjon om Åsveien skole. Egen tilvirkning

Prosjekt	Åsveien skole
Type skole	Barneskole
Byggherre	Trondheim kommune
Entrepriseform	Totalentreprise
Entreprenør	Team Bygg
Arkitekt	Eggen Arkitekter AS
Kontraktssum	270 MNOK
Prosjektkostnad	-
Ferdigstillelsesdato	Desember 2014
Byggetid	1 år og 5 måneder
Areal	8 737 m ² (oppvarmet BRA)
Antall etasjer	4
Antall elever	650
Antall klasser	28

Åsveien skole og flerbrukshall er prosjektert til å holde passivhusnivå og ha energimerke A. Materialvalget har gjort at klimagassutslippet for bærekonstruksjonen, dekkene og taket til bygget er 44 % redusert i forhold til hva det ville vært hvis det var bygget med tradisjonelle materialer. I en artikkel hos arkitektur.no ble erfaringen om at *"Det bør legges inn noe lengre tid til planlegging av et prosjekt med høye miljømål, enn ved et konvensjonelt bygg"* delt (Hasenmüller & Moe, 2016).

4.2 Resultater fra dokumentstudiet av undervisningsarealer

Nedenfor presenteres resultatene fra analysen av undervisningsarealene for totalt åtte skoler.

Av disse er det fire barneskoler, én ungdomsskole, to kombinerte skoler og én videregående skole.

De ulike skolene vil i dette delkapittelet bli presentert ved følgende tall:

1. Bjørkelangen kombinert skole
2. Hoppern ungdomsskole
3. Idd barneskole
4. Lade kombinert skole
5. Nardo barneskole
6. Romsdal videregående skole
7. Ulsmåg barneskole
8. Åsveien barneskole

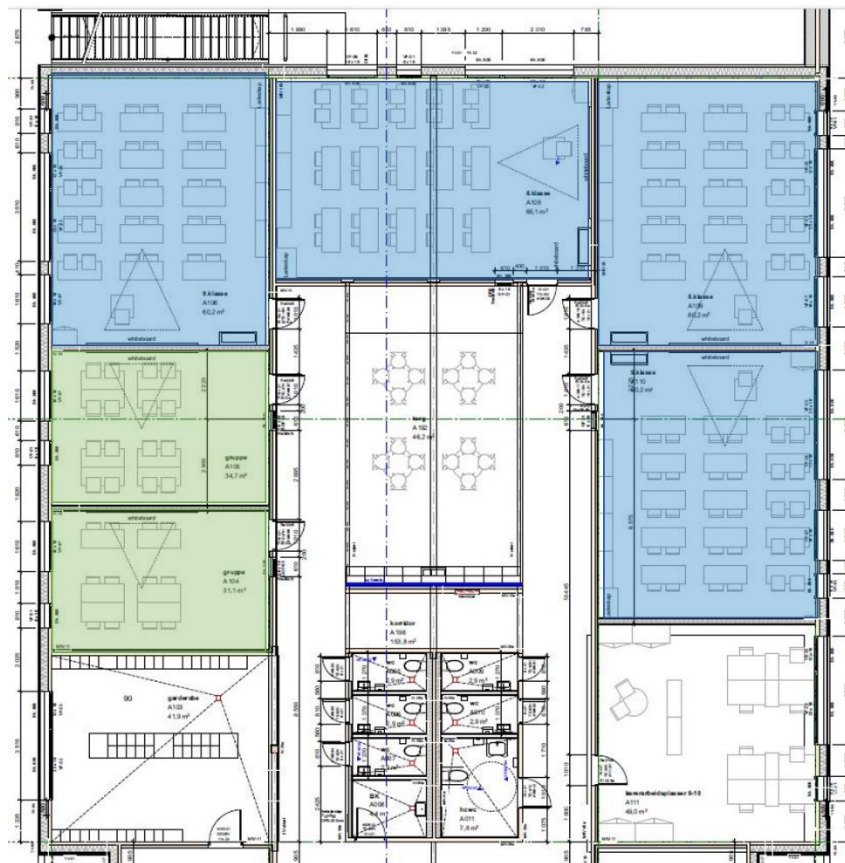
Disse delkapittelene vil presentere resultater fra følgende analyser:

- 4.2.1 Utformingen av undervisningsarealene vil bli beskrevet og illustrert ved hjelp av plantegninger.
- 4.2.2 Utformingen av klasserommene og basene vil bli presentert og andelen av de ulike typer utdanningsarealer vil bli sammenlignet for de ulike skolene.
- 4.2.3 En oversikt over antall klasserom, grupperom og basearealer for de ulike skolene vil bli presentert. Skolenes klassestørrelser vil også bli estimert.
- 4.2.4 Generelle læringsarealer pr. elev vil bli presentert.
- 4.2.5 Etasjeskilleren for de ulike skolene vil bli presentert.
- 4.2.6 De økonomiske virkningene av etasjeskiller i massivtre kontra i stål og betong vil bli presentert.

4.2.1 Utforming av undervisningsarealene for de ulike skolene

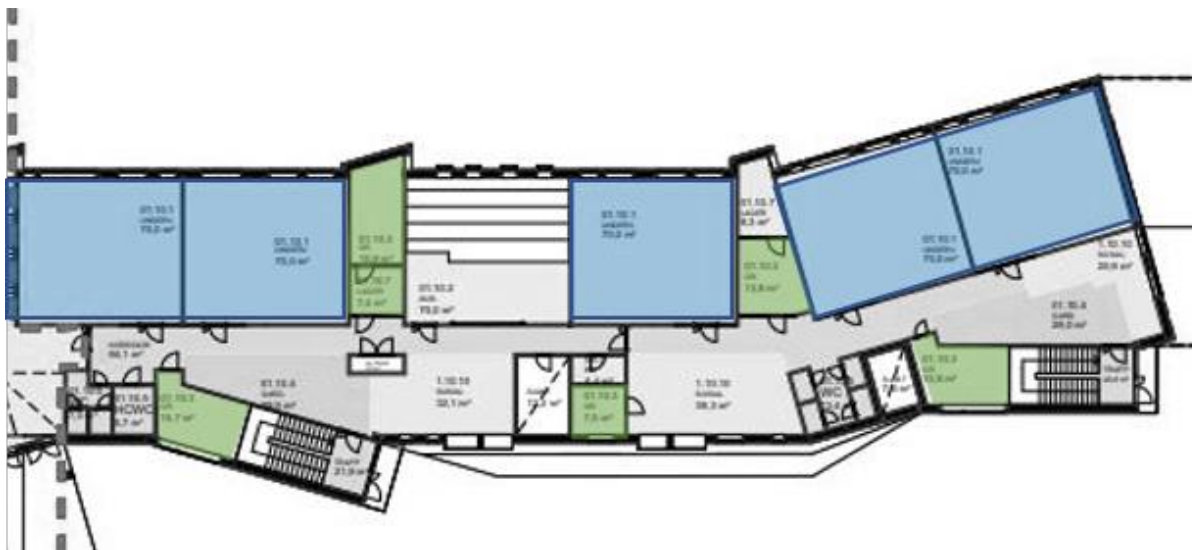
I dette delkapittelet vil utformingen av de generelle læringsarealene for åtte av skolene bli presentert. Klasserom er illustrert med fargen blå, grupperom er illustrert med fargen grønn og basearealer er illustrert med fargen rosa. Illustrasjonene i dette delkapittelet er tilsendt fra byggherre for prosjektet der annet ikke er spesifisert.

1. De generelle læringsarealene på **Bjørkelangen skole** består av fire eller fem klasserom, en garderobe, et torg og to eller tre grupperom. Torget fungerer som et sosialt rom hvor det er plassert flere bord.



Figur 4.10 Markert planløsning for en undervisningsdel i Bjørkelangen skole

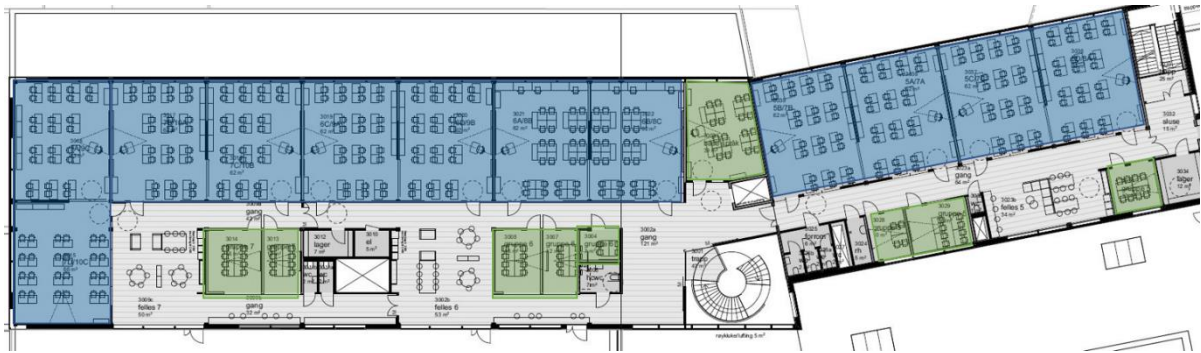
2. **Hoppern skole** har en egen undervisningsdel i bygget som går over tre etasjer. Bygningsdelen består av en gang med fem klasserom på rekke med to grupperom og et auditorium mellom. På andre siden av gangen er det tre grupperom, to garderober og tre områder med sitteplasser.



Figur 4.11 Markert plantegning for Hoppern skole (Jansen Arkitekter, 2016).

3. **Idd skole** har syv undervisningsdeler som alle består av tre klasserom, en kombinert gang og garderobe og mellom tre og fem grupperom. Veggene mellom to av grupperommene i hver undervisningsdel kan åpnes slik at grupperommet kan gjøres om til et større rom. Det er ikke illustrasjonsbilde for denne skolen på grunn av manglende tillatelse.

4. **Lade skole** sine generelle læringsarealer består av klasserom, grupperom, større grupperom som kan benyttes til undervisning, fellesarealer med sittegrupper og garderobe. Størrelsen på grupperommene og antall grupperom pr. klasserom varierer innad i bygget. Totalt er det 30 klasserom, 19 grupperom og ett auditorium.



Figur 4.12 Markert planløsning av undervisningsarealene i 3. etasje i lade skole

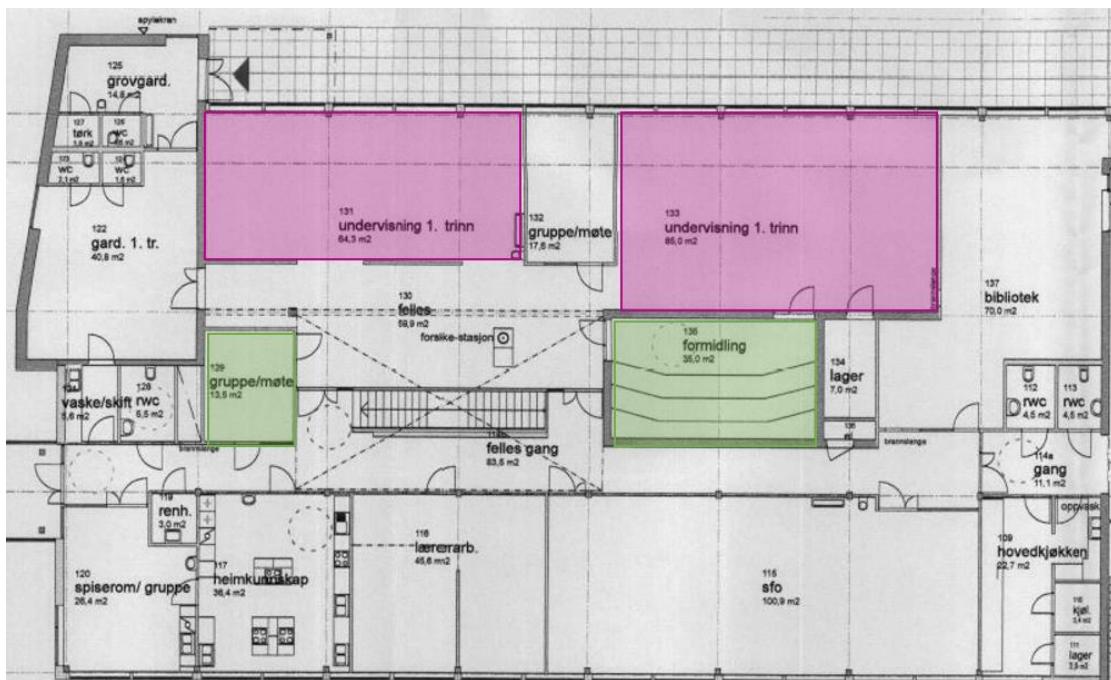


Figur 4.13 Markert planløsning av undervisningsarealene i 1. og 2. etasje av lade skole

5. **Nardo skole** skiller seg fra de foregående skolene ved at det er en baseskole. Et undervisningsområde består av to eller tre baser til undervisning, en eller tre garderober, to eller fire grupperom og et formidlingsrom. Formidlingsrommet er et lite amfi på ca. 35 m².

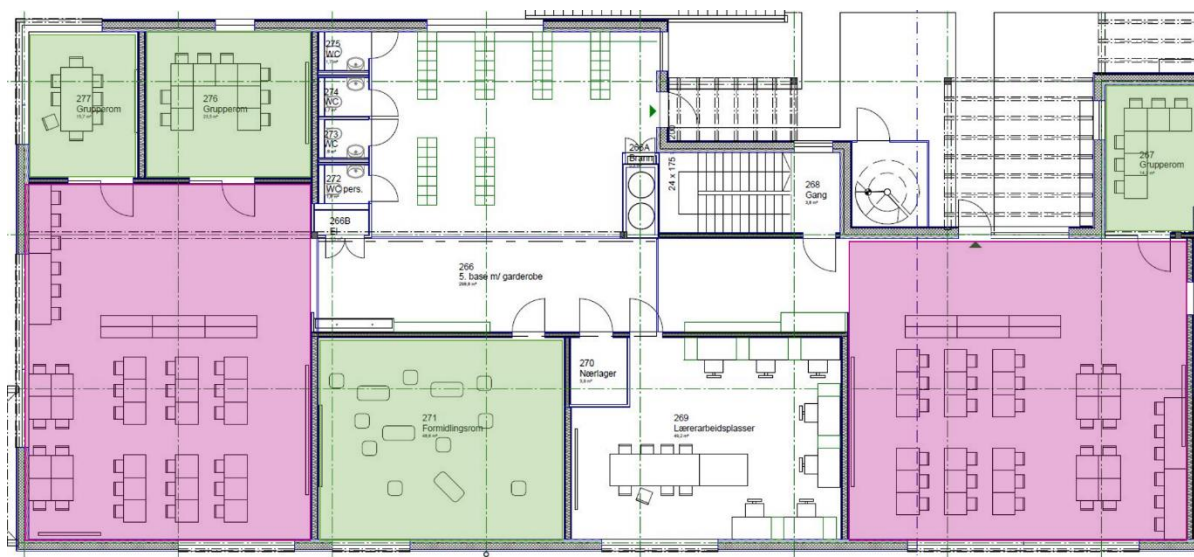


Figur 4.14 Markert planløsning for 1 og 2 etasje for Nardo skole



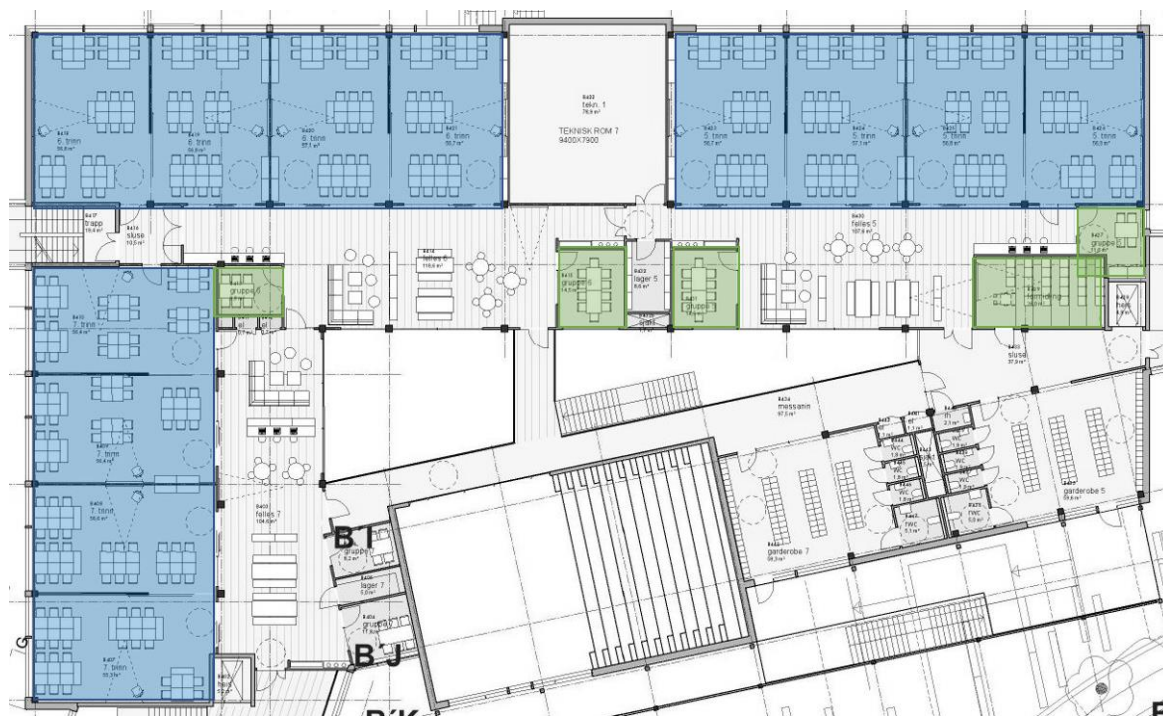
Figur 4.15 Markert planløsning for 1 etasje for Nardo skole

6. **Romsdal videregående skole** er i denne sammenhengen en svært spesiell skole. Den består av svært mange forskjellige spesialrom av typen verksted, butikk, frisørsalong og lignende. Dette gjør at det ikke finnes et typisk undervisningsareal som går igjen i skolen og det er derfor ikke et illustrasjonsbilde knyttet til skolen. Skolen har 3 auditorier, 19 mindre teorirom på ca. 40 m² og 22 grupperom.
7. I likhet med Nardo skole er **Ulsmåg skole** en baseskole. De ulike basene består av to store undervisningsarealer, tre grupperom og et formidlingsrom. For noen av trinnene er ett av grupperommene gjort om til et forskerrom.



Figur 4.16 Markert planløsning for Ulsmåg skole

8. Et typisk undervisningsareal for **Åsveien skole** inneholder fire klasserom, to grupperom og ett fellesområde med garderobe og sitteplasser. Skolen har også en første etasje med 20 grupperom med areal på ca. 11 m².



Figur 4.17 Markert planløsning for 4. etasje for Åsveien skole



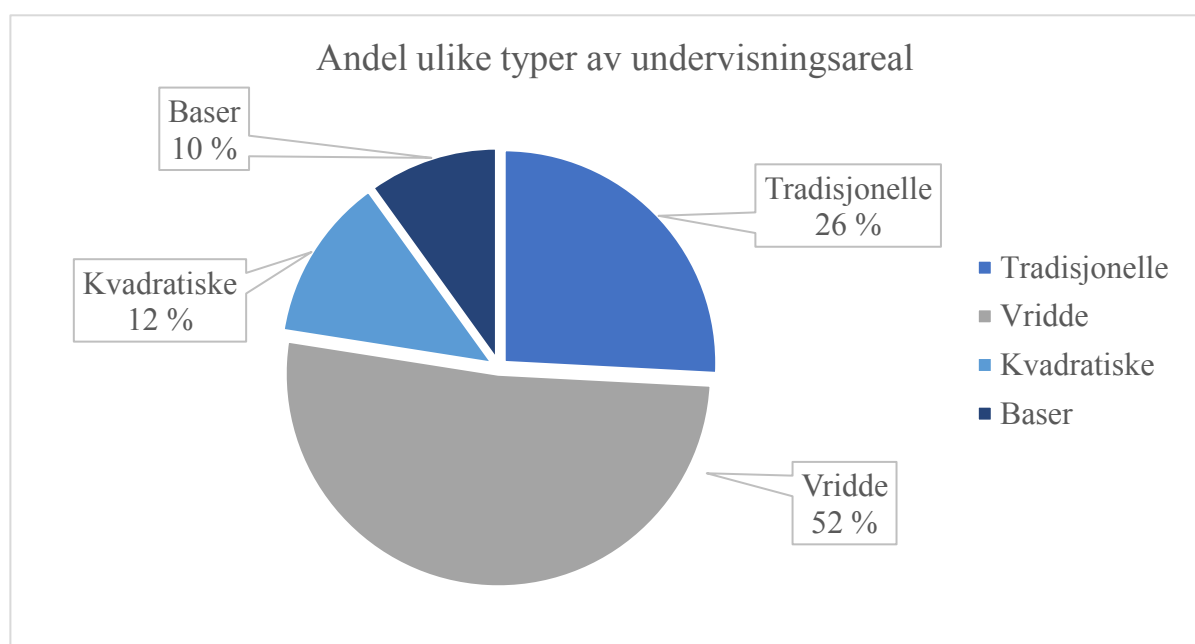
Figur 4.18 Markert planløsning for 2. og 3. etasje for Åsveien skole

4.2.2 Oversikt andel ulike typer av undervisningsareal

Dette delkapittelet vil presentere hvor mange klasserom og baser de ulike skolene har, og hvilken form rommene har. Andelen av tradisjonelle, vridde og kvadratiske klasserom og baser vil bli sammenlignet.

Tabell 4.9 Oversikt over hvor mange av de forskjellige typene undervisningsarealer de ulike skolene har. Egen tilvirkning

Skoler	Bjørkelangen	Hoppern	Idd	Lade	Nardo	Romsdal	Ulsmåg	Åsveien
Tradisjonelle	23	0	0	3	0	11	0	2
Vridde	0	0	21	25	0	6	0	26
Kvadratiske	0	15	0	2	0	2	0	0
Baser	0	0	0	0	7	0	7	0
Totalt	23	15	21	30	7	19	7	28



Figur 4.19 Oversikt over den totale prosentfordelingen av de ulike typene undervisningsarealer. Egen tilvirkning

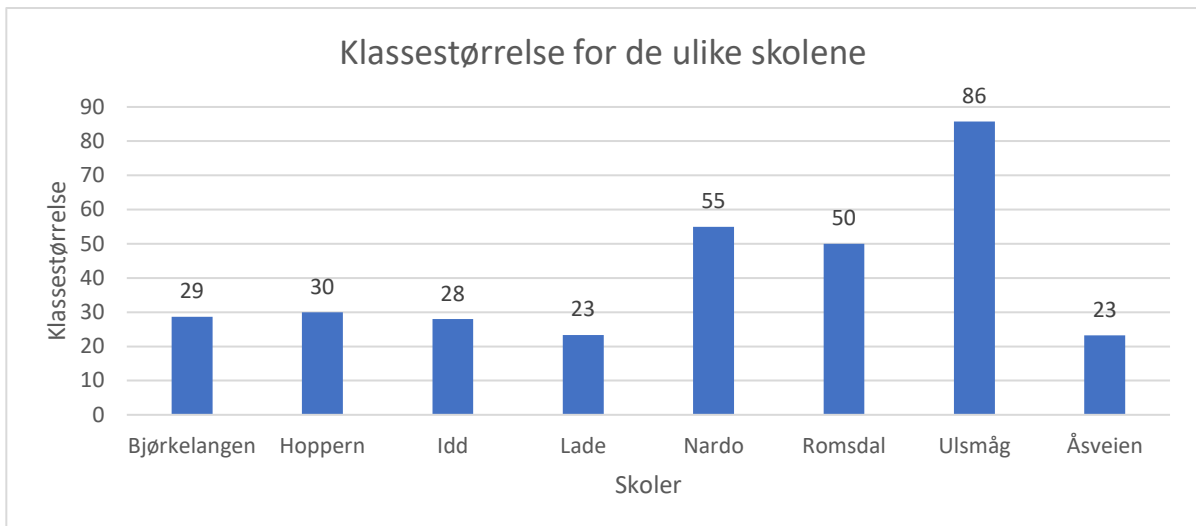
Tabell 4.9 og Figur 4.19 viser at 52 % av klasserommene hadde en vridde form. De øvrige 48 % bestod av henholdsvis 26 % tradisjonelle og 12 % kvadratiske klasserom og 10 % var utformet med baser. Halvparten av de undersøkte skolene hadde lik type på samtlige undervisningsrom, mens den resterende halvparten hadde kombinasjoner av to eller tre ulike typer undervisningsrom. Skole nummer 5 og 7 som begge var baseskoler hadde færrest undervisningsarealer.

4.2.3 Klassestørrelser

Tabell 4.10 uttrykker antall klasserom, grupperom og baser for de ulike skolene. I tillegg til informasjon om antall rom gir tabellen det totale arealet brukt på klasserom, grupperom og baser for de ulike skolene og gjennomsnittet pr. rom. De to baseskolene Nardo og Ulsmåg skiller seg fra resten av skolene med tanke på sine høye gjennomsnittsareal. Gjennomsnittet for klasserom varierer fra 47,85 m² til 69,86 m² og har totalt på alle skolene et gjennomsnittsareal på 59,68 m². For grupperommene varierer gjennomsnittet fra 13,16 m² til 28,13 m² og har et totalt gjennomsnitt på 18,02 m². De to baseskolene har et gjennomsnitt på 169,49 m² for basearealene.

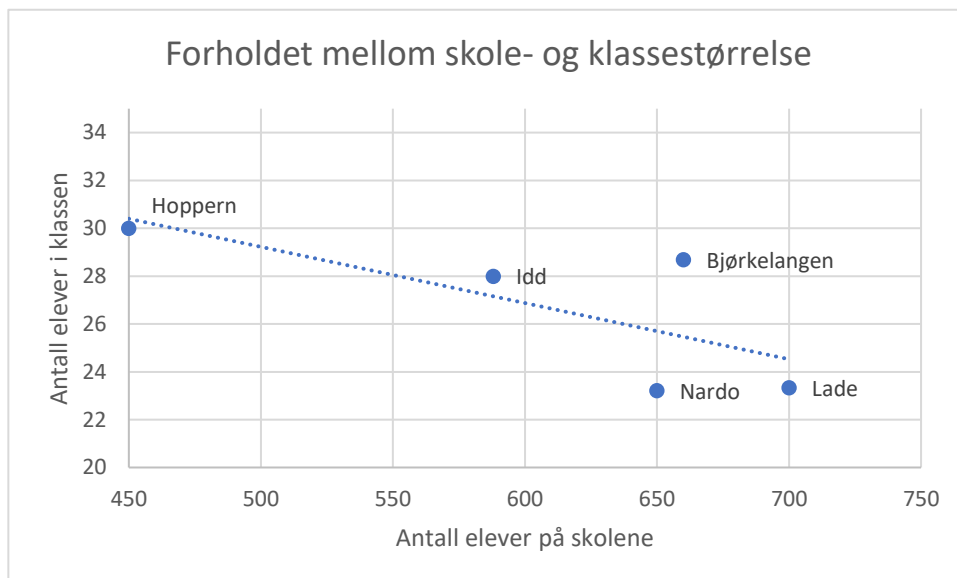
Tabell 4.10 Oversikt over antall klasserom, grupperom og baser og deres gjennomsnitts- og totalarealer for de ulike skolene. Egen tilvirkning

Skoler	Klasserom			Grupperom			Base		
	Antall [stk.]	Totalt [m ²]	Gjennomsnitt [m ²]	Antall [stk.]	Totalt [m ²]	Gjennomsnitt [m ²]	Antall [stk.]	Totalt [m ²]	Gjennomsnitt [m ²]
Bjørkelangen	23	1405,90	61,13	12	337,60	28,13	0	0,00	0,00
Hoppern	15	1047,90	69,86	12	177,60	14,80	0	0,00	0,00
Idd	21	1275,45	60,74	31	536,22	17,30	0	0,00	0,00
Lade	30	1875,00	62,50	18	262,00	14,56	0	0,00	0,00
Nardo	0	0,00	0,00	14	235,80	16,84	7	972,90	138,99
Romsdal	19	909,2	47,85	22	349,50	15,89	0	0,00	0,00
Ulsmåg	0	0,00	0,00	29	681,80	23,51	7	1400,00	200,00
Åsveien	28	1568,41	56,01	33	434,40	13,16	0	0,00	0,00



Figur 4.20 Oversikt over klassestørrelsen for de ulike skolene. Egen tilvirkning.

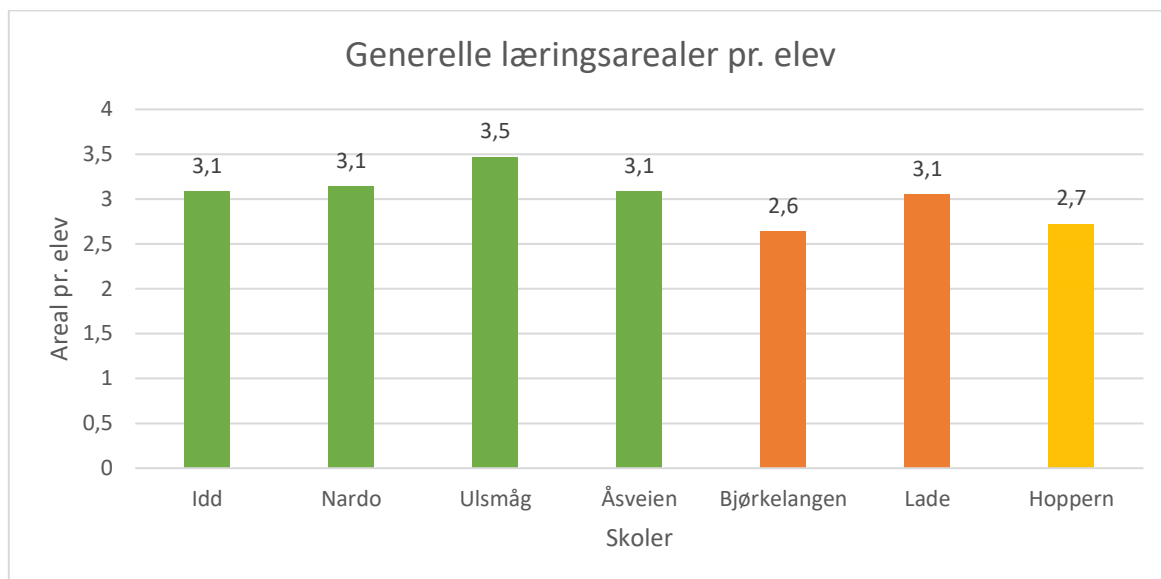
Klassestørrelsen i Figur 4.20 for de ulike skolene varierer fra 23 elever til 86 elever. De tre skolene med høyest antall elever pr. klasse er de to baseskolene Nardo og Ulsmåg og den videregående skolen Romsdal vgs. På grunn av Romsdal vgs sine mange spesialrom er det tenkelig at svaret på 50 elever pr. klasse ikke stemmer.



Figur 4.21 Viser sammenhengen mellom klassestørrelser og skolestørrelser. De største skolene har færrest elever i hver klasse. Egen tilvirkning.

Trendlinjen i Figur 4.21 viser sammenhengen mellom større skoler og færre elever pr. klasse. I denne sammenhengen er de to baseskolene og den videregående skolen fjernet fra sammenligningen for å gjøre det sammenlignede utvalget likest mulig.

4.2.4 Generelle læringsarealer pr. elev for grunnskolen

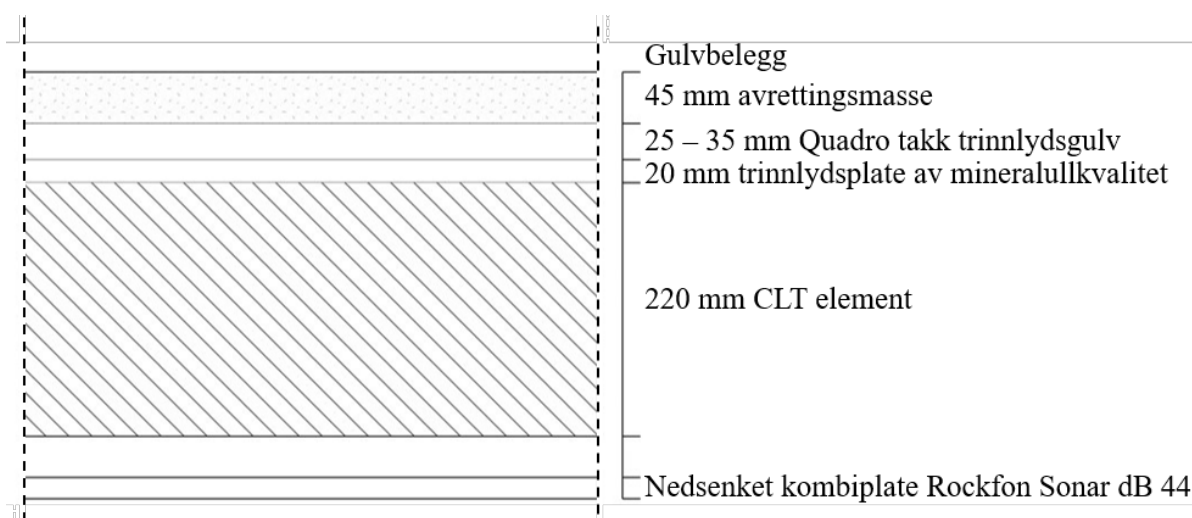


Figur 4.22 Oversikt over antall kvadratmeter generelle læringsarealer pr. elev for de enkelte skolene. De ulike fargene i stolpediagrammet kobler sammen barneskolene, ungdomsskolene, kombinerte skolene og den videregående skolen. Grønt er barneskoler, oransje er kombinerte skoler og gult er ungdomsskoler. Egen tilvirkning.

Antall kvadratmeter generelle læringsarealer pr. elev for de enkelte skolene varierte mellom 2,6 m² pr. elev og 3,5 m² pr. elev. Gjennomsnittet for barneskolene lå på 3,2 m² pr. elev og var 2,9 m² pr. elev for de kombinerte skolene. Det var ingen klar sammenheng mellom størrelsen på skolen og antall kvadratmeter pr. elev.

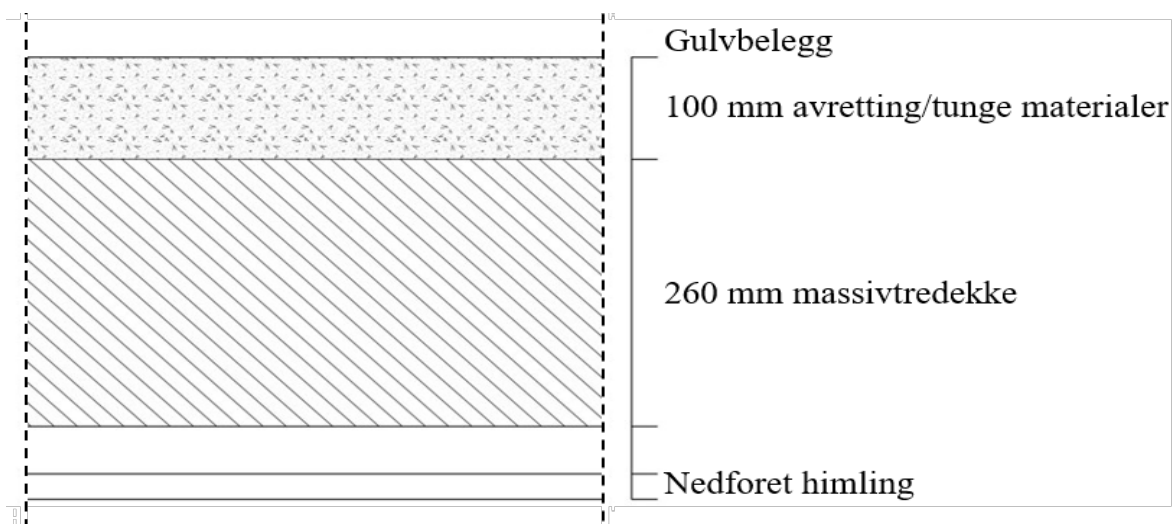
4.2.5 Etasjeskiller

I dette delkapittelet vil etasjeskiller for seks ulike skoler bli presentert og beskrevet.



Figur 4.23 Detaljtegning for etasjeskiller i undervisningsarealet til Bjørkelangen skole. Egen tilvirkning.

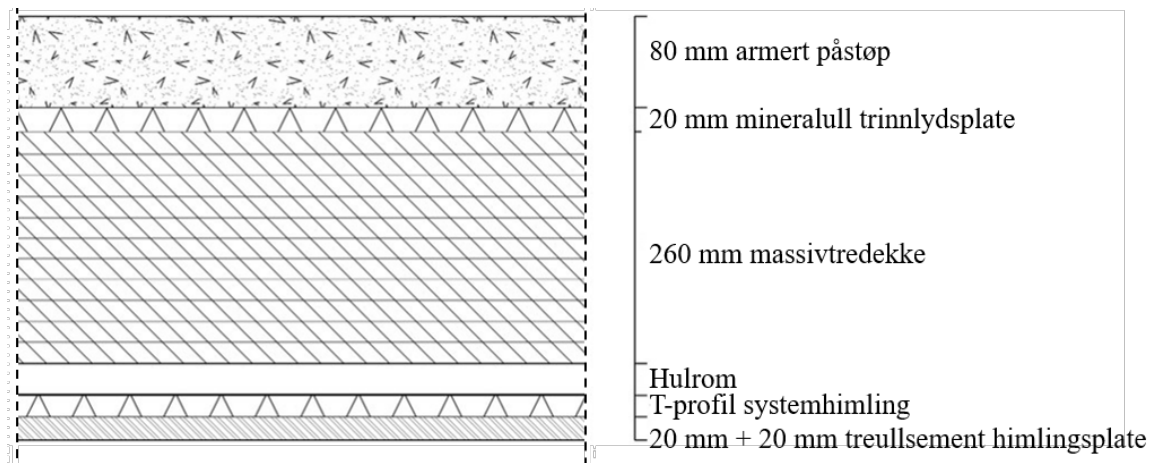
Etasjeskilleren i undervisningsarealene til **Bjørkelangen skole** består av avrettingsmasse, trinnlydsgulv, trinnlydsplate og massivtreelement. Massivtreelementet blir oppgitt som CLT element i Figur 4.23 fordi det var terminologien informanten brukte. Total høyde på etasjeskiller er 310 eller 320 mm avhengig av valgt tykkelse på trinnlydsgulvet. Etasjeskilleren har også en nedsenket kombiplate¹.



Figur 4.24 Detaljtegning for etasjeskiller i undervisningsarealet til Hoppern skole. Egen tilvirkning.

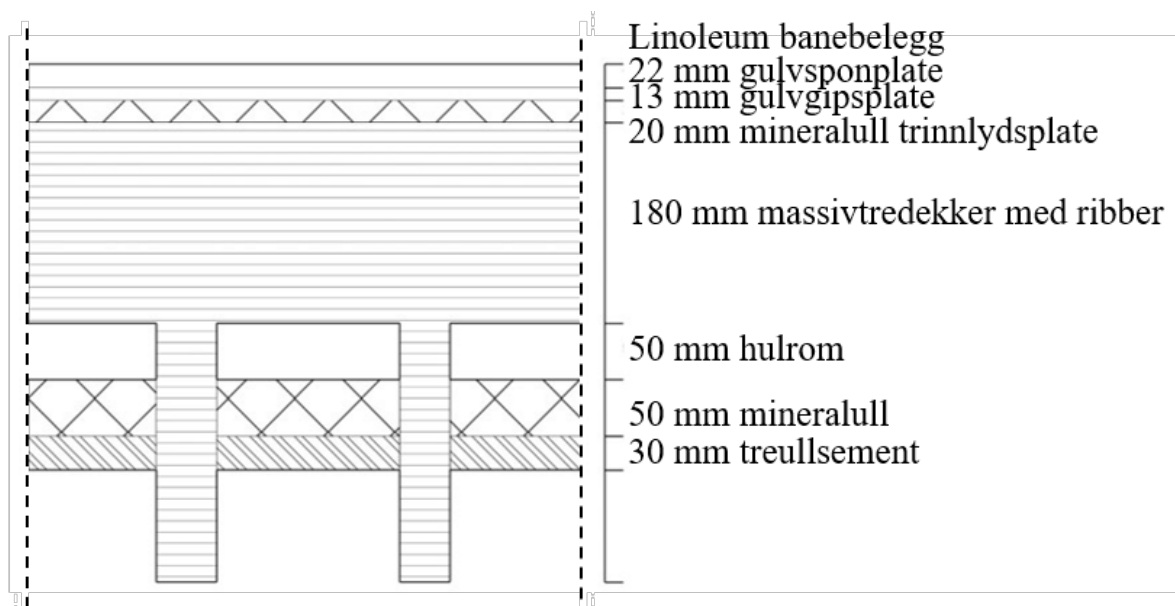
Etasjeskilleren i undervisningsarealet til **Hoppern skole** består av avrettingsmasse og et massivtredekke. Total høyde på etasjeskiller er 360 mm. Konstruksjonen har også en nedforet himling slik Figur 4.24 viser.

¹ Rockfon Sonar er et himlingssystem i steinull som er en type mineralull. Mineralull har lydabsorberende og lydisolerende egenskaper (Rockfon, u.å.).



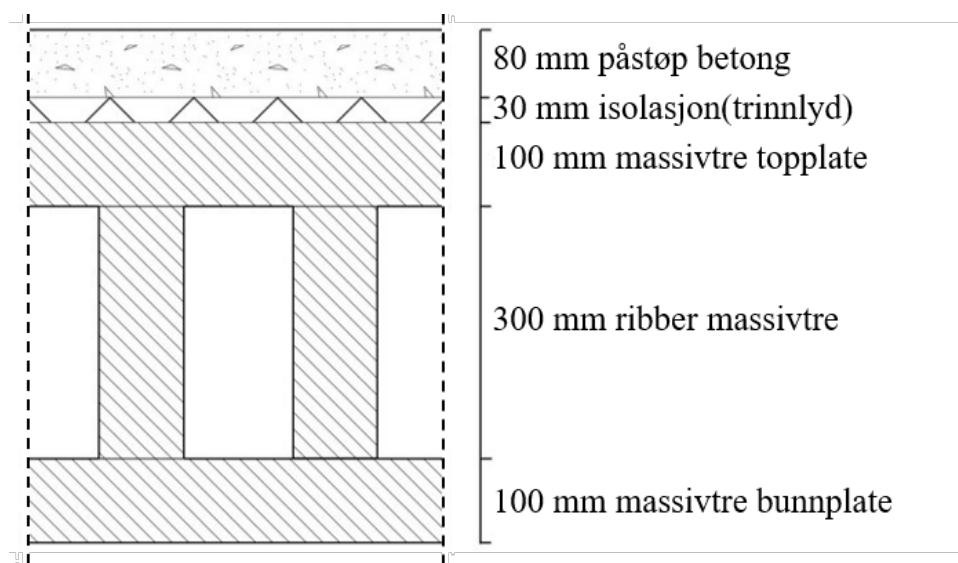
Figur 4.25 Detaljtegning for etasjeskiller i undervisningsarealet til Lade skole. Egen tilvirkning.

Figur 4.25 viser oppbyggingen av etasjeskiller i undervisningsarealene til **Lade skole**. Etasjeskilleren består av armert påstøp, trinnlydsplate, massivtredekke og en t-profil systemhimling. Total høyde for etasjeskiller er 360 mm uten t-profil systemhimlingen.



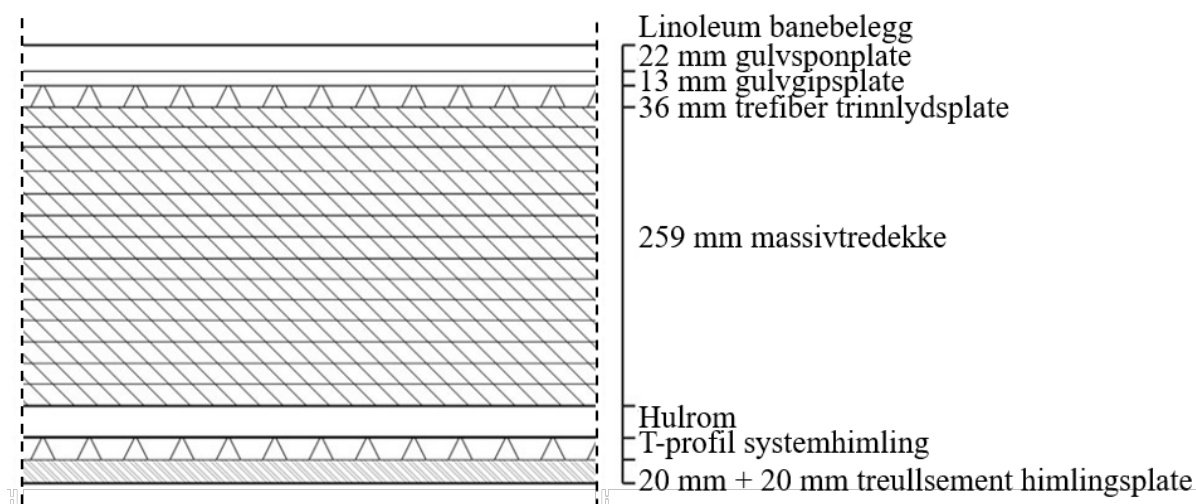
Figur 4.26 Detaljtegning for etasjeskiller i undervisningsarealet til Nardo skole. Egen tilvirkning.

Etasjeskilleren i undervisningsarealet til **Nardo skole** består slik Figur 4.26 viser av linoleum banebelegg, gulvsponplate, gulvgipsplate, trinnlydsplate, massivtredekke med ribber, et hulrom, mineralull og treullsement. Høyden til etasjeskilleren er 365 mm uten at hele lengden av ribbene er tatt med.



Figur 4.27 Detaljtegning for etasjeskiller i undervisningsarealet til Romsdal videregående skole. Egen tilvirkning.

Romsdal videregående skole har den høyeste etasjeskilleren i utvalget med en totalhøyde på 610 mm. Etasjeskilleren illustrert i Figur 4.27 består av påstøp, trinnlysisolasjon og et ribbedekke i massivtre.



Figur 4.28 Detaljtegning for etasjeskiller i undervisningsarealet til Åsveien skole. Egen tilvirkning.

Figur 4.28 viser etasjeskilleren til **Åsveien skole**. Etasjeskilleren er oppbygd med linoleum banebelegg, gulvsponplate, gulvgipsplate, trinnlydsplate, massivtredekke og t-profil systemhimling. Høyden til etasjeskilleren uten systemhimlingen er 330 mm.

4.2.6 Etasjehøyde

Dette delkapittelet vil ta for seg virkningen av å velge etasjeskiller i massivtre kontra etasjeskiller i stål og betong. Kapittelet vil fokusere på virkningene i etasjehøyde og den tilhørende prisen.

Tabell 4.11 Oversikt over de ulike skolenes etasjehøyder og høyde på etasjeskiller i massivtre. Spennviddene i bygget gir også høyden på alternativ etasjeskiller i stål og betong. Til slutt blir differansen mellom etasjeskiller og alternativ etasjeskiller oppgitt. Egen tilvirkning.

Skoler	Etasjehøyde	Massivtre etasjeskiller	Spennvidde	Hulldেকে etasjeskiller	Differanse etasjeskiller
Bjørkelangen	4000 mm	310/320 mm	7,0 m	280 mm	30/40 mm
Hoppern	3900 mm	360 mm	8,7 m	280 mm	80 mm
Lade	4500 mm	360 mm	8,7 m	280 mm	80 mm
Nardo	3800 mm	365 mm	9,7 m	280 mm	85 mm
Romsdal	4000 mm	610 mm	9,5 m	280 mm	330 mm
Åsveien	4000 mm	330 mm	8,7 m	280 mm	50 mm
Gjennomsnitt	4033 mm	390 mm	8,7 m	280 mm	110 mm

Alle de undersøkte skolene har spennvidde som resulterer i et 200 mm tykt dekke og får dermed en økning i etasjehøyde ved å velge etasjeskiller i massivtre kontra i stål og betong. Tabell 4.11 viser at differansen i høyde på etasjeskillerene varierer fra 30 mm til 330 mm.

Tabell 4.12 De ulike skolenes ekstra fasadehøyde på grunn av differansen på etasjeskiller, den totale omkretsen av undervisningsarealenes yttervegger og den tilhørende kostnaden for økt høyde på ytterveggen. Prisene er hentet fra Tabell 2.1. Egen tilvirkning.

Skoler	Ekstra fasadehøyde		Total omkrets	Total kostnad	
Bjørkelangen	30 mm	40 mm	476,3 m	32 764,13 kr	43 685,51 kr
Hoppern	80 mm		527,4 m	96 872,83 kr	
Lade	80 mm		523,1 m	95 938,93 kr	
Nardo	85 mm		360,4 m	70 136,54 kr	
Romsdal	330 mm		224,8 m	143 916,96 kr	
Åsveien	50 mm		518,0 m	59 298,05 kr	

Den økte fasadehøyden gitt i Tabell 4.11 multiplisert med den totale omkretsen av fasaden til undervisningsarealene gir den totale økningen i kvadratmeter fasade. Kostnaden ved økningen i fasade er vist i Tabell 4.12 og varierer fra 32 764 kr til 143 917 kr.

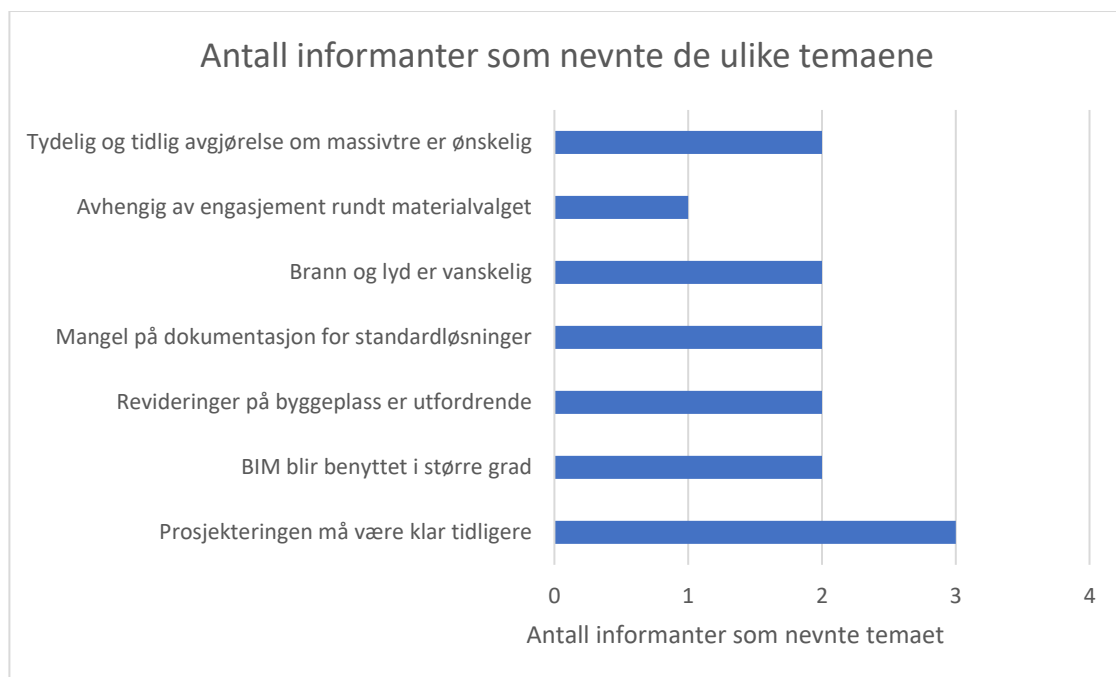
4.3 Intervjuer

I dette delkapittelet vil resultatene fra de fire intervjuene bli presentert.

4.3.1 Delspørsmål 1

Hvordan har prosjekteringsprosessen vært annerledes i forhold til prosjekteringsprosessen for en skole i mer tradisjonelle materialer som stål og betong?

Det var i hovedsak syv temaer som ble nevnt av de ulike informantene. Dette var:



Figur 4.29 Oversikt over antall informanter som nevnte de ulike temaene som svar på delspørsmål 1. Egen tilvirkning.

Figur 4.29 viser at totalt tre av fire informanter var enige i at prosjekteringen må være ferdig tidligere i et prosjekt med massivtre enn i et prosjekt med tradisjonelle materialer. De nevnte blant annet at alt av tekniske føringer og åpninger måtte være helt ferdig før bestillingen av massivtre ble sendt. Dette førte til økt grad av samarbeid på tvers av fagene. To av informantene nevnte også at BIM var brukt i større grad enn ved tidligere prosjekter for å styrke nettopp dette samarbeidet. To av informantene nevnte at revideringer på byggeplassen var utfordrende og at det ikke var mulig å endre ting i ettertid slik det er i et byggeprosjekt utført i mer tradisjonelle materialer. En av informantene nevnte at kollisjonstester som ble utført i BIM modellen reduserte nettopp denne faren fordi kollisjoner ble lagt merke til før bestillingen av elementer ble gjort. Flere av informantene var inne på dette med at å bygge i

massivtre er utenfor komfortsonen til flere. Figur 4.29 viser at informantene ønsker mer informasjon om løsningene for massivtre og hvordan brann- og lydkrav skal løses. Som Figur 4.29 viser er det ønskelig med en tydelig avgjørelse om at massivtre er materialet bygget skal bygges i. Informantene fortalte historier om at sene avgjørelser rundt materialvalget bød på problemer for prosjekteringen. En av informantene var opptatt av at engasjement i rådgivergruppen rundt massivtre var viktig for å få til gode løsninger. Informanten dro frem at det spesielt i prosjekter hvor det ikke fantes preaksepterte løsninger var viktig med engasjement og nysgjerrighet rundt nye løsninger. Til tross for at det har blitt bygget flere massivtreskoler ble det nevnt under intervjuene at detaljer rundt brukte løsninger ikke var så lett å oppdrive.

4.3.2 Delspørsmål 2

Hvilke muligheter og begrensninger ga massivtre for prosjekteringen av undervisningsarealene i denne skolen, kontra prosjekteringen av undervisningsarealene i en skole bygget i stål og betong?

Da informantene ble spurt om mulighetene ved å prosjektere skoler i massivtre var det kun to av fire informanter som hadde informasjon å komme med. Relevante temaer som ble nevnt var:

1. Massivtre er estetisk fint
2. Tre har gode egenskaper i forhold til å absorbere lyd og luftfuktighet
3. Eksponert tre øker trivsel
4. Treverk er enklere å forme uten store konsekvenser for konstruksjonen

Temaene som ble nevnt som svar på delspørsmål 2 gikk i hovedsak på treets egenskaper. Begge informantene var enige om at estetikken ved treverk var viktig og at det var fint å kunne se konstruksjonen. En av fordelene massivtre gir er at materialet er enklere å forme uten at det får for store konsekvenser for konstruksjonen. En av informantene dro spesielt frem at skrå vegger og åpninger var enklere å få til i dette prosjektet enn i tidligere prosjekter.

En av informantene var også svært opptatt av treets hygroskopiske egenskaper og refererte til flere studier som viste at eksponert treverk har en positiv innvirkning på hjerterytme, trivsel og kreativitet. Et av eksemplene informantene dro frem var at treverk i motsetning til malte gipsvegger har ujevnheter i form av kvister og årringer. Disse ujevnheter gir oss noe å fokusere

øyet på og dette kan igjen ha en beroligende effekt. Effekten av treets hygroskopiske egenskaper illustrerte informanten ved sitatet «*Tre puster i motsetning til de plastposene vi sitter i*».

Svarene på hvilke begrensninger massivtre ga hadde større sprik i avgitt svar enn for de to foregående spørsmålene. Temaene som ble nevnt av de fire informantene var:

1. Store spenn kan være vanskelig
2. Flanketransmisjon av lyd er mer krevende og må behandles spesielt
3. Fleksibilitet er mer tungvint
4. Rigid regelverk som ikke åpner opp for alternative løsninger
5. Må kle inn treverk på grunn av brann og etterklangstid
6. Massivtre gir tykkere vegger og søyler

Flere av svarene til informantene går på problematikken med at lange spenn krever større bjelketverrsnitt, vegger og søyler. Flere bærende elementer vil igjen redusere fleksibiliteten eller gjøre det mer tungvint å skape et fleksibelt bygg slik en av informantene nevnte. En av informantene tok også opp at de ofte måtte kle inn treverket på grunn av brann og etterklangstid. Informanten pekte på at rigide regelverk innenfor spesielt brann gjorde det vanskelig å benytte massivtre og samtidig eksponere treverket. Informanten omtalte regelverket som rigid fordi det ikke tillater alternative løsninger og mente at en god løsning var brannrådgivere som tillot å tenke litt utenfor boksen. En av informantene nevnte i likhet med en annen informant i spørsmål 1 at flanketransmisjon av lyd er mer krevende og må behandles spesielt.

5 Diskusjon

I dette kapittelet vil resultatene fra kapittel 4 diskuteres og kobles opp mot teorien i kapittel 2. Først vil datautvalget og usikkerhet rundt målinger kommenteres og deretter vil resultater og teori som er koblet opp mot de to forskningsspørsmålene diskuteres.

5.1 Datautvalg

Utvalget i denne masteroppgaven baserer seg på informasjon om skoler som var tilgjengelig på google.com. En annen tilnærming for å samle inn skoler til utvalget ville vært å kontakte alle kommuner og fylkeskommuner i Norge og på den måten få informasjon om hvilke materialer de ulike skolene består av. En slik løsning ville gitt full oversikt over hvilke massivtreskoler som fantes, men det ble i denne masteroppgaven oppfattet som en for tidkrevende fremgangsmåte.

5.2 Måleusikkerhet

De innhentede tegningene er fra forskjellige faser i prosjektene og det er for noen av skolene vanskelig å si om de analyserte løsningene faktisk ble benyttet eller ei.

Usikkerheten rundt planløsningene i kapittel 4.2.1 er relativt høy fordi de er hentet fra tilbudstegninger, rammesøknader, arbeidstegninger, anbudstegninger og noen fra tegningene av ferdigstilte bygg. Det er likevel rimelig å anta at de uthentede planløsningene og resultatene fra de tilhørende analysene er gyldige fordi resultatene baserer seg på gjennomsnittsmålinger. For eksempel vil en forandring i planløsning for ett av klasserommene ikke ha de store utslagene på gjennomsnittsverdien for alle klasserommene for skolen.

Illustrasjonene av etasjeskillerene i kapittel 4.2.5 er hentet fra prosjekter hvor fire av skolene er ferdigstilt og hvor to av skolene ferdigstilles i henholdsvis august 2019 og mai 2018. På bakgrunn av dette antas det at etasjeskillerens oppbygning kun er usikker for en av skolene.

Avstandsmålingene som er benyttet i analysene i kapittel 4.2.3, 4.2.4 og 4.2.6 er utført manuelt og vil til tross for kontrollmålinger ha en viss feilmargin. Her vil igjen resultatene være basert på gjennomsnittsmålinger og effekten av feilmarginen blir derfor mindre.

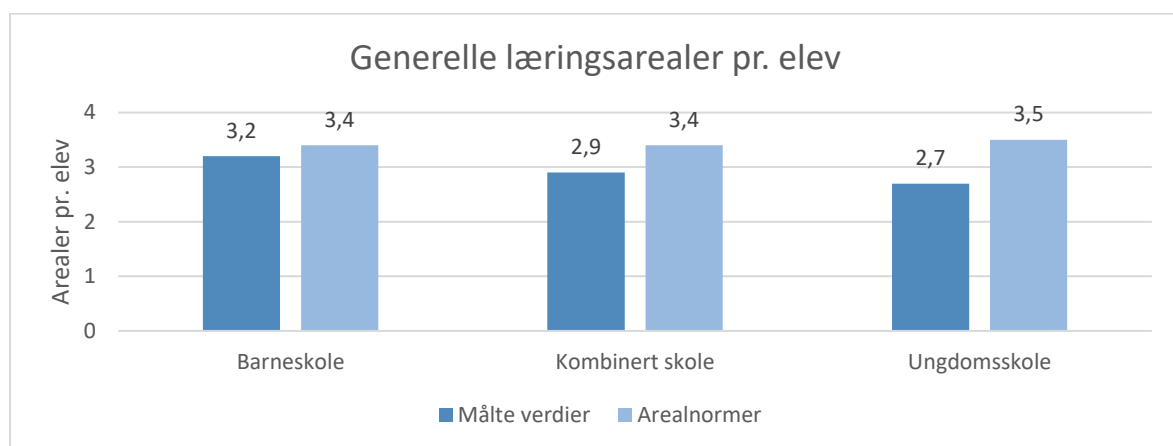
Mangelen på lydopptak under intervjuene er også en feilkilde som bør tas hensyn til.

5.3 Forskningsspørsmål 1

Hvilke etasjeskillere blir valgt i massivtreskoler og hvilke følger har valget på utformingen av de generelle læringsarealene?

Fellesnevneren for planløsningene i kapittel 4.2.1 er at de alle har klasserom/baser, grupperom og områder som er tilrettelagt for sosialisering. I likhet med resultatene fra Houck (2012, s. 12) var det en overvekt av vridde klasserom. Mens det i Houck sine resultater hovedsakelig var vridde klasserom var det i analysen i kapittel 4.2.2 «kun» 52 % av klasserommene som hadde denne formen. Hvorvidt dette er en ny trend er vanskelig å si noe om, men reduseringen av andel vridde klasserom kan tyde på at det er en økning av baser og tradisjonelle- og kvadratiske klasserom.

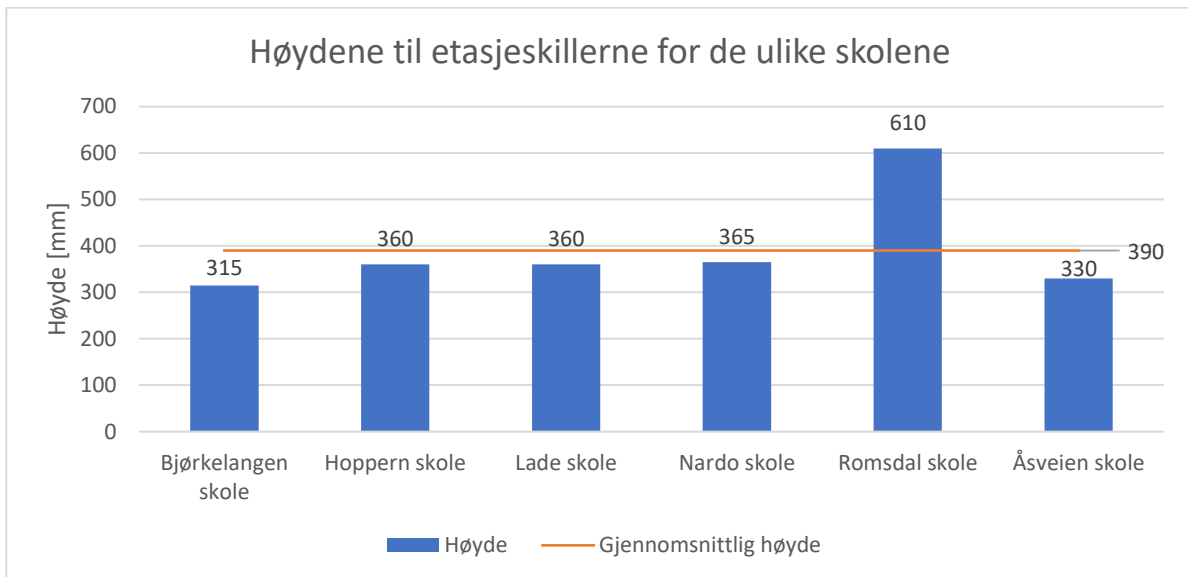
De undersøkte klasserommene i kapittel 4.2.3 hadde et gjennomsnittlig areal på 59,68 m² og dette tallet samsvarer godt med teorien fra Brantenberg (1980, s. 6) om gjennomsnittlig areal på 60 m² for klasserom.



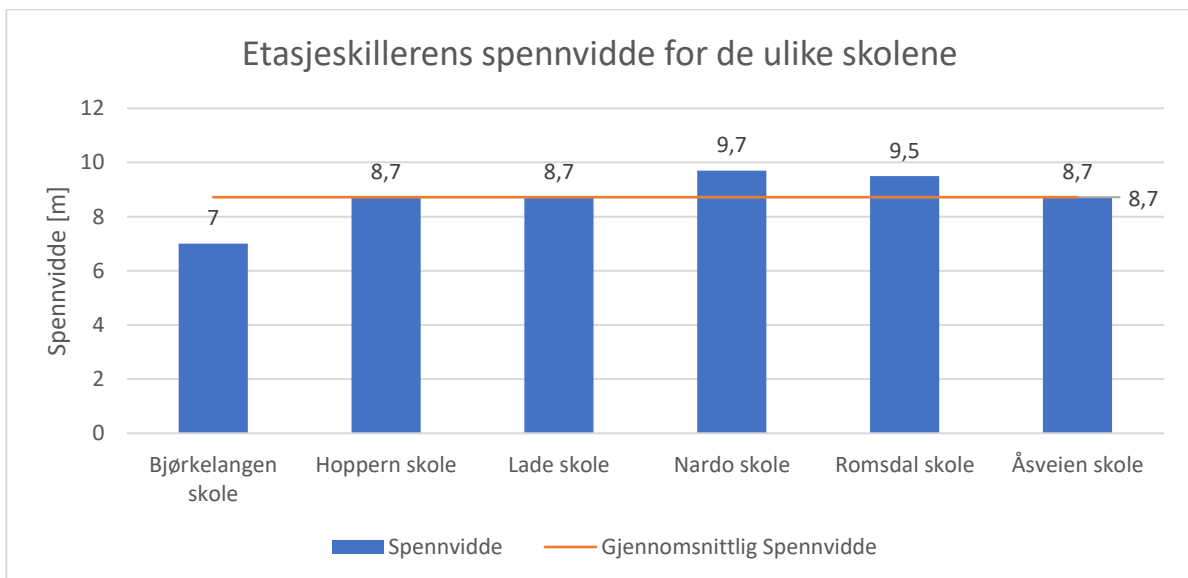
Figur 5.1 Generelle læringsarealer pr. elev. Sammenligning av målte verdier og verdier fra arealnormer (Norsted, 2015, s. 29) Egen tilvirkning.

De generelle læringsarealene illustrert i Figur 5.1 varierer noe med hverandre. Den største differansen er for ungdomsskolen med 0,8 m² pr. elev. Med tanke på at de målte verdiene for ungdomsskole baserer seg på kun en ungdomsskole, kan det ikke basert på dette trekkes noen slutning. For barneskolen og den kombinerte skolen var differansen henholdsvis 0,2 m² pr. elev og 0,5 m² pr. elev. En klar sammenheng av differansene er at alle de målte verdiene ligger under arealnormene. Det kan derfor argumenteres for en trend som viser at arealene pr. elev er lavere i massivtreskolene enn i arealnormen. Det kan også argumenteres imot denne sammenhengen ved å peke på at de målte verdiene er tatt fra et langt mer begrenset utvalg enn utvalget bak arealnormene.

Ingen av etasjeskillerene som er beskrevet i kapittel 4.2.5 har lik oppbygning, men de har noen likhetstrekk. En av disse likhetstrekkene, som finnes i fem av de seks etasjeskillerene, er en nedsenket himling. Disse himlingene består av lydisolerende materialer som treullsement og mineralull. Den etasjeskilleren som ikke har en nedsenket himlingsplate er den i undervisningsarealene på Romsdal videregående skole. De ulike etasjeskillerenes høyde og spennvidde og deres gjennomsnitt er illustrert i Figur 5.2 og Figur 5.3.



Figur 5.2 Oversikt over høyden til etasjeskillerene for de ulike skolene. Den oransje linjen representerer gjennomsnittlig høyde for alle etasjeskillerene. Egen tilvirkning.



Figur 5.3 Illustrasjon av spennvidden til de ulike etasjeskillerene for de ulike skolene. Den oransje linjen viser gjennomsnittlig spennvidde for de forskjellige skolene. Egen tilvirkning.

Etasjeskilleren til Romsdal videregående skole er totalt 269 mm høyere og har et 0,94 meter lenger spenn enn gjennomsnittet av de andre etasjeskillerene. På den ene siden kan det derfor virke som om økt høyde på dekket gir både lengre spenn og bedre lydisolering. På den andre siden har derimot Nardo skole sin etasjeskiller et spenn som er 0,2 meter lenger og en høyde som 245 mm lavere enn Romsdal sin etasjeskiller. Dette motbeviser sammenhengen mellom høy etasjeskiller, langt spenn og god lydisolering. Et annet punkt som er verdt å nevne er at det ikke er utført noen form for målinger eller beregninger av etasjeskillerenes egenskaper rundt lyd. Det er kun antatt at etasjeskillerene tilfredsstillter lydkravene som er satt for skolebygg.

I kapittel 4.2.6 ble de valgte dekkene i massivtre byttet ut med et hulldekk i stål og betong. Høyden på det «nye» hulldekket ble kun basert på spennvidden til det «gamle» dekket. På bakgrunn av dette er det ikke sikkert at det nye dekket vil ha lik kapasitet som det gamle dekket. En konsekvens av å velge lik spennvidde på det nye dekket som på det gamle dekket, er at antallet bærevegger ikke reduseres. Bærevegger er som kjent en hindring for å skape et fleksibelt bygg og lengre spenn vil gi færre bærevegger. I tillegg til å redusere fleksibiliteten vil også flere bærevegger øke kostnadene for bygget. Regneeksempelet i Tabell 4.12 gir de tilhørende kostnadene til den økte høyden fra etasjeskilleren i massivtre og det er flere potensielle feilmarginer knyttet til denne utregningen. En av disse feilmarginene er verdien for total omkrets fordi omkretsen er manuelt oppmålt og gjelder kun for fasader som vender inn mot generelle læringsarealer. Det er naturlig å tenke at andre arealer på samme etasje som de generelle læringsarealene vil ha samme etasjehøyde og dermed burde disse også vært med i beregningene av omkrets. De ble utelatt fordi de innhentede etasjeskillerene kun er bekreftet som benyttet i undervisningsarealene. En annen feilkilde er de benyttede prisene fra Norsk prisbok. Disse prisene er usikre på grunn av manglende informasjon om hvilke materialer veggene består av og hvor høy andelen av vinduer er. Hvis man på tross av disse feilkildene benytter seg av den økte kostanden vil summene utgjøre et sted mellom 0,01 og 0,05 % av prosjekt- og kontraktskostnaden for bygget.

5.4 Forskningsspørsmål 2

Hvordan har prosjekteringsprosessen vært for skolebygg i massivtre og hvilke fordeler og ulemper ga massivtre?

Forskningsspørsmål 2 er forsøkt besvart ved hjelp av intervjuer og følgende intervju spørsmål:

1. Hvordan har prosjekteringsprosessen vært annerledes i forhold til prosjekteringsprosessen for en skole i mer tradisjonelle materialer som stål og betong?
2. Hvilke muligheter og begrensninger ga massivtre for prosjekteringen av undervisningsarealene i denne skolen, kontra prosjekteringen av undervisningsarealene i en skole bygget i stål og betong?

Fellesnevneren for svarene informantene ga på spørsmål 1 går på at det er annerledes å jobbe med massivtre og at de må bruke andre løsninger og jobbe på en annen måte.

Flere av informantene nevner at prosjekteringen må være klar tidligere og at en tydelig avgjørelse rundt materialvalget er ønskelig. Dette sett i kombinasjon med hverandre tyder på at det har vært utfordringer knyttet til valg av materialer for minimum to av prosjektene og at dette igjen har gitt problemer for prosjekteringen. Data fra teorikapittelet og informasjon fra informantene viser til at planleggingen av massivtre må være ferdig tidligere og at endringer på byggeplass er utfordrende. Flere av informantene pekte på at det var nødvendig med tettere samarbeid med de ulike fagene og rådgivere og at dette førte til økt bruk av BIM-modeller.

Det økte behovet for samarbeid i prosjekteringsprosessen kan være på grunn av manglende standardløsninger. I et prosjekt hvor alle forholder seg til standardløsninger er det ofte ikke nødvendig å snakke sammen fordi alle vet hvilke løsninger de andre benytter seg av. Det er i byggeprosjekter selvfølgelig nødvendig å kommunisere om valgt løsning, men det er i standardprosjekter mindre usikkerhet rundt hvilke løsninger som er mulige å velge. Usikkerheten rundt hvilke løsninger som blir valgt og hvordan de valgte løsningene fungerer sammen sett i sammenheng med den begrensede muligheten til å gjøre endringer på byggeplassen kompliserer prosjekteringsprosessen.

Det kan virke som mangelen på preaksepterte standardløsninger også skaper problemer for prosjekteringen av brann- og lyd løsninger. Flere av informantene nevnte at *brann og lyd var vanskelig* og at de manglet *dokumentasjon for standardløsninger*. Disse uttalelsene samsvarer godt med sitatene fra kapittel 2.4 om at det «foreligger få erfaringer», at «hvis man ønsker å

benytte slike løsninger er det viktig å be produsentene om dokumentasjon» og at *«ved slike bruksituasjoner må elementene dimensjoneres spesielt»* (Homb, 2009, s. 4). Til tross for denne samsvaringen av data kan det stilles spørsmålsteget rundt tidspunktene disse uttalelsene kom fra. Siteringene fra Homb (ibid.) er datert 2009 og uttalelsene fra informantene er fra 2018, det er lite trolig at det ikke har vært noen utvikling i tilgjengelig informasjon i løpet av disse ni årene. Dette sett i kombinasjon med at *«Volumet av trekonstruksjoner i Norge har doblet seg hvert år siden 2010»* (Alsén, 2018, s. 28) gjør at det burde være flere standardløsninger enn informantene gir uttrykk for. Når det er sagt så er en annen forklaring på mangelen av dokumentasjon at de som har klart å finne løsninger som oppfyller kravene ønsker å holde disse «hemmelige» for å gi seg selv et konkurransefortrinn.

En av informantene etterlyste også mer *engasjement rundt materialvalget*. Dette engasjementet eller mangelen på engasjement gjenspeiler seg i andelen av informantene som svarte på delspørsmål 2. I dette delspørsmålet svarte alle informantene på begrensningene ved massivtre, men kun halvparten svarte på hvilke muligheter massivtre gir. En grunn for dette kan være nettopp manglende engasjement rundt massivtre for de som skal prosjektere bygget. Samtlige av informantene har vært involvert i prosjekter som har vært organisert som en totalentreprise eller som en kombinasjon av samspills- og totalentreprise. Hvis engasjementet for massivtre kun ligger hos byggherren er det i en totalentreprise vanskelig å overføre dette engasjementet til prosjekteringsprosessen.

De mulighetene informantene nevnte gikk blant annet på at *massivtre var estetisk fint* og at *eksponert tre øker trivselen*. En lignende uttalelse finnes i artikkelen om Oslo tre hvor de slår fast at

«bygninger med eksponerte overflater av tre og andre naturmaterialer, kan bidra til lavere sykefravær og lavere stressnivå, færre forkjølelser, raskere tilbake fra sykdom og bedre konsentrasjon.» (Alsén, 2018, s. 29)

Artikkelen skriver videre

«at tre skaper et godt inneklima fordi ubehandlede treoverflater justerer fuktbalansen i innemiljøet naturlig gjennom det man kaller hygroskopisk effekt.» (Ibid.)

Som nevnt i kapittel 4.3.2 var en av informantene opptatt av treets hygroskopiske egenskaper og refererte i likhet med artikkelen til flere studier om eksponert treverk sin effekt på mennesker.

Til tross for eksponert treverk sin effekt på innemiljøet i rommet nevner flere av informantene at dette er vanskelig å få til på grunn av brannkrav og etterklangstid. En av informantene peker på et rigid regelverk som ikke tillater brennbare materialer i bærende hovedsystem (Direktoratet for byggkvalitet, 2017, s. 149). Sett opp mot massivtre sine egenskaper ved brann og at forkullet treverk fremdeles har bæreevne kan informanten være inne på noe i sin kommentar om et rigid regelverk (Homb, 2009, s. 3).

Et gjennomgående element i denne oppgaven har vært massivtreelementenes reduserte spennlengde og de problemene dette medfører. Dette ble diskutert i kapittel 5.3 og informantene tok det opp igjen ved å nevne følgende temaer som svar på intervju spørsmål 2:

1. *Store spenn kan være vanskelig*
3. *Fleksibilitet er mer tungvint*
6. *Massivtre gir tykkere vegger og søyler*

Disse temaene kan sees i sammenheng med at massivtre har begrenset spennvidde som fører til flere bærende vegger og søyler som igjen vil minke fleksibiliteten til bygget.

Også problematikken med lyd som nevnt i kapittel 5.3 blir tatt opp på ny som svar på intervju spørsmål 2. Som svar på hvilke begrensninger massivtre gir nevnte informantene at *flanketransmisjon av lyd er mer krevende og må behandles spesielt*. Denne lydproblematikken med massivtre samsvarer med teorien om at lettere elementer i treverk gir dårligere lydisolering enn tyngre elementer gjør (Edvardsen & Ramstad, 2014, s. 242).

6 Konklusjon

Diskusjonskapittelet i denne oppgaven tok for seg resultatene fra dokumentstudiet og intervjuene og sammenlignet disse med teori fra teorikapittelet. Dette kapittelet vil på bakgrunn av kapittel 5 besvare problemstillingen gitt i kapittel 1.2. Problemstillingen og tilhørende forskningsspørsmål i denne oppgaven har vært:

Hvordan har bruken av massivtre i skolebygg påvirket prosjekteringen og utformingen av undervisningsarealene i bygget?

- 1. Hvilke etasjeskillere blir valgt i massivtreskoler og hvilke følger har valget på utformingen av de generelle læringsarealene?*
- 2. Hvordan har prosjekteringsprosessen vært for skolebygg i massivtre og hvilke fordeler og ulemper ga massivtre?*

1. Hvilke etasjeskillere blir valgt i massivtreskoler og hvilke følger har valget på utformingen av de generelle læringsarealene?

Som nevnt i kapittel 5.3 hadde ingen av etasjeskillerene lik oppbygning, men de aller fleste hadde en nedsenket himling bestående av lydisolerende materialer. De ulike etasjeskillerene hadde en gjennomsnittlig spennlengde på 8,7 meter og en gjennomsnittlig høyde på 390 mm. Denne spennlengden ga klasserom som stemmer godt overens med standardarealet for klasserom og noe lavere verdier for generelle læringsarealer enn arealnormen. Selve utformingen til klasserommene var i større grad utformet som baser og kvadratisk- og tradisjonelle klasserom. Etasjeskillerene i massivtre er gjennomsnittlig 110 mm høyere enn tradisjonelle etasjeskillere for samme spennvidde og gir dermed en liten økning i kvadratmeter fasade. Kostnaden for økningen av kvadratmeter fasade er neglisjerbar sammenlignet med byggets totale kostnader. En større konsekvens av de korte spennene er mengden bærende vegger og søyler og dermed også begrenset fleksibilitet for bygget.

2. Hvordan har prosjekteringsprosessen vært for skolebygg i massivtre og hvilke fordeler og ulemper ga massivtre?

Informantene beskrev prosjekteringsprosessen som annerledes ved at prosjekteringen må være klar tidligere og det er et større behov for samarbeid på tvers av fagene. Manglende dokumentasjon på standardløsninger og treg avgjørelse om materialvalg gjør prosessen mer utfordrende enn ved vanlige prosjekter. Fordelene med å bygge i massivtre er den positive effekten eksponert treverk har på innemiljøet, både med tanke på estetikk og med tanke på inneklima. Ulempene med å bygge i massivtre er utfordringen rundt store spenn og de negative ringvirkningene dette har på fleksibiliteten til bygget. Kombinasjonen av treverk og lyd- og brannkrav ble også beskrevet av informantene som utfordrende.

7 Videre arbeid

I denne oppgaven har det blitt avdekket et behov om videre arbeid innenfor følgende temaer:

- Ønske om mer tilgjengelig dokumentasjon for massivtreløsninger, spesielt i forhold til lyd- og brannkrav
- Hvor store prosentandeler av skolebyggene blir benyttet til henholdsvis:
 - o Generelle læringsarealer
 - o Spesialiserte læringsarealer
 - o SFO
 - o Elevgarderober og toalett
 - o Fellesareal
 - o Personal- og administrasjonsarealer
 - o Elevtjenester
 - o Støtteareal

Under arbeidet ble det registrert at prosentandelene som ble benyttet til de ulike punktene over, varierte fra rapporten om arealnormer (Norsted, 2015, s. 29).

- Hvordan opplever lærerne og elevene at inneklimaet i skolebygg med eksponert treverk er? Registrerer de de samme effektene som teorien tilsier at massivtre skal ha på inneklima og -miljø?

8 Litteraturhenvisninger

- AF Gruppen. (2017a). *Hoppern Skole Et fremtidsrettet og miljøvennlig skolebygg*. Tilgjengelig fra: <https://afgruppen.no/prosjekter/bygg/hoppern-skole/> (lest 24.04.18).
- AF Gruppen. (2017b). *Idd Skole AF bygger ny skole i massivtre*. Tilgjengelig fra: <https://afgruppen.no/prosjekter/bygg/idd-skole/> (lest 24.04.18).
- Alsén, K. W. L. (2018, mars). Oslotre - Arkitekter med trebruk som spesialfelt. *Skog*, s. 28-31.
- Anda, P. (2017, 23. oktober). Nytt skolebygg i massivtre og energiklasse A. *Norske arkitekters landsforbund*. Tilgjengelig fra: <http://www.arkitektur.no/ulsmag-skole> (lest 24.04.18).
- Arge, K. & Landstad, K. (2002). *Generalitet, fleksibilitet og elastisitet i bygninger : prinsipper og egenskaper som gir tilpasningsdyktige kontorbygninger*, b. 336-2002. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Bell, K., Liven, H. & Norske limtreprodusenters, f. (2015). *Limtreboka*. Design of glulam structures. Bergen: John Grieg Norske limtreprodusenters forening.
- BetonmastHæhre. (2018). PROSJEKT: Lade skole. Tilgjengelig fra: <https://www.betonmsthæhre.no/prosjekter/lade-skole/> (lest 24.04.18).
- Blad, J. E. (2011). Illustrasjon. Tilgjengelig fra: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:N5000 fylker_med_hav.jpg (lest 29.03.18).
- Brantenberg, B. C. (1980). *Et bedre skolemiljø : en veiledning for planlegging og bruk av videregående skoler*: tapir Forlag.
- Buvik, K. (2009a). Grunnskolebygg Eksempler. *Byggforskserien*, 342.207.
- Buvik, K. (2009b). Grunnskolebygg Funksjoner og arealer. *Byggforskserien*, 342.205.
- bygg.no. (2017). *100 Største, 2016*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/100-storste> (lest 08.01.18).
- Byggeindustrien. (2016, 18. april). Betonmast bygger nye Lade skole. *Byggeindustrien*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1272609> (lest 24.04.18).
- byggmedtre. (u.å.). Ordførere for tre. Tilgjengelig fra: <http://www.byggmedtre.no/ordforer.html> (lest 06.03.18).
- Contiga. (u.å.). Hulldekker. Tilgjengelig fra: <http://contiga.no/produkter/betong/hulldekker/> (lest 03.05.18).
- Dale, O. H. (2008, 06. oktober). Nardo skole og barnehage. *Byggeindustrien*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/37274?image=dp-image1186-1001801> (lest 24.04.18).
- Dalland, O. (2017). *Metode og oppgaveskriving*. 6 utg.: Gyldendal Norske Forlag.
- Direktoratet for byggkvalitet. (2017). *Veiledning om tekniske krav til byggverk*. Tilgjengelig fra: https://dibk.no/globalassets/byggteknisk-forskrift-tek17/veiledning-til-byggteknisk-forskrift-tek17-01.07.2017_oppdateret-15.09.2017.pdf (lest 06.03.18).
- Direktoratet for byggkvalitet. (u.å.). *Entrepriseformer*. www.dibk.no: Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/saksbehandling/kommunalt-tilsyn/temaveiledninger/tilsyn/del-3--vedlegg/vedlegg-3.2/3.2.5.-entrepriseformer/> (lest 07.02.18).
- Edvardsen, K. I. & Ramstad, T. Ø. (2014). *Trehus*. [10. utg.]. utg. SINTEF byggforsk håndbok (trykt utg.), b. 5. Oslo: SINTEF akademisk forl.
- Eggen Arkitekter. (u.å.-a). Lade skole og idrettshall. Tilgjengelig fra: <http://www.eggen-arkitekter.no/lade-skole-og-idrettshall/> (lest 24.04.18).
- Eggen Arkitekter. (u.å.-b). Flyfoto. Tilgjengelig fra: http://www.eggen-arkitekter.no/wp-content/uploads/2008/01/0715_flyfoto1.jpg (lest 24.04.18).

- Entreprenørforeningen-Bbygg og Anlegg (EBA). (2016). *Veileder om samspillsentreprise*. Tilgjengelig fra: <https://www.anskaffelser.no/verktoy/veileder-om-samspillsentreprise> (lest 06.03.18).
- Hammer, N. (2017). Ny Bjørkelangen skole. Tilgjengelig fra: <https://www.aurskog-holand.kommune.no/barn-og-skole/skoler/bjorkelangen-skole/ny-bjorkelangen-skole/> (lest 23.04.18).
- Hasenmüller, B. & Moe, A. S. (2016, 10. august). Passivhusskole tilrettelagt for sambruk og nærmiljøfunksjoner. *Norske arkitekters landsforbund*. Tilgjengelig fra: <http://www.arkitektur.no/asveien-skole> (lest 25.04.18).
- Helsedirektoratet. (2014). Miljø og helse i skolen Veileder til forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skoler. (IS-2073): 18-19. Tilgjengelig fra: <https://helsedirektoratet.no/Lists/Publikasjoner/Attachments/418/Miljo-og-helse-i-skolen-Veileder-til-forskrift-om-milj%C3%B8rettet-helsevern-i-barnehager-og-skoler-IS-2073.pdf> (lest 30.04.18).
- Herskedal, K. (2017, 15. november). Nye Romsdal videregående skole i Molde er det hittil største skolebygget her i landet i massivtre. *Byggeindustrien*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/article/1333800> (lest 25.04.18).
- Homb, A. (2009). Etasjeskillere i massivtre. *Byggforskserien*, 522891.
- Houck, L. D. (2012). *Dagslysets kår blant vinner- og taperprosjekter i arkitektkonkurranser om nye skoler*. IMT-rapport (Universitetet for miljø- og biovitenskap. Institutt for matematiske realfag og teknologi : trykt utg.), b. Nr 46/2012. Ås: Institutt for matematiske realfag og teknologi, Universitetet for miljø- og biovitenskap.
- HRTB Arkitekter. (u.å.). Bilde. Tilgjengelig fra: <https://www.aurskog-holand.kommune.no/globalassets/barn-og-skole/bilder/bjorkelangen-skole/oversiktsbilde-av-ny-skole.jpg> (lest 24.04.18).
- HUS Arkitekter AS. (2013). Illustrasjon. Tilgjengelig fra: https://romsdal.vgs.no/var/romsdalvgs/storage/images/media/skular/romsdal-vgs/k104/romsdal_vgs_k104/1931053-1-nor-NO/Romsdal_vgs_K104.png (lest 24.04.18).
- Innovasjon Norge. (u.å.). Tilskudd til innovativ bruk av tre. Tilgjengelig fra: <https://www.innovasjonnorge.no/tre> (lest 08.05.18).
- Jakobsen, I. U. K., S. (2017). Parisavtalen: snl.no. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/Parisavtalen> (lest 12.01.18).
- Jansen Arkitekter. (2016). Tilgjengelig fra: https://www.moss.kommune.no/f/p1/ieac1a8af-7b10-4a35-840c-45691f89abda/160602_forprosjekt_hoppertn_a3_v4.pdf (lest 24.01.18).
- Jerkø, S. & Homb, A. (2009). *Planløsning, akustikk og støy i baseskoler*, b. 43-2009. Oslo: Sintef Byggforsk.
- Joelson, T. (2018, 13. februar). Bjørkelangen skole. *bygg.no*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1343595> (lest 25.04.18).
- Kristensen, T. (2001). Massive treelementer Typer og bruksområder. *Byggforskserien* (520.205).
- Krohn, J. C. (1996). Dekker av betong- og lettbetongelementer. *Byggforskserien* (522.881).
- Krohn, J. C. (2017). Oversikt over krav og løsninger ved brannteknisk prosjektering av bygninger. *Byggforskserien*, 321.022.
- Lædre, O. (2009). *Kontraktstrategi for bygg- og anleggsprosjekter*: tapir akademiske forlag.
- Løvetanna Landskap AS. (u.å.). Illustrasjon. Tilgjengelig fra: http://www.eggen-arkitekter.no/wp-content/uploads/2012/07/1131_1131-sitplan-500-red.jpg (lest 24.04.18).

- Moene, I. J. (2016). Kontrakt i hamn for oppføring av nye Romsdal videregående skole. Tilgjengelig fra: <https://www.romsdal.vgs.no/Romsdal-VGS/Nyheter/Kontrakt-i-hamn-for-oppfoering-av-nye-Romsdal-videregaaende-skole> (lest 24.04.18).
- NCC. (2018). Skole i 90 prosent tre. Tilgjengelig fra: <https://www.ncc.no/vare-prosjekter/ulsmag-skole-bergen/> (lest 24.04.18).
- ngbc.no. (u.å.). Hva er BREEAM. Tilgjengelig fra: <http://ngbc.no/breeam-nor/> (lest 07.05.18).
- Norsk Prisbok. (2018). Hva er norsk prisbok? Tilgjengelig fra: <https://www.norskprisbok.no/WhatIsNP.aspx> (lest 28.04.18).
- Norsk Treteknisk Institutt. (2009). *Treteknisk håndbok*. 3. utg. utg. Teknisk håndbok (trykt utg.), b. nr. 4. Oslo: Norsk treteknisk institutt.
- Norske Arkitekters Landsforbund. (2015, 29. juni). skole bygget i massivtre med energieffektive løsninger. *Norske arkitekters landsforbund*. Tilgjengelig fra: <http://www.arkitektur.no/nardo-skole-og-barnehage> (lest 25.04.18).
- Norsted, J. H., H. (2015). Presentasjon av arealnorm for grunnskoler i fem kommuner.
- Ola Roald AS. (u.å.). Illustrasjon. Tilgjengelig fra: <https://www.ncc.no/globalassets/vare-prosjekter/building/ulsmag-skole.jpg?width=1170&height=515&crop=auto> (lest 24.04.18).
- Pedersen, B. (2018). Hygroskopisk. snl.no. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/hygroskopisk> (lest 07.05.18).
- Rockfon. (u.å.). Om oss. Tilgjengelig fra: <http://www.rockfon.no/> (lest 05.05.18).
- SG Arkitekter. (2016). Tilgjengelig fra: <https://www.ostfold-enok.no/wp-content/uploads/2018/01/idd-skole.png> (lest 24.04.18).
- Solem, B. S. (2018). *Bærekraftige materialvalg*. Upublisert manuskript.
- Standard Norge. (2012). *NS 8175:2012 Lydforhold i bygninger*. Tilgjengelig fra: <http://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=ns+8175> (lest 01.05.2018).
- Store Norske Leksikon. (2009). hulldekke-element. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/hulldekke-element> (lest 07.05.18).
- Thue, J. V. (2009). avrettingsmasse. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/avrettingsmasse> (lest 07.05.18).
- Tjora, A. (2017). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. 3 utg.: Gyldendal Norske Forlag AS.
- TreSenteret. (u.å.). Trebyen Trondheim: TreSenteret. Tilgjengelig fra: <http://www.tresenter.no/prosjekter/trebyen-trondheim> (lest 06.03.18).
- Urstad, T. (2017, 27. april). AF Gruppen skal bygge nye Hoppern skole. *Moss Avis*. Tilgjengelig fra: <https://www.moss-avis.no/okonomi-og-naringsliv/nyheter/moss/af-gruppen-skal-bygge-nye-hoppern-skole/s/5-67-418283>; (lest 25.04.18).
- Utdannings- og forskningsdepartementet. (2015). *Kunnskapsløftet - reformen i grunnskole og videregående opplæring*. I: forskningsdepartementet, U.-o. (red.). Tilgjengelig fra: https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kilde/ufd/prm/2005/0081/ddd/pdfv/256458-kunnskap_bokmaal_low.pdf (lest 25.04.18).
- Utdanningsdirektoratet. (2015). Ulsmåg skole, Bergen. Tilgjengelig fra: <http://www.skoleanlegg.utdanningsdirektoratet.no/artikkel/93/Ulsmag-skole-Bergen> (lest 24.04.18).
- Utdanningsdirektoratet. (u.å.). *Om Udir*. Tilgjengelig fra: <https://www.udir.no/om-udir/> (lest 06.03.18).
- Yin, R. K. (2003). *Case study research : design and methods*. 3rd ed. utg. Applied social research methods series, b. vol. 5. Thousand Oaks, Calif: Sage.



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway