

Eirik Furnes Havre og Sigurd Nordby

Tilpasningsdyktighet i undervisningsbygg

En casestudie om hvordan tilpasningsdyktighet
kan gjøre undervisningsbygg bærekraftige

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Olav Torp

Juni 2023

Eirik Furnes Havre og Sigurd Nordby

Tilpasningsdyktighet i undervisningsbygg

En casestudie om hvordan tilpasningsdyktighet kan
gjøre undervisningsbygg bærekraftige

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk
Veileder: Olav Torp
Juni 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk



NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Bærekraft er et voksende fokusområde i norsk BAE-næring, i tråd med Norges mål om å bli et lavutslippssamfunn. Imidlertid står bransjen for en betydelig andel av klimagassutslippene og energibruken, både nasjonalt og globalt. Studier viser at utslipp fra rehabilitering kun utgjør opptil halvparten av utslipp ved nybygg. Tatt i betraktning at 80-90 % av eksisterende bygningsmasse vil være i drift i 2050, vil rehabilitering derfor være en avgjørende strategi for å redusere næringens klimafotavtrykk. Et overordnet mål burde være at bygningene skal fungere optimalt for kjernevirksomheten så lenge som mulig, noe som krever at bygninger må kunne endres i takt med endring av virksomheten og dens behov. Dette er spesielt relevant for undervisningsbygg som ofte opplever behov for endringer i bygningsmassen lenge før forventet levetid på grunn av kapasitets- eller kvalitetsutfordringer. Ved å implementere tilpasningsdyktige løsninger, kan bygningen bedre motstå endringsbehov og oppnå lenger levetid.

Masteroppgavens hensikt er å undersøke hvordan tilpasningsdyktighet kan bidra til mer bærekraftige undervisningsbygg. Dette innebærer å undersøke dagens situasjon, hvilke bygningstekniske prinsipper som står sentralt for tilpasningsdyktighet, samt hvilke drivere og barrierer som påvirker implementering av tilpasningsdyktighet i undervisningsbygg. Besvarelsen baserer seg på et litteraturstudie, caseintervjuer med ti aktører og et tilhørende dokumentstudie fra utvalgte caseprosjekter, samt ekspertintervjuer med to representanter fra både multiMap Oslobygg KF.

Undervisningsbygg opplever i dag et stort vedlikeholdsetterslep, med en estimert utbedringskostnad på 90 milliarder kroner. Med en oppgraderingstakt på 1-1,4 % på norske bygg er dette et problem som vil fortsette å vokse i de kommende tiårene. Utdaterte planløsninger og svingninger i antall elever er to andre sentrale årsaker til endringsbehov i dagens undervisningsbygg. Flere skoler er for små før de står innflytningsklare, da kapasitetsbehov er vanskelig å forutse. Dette er sentrale årsaker til hvorfor undervisningsbygg må rives før de har oppnådd tiltenkt levetid.

Aktørene i dagens BAE-næring er ikke enige om hvordan tilpasningsdyktighet best oppnås. Flere av intervjuobjektene nevner etasjehøyde og spennvidder som de viktigste parameterne, mens andre mener at etablering av bufferareal er den beste løsningen. Det er derfor ingen universell tilnærming til utformingen av tilpasningsdyktige bygg. Generelt trekkes tverrfaglig samarbeid mellom tekniske fag, byggherre og entreprenør frem som drivere for tilpasningsdyktighet og tiltak som kan føre til smartere og mer kostnadseffektive løsninger. I tillegg viser det seg at tilpasningsdyktighet ikke nødvendigvis trenger å medføre tilleggsinvesteringer, så lenge løsningene prosjekteres tidlig. Sene beslutninger koster, ettersom handlefriheten reduseres.

Besvarelsen konkluderer med at "mulighet for frie arealer og plassering av innervegger", "netto etasjehøyde" og "strategisk plassering av spesialfunksjoner" er de tre viktigste parameterne for å oppnå høy tilpasningsdyktighet. Videre anbefales det å velge slitesterke og vedlikeholdsfrie materialer og øke investeringene i forvaltning, drift og vedlikehold, da en ser en negativ trend i vedlikeholdsarbeid på norske skoler. Til slutt anbefales det et tverrfaglig samarbeid for å finne innovative og tilpasningsdyktige løsninger. Dette kan oppnås ved bruk av totalentreprise med samspill som gjennomføringsmodell.

Abstract

Sustainability is a growing area of focus in the Norwegian Construction and Real Estate industry, in line with Norway's aim to become a low-emission society. However, the industry accounts for a significant proportion of greenhouse gas emissions and energy usage, both nationally and globally. Studies show that emissions from refurbishment constitute only up to half of the emissions from new constructions. Given that 80-90 % of the existing building mass will still be operational in 2050, refurbishment therefore becomes a critical strategy for reducing the industry's carbon footprint. An overarching goal should be that the buildings should function optimally for core operations for as long as possible, necessitating the buildings to adapt in line with changes in the operations and their requirements. This is particularly relevant for educational buildings that often experience the need for adaptations in the building mass long before their expected lifespan due to capacity or quality challenges. By implementing adaptable solutions, the building can better withstand the need for change and obtain a longer lifespan.

The purpose of this Master's thesis is to investigate how adaptability can contribute to more sustainable educational buildings. This involves understanding the current situation, which principles are key for adaptability, and which drivers and barriers affect the implementation of adaptability in schools. The thesis is based on a literature study, case interviews with ten actors, and a document study from selected case projects, as well as expert interviews with two actors from both multiMap and Oslobygg KF.

Schools face a significant maintenance backlog, with an estimated refurbishment cost of 90 billion NOK. With a refurbishment rate of 1-1,4 % in Norwegian buildings, this is a problem that will continue to grow in the coming decades. Outdated layouts and fluctuations in numbers of pupils are two other core reasons for the need for adaptations in today's educational buildings. Several schools are too small before they are constructed, as capacity needs are challenging to anticipate. These are core reasons why educational buildings have to be demolished before they achieve their intended lifespan.

Actors in today's construction industry do not agree on how best to achieve adaptability. Several of the interviewees mention floor height and span widths as the most important parameters, while others believe that the establishment of buffer space is the best solution. Therefore, there is no agreed approach to the design of adaptable buildings. In general, interdisciplinary collaboration between technical disciplines, the builder, and the contractor is highlighted as drivers for adaptability and measures that can lead to smarter and more cost-effective solutions. In addition, it turns out that adaptability does not necessarily need to entail additional investments, provided the solutions are planned early. Late decisions are costly, as the freedom of action is reduced.

The thesis concludes that the "ability for free areas and placement of interior walls", "net floor height" and "strategic placement of special functions" are the three most important parameters to achieve high adaptability. Furthermore, it is recommended to choose durable and maintenance-free materials, and increase investments in Operations and Maintenance, as a negative trend is seen in maintenance work in Norwegian schools. Finally, interdisciplinary collaboration is recommended to find innovative and adaptable solutions. This can be achieved by using a Design-Build-contract with Relationship-Based Procurement as the delivery model.

Forord

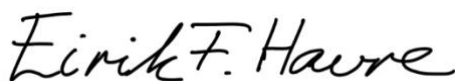
Denne masteroppgaven markerer avslutningen på det femårige sivilingeniørprogrammet Bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim. Oppgaven er skrevet våren 2023 ved Institutt for bygg- og miljøteknikk og utgjør totalt 30 studiepoeng i emnet TBM4900 Bygg- og miljøteknikk, masteroppgave.

Tilpasningsdyktighet og dets bidrag til en mer bærekraftig byggebransje vekket vår interesse under arbeidet med fordypningsprosjektet høsten 2022. I dagens byggebransje er det grønne skiftet høyaktuelt, og et viktig moment er å finne måter hvor eksisterende bygninger kan brukes lenger. Likevel er tilpasningsdyktighet i bygninger noe studiet på NTNU ikke har fokusert særlig på, og er derfor et tema vi ønsker å se nærmere på i denne oppgaven. Denne studien utforsker hvordan fremtidens undervisningsbygg kan bli mer bærekraftig ved implementering av tilpasningsdyktige løsninger.


Vi ønsker å rette en stor takk til vår veileder, førsteamanuensis ved Institutt for bygg- og miljøteknikk, Olav Torp. Takk for god veiledning og hjelpsomme råd, og takk for at du har vært tilpasningsdyktig og svart på våre henvendelser til alle døgnets tider. Vi vil også takke alle som har stilt til intervjuer og delt av sin tid for å bistå oss med denne oppgaven. Til slutt vil vi takke våre medstudenter på lesesal, som har fått tilnavnet *Satsebrakka*. Takk for god hjelp og mental støtte gjennom hele semesteret - vi satser på at det går bra.

God lesing!

Trondheim, juni 2023



Eirik Furnes Havre



Sigurd Nordby

Innhold

Sammendrag	v
Abstract	vi
Forord	vii
Figurer	xi
Tabeller	xii
Forkortelser	xiii
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven	1
1.2 Formål og problemstilling.....	2
1.3 Avgrensninger og omfang	2
1.4 Oppgavens oppbygning	3
2 Metode	5
2.1 Valg av undersøkelsesdesign	5
2.2 Kildekritikk.....	8
2.3 Litteraturstudie	9
2.4 Casestudie	11
2.5 Ekspertintervjuer	20
2.6 Sammenstilt kildekritikk	22
2.7 Gjenbruk av materiale fra fordypningsprosjektet.....	22
3 Teori	23
3.1 Fleksibilitet i sluttprodukt vs. prosjektprosess.....	23
3.2 Tilpasningsdyktighet	24
3.3 Multiconsults parametere for tilpasningsdyktighet	27
3.4 SINTEF Byggforsks bygningstekniske prinsipper.....	30
3.5 Kvantitative målinger av tilpasningsdyktighet.....	36
3.6 Undervisningsbygg i Norge.....	39
3.7 Entrepriseform.....	43
3.8 Funn i tidligere studentoppgaver	43
3.9 Oppsummering teori	45
4 Caseprosjekter	46
4.1 Cissi Klein videregående skole	46
4.2 Ulsmåg skole	49
4.3 Svolve skole + ombyggingsprosjekt.....	50
4.4 Ranheim skole + utbyggingsprosjekt	52
5 Resultater	54

5.1	Caseintervjuer	54
5.2	Dokumentstudier.....	63
5.3	Ekspertintervjuer	71
6	Diskusjon	76
6.1	Dagens utfordringer i undervisningsbygg	76
6.2	Fremtidens undervisningsbygg.....	78
6.3	Drivere og barrierer for implementering av tilpasningsdyktige løsninger	84
7	Konklusjon	87
7.1	Dagens utfordringer.....	87
7.2	Fremtidens undervisningsbygg.....	87
7.3	Drivere og barrierer	88
7.4	Svar på problemstilling.....	89
8	Videre arbeid.....	90
9	Referanser.....	91
10	Vedlegg	99

Figurer

Figur 1: Forskningsspørsmålene kategorisert etter undersøkelsesdesign	6
Figur 2: Teoretisk og statistisk generalisering.....	6
Figur 3: Metodetriangulering av undersøkelsesdesign	7
Figur 4: Grad av pre-strukturering for oppgaven.....	7
Figur 5: Creswells 5-steps struktur for litteraturstudie	9
Figur 6: Valgt størrelse på undersøkelsesenheter	12
Figur 7: Grad av åpenhet i caseintervjuer.....	19
Figur 8: Grad av åpenhet i ekspertintervjuer.....	20
Figur 9: Sammenheng mellom fleksibilitet i prosess og produkt.....	24
Figur 10: Tilpasningsdyktighet oppnås ved FGE	25
Figur 11: Fleksibilitet oppnås eksempelvis ved flyttbare vegger	25
Figur 12: Generalitet tillater tilpasningsdyktighet uten fysiske tiltak	25
Figur 13: Elastisitet innebærer at arealer kan deles opp i mindre rom.....	26
Figur 14: Telenorsenteret i Bergen er elastisk pga. bygningsutforming	32
Figur 15: Teknisk grid, funksjonssoner og møblering bør sammenfalle.....	32
Figur 16: Laginndeling basert på bygningselementenes levetid.....	33
Figur 17: Horisontal isolasjon over himling gir plass til tekniske føringer	36
Figur 18: Levedyktighetsmodellen for kvantitative bygningsanalyser	37
Figur 19: Hvordan multiMap anvendes	38
Figur 20: Sammenheng mellom levetid, tilpasningsgrad og funksjon	39
Figur 21: Skolebygningssmasse etter byggeperiode og tilstandsgrad	41
Figur 22: Illustrasjon av Cissi Klein VGS.....	47
Figur 23: Illustrasjon av Ulsmåg skole	49
Figur 24: Bilde av Svolvær skole.....	50
Figur 25: Bilde av Ranheim skole	52
Figur 26: Bilde av tilbygget til Ranheim skole.....	53
Figur 27: Vertikale sjakter på Cissi Klein VGS.....	64
Figur 28: Vertikale sjakter på Ulsmåg skole	64
Figur 29: Vertikale sjakter på Svolvær skole	64
Figur 30: Vertikale sjakter på Ranheim skole	65
Figur 31: Plassering av søyler og bærende innervegger på Ranheim skole.....	66
Figur 32: Tomteforhold på Cissi Klein VGS	67
Figur 33: Tomteforhold på Ulsmåg skole	68
Figur 34: Tomteforhold på Svolvær skole	68
Figur 35: Tomteforhold på Ranheim skole	69
Figur 36: Eksempel på hvordan en bygningsportefølje ser ut i multiMap.....	72
Figur 37: De mest relevante parameterne nevnt i caseintervjuene.....	79
Figur 38: Sammenligning av etasjehøyder og Arge sine anbefalinger.....	80
Figur 39: Sammenligning av bredde på kommunikasjonsveier og krav	82

Tabeller

Tabell 1: Oppgavens oppbygning	3
Tabell 2: Primær- og sekundærmetode og data i oppgaven	8
Tabell 3: Kildekritikk av litteraturstudiet.....	11
Tabell 4: Utvalgte caseprosjekter og begrunnelse av valg.....	14
Tabell 5: Oversikt over tilsendte dokumenter	15
Tabell 6: Bygningstekniske parametere fra Larsen og Bjørberg og SINTEF.....	15
Tabell 7: Kildekritikk av dokumentstudiet	16
Tabell 8: Oversikt over intervjuobjekter fra caseprosjektene.....	17
Tabell 9: Styrker og svakheter for webbaserte intervjuer	18
Tabell 10: Kildekritikk av caseintervjuene.....	19
Tabell 11: Kildekritikk av ekspertintervjuene.....	21
Tabell 12: Den kildekritiske graden til de forskjellige metodedelene	22
Tabell 13: Bygningstekniske parametere for tilpasningsdyktighet.....	27
Tabell 14: Oversikt over krav til nyttelaster for undervisningsbygg	28
Tabell 15: Fire hovedprinsipper for tilpasningsdyktighet	30
Tabell 16: Ulike typer gulvbelegg for kontorlandskap og klasserom	34
Tabell 17: Tilstandsgrader for kvantitativ måling av tilpasningsdyktighet.....	38
Tabell 18: Oppsummering av delkapitlene i teorikapittelet.....	45
Tabell 19: Nøkkelinformasjon om Cissi Klein VGS.....	47
Tabell 20: Nøkkelinformasjon om Ulsmåg skole	49
Tabell 21: Nøkkelinformasjon om Svolve skole, nybygg	50
Tabell 22: Nøkkelinformasjon om Svolve skole, tilbygg	51
Tabell 23: Nøkkelinformasjon om Ranheim skole, nybygg.....	52
Tabell 24: Nøkkelinformasjon om Ranheim skole, ombygg og tilbygg	53
Tabell 25: Oversikt over etasjehøyder i caseprosjektene	63
Tabell 26: Oversikt over installasjons plass over himling i caseprosjektene.....	63
Tabell 27: Oversikt over bærende innervegger i caseprosjektene.....	65
Tabell 28: Oversikt over minste bredde på kommunikasjonsveier i caseprosjektene	66
Tabell 29: Oversikt over bygningsbredde i caseprosjektene	66
Tabell 30: Krav for tilstandsgradering i multiMap	73
Tabell 31: Bygningstekniske parametere prioritert etter bidrag til tilpasningsdyktighet	88

Forkortelser

ARK	Arkitekt
BAE	Bygg, anlegg og eiendom
BH	Byggherre
FDVUS	Forvaltning, drift, vedlikehold, utvikling og service
FGE	Fleksibilitet, generalitet, elastisitet
KPI	Key Performance Indicator
KVU	Konseptvalgutredning
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelig universitet
RIB	Rådgivende ingeniør bygg
RIBr	Rådgivende ingeniør brann
TpG	Tilpasningsgrad

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Fokus på bærekraft har i flere år vært tiltakende i bygge-, anleggs- og eiendomsnæringen (BAE-næringen) (Regjeringen, 2022). Økningen er i tråd med Norges mål om å bli et lavutslippssamfunn innen 2050, i henhold til Parisavtalen og FNs bærekraftsmål (FN-sambandet, 2023a, 2023b). Likevel viser nedslående rapporter hvor stor andel av globale klimagassutslipp og energibruk BAE-næringen står for. I 2021 stod BAE-næringen for 37% av globale utslipp og globalt energibruk (UNEP, 2022a). Videre viser FNs årlige miljøprogram "*Emission Gap Report 2022*" at G20¹-medlemmene ligger etter med å levere sine lovede forpliktelser for 2030 (UNEP, 2022b). Rapporten viser at reduksjon av utslipp i dagens tempo ikke vil være nok til å nå målene i klimaavtalen. For å nå 1,5-gradersmålet kreves implementering av nye løsninger for mer bærekraftige byggemetoder og høyere ambisjoner for å redusere klimafotavtrykket.

Gjenbruk, ombruk og rehabilitering av eksisterende bygninger spiller en sentral rolle i å redusere miljøbelastningen fra BAE-næringen (SINTEF Notat, 2021). I rapporten "*Grønt er ikke bare en farge*" (2020) utforsker SINTEF på oppdrag fra Riksantikvaren den miljømessige betydningen av gjenbruk av eksisterende bygninger. Rapporten finner blant annet at utslippene ved rehabilitering utgjør opptil halvparten av utslippene ved nybygging (SINTEF Fag, 2020). Rapporten peker også på at 80-90% av eksisterende bygningsmasse fortsatt vil stå i 2050, noe som viser at rehabilitering vil være et avgjørende bidrag til utslippsreduksjoner. Samtidig er oppgraderingstakten på bygninger i Norge så lav som 1-1,4 %, noe som tegner et bilde av at det ikke gjøres nok for å ivareta dagens eksisterende bygningsmasse (SINTEF Fag, 2020). Ved å tilrettelegge for tilpasninger og oppgraderinger i bygninger når de bygges, vil en kunne opprettholde funksjonell egnethet lenger, og dermed forlenge bruksfasen. Larsen og Bjørberg skriver i rapporten "*Livsløpsplanlegging og tilpasningsdyktighet i bygninger*" at et overordnet mål bør være at bygningene rundt oss skal fungere optimalt for kjernevirksomheten så lenge som mulig (Larsen og Bjørberg, 2007). For å oppnå dette vil det være nødvendig at bygninger som huser virksomheter med behov for forandring kan endres i takt med virksomheten og dens krav (Larsen og Bjørberg, 2007).

Undervisningsbygg bygges med et levetidsperspektiv på 40-60 år (Bjørberg et al., 2007, 24). Likevel er det flere skolebygninger som av ulike grunner opplever endringsbehov og som krever ombygging lenge før forventet levetid. Mekanismene bak kan være sammensatte, og kan inkludere både kapasitets- og kvalitetsutfordringer i undervisningsbyggene (Hauge og Bjerkeseth, 2023). Koronapandemien viste også hvordan hurtige og drastiske endringsbehov kan oppstå. Ved å implementere tilpasningsdyktige løsninger i bygget vil en lettere kunne møte endringsbehov som skulle oppstå. På denne måten vil en kunne opprettholde byggets funksjonelle egnethet lenger, og dermed forlenge byggets levetid (Bjørberg et al., 2007).

¹ Samarbeidsforum mellom 19 land og EU. Utgjør 85% av globalt BNP, 75% av global handel og $\frac{2}{3}$ av verdens befolkning (G20, 2023).

1.2 Formål og problemstilling

Denne oppgaven har som formål å identifisere de mest sentrale parameterne for tilpasningsdyktighet i undervisningsbygg. Dette innebærer å forstå behovet for tilpasningsdyktighet i dagens undervisningsbygg, hvilke bygningstekniske prinsipper som bidrar til tilpasningsdyktighet og hvilke drivere og barrierer som påvirker implementering av tilpasningsdyktighet i undervisningsbygg. Oppgaven ønsker derfor å belyse følgende problemstilling:

Hvordan kan tilpasningsdyktighet bidra til mer bærekraftige undervisningsbygg?

For å kunne svare på dette spørsmålet er det utarbeidet tre forskningsspørsmål som skal belyse ulike aspekter ved temaet og som forfatterne mener er relevante for å oppnå et helhetlig svar på problemstillingen. De tre forskningsspørsmålene er presentert nedenfor:

- 1. Hva slags utfordringer er knyttet til dagens undervisningsbygg?*
- 2. Hvordan bør fremtidens undervisningsbygg utformes?*
- 3. Hvilke drivere og barrierer for implementering av tilpasningsdyktighet i undervisningsbygg finnes i dag?*

Det første forskningsspørsmålet belyser dagens situasjon for undervisningsbygg i Norge. Spørsmålet betrakter byggenes utfordringer i form av teknisk tilstand, kapasitet og behov for endringer. Spørsmålet har som hensikt å belyse hvorfor undervisningsbygg har et behov for implementering av tilpasningsdyktighet.

Det andre forskningsspørsmålet utforsker hvilke bygningstekniske parametere som bør implementeres for å løse utfordringene som dagens undervisningsbygg opplever. Spørsmålet har også som hensikt å betrakte konsekvenser ved implementering av disse bygningsprinsippene knyttet til bærekraft og økonomi.

Det tredje forskningsspørsmålet tar for seg drivere og barrierer som påvirker implementeringen av tilpasningsdyktige parametere i dagens undervisningsbygg. Spørsmålet har som hensikt å identifisere faktorer i byggeprosessen som er med på å tilrettelegge for eller hindre tilpasningsdyktighet i undervisningsbygg.

1.3 Avgrensninger og omfang

Temaet tilpasningsdyktighet er komplekst og omfattende, og det har derfor vært nødvendig å gjøre avgrensninger i oppgaven. Studien har blitt gjennomført i løpet av en periode på 21 uker, som av ressursmessige hensyn har lagt begrensninger på hvor bredt den kan gå. Blant annet er det valgt å bruke utvalgsriterier ved valg av undersøkelsenhetene i casestudien for å få en overkommelig størrelse på arbeidet knyttet til casestudien. Begrunnelse for de tre utvalgsriteriene belyses i

Det er også gjort en avgrensning knyttet til funksjonsendring av bygg. Denne oppgaven betrakter ikke bygg som prosjekteres for endring av funksjon, eksempelvis undervisningsbygg som bygges om til kontorlokaler eller boliger. Denne avgrensningen gjøres basert på formulering av oppgavens problemstilling og hensikt.

Det presiseres også at denne oppgaven legger lite vekt på tilpasningsdyktighet i byggeprosessen, men istedenfor fokuserer på fleksibilitet i sluttproduktet. Dette presenteres videre i delkapittel 3.1.

Det er flere begreper som kan brukes om en bygnings mulighet for å møte endrede brukerbehov. Gjennom arbeidet med denne oppgaven oppdaget forfatterne at fenomenet omtales som både "fleksibilitet", "endringsdyktighet" og "tilpasningsdyktighet". I engelsk litteratur benyttes "adaptability" og "flexibility" til å beskrive fenomenet. Ettersom store deler av det teoretiske grunnlaget som benyttes i denne oppgaven omtaler tilpasningsdyktighet som en funksjon av de tre faktorene *fleksibilitet*, *generalitet* og *elastisitet*, velger forfatterne i denne oppgaven å følge denne forståelsen, og dermed omtale fenomenet utelukkende som tilpasningsdyktighet. Det eneste unntaket til denne regelen gjøres i delkapittel 3.1, da dette delkapittelet refererer til litteratur som omtaler tilpasningsdyktighet som "fleksibilitet". Dette presiseres også innledningsvis i nevnte delkapittel.

Deler av arbeidet som legges til grunn i denne oppgaven ble gjort i forbindelse med fordypningsprosjektet som ble gjennomført høsten 2022 (Havre og Nordby, 2022). Denne masteroppgaven bygger ikke videre på resultatene som ble funnet i fordypningsprosjektet, men litteraturstudiet som ble gjennomført i fordypningsprosjektet er videreført som en del av litteraturstudiet i denne oppgaven. Det beskrives i detalj hvilke deler av besvarelsen som er gjenbrukt fra fordypningsprosjektet innledningsvis i de gjeldende kapitlene.

1.4 Oppgavens oppbygning

Oppgavens struktur er inspirert av IMRoD-modellen, en velkjent oppbygging for vitenskapelige tekster, som består av følgende kapitler (NTNU, u.å.):

- Introduksjon
- Metode og materiale (teori)
- Resultat
- og
- Diskusjon

Totalt består denne masteroppgaven av åtte kapitler, presentert i Tabell 1 nedenfor.

Tabell 1: Oppgavens oppbygning

Kapittel	Innhold
1 Introduksjon	Oppgavens bakgrunn, formål og problemstilling forklares. Relevante begreper og avgrensninger presenteres.
2 Metode	Valg av undersøkelsesdesign med forankring i vitenskapelig teori presenteres. Beskrivelse av hvordan innsamling av resultater ble gjort legges frem, med tilhørende vurderinger av gyldighet og pålitelighet.
3 Teori	Funn fra litteraturstudiet utgjør det teoretiske grunnlaget for oppgaven. Kapittelet presenterer generell teori om temaet, og deretter bygningstekniske parametere for høy tilpasningsdyktighet,

	fra to ulike kilder. Videre hvordan måling av tilpasningsdyktighet måles og analyseres, etterfulgt av en gjennomgang av dagens undervisningsbygg i Norge og deres stand. Avslutningsvis presenteres funn gjort i lignende masteroppgaver tidligere.
4 Beskrivelse av caseprosjekter	De fire caseprosjektene som blir betraktet i casestudien presenteres. Nøkkeldata om prosjektene og annen relevant informasjon legges frem. For de prosjektene som har gjennomgått en ombygging presenteres også nøkkelinformasjon om ombyggingsprosjektet.
5 Resultater	Resultater fra caseintervjuer presenteres prosjektvis og følger temaene i intervjuguiden. Resultater fra dokumentstudiet følger strukturen til de bygningstekniske parameterne presentert i teorien.
6 Diskusjon	Funnene fra resultatene sammenlignes med teorien. Kapitlet er strukturert etter masteroppgavens forskningsspørsmål, og drøfter ulike svar på disse.
7 Konklusjon	Endelig svar på oppgavens tre forskningsspørsmål samt problemstilling.
8 Videre arbeid	forfatterne s vurderinger av videre arbeid som kan gjøres i forbindelse med denne studien.

2 Metode

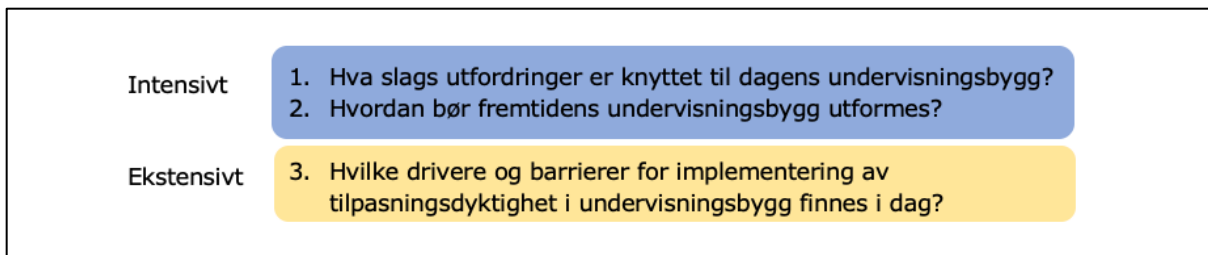
Hensikten med dette kapittelet er å forklare hvordan forskningen som er lagt til grunn i denne masteroppgaven er gjennomført. Begrepet *metode* stammer fra det greske ordet "methodos" som betyr å følge en bestemt vei mot mål (Johannessen, Tufte og Christoffersen, 2010). I forskning brukes metoder for å samle inn data og informasjon om et emne, og analysere og tolke resultatene på en systematisk måte (Jacobsen, 2022). Dette kapittelet beskriver hvordan arbeidet med masteroppgaven har blitt gjennomført og hvorfor arbeidet er blitt gjennomført på denne måten. Det reflekteres også rundt ulemper og hvorvidt denne forskningsmetoden opprettholder oppgavens reliabilitet og validitet. Som beskrevet i delkapittel 1.3 er litteraturstudiet som presenteres i denne oppgaven delvis påbegynt under arbeidet med fordypningsprosjektet høsten 2022. Følgende delkapitler av metodekapittelet er derfor gjenbrukt fra fordypningsprosjektet (Havre og Nordby, 2022):

- Delkapittel 2.3.1
- Delkapittel 2.3.2
- Delkapittel 2.3.3

2.1 Valg av undersøkelsesdesign

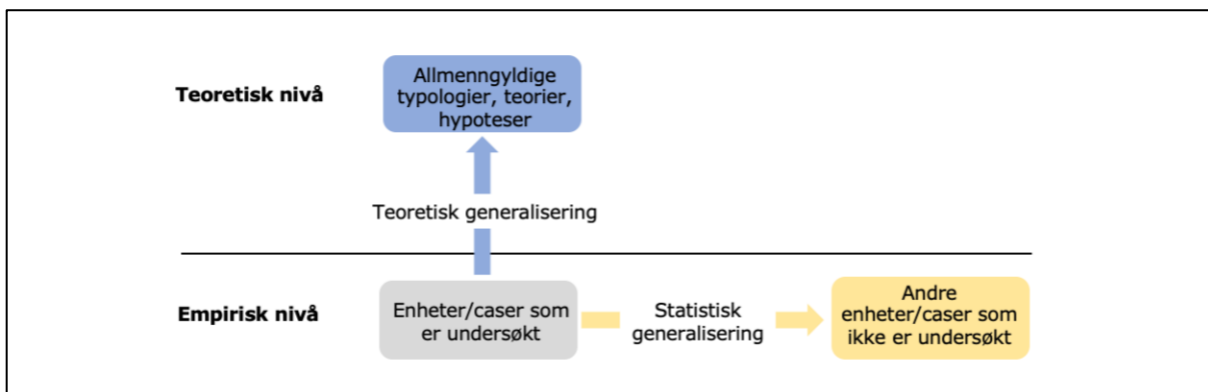
For å oppnå et mangfoldig og helhetlig svar på problemstillingen og forskningsspørsmålene stilt i denne oppgaven er det nødvendig å tilpasse undersøkelsesdesignet til studiens hensikt og problemstilling. Generelt sett kan undersøkelsesdesign deles i to kategorier; *intensive*- og *ekstensive* design (Jacobsen, 2022). Intensive opplegg går i dybden på et fenomen og retter seg mot en detaljert forståelse av virkeligheten, og kalles ofte "virkelighetsnære". Ekstensive opplegg er bredere og tar for seg flere enheter. Slike opplegg fokuserer ofte på et par forhåndsdefinerte variabler og har som hensikt å finne ut hvor vanlig eller uvanlig et fenomen er.

Ved valg av undersøkelsesdesign i denne oppgaven ble det tatt utgangspunkt i problemstillingen og de tre forskningsspørsmålene presentert i delkapittel 1.2. Ettersom problemstillingen i oppgaven er formulert "*Hvordan kan tilpasningsdyktighet bidra til mer bærekraftige undervisningsbygg?*" vil det være mest gunstig å benytte et intensivt undersøkelsesdesign. Det er ønskelig å få fram alle de individuelle variasjonene i forståelsen og implementeringen av fenomenet, samtidig som det er viktig å få frem likheter i forståelsen, ettersom dette vil være sentralt for å få et helhetlig svar på problemstillingen. Det vil derfor vektlegges å få tak i individuell forståelse og fortolkning av fenomenet. Likevel er forskningsspørsmålene i oppgaven mer nyansert, og er formulert slik at det også vil være behov for et ekstensivt undersøkelsesopplegg. I Figur 1 nedenfor er de tre forskningsspørsmålene fargekodet etter hvilke som et behøver intensivt undersøkelsesdesign og hvilket som behøver et ekstensivt undersøkelsesdesign.



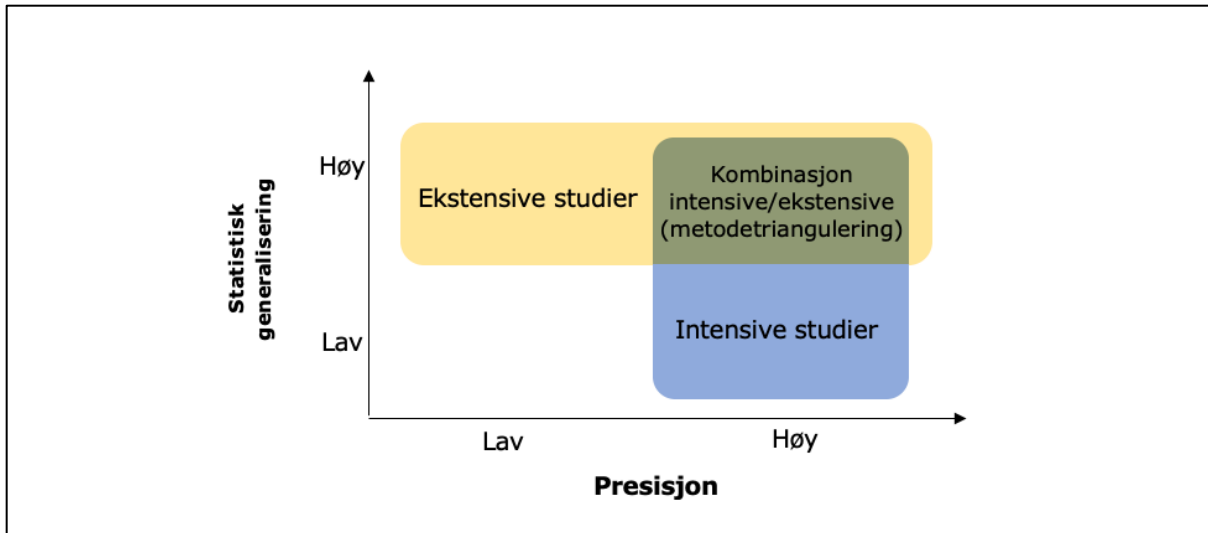
Figur 1: Forskningsspørsmålene kategorisert etter undersøkelsesdesign

Ved valg av undersøkelsesdesign må det vurderes hvilken type *generalisering* en ønsker å trekke fra datagrunnlaget som hentes inn (Jacobsen, 2022). Generalisering innebærer at en gjør noe spesifikt om til noe allmenngyldig (Jacobsen, 2022). På lik måte som med undersøkelsesdesignet kan også generaliseringen deles i to; teoretisk- eller statistisk generalisering. Teoretiske generaliseringer har som hensikt å danne teoretiske perspektiver, teorier og hypoteser knyttet til fenomenet som studeres, basert på de enhetene en har studert. Virkelighetsnære opplegg (intensive) vil derfor egne seg godt for teoretisk generalisering, da en god virkelighetsforståelse gir et godt grunnlag for å formulere allmenngyldige typologier og sammenhenger. Statistiske generaliseringer har som hensikt å kunne fortelle noe om andre enheter, basert på de enhetene som har blitt undersøkt, eksempelvis vanligheten av et fenomen. Statistiske generaliseringer egner seg best i ekstensive undersøkelsesdesign hvor en har et større antall enheter å studere (Jacobsen, 2022). Figur 2 viser forholdet mellom de to formene for generalisering.



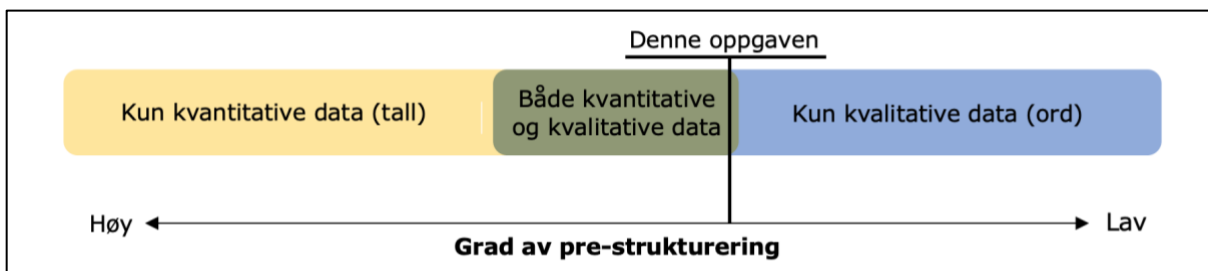
Figur 2: Teoretisk og statistisk generalisering (Egenprodusert, basert på Jacobsen, 2022)

Ulike undersøkelsesdesign representerer et skille mellom hva en ønsker å oppnå; statistisk generalisering for en populasjon eller teoretisk generalisering for presisjon. Førstnevnte krever mange undersøkelsesenheter, mens sistnevnte krever at en går dypt og fokuserer på få enheter. Det er ressurskrevende å fokusere på mange enheter, samtidig som en går i dybden på hver og en av dem (Jacobsen, 2022). En slik "idealm metode" er ikke mulig å oppnå i praksis da det tar lang tid å samle inn, og prosessere og analysere all dataen. Det er mulig å kombinere metoder ved at styrker fra én metode kompenseres for svakheter ved en annen. En slik kombinasjon kalles metodetriangulering, og er illustrert i Figur 3. Slik metodetriangulering kan berike metoden og gi en bredere forståelse av fenomenet. Det er likevel viktig å vurdere hva en får igjen av mer eller bedre informasjon, mot hva det koster å gjennomføre kombinerte opplegg (Jacobsen, 2022).



Figur 3: Metodetriangulering av undersøkelsesdesign (Egenprodusert, basert på Jacobsen, 2022)

Typen data som skal samles inn må også tilpasses problemstillingen og undersøkelsesdesignet. Datatyper kan kategoriseres i kvantitative data, som måler virkeligheten i tall, og kvalitative data, som måler den i form av ord (Jacobsen, 2022). De to typene data egner seg til å belyse ulike typer problemstillinger og forsknings spørsmål. Selv om det ikke er et klart skille mellom hvilket undersøkelsesdesign som egner seg best til en spesiell type data, er det en logikk der kvalitative data henger tett sammen med intensive undersøkelsesdesign (Jacobsen, 2022). Dette skyldes at en ønsker å gå i dybden på et begrenset antall enheter og få innsikt i variasjon og mangfold. Kvantitative data (tall) er lettest å analysere ved hjelp av ekstensive undersøkelsesdesign, hvor mange enheter gir grunnlag for generalisering og samvariasjon av fenomener. I denne oppgaven ble det derfor gjort en bevisst pre-strukturering² av metodene som skulle benyttes, basert på hvilke type data som skulle samles inn. Figur 4 nedenfor viser sammensetningen av datatyper som er samlet inn i denne oppgaven.



Figur 4: Grad av pre-strukturering for oppgaven (Egenprodusert, basert på Jacobsen, 2022)

I denne oppgaven er det benyttet en metodetriangulering hvor det er lagt hovedvekt på kvalitative metoder, i kombinasjon med kvantitativ metode. De primære metodene er et litteraturstudie og en casestudie. Litteraturstudiet ble påbegynt i fordypningsprosjektet i emnet TBM4500 høsten 2022 og videreutviklet under arbeidet med denne oppgaven. Hensikten var å få en bred forståelse av fenomenet tilpasningsdyktighet, samt å kartlegge hvilken forskning som var blitt gjort forut for denne oppgaven. Casestudien som ble

² Grad av pre-strukturering innebærer graden av avgrensning før datainnsamling starter (Jacobsen, 2022).

gjennomført baserte seg på et utvalg undervisningsbygg som enten har gjennomgått, eller har tilrettelagt for, en endring i bygningsvolumet. Nøkkelpersoner fra prosjektene i casestudien ble intervjuet med semistrukturerte intervjuer. Av sekundære metoder i oppgaven har det blitt gjennomført en dokumentstudie fra de utvalgte prosjektene i casestudien, hvor blant annet målsatte plan- og snittegninger ble hentet inn fra de ulike aktørene for å kartlegge forskjellige løsninger i caseprosjektene. Ekspertintervjuer er også blitt benyttet som sekundær metode, hvor to uavhengige aktører som har utbredt erfaring med tilpasningsdyktighet ble intervjuet, da med større åpenhet og uten intervjuguide. I Tabell 2 vises en oversikt over de forskjellige metodene, samt en kategorisering av type data og tilhørende undersøkelsesdesign.

Tabell 2: Primær- og sekundærmetode og data i oppgaven

	Empiri	Type data	Undersøkelsesdesign
Primærmetode	Litteraturstudie	Kvalitativ	Intensivt
	Casestudie	Kvalitativ	Intensivt
Sekundærmetode	Dokumentstudie	Kvantitativ	Ekstensivt
	Ekspertintervju	Kvalitativ	Intensivt

2.2 Kildekritikk

I en undersøkelse samles det inn data (empiri) for å kunne si noe om virkeligheten (Jacobsen, 2022). Uansett empiri, er det sentralt at to krav tilfredsstilles:

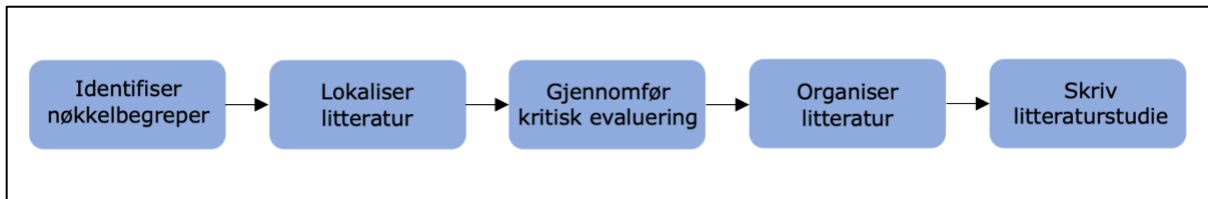
- 1) Empirien må være gyldig og relevant (valid).
- 2) Empirien må være pålitelig og troverdig (reliabel).

Det første kravet sikrer at den dataen som samles inn gir svar på de spørsmålene som stilles. En skiller mellom to typer gyldighet; *intern gyldighet* og *ekstern gyldighet*. Intern gyldighet handler om hvorvidt det er dekning i empirien for å trekke de konklusjonene som gjøres, mens ekstern gyldighet handler om resultatene som trekkes fra en avgrenset populasjon også er gyldig i andre sammenhenger. Sistnevnte kalles ofte *overførbarhet*, ettersom det går på om funnene kan overføres fra en populasjon til en annen.

Det andre kravet sikrer at undersøkelsen er til å stole på. Dette oppnås ved å gjennomføre metoden på en troverdig og tillitsfull måte. Ved å anerkjenne at undersøkelsesopplegget, datainnsamlingen og analysen som blir gjennomført kan påvirke resultatet, kan tilstrebe at denne påvirkningen blir så liten som mulig (Jacobsen, 2022). Det skal være mulig å gjennomføre undersøkelsen to ganger og få tilnærmet likt resultat. Videre i kapittelet vil faktorer som kan påvirke intern og ekstern gyldighet, samt pålitelighet vurderes. Dette blir gjort for hver del av metoden da forfatterne mener dette vil gi en detaljert og kritisk vurdering av metodene som er brukt i oppgaven. Avslutningsvis i metodekapittelet vil en sammenstilling av kildekritikken presenteres, og en total kildekritikk for oppgavens metode legges fram.

2.3 Litteraturstudie

Metoden i oppgavens litteraturstudie følger en 5-steps struktur som er utarbeidet av Creswell (2008). De fem stegene er presentert i Figur 5 nedenfor.



Figur 5: Creswells 5-steps struktur for litteraturstudie (Creswell, 2008)

Creswell (2008) peker på et skille mellom litteraturstudiet i kvalitative og kvantitative metoder. Hovedforskjellen er at kvantitative metoder forsøker å forutsi resultatene innledningsvis ved å presentere eksisterende litteratur, mens kvalitative studier forsøker i så liten grad som mulig å påvirke leserens syn og unngår derfor dette. Ettersom litteraturstudiet i denne oppgaven er kvalitativt, er det derfor ikke presentert eksisterende litteratur innledningsvis i oppgaven. Nedenfor beskrives hvordan de fem stegene har blitt gjennomført i denne oppgaven.

1) Identifiser nøkkelbegreper

I arbeidet med utvelgelsen av nøkkelbegreper som skulle benyttes som søkeord ble det valgt å ta utgangspunkt i oppgavens problemstilling "*Hvordan kan tilpasningsdyktighet bidra til mer bærekraftige undervisningsbygg*". I tråd med forståelsen av begrepet "tilpasningsdyktighet", som beskrevet i delkapittel 1.3, ble det besluttet å benytte søkeordene "endningsdyktighet" og "fleksibilitet" parallelt med "tilpasningsdyktighet" for å utvide litteratursøket og øke andelen relevante kilder. Også engelske søkeord ble benyttet, hvor "adaptability" og "flexibility" ble valgt ut. For å øke relevansen på treffene på søkeordene ble det også benyttet filterord i kombinasjon med boolske operatører. I Vedlegg 1 presenteres en oversikt over søkeordene som ble benyttet til å identifisere litteratur.

2) Lokaliser litteratur

For de norske søkene ble databaser som Oria og Google Scholar brukt, mens de engelskspråklige søkene ble utført i internasjonale databaser som Scopus og Engineering Village. Dette bidro til et bredere utvalg av kilder og økte sannsynligheten for å finne relevant informasjon. Det ble også benyttet usystematiske søk på ikke-akademiske søkemotorer, som ifølge Dalland (2020) kan omtales som *gossiping*. Dette ble derimot brukt i mindre grad i litteratursøket, og heller som en kilde til casestudien. I delkapittel 2.3.2 presenteres bruk av ikke-akademiske søkemotorer videre.

3) Gjennomfør kritisk evaluering

TONE-prinsippet ble benyttet til kritisk evaluering av litteraturen. Dette innebærer at kildene ble vurdert etter deres troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet (Roland og Thilesen, 2018). På denne måten kan en sikre at informasjonen som presenteres i oppgaven er av høy kvalitet og pålitelig. De mest relevante artiklene, veilederne og tidligere oppgaver som er funnet gjennom det utvidede litteratursøket er presentert i Vedlegg 2. Mer utfyllende beskrivelser av TONE-prinsippet er presentert i delkapittel 2.3.1.

4) Organiser litteratur

Litteraturen som oppfylte kravene i TONE-prinsippet, ble inkludert i litteraturstudien. Det ble gjort en innsnevrende analyse på litteraturen ved å innledningsvis betrakte overskrifter og temaer, og deretter lese sammendraget dersom litteraturen fremstod som relevant. Om sammendraget virket relevant, ble hele litteraturen analysert. Vedlegg 2 presenterer en oversikt over den mest relevante litteraturen som er inkludert i studien.

5) Skriv litteraturstudie

Litteraturstudiet som ble gjennomført er presentert i Kapittel 0, og utgjør det teoretiske grunnlaget i denne oppgaven.

2.3.1 TONE-prinsippet

Under litteraturstudiet er det gjennomført en kildekritisk evaluering av litteraturen ved hjelp av TONE-prinsippet. Fremgangsmåten vurderer kilder basert på troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet. Litteratur som vurderes relevant og oppfyller TONE-prinsippet vil kunne anses som en sikker kilde (Roland og Thilesen, 2018). Kilder som benyttes i denne oppgaven har alle blitt vurdert som sikre kilder.

Troverdighet beskrives som at kilden er ærlig, sikker, pålitelig (Roland og Thilesen, 2018). Kilder som anses troverdige skal skrives av en forfatter med god kredibilitet. Forfattere uten tilgjengelig utdanning eller publikasjonssted anses som mindre troverdige, og utelukkes. Objektivitet i litteratur handler om å presentere forskning nøytralt, hvor en ikke har et bestemt synspunkt som en prøver å overbevise noen om (Roland og Thilesen, 2018). En måte å bevise objektivitet på er ved en fagfellevurdering. En fagfellevurdering er en kvalitetssikring av et forskningsbidrag, hvor eksperter innenfor faget kritisk vurderer bidraget før publikasjon (Grønmo, 2021). Ved usikkerhet om objektiviteten til litteraturen i denne oppgaven har litteraturen blitt sammenlignet med andre, uavhengige kilder for å verifisere innholdet.

Det tredje kriteriet i TONE-prinsippet omhandler nøyaktighet, hvor innholdet i litteraturen skal være detaljert, presist og etterprøvbart (Roland og Thilesen, 2018). En kilde med mange feil vil bli vurdert som en dårlig kilde og blir dermed ikke tatt med. Hvis kilden også er egnet til bruk i oppgaven, vil den vurderes som en god kilde og litteraturen kan benyttes. Kilden må i så tilfelle være relevant for målgruppen og passe til formålet med oppgaven (Roland og Thilesen, 2018).

2.3.2 Ikke-akademiske databaser og søkemetoder

Resultater fra ikke-akademiske databaser representerer en mindre del av litteraturen som har blitt brukt i oppgaven. Artikler og litteratur fra Bygg.no, Standard Norge og andre bygg-relaterte nettsider har blitt vurdert fortløpende ved TONE-prinsippet og anvendt hvis de viste seg å være pålitelige og relevante. Ikke-akademiske søkeresultater har primært blitt brukt til å underbygge akademiske søkeresultater, heller enn å bli benyttet som isolert litteratur. Store deler av den ikke-akademiske litteraturen faller under kategorien *grå litteratur*. Grå litteratur innebærer studier og publikasjoner som ikke er utgitt via forlag eller i et tidsskrift, eller mangler fagfellevurdering (FHI, 2020). For å finne informasjon om caseprosjekter har også ikke-akademiske databaser som nettaviser blitt benyttet.

2.3.3 Backward snowballing

Backward snowballing er en metode som brukes i akademisk forskning for å identifisere relevant litteratur (Wohlin, 2014). Denne metoden tar utgangspunkt i en enkelt, relevant artikkel, og søker etter eldre artikler som har blitt referert til i den opprinnelige kilden. På denne måten kan forskeren finne flere og flere relevante kilder som kan bidra til forskningsarbeidet.

Backward snowballing kan være en nyttig metode for å finne relevante og mindre kjente publikasjoner som kan ha informasjon om emnet som forskes på. Denne metoden har blitt brukt for å finne kilder brukt i mastergradsavhandlinger som omhandler samme tema som denne oppgaven. Å benytte en masteravhandling er ikke anbefalt ettersom disse ikke er fagfelleurdert (Wohlin, 2014). Derimot er store deler av litteraturen som oppgaven er basert på vurdert som gode kilder, som kan benyttes.

Tabell 3: Kildekritikk av litteraturstudiet

Intern gyldighet	Middels	Mesteparten av norsk litteratur om tilpasningsdyktighet er skrevet på begynnelsen av 2000-tallet, og kan derfor anses som utdatert. Derimot er flere teknikker og fremgangsmåter fortsatt i bruk i dag, som er presentert i denne litteraturen.
Ekstern gyldighet	Høy	Ettersom litteraturen omfatter prinsipper, og ikke direkte casespesifikke problemstillinger, kan funnene fra litteraturstudiet i stor grad generaliseres.
Pålitelighet	Høy	Store deler av litteratursøket er av sterk troverdighet da disse er funnet i akademiske søkebaser. Noen kilder anses som <i>grå litteratur</i> , men disse er vurdert etter TONE-prinsippet og er heller ikke enkeltstående kilder, men komplementerende.

2.4 Casestudie

Ordet "case" stammer fra det latinske ordet "casus", som kan oversettes til "tilfelle" (Ramian, 2007). Casestudiet er et *studie av tilfellet* - studiet av en hendelse som ikke er planlagt. Flere peker på problematikken knyttet til at det ikke finnes en klar og felles forståelse for hva en case er (Andersen, 2013). Felles for alle definisjonene er derimot at de vektlegger at det er en *inngående studie av en eller noen få undersøkelsesenheter* (Jacobsen, 2022).

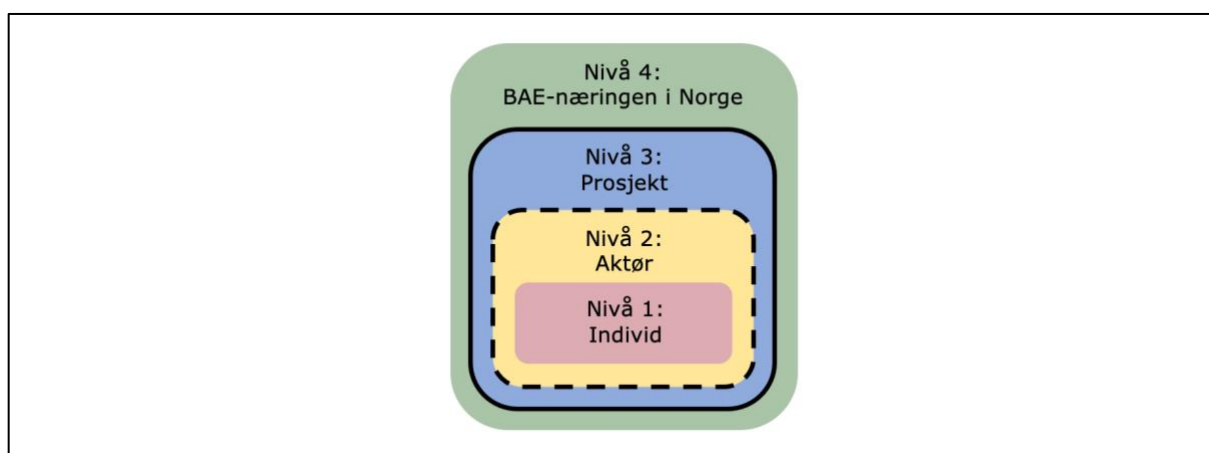
Casestudier systematiseres ofte i to kategorier; enkeltcasestudier og komparative casestudier. Som navnet tilsier vil enkeltcasestudier gå dypt inn i en hendelse eller organisasjon, avgrenset i tid og rom. En ulempe med enkeltcasestudier er at de er dårlige på statistisk generalisering, beskrevet i delkapittel 2.1, ettersom det er vanskelig å si noe om hele populasjonen basert på kun ett case. Komparative casestudier består av fåtall enheter som systematisk sammenlignes. Widding (2005) skriver at "... siktemålet med implisitt komparative studier [er] nettopp å utvikle ny teori gjennom å omforme enkeltstudies rike empiriske variasjon til teoretisk varians" (Widding, 2005, s. 8).

Ved å benytte et utvalg av caser fremfor én enkelt case vil det også være mulig å konstruere klarere linjer mellom empiri og teori ettersom en kan analysere flere designvariabler analytisk (Jacobsen, 2022).

Undersøkelsesenheter

Ettersom casestudier tar utgangspunkt i å betrakte ulike enheter, må en derfor definere deres avgrensninger i rom og tid, kalt *undersøkelsesenheter*. Undersøkelsesenheter kan deles inn i ulike nivåer, der det laveste nivået refererer til individet, og hvor vedkommende ikke refererer til andre enn seg selv. Enheter på dette nivået kalles derfor *absolutte enheter* (Jacobsen, 2022). Enheter kan også befinne seg på et høyere nivå, kalt *kollektive enheter*. Disse enhetene er kombinasjoner av absolutte enheter og kan være en gruppe, organisasjon eller lokalsamfunn. I denne oppgavens tilfelle utgjør dette nivået de ulike aktørene i prosjektorganisasjonene; BH, ARK og RIB. En kan også samle flere aktører i enheter, slik at undersøkelsesenheterne kan være på prosjektnivå. Alternativt kan en og betrakte hele BAE-næringen i Norge som en undersøkelsesenheter.

Undersøkelsesenheterne i en studie må tilpasses problemstilling og forskningsspørsmål for å ivareta studiens validitet. Ettersom denne studien ønsker å belyse dagens utfordringer med undervisningsbygg og hvordan disse kan løses i fremtidens undervisningsbygg, vil det egne seg å betrakte undersøkelsesenheter på prosjektnivå. Å betrakte BAE-næringen i Norge som en undersøkelsesenheter vil være mer passende om oppgaven skal sammenligne denne med BAE-bransjer i andre land. Samtidig er det ønskelig å utforske om synet på tilpasningsdyktighet er uniformt i hele prosjektorganisasjonen, og det er derfor blitt gjennomført intervjuer med undersøkelsesenheter på aktørnivå. Casestudien i denne oppgaven benytter derfor undersøkelsesenheter på prosjektnivå i sammenligningen, men utforsker samtidig flere involverte aktører på hvert prosjekt for å få et helhetlig og korrekt resultat. Oversikt over valgt størrelse på undersøkelsesenheterne er presentert i Figur 6 nedenfor. Valgt størrelse på undersøkelsesenheteren er markert med heltrukken, svart linje.



Figur 6: Valgt størrelse på undersøkelsesenheter (Egenprodusert, basert på Jacobsen, 2022)

2.4.1 Valg av caseprosjekter

Valg av undersøkelsesenheter, eller caser, i en casestudie har stor innflytelse på hva en vil kunne finne i studien. Ved å benytte caser som er tilpasset problemstillingen og studiens hensikt vil en også kunne redusere en rekke feilkilder (Ramian, 2007). Antallet caser som behøves i en studie avhenger av når et nytt case ikke lenger tilfører nye opplysninger til

studien (Ramian, 2007). Etter 3-4 caser vil mange av opplysningene gå igjen, og i boken sin *Udvælgelse af cases i kvalitative undersøgelser* presenterer Helle Nergaard en ofte benyttet tommelfingerregel som sier at en får 80% av opplysningene fra de første 20% av casene (Ramian, 2007). Basert på disse opplysningene ble det tatt en avgjørelse om å begrense antallet caser i denne casestudien, da andelen nye opplysninger fra et høyere antall casestudier ikke ville samsvare med ressursmengden lagt ned i å hente disse. Opprinnelig var et femte undervisningsbygg inkludert i casestudien, men da det var vanskelig å få tak i relevant informasjon og nøkkelpersoner ikke var mulig å komme i kontakt med, ble dette prosjektet utelatt fra studien.

Utvalgsriterier kan benyttes til å identifisere caseprosjekter til studien. Valg av kriterier er tett knyttet til problemstillingen og er ofte styrt etter formålet til undersøkelsen. Ved å benytte formålsrettede utvalgsmetoder velger en bevisst ut noen enheter da de kan gi spesielt interessant informasjon. (Jacobsen, 2022). I denne undersøkelsen var det et ønske om å finne caseprosjekter som delte noen fellestrekk slik at de lettere kunne sammenlignes. Samtidig var det ønskelig at de skilte seg fra hverandre ved at de hadde innført tilpasningsdyktighet på ulike måter. På denne måten kunne en få et innblikk i hvordan høy tilpasningsdyktighet ble implementert i praksis og hvilke bygningstekniske parametere som bidro mest til dette. Listen nedenfor presenterer utvalgsriteriene som ble brukt for caseprosjektene, samt begrunnelse for valget.

Utvalgsriterium 1

Bygningstype: Undervisningsbygg

Skolebyggene i Norge et stort oppgraderingsbehov. Arbeidstilsynet gjennomførte et tilsyn på 138 skoler i 2017 hvor 61% av skolene medførte reaksjoner fra Arbeidstilsynet (RIF, 2021). I tillegg til dette er undervisningsbygg en kompleks bygningstype, ettersom den må dimensjoneres for et stort antall personer per kvadratmeter (Hus Arkitekter, personlig kommunikasjon, 28. mars 2023). Både bolig og kontorbygninger dimensjoneres for færre personer per kvadratmeter, og bygningsteknisk er det kun sykehus som har høyere kompleksitet enn undervisningsbygg.

Utvalgsriterium 2

Byggeperiode: 2010-d.d.

Denne oppgaven har valgt å fokusere på bygninger som er nyere, og har derfor kun valgt caseprosjekter bygget etter 2010. Begrunnelsen for dette er todelt:

- 1) Ettersom forskningsspørsmålene i oppgaven fokuserer på bygningstekniske parametere som bidrar til tilpasningsdyktighet og som benyttes i dagens undervisningsbygg er det sentralt at caseprosjektene er bygget med en standard som er tilsvarende for dagens byggeteknikk. Det ble derfor satt som et kriterium for prosjektene at de skulle ha benyttet minimum TEK10 under bygging. Alle de utvalgte prosjektene er bygget i perioden etter at TEK10 ble publisert, med unntak av Ranheim skole som ble påbegynt vinteren 2009, noe forfatterne anser som greit.
- 2) For å kunne benytte kvalitative intervjuer som primærmetode, var det nødvendig å kunne kontakte nøkkelpersoner på prosjektene. Sannsynligheten for å få god kvalitet på datainnsamlingen ble vurdert som svak hvis personene som var med å jobbe på prosjektene ikke var mulig å intervjuer, da det var viktig å høre på deres erfaringer for å forstå bakgrunnen for valgene deres. Dette kriteriet påvirket intervjurunden delvis ettersom ikke alle aktørene besvarte henvendelsen om intervju eller av ulike årsaker ikke hadde mulighet til å stille.

Utvalgs-kriterium 3

Kriterium: Tilrettelagt for, eller gjennomgått, en ombygging

Tilpasningsdyktighet handler om å tilrettelegge for endringer i form av brukerbehov eller kapasitet. Undervisningsbygg er utsatt for endringsbehov av flere grunner, og vil derfor måtte møte disse behovene. Tilpasningsdyktighet som begrep nevnes i prosjekters KVV, ofte som et ønske i tidligfasen. Metodene som benyttes for å oppnå tilpasningsdyktighet i praksis er derimot varierende. Ved å betrakte undervisningsbygg som enten har gjennomgått eller planlegger for å gjennomgå en endring vil en kunne få et innblikk i hvordan ulike former for tilpasningsdyktighet fungerer i praksis, og om noen er mer effektive enn andre til å opprettholde funksjonsbehovet.

Caseprosjektene som blir benyttet i studien består av undervisningsbygg som enten har gjennomgått, eller har tilrettelagt for, en utvidelse eller ombygging ved hjelp av tilpasningsdyktighet. For å identifisere prosjektene til studien ble det derfor gjennomført en utvalgsundersøkelse hvor det ble gjort et bredt søk av undervisningsbygg som ble bygget i løpet av de siste 10-15 årene. Ved hjelp av generelle søk på ikke-akademiske søkemotorer med en rekke ulike søkeord, ble det til slutt valgt ut fire undervisningsbygg som kunne benyttes som caseprosjekter. De fire caseprosjektene og begrunnelse for valget, vises i Tabell 4. Fullstendig informasjon om hvert prosjekt presenteres i Kapittel 4.

Tabell 4: Utvalgte caseprosjekter og begrunnelse av valg

Prosjekt	Kort begrunnelse for valg
Cissi Klein VGS	Ferdigstilles i 2024 med kapasitet på 700 elever. Kan med få justeringer utvides til 900 elever. Høyt fokus på tilpasningsdyktighet.
Ulsmåg skole	Massivtre-skole ferdigstilt i 2014. Høyt fokus på generalitet og tilpasningsdyktighet uten fysiske inngrep på bygningsmassen. Delvis utformet som baseskole, delvis tradisjonell utforming.
Svolvær skole	Skole fra 2012, hvor det ble bygget et ekstra "bufferareal" uten innredning som skulle tas i bruk ved økt kapasitetsbehov. Bufferarealet ble omgjort fra lagerareal til klasserom i 2019.
Ranheim skole	Opprinnelig bygget som en baseskole i 2010. Under bygging måtte skolens areal reduseres med 400m ² pga. budsjettkutt. Populasjonsvekst i området førte til kapasitetsproblemer, resulterte i en større ombygging i 2019 hvor arealet på skolen ble økt tilsvarende reduksjonen i 2010, samt at en ny skolereform krevde ombygging av de resterende arealene.

2.4.2 Dokumentstudie

Dokumentstudiet benytter en kvantitativ metode. Kvantitative data har en fordel over kvalitative data ved at de er standardiserte, som gjør at de lett kan analyseres og benyttes til sammenligninger (Jacobsen, 2022). Ettersom at dataene har en satt struktur bidrar dette også til at det er lettere å undersøke mange enheter og få et representativt utvalg ved bruk av statistisk generalisering. En ulempe knyttet til kvantitative data er derimot at de kan oppleves som "virkelighetsfjerne", da de måler enkle forhold og det er vanskelig å gå i dybden. Denne standardiserte metoden fører også til en rigiditet, som gjør at

kvantitative metoder er mindre fleksible enn de kvalitative. Basert på dette er derfor den kvantitative tilnærmingen valgt som en komplimenterende metode til den kvalitative, for å enklere sammenligne caseprosjektene.

Eksisterende kilder egner seg godt når det er vanskelig å få informasjon gjennom direkte datainnsamling som intervjuer eller andre former for innsamling av primærdata (Jacobsen, 2022). Sekundærdata³, som dokumenter også kalles, belyser et tema som er vanskelig å tallfeste og vise til i et intervju (Jacobsen, 2022). Dette er eksisterende dokumenter som er produsert og brukes av den interne organisasjonen de kommer fra. I denne masteroppgaven ble dokumenter fra caseprosjektene analysert. Dokumentene som ble studert var snitt- og plantegninger, fasadetegninger, skisser, utomhusplaner og situasjonsplaner, og ble tilsendt av intervjuobjektene etter fullført intervju. Der intervjuobjektet ikke hadde mulighet til å stille til intervju, har dokumenter blitt etterspurt. Oversikt over tilsendt dokumentasjon per caseprosjekt er vist i Tabell 5.

Tabell 5: Oversikt over tilsendte dokumenter

Dokumentasjon	Snitt- og plantegninger	Fasade-tegninger	Skisser	Utomhusplaner	Situasjonsplaner
Case					
Cissi Klein VGS	x		x	x	x
Ulsmåg skole	x	x	x	x	x
Svolvær skole	x	x	x	x	x
Ranheim skole	x	x	x	x	x

Grunnet eldre prosjekter og tilfeller hvor intervjuobjektet ikke lengre jobber hos bedriften, oppstod det utfordringer med innsamling av dokumenter. Likevel oversendte alle de intervjuede aktørene dokumenter. I alle tilfellene ble det etterspurt samme dokumentasjon for å danne et godt sammenligningsgrunnlag, men dette var noe utfordrende da ikke alle aktørene hadde lik informasjon tilgjengelig. Der dokumentasjonen ikke ble oversendt har analysen blitt utelatt. Tabell 6 viser en oversikt over de bygningstekniske parameterne som inkluderes i analysen i delkapittel 5.2.

Tabell 6: Bygningstekniske parametere fra Larsen og Bjørberg (2007) og SINTEF (2004)

Bygningsteknisk parametere	Hentet fra
Installasjonsplass	Multiconsults temahefte: Livsløpsplanlegging og tilpasningsdyktighet i bygninger (Larsen og Bjørberg, 2007)
Arealdisponering og tilgjengelighet	
Utvidelsesmuligheter	

³ Eksisterende kvalitative kilder (Jacobsen, 2022)

Bygningsutforming

Planleggingsmodul

SINTEF Byggforsk Prosjektrapport 336
(SINTEF Byggforsk, 2004)

Plassering av spesialfunksjoner

Installasjonsprinsipper

Materialvalg

Noe av dokumentasjonen ble oversendt uten målestokk eller mål på tegninger. I slike tilfeller, der det ikke var mulig å finne relevant informasjon, ble analysene ikke gjennomført. Valget om å ikke gjennomføre analyser på data med manglende informasjon ble tatt av forfatterne for å opprettholde oppgavens pålitelighet. Resultatene fra den kvantitative datainnsamlingen som presenteres i Kapittel 5 er essensiell for å trekke konklusjoner sammen med de kvalitative caseintervjuene, og må presenteres på en tillitsfull måte for å sikre oppgavens troverdighet.

Tabell 7: Kildekritikk av dokumentstudiet

Intern gyldighet	Høy	I dokumentene der det finnes tilstrekkelig målestokk og målsatte elementer, dannes det et godt grunnlag for å trekke konklusjoner basert på disse. Tegningene viser at utsagn fra intervjupersoner i caseintervjuene kan bekreftes kvantitativt med målbare skisser og plantegninger.
Ekstern gyldighet	Høy/ Middels	Utformingen av dokumentene er av samme standard og kvalitet fra alle aktører. Grunnen til dette er at tegninger skal forstås universelt uten noe krav til intern forståelse i organisasjonen. Planer og tegninger som skal til godkjenning hos kommuner krever en høy grad av kvalitet. Ettersom noen av caseprosjektene er over ti år gamle, har aktører blitt kjøpt opp og mistet rettigheter til tegninger og planer. I tillegg manglet noen oversendte dokumenter mål og målestokk. Disse har blitt utelatt fra analysen i delkapittel 5.2.
Pålitelighet	Høy	Troverdigheten i dokumentstudiet er godt bevart. Dette kan vises ved at dokumentene som er oversendt er datert flere år tilbake og er signert av bedriften. I tillegg har dokumentene gjennomgått en runde med revisjoner. Dokumenter fra forskjellige aktører samsvarer i form og størrelse.

2.4.3 Caseintervjuer

Intervju er en av de mest anvendte metodene i casestudier (Ravian, 2007). Dataene som samles inn kommer i form av ord, setninger og fortellinger, og er dermed godt egnet til innhenting av kvalitative data. Ettersom det ikke legges begrensninger på hva respondenten⁴ kommer til å si, vil intervjueren derfor sitte igjen med en mengde notater, e-poster og lydopptak som skal analyseres (Jacobsen, 2022). Caseintervjuet er derfor tidkrevende å gjennomføre og legger begrensninger på antall enheter som kan undersøkes, av ressursmessige hensyn. For å begrense variasjonen i dataene som samles inn, kan intervjuet struktureres i større eller mindre grad. Et "lukket" intervju blir mer ensformig, og likeledes blir dataene som samles inn. Samtidig er det essensielt å tilpasse graden av åpenhet til problemstilling og forskningsspørsmål, ettersom caseintervjuene vil gi unik informasjon basert på undersøkelsesenes erfaring og kunnskap. Denne typen data vil være vanskelig å oppdage ved bruk av andre metodeformer, eller ved en lukket intervjustruktur (Jacobsen, 2022).

Til tross for valget om å benytte caseprosjekter fra de siste 10-15 årene i casestudien, var en sentral utfordring vanskelighetene med å få kontakt med nøkkelpersoner i alle caseprosjektene. Årsakene var at aktører hadde pensjonert seg, sluttet i bedriften, ikke hadde mulighet for å stille til intervju, eller ikke besvarte henvendelsen om intervju. Tabell 8 nedenfor viser en oversikt over de aktørene som stilte til intervju, markert med grønn.

Tabell 8: Oversikt over intervjuobjekter fra caseprosjektene

Prosjekt	Byggherre	Rådgivende ing.	Arkitekt
Cissi Klein VGS			
Ulsmåg skole			
Svolvær skole			
Svolvær skole, tilbygg			
Ranheim skole			
Ranheim skole, tilbygg			

Forberedelse

Som beskrevet i delkapittel 2.4.1 ble prosjektene til studien valgt basert på en rekke utvalgs-kriterier. Videre i samme delkapittel beskrives prosessen med å identifisere prosjektene som passet kriteriene for utvelgelse. Ettersom caseprosjektene i studien alle har offentlige byggherrer gjorde dette prosessen med å komme i kontakt med de involverte aktørene noe lettere. For å komme i kontakt med sentrale personer ble de involverte aktørene på de ulike prosjektene kontaktet direkte. I tilfeller hvor det var lite informasjon om hvilke aktører som hadde vært involvert, opplevdes de offentlige byggherrene behjelpelige med å identifisere aktører og relevante nøkkelpersoner.

⁴ Personen som undersøkes, også kalt informant (Jacobsen, 2022).

For å oppnå kontakt med aktørene raskt, ble bedriftenes sentralbord kontaktet for å spørre muntlig etter personer som arbeidet på caseprosjektet. Deretter ble en mer utfyllende mail oversendt, hvor oppgavens tema, problemstilling og forskningsspørsmål ble presentert, slik at respondenten fikk en forståelse for hva det var intervjuet ville omhandle. I tillegg til dette ble respondentene spurt om det var i orden at intervjuet ble tatt opp og transkribert slik at det var enklere å bearbeide informasjonen respondentene kom med. Det var ingen respondenter som ikke ga tillatelse til å ta opp og transkribere intervjuet. Denne fremgangsmåten fungerte godt, men det var imidlertid tidvis vanskelig å få svar fra noen aktører i de utvalgte prosjektene. Dette førte til at intervjurunden ble gjennomført over en periode fra 23. mars til 12. mai.

Etter tillatelse til å ta opp og transkribere intervjuene ble gitt fra respondentene ble det avtalt tidspunkt og oversendt ut en intervjuguide. Intervjuguiden tok utgangspunkt i de tre forskningsspørsmålene og fungerte som en veileder for intervjuet. Guiden ligger vedlagt i Vedlegg 3, og inneholder totalt 17 antall spørsmål, men som presisert i Figur 7 nedenfor var intervjuet strukturert på en åpen måte slik at spørsmål utenfor guiden også kunne stilles. Dette ble gjort ettersom at den samme intervjuguiden ble sendt ut til både BH, RIB og ARK, slik at ikke alle spørsmålene var like relevante for alle respondentene. Derfor var det naturlig at guiden kun fungerte som et utgangspunkt for intervjuet, og deretter kunne spørsmålene vinkles avhengig av hvilken rolle respondenten hadde. Dette ble også respondentene informert om i forkant av intervjuet.

Gjennomføring

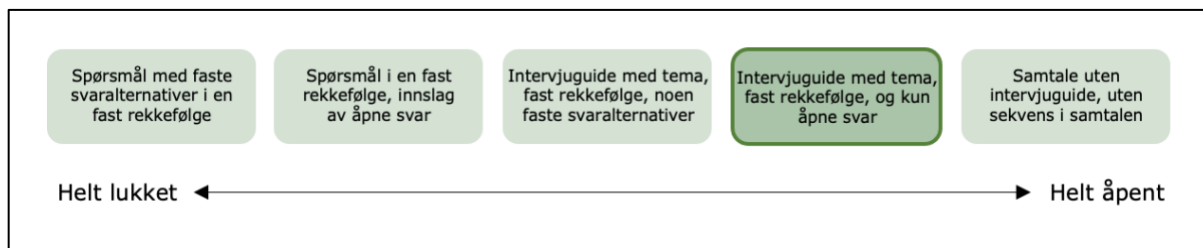
Totalt ble det gjennomført 10 caseintervjuer, fordelt på BH, ARK og RIB på de utvalgte prosjektene. Totalt var 12 personer inkludert i intervjurunden, da noen av aktørene stilte med to representanter. Samtlige av intervjuene ble gjennomført webbasert ved hjelp av Microsoft Teams. I boken *Hvordan gjennomføre undersøkelser?* (2022) trekker Jacobsen frem flere styrker og svakheter ved å gjennomføre intervjuer digitalt. Et utdrag av disse er presentert i Tabell 9 nedenfor. Til tross for at det er noen svakheter knyttet til webbaserte intervjuer, ble det vurdert som ideelt å gjennomføre caseintervjuene på denne måten da det sparte tid og kostnader, samt at det gjorde transkriberingsprosessen lettere ettersom Microsoft Teams kan transkribere automatisk med rimelig god treffsikkerhet.

Tabell 9: Styrker og svakheter for webbaserte intervjuer (Jacobsen, 2022)

Styrker	Svakheter
God flyt i samtalen, synkront ⁵ intervju.	Vanskeligere å etablere tillit og åpenhet.
Intervjuer kan observere og har delvis kontroll over intervjusituasjonen.	Intervjuer mister noe kontroll sammenlignet med møte ansikt-til-ansikt.
Lavere kostnader enn møte ansikt-til-ansikt.	Respondenten kan bli distraheret av andre ting som skjer der hen befinner seg.
Lettere å få tilgang til personer som er geografisk eller sosialt isolert.	

⁵ Spørsmål og svar kommer tett på hverandre (Jacobsen, 2022)

I studien ble det gjennomført semistrukturerte intervjuer, som innebærer at intervjuene inneholdt en viss grad av lukkethet. Dette medfører enkelte, utvalgte aspekter ved intervjuet kan settes i fokus. Grad av pre-strukturering må sees på som en glidende skala fra ett ytterpunkt, hvor samtalen gjennomføres uten en spesiell rekkefølge eller plan, til et annet ytterpunkt, hvor intervjuet består av faste spørsmål i en satt rekkefølge (Jacobsen, 2022). Figur 7 illustrerer graden av åpenhet i intervjuene, som viser at graden av åpenhet var stor.



Figur 7: Grad av åpenhet i caseintervjuer (Egenprodusert, basert på Jacobsen, 2022)

Etterarbeid

Etter gjennomføring av intervjuene gjenstod bearbeiding og analyse av dataene som var samlet inn. Denne prosessen innebar å transkribere intervjuene ordrett, ettersom Microsoft Teams' transkriberingsverktøy ikke alltid transkriberte korrekt. Dette kommer av dårlig lydopptak, mumling eller at respondentene snakket med dialekt. Deretter ble dokumentene med transkripsjonen gjennomgått, og systematisert etter hvilke temaer som ble nevnt i respondentens svar. På denne måten kunne det dannes en oversikt over hva de ulike respondentene mente, og lettere analysere og sammenligne de ulike svarene. Å analysere de transkriberte intervjuene var en tidkrevende prosess. Denne prosessen tillot forfatterne å betrakte to forhold:

- 1) En oversikt over *hvilke* temaer som ble vektlagt av respondentene. Dette muliggjorde en statistisk generalisering og enklere sammenligning mellom de ulike respondentene og deres meninger.
- 2) Forklaring på *hvorfor* de ulike respondentene vektla de temaene som ble trukket frem. Dette la grunnlaget for en teoretisk generalisering og en grundigere forståelse av fenomenet basert på de ulike aktørenes perspektiv.

Tabell 10: Kildekritikk av caseintervjuene

Intern gyldighet	Middels	Basert på svarene fra caseintervjuene alene vil det ikke være mulig å trekke helhetlige konklusjoner. Derimot kan dette gjøres ved å triangulere resultatene fra casestudien med andre metoder, f.eks. dokumentstudiet, som kan underbygge svarene fra caseintervjuene.
Ekstern gyldighet	Middels	Grunnet avgrensning av oppgaven vil ikke resultatene komme frem til alle aspekter av tilpasningsdyktighet. Caseprosjektene har i varierende grad benyttet tilpasningsdyktige løsninger, men alle hatt behov for en utbygging, eller planlegger for det. Dette styrker validiteten til

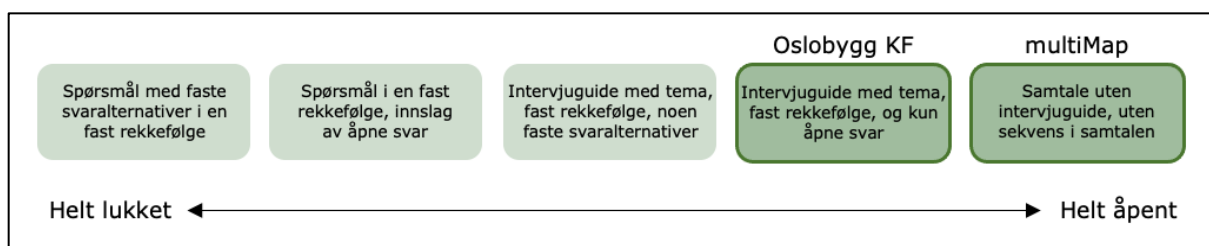
undersøkelsen da samtlige prosjekter ville hatt økonomiske fordeler av tilpasningsdyktighet i deres opprinnelige prosjekt.

En annen utfordring har vært å komme i kontakt med aktører fra prosjektene. På et av prosjektene hadde to av tre aktører pensjonert seg. Dette gjør det utfordrende å generalisere funnene fra dette caseprosjektet.

Pålitelighet	Middels/høy	For to av caseprosjektene ble det avholdt intervjuer med alle tre aktørene. Deres troverdighet kan forsvares ved at andre intervjuobjekter bekreftet deres påstander. I så tilfelle er påliteligheten høy. De to andre caseprosjektene hadde kun ett intervju, hvor personen kunne svare etter eget ønske. Ingen intervjuobjekter fikk beskjed om hvor mange fra prosjektet som ble intervjuet, og det antas at påliteligheten deres ikke falt under et middels nivå.
--------------	-------------	---

2.5 Ekspertintervjuer

I samarbeid med veileder ble det avgjort at det kunne vært hensiktsmessig å komplementere intervjuene gjort i casestudien med intervjuer med andre, uavhengige aktører med god kjennskap til fenomenet tilpasningsdyktighet. Det ble derfor gjennomført to ekspertintervjuer med henholdsvis Oslobygg KF, en uavhengig byggherre som har bred erfaring med prosjektering av undervisningsbygg, og multiMap, en aktør som arbeider med kvantitative målinger av tilpasningsdyktighet. Ekspertintervjuene hadde som hensikt å være komplementerende til de andre delene av metoden i denne oppgaven. Det var derfor et ønske om å holde disse intervjuene så åpne som mulig, da en lukket intervjuform kunne begrenset datainnsamlingen fra disse aktørene. Som illustrert i Figur 8 ble intervjuet med multiMap gjennomført uten bruk av intervjuguide og sekvens i samtalen, da ønsket var at respondentene skulle føle seg frie til å uttale seg og få frem sine meninger uten påvirkning fra vår side. Intervjuet med Oslobygg KF ble derimot gjennomført mer strukturert, men mer åpent enn caseintervjuene.



Figur 8: Grad av åpenhet i ekspertintervjuer (Egenprodusert, basert på Jacobsen, 2022)

2.5.1 multiMap

Intervjuet med multiMap ble gjennomført 13.04.23. multiMap er et verktøy for eiendomsledelse som er ment for å gjennomføre kvantitative analyser av bygningers tilpasningsdyktighet. multiMap ble kontaktet for et intervju ettersom de er ett av få verktøy som benyttes til å gjøre kvantitative målinger av tilpasningsdyktighet. Å få et innblikk i hvordan multiMap gjennomfører målinger og hvilke bygningstekniske parametere de legger vekt på når de gjennomfører bygningsanalyser vil kunne gi sentrale opplysninger til oppgavens forskningsspørsmål. Intervjuet ble gjennomført på Microsoft Teams, hvor to representanter fra multiMap deltok. Ettersom intervjuformen var åpen, ble intervjuet gjennomført mer som en samtale, hvor multiMap holdt en presentasjon om verktøyet, samt svare på relevante spørsmål som intervjuere satt igjen med. I etterkant ble det også oversendt dokumenter som illustrerte hvordan multiMap fungerer i detalj og hvilke parametere de benytter i sine tilstandsgraderinger. Selv om dette dokumentet inngår i dokumentstudiet i denne oppgaven, presenteres resultatene under delkapittel 5.3.1 ettersom dette er direkte tilknyttet ekspertintervjuet og fungerer som et oppklarende dokument til intervjuet.

2.5.2 Oslobygg KF

Intervjuet med Oslobygg KF ble gjennomført 12.05.23 over Microsoft Teams, hvor to representanter stilte. Selv om intervjuet var åpent, ønsket representantene fra Oslobygg KF at intervjuet skulle ta utgangspunkt i oppgavens tre forskningsspørsmål slik at de kunne forsøke å gi så gode svar som mulig på disse. I forkant av intervjuet ble derfor intervjuguidene som ble brukt i caseintervjuene oversendt Oslobygg KF slik at de fikk et innblikk i hvilke spørsmål casestudien fokuserte på. Dette gjorde også at representantene fra Oslobygg KF hadde mulighet til å forberede svarene sine noe i forkant av intervjuet, noe som muligens løftet kvaliteten på intervjuet.

Tabell 11: Kildekritikk av ekspertintervjuene

Intern gyldighet	Høy	Ekspertintervjuene er ment for å komplementere caseintervjuene. Ettersom ekspertenes svar og meninger samsvarer med respondentene i caseintervjuene, er konklusjonene fra caseintervjuene validerte.
Ekstern gyldighet	Middels	Intervjuobjektene er hovedsakelig fra aktører tilknyttet Oslo, mens intervjuobjektene fra caseintervjuene er fra andre deler av landet. Rutiner, krav og lover gjennomføres forskjellig hos forskjellige kommuner. Det er grunn til å tro at ekspertenes gjøremåte er overførbar, men hypotesen er ikke testet ut i praksis.
Pålitelighet	Høy	I begge ekspertintervjuene stilte to intervjuobjekter. Dette øker troverdigheten til personene da de kan bekrefte hverandres svar. Ettersom personene representerer to seriøse aktører, uten noen form for gevinst ved deltakelse, anses deres troverdighet for å være ivaretatt.

2.6 Sammenstilt kildekritikk

Gjennom presentasjonen av de ulike metodene brukt i denne oppgaven har det blitt gjort en vurdering av hver enkelt metodes validitet og reliabilitet. Tre av methodedelene har fått tildelt en høy kildekritisk gradering, hvor de både har god gyldighet og god pålitelighet. Ingen av disse methodedelene har oppnådd høy gradering på både intern og ekstern gyldighet, og pålitelighet. Derimot veier de andre kravene opp for mangler. Eksempelvis for litteraturstudiet er mye av litteraturen eldre enn caseprosjektene. Av den grunn kan den interne gyldigheten anses for å være mindre relevant enn den er for nyere litteratur, men ettersom litteraturen er publisert i akademiske søkebasen vurderes den til å ha høy troverdighet. Litteraturstudiet graderes derfor til høy kildekritisk score.

Caseintervjuene er den eneste methodedelen som oppnår en middels totalscore. Både relevansen og troverdigheten til caseintervjuene oppnådde en middels kildekritisk score. Dette kommer ikke av at troverdigheten til intervjuobjektene var lav, men det forskjellige antallet aktører som stilte til intervju. I tillegg er det utfordrende å generalisere resultatene fra caseintervjuene utelukkende på disse uten å diskutere disse opp mot andre resultater eller teori. Den kildekritiske graden er oppsummert med totalscore i Tabell 12. Totalt sett mener forfatterne at metoden i denne studien opprettholder høy grad av gyldighet og pålitelighet, ettersom metodetriangulering tillater at svake sider ved noen metoder trekkes opp av sterke sider ved andre.

Tabell 12: Den kildekritiske graden til de forskjellige methodedelene

Methodedel	Gyldighet		Pålitelighet	Totalscore
	Intern	Ekstern		
Litteraturstudie	Middels	Høy	Høy	Høy
Dokumentstudie	Høy	Høy/Middels	Høy	Høy
Caseintervju	Middels	Middels	Middels/Høy	Middels
Ekspertintervju	Høy	Middels	Høy	Høy

2.7 Gjenbruk av materiale fra fordypningsprosjektet

Deler av materialet i denne masteroppgaven gjenbrukes fra fordypningsprosjektet som forfatterne gjennomførte høsten 2022. Fordypningsprosjektet ble gjort i forbindelse med emnet *TBM4500 Bygg- og miljøteknikk, fordypningsprosjekt*, og undersøkte problemstillingen "Hvordan prosjektere for tilpasningsdyktige bygninger?". Temaene på de to oppgavene er overlappende, men det presiseres likevel at det er forskjell på fokusområdet mellom de to. Hvor denne masteroppgaven fokuserer på tilpasningsdyktighet i undervisningsbygninger, fokuserte fordypningsprosjektet i større grad på kontorbygninger. Årsakene til dette skiftet er presentert i delkapittel 2.4.1. I fordypningsprosjektet ble det gjennomført et litteraturstudie som ble arbeidet videre med i denne masteroppgaven, og deler av teorien som presenteres i denne oppgaven baserer seg derfor på litteraturstudiet fra fordypningsprosjektet. En mer detaljert oversikt over hvilke kapitler som er gjenbrukt fra fordypningsprosjektet er presentert innledningsvis i de kapitlene det gjelder, henholdsvis Kapittel 2 og Kapittel 0.

3 Teori

Teorien som formidles i dette kapittelet skal legge til grunn for å besvare forskningsspørsmålene presentert i delkapittel 1.2. Videre presenteres generell informasjon om tilpasningsdyktighet samt sentrale definisjoner og prinsipper for å oppnå høy tilpasningsdyktighet. Det vil også gjøres rede for hvordan tilpasningsdyktighet kan måles kvantitativt. I tillegg presenteres dagens undervisningsbygg og deres tekniske tilstand. Avslutningsvis presenteres interessante funn fra tidligere masteroppgaver som er relevante for denne oppgaven.

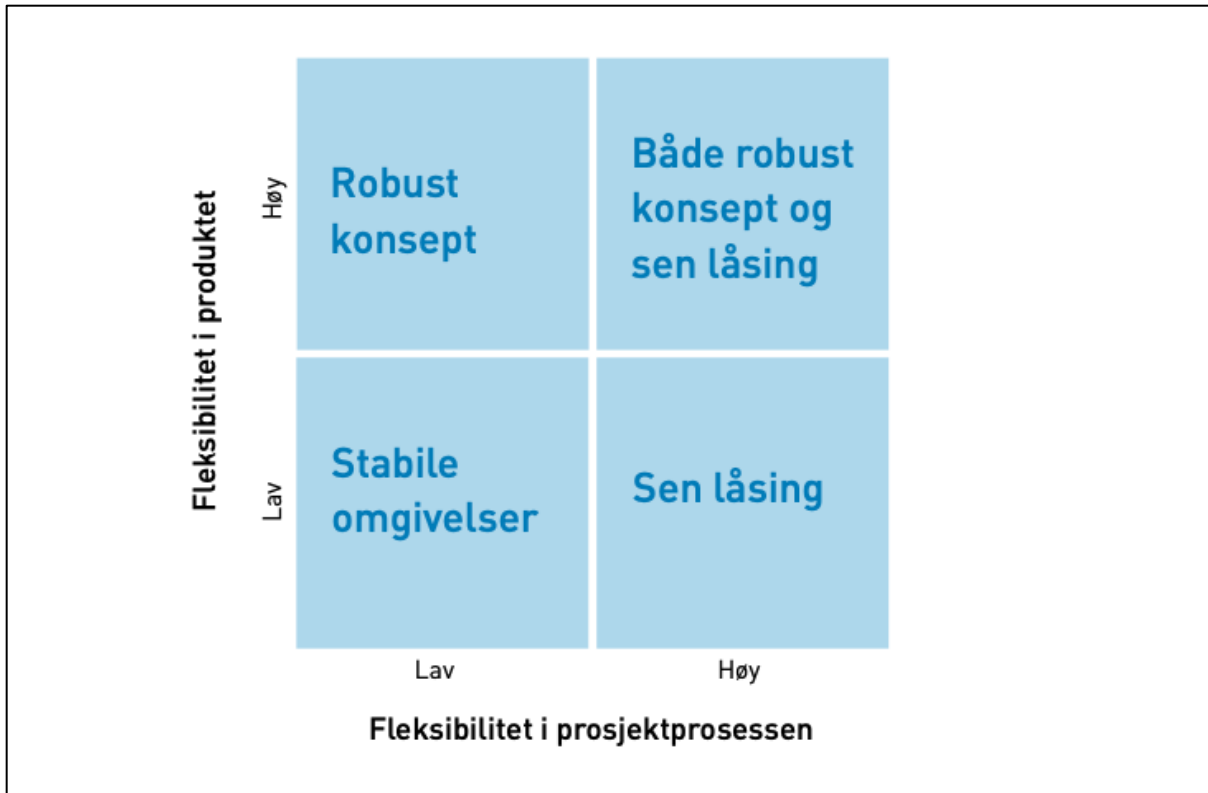
Teorikapittelet som følger er delvis gjenbrukt fra fordypningsprosjektet forfatterne gjennomførte høsten 2022 (Havre og Nordby, 2022). De følgende delkapitlene er basert på fordypningsprosjektet, med noen bearbeidelser på bakgrunn av noe endret fokus.

- 3.1 Fleksibilitet i sluttprodukt vs. prosjektprosess
- 3.2 Tilpasningsdyktighet
- 3.4 SINTEF Byggforsks bygningstekniske prinsipper

3.1 Fleksibilitet i sluttprodukt vs. prosjektprosess

Som presisert i delkapittel 1.3, vil denne oppgaven fokusere på fleksibilitet i produktet, og ikke betrakte fleksibilitet i prosjektprosessen. Det er likevel sentralt å forstå forholdet mellom de to typene fleksibilitet. I NTNU Concept temahefte nr. 1, *Fleksibilitet i prosjekter - et tveegget sverd*, undersøker Nils Olsson to ulike typer fleksibilitet; fleksibilitet i sluttprodukt og fleksibilitet i beslutningsprosessen (Olsson, 2009). I dette heftet brukes begrepet "fleksibilitet" synonymt til "tilpasningsdyktighet", og må ikke forstås som "fleksibilitet" i FGE, som presentert i delkapittel 2.1.

Olsson definerer fleksibilitet i prosjektprosessen som "*beslutningsprosessen, planleggingen og utførelsen av prosjektet*" (Olsson, 2009, s. 7). Sentrale parametere i prosessen er tidspunkt for beslutningstaking og "låsing" av løsninger. Olsson skriver at fleksibilitet i prosessen kan gi påvirknings- og tilpasningsdyktighet, men kan til gjengjeld føre til usikkerhet og frustrasjon blant involverte aktører på grunn av manglende avklaringer. Fleksibilitet i produktet handler om leveransen som prosjektet leverer. Olsson presiserer at fleksibilitet i produktet innebærer å ta høyde for alternativ bruk av leveransen i fremtiden og tilrettelegging for enkel tilpasning til dette. En utfordring ved å implementere fleksibilitet i produkt er å identifisere hvilke områder som vil oppnå et behov for endring, ifølge Olsson. Videre kan det også være kostbart å tilrettelegge for alternativ bruk. Figur 9 nedenfor illustrerer sammenhengen mellom fleksibilitet i prosess og fleksibilitet i produkt.



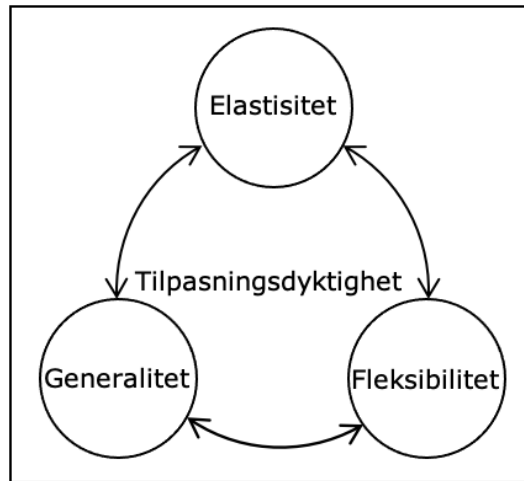
Figur 9: Sammenheng mellom fleksibilitet i prosess og produkt (Olsson, 2009)

3.2 Tilpasningsdyktighet

Tilpasningsdyktighet er et begrep som har vært brukt om bygninger og deres funksjoner i mange tiår. Allerede på 60- og 70-tallet benyttet Byggnadsstyrelsen (svenske Statsbygg) begrepet (Arge og Landstad, 2002). Likevel er det ingen entydig definisjon av begrepet, som fører til at en rekke definisjoner benyttes. Larsen og Bjørberg (2007, s. 14) definerer en bygnings tilpasningsdyktighet som "egenskaper den har til å møte vekslende krav til funksjonalitet". I boken *Ord og Uttrykk innen eiendomsforvaltning*, defineres begrepet som et "... uttrykk for en bygnings utviklingspotensial og verdi på lengre sikt" og videre "høy tilpasningsdyktighet gir grunnlag for store, langsiktige investeringer" (Mørk et al., 2008, s. 22). SINTEF definerer derimot begrepet i sitt Byggforskblad 342.205 Grunnskolebygg, Funksjoner og arealer som "mulighet for kortsiktig og langsiktig endring av arealer med henblikk på endrede gruppesammensetninger og aktiviteter" (SINTEF Byggforsk, 2009a, s. 2). Til tross for at definisjonen på tilpasningsdyktighet varierer noe, er det tydelig at fenomenet handler om en bygnings mulighet til å møte skiftende brukerbehov med et langsiktig perspektiv. Videre i dette avsnittet utforskes det hvordan bygninger oppnår høy tilpasningsdyktighet.

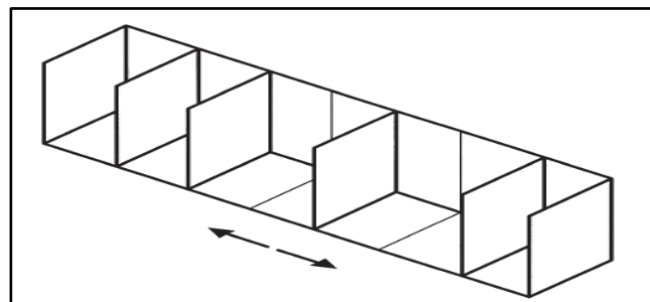
3.2.1 Fleksibilitet, generalitet og elastisitet

Tilpasningsdyktighet presenteres ofte som en funksjon av byggets fleksibilitet, generalitet og elastisitet (Bjørberg et al., 2007; Larsen og Bjørberg, 2007; SINTEF Byggforsk, 2004). De tre aspektene kan opptre isolert eller sammen, avhengig av bygningen og dens forhold, presentert i Figur 10. Nedenfor presenteres de tre aspektene ved tilpasningsdyktighet, og hvordan de kan bidra til økt tilpasningsdyktighet.



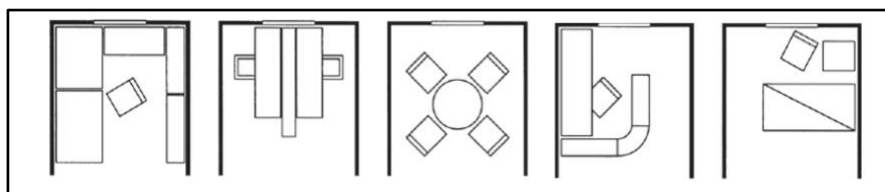
Figur 10: Tilpasningsdyktighet oppnås ved FGE (Egenprodusert)

Med fleksibilitet menes muligheten for å møte vekslende funksjonelle krav ved å gjøre endringer på bygningen (SINTEF Byggforsk, 2004). For å kunne gjennomføre endringer med lite ressurser, kort arbeidsperiode og minimal innvirkning på brukerne av bygget kan fleksibilitet tilrettelegges for ved bruk av standardisering og samordning av mål. Høy fleksibilitet i undervisningsbygg kan oppnås ved bruk av lettvegger for å endre planutforming eller tilrettelegging for nye brannceller ved en ombygging. Figur 11 illustrerer hvordan flyttbare vegger kan bidra til tilpasningsdyktighet i form av høy fleksibilitet.



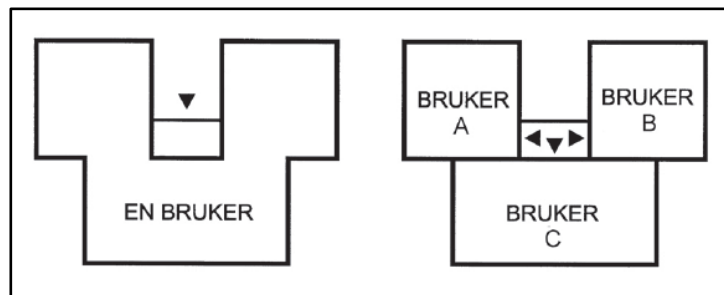
Figur 11: Fleksibilitet oppnås eksempelvis ved flyttbare vegger (SINTEF, 2004)

Generalitet brukes om en bygnings mulighet til å møte vekslende funksjonelle krav uten bygningsmessige eller tekniske tiltak (SINTEF Byggforsk, 2004). Med dette menes innføring av romslige buffere i form av overkapasitet i konstruksjon og installasjonssystem. Figur 12 viser et rom med høy generalitet, det kan tjene ulike brukerkrav uten bygningsmessige tiltak. Eksempler på tiltak som bidrar til høy generalitet i et undervisningsbygg er bygningsbredde og sonebasert og tredimensjonal forsyningsstruktur for EL og IKT.



Figur 12: Generalitet tillater tilpasningsdyktighet uten fysiske tiltak (SINTEF, 2004)

Elastisitet er et begrep som brukes om muligheten for å øke eller redusere bruksarealene i en bygning. Dette innebærer at planløsning, tekniske systemer og bygningen som helhet utformes slik at underinndeling eller tilvekst av arealer enkelt kan innføres (SINTEF Byggforsk, 2004). I undervisningsbygg innebærer dette å dele bygningens arealer inn i klasserom av ulik størrelse, som vist i Figur 13. Tiltak som bidrar til høy elastisitet i undervisningsbygg er utvidelsesmuligheter i høyden eller i lengderetning, bygningsautomatisering, heldekkende sprinkleranlegg, og overdimensjonering av fundament for å tåle utvidelser.



Figur 13: Elastisitet innebærer at arealer kan deles opp i mindre rom (SINTEF, 2004)

3.2.2 Statiske og dynamiske bygninger

Bygninger vil ha ulike endringsbehov avhengig av bruksområde. Basert på virksomheten i bygget vil en derfor kategorisere bygninger som *statiske* eller *dynamiske* (Bjørberg et al., 2007). Bygg som konsertlokaler og museer har lite behov for å være tilpasningsdyktige som følge av den statiske virksomheten bygget skal tjene. I slike bygg er det viktig med materialer og løsninger av høy kvalitet og lang levetid med lite vedlikehold (Bjørberg et al., 2007). Det kan derimot forekomme ønsker om å endre elementer av bygget hvis dette kreves for en forestilling eller utstilling, men hovedsakelig vil kjernevirksomhet være statisk.

Dynamiske virksomheter vil oppleve et større behov for tilpasningsdyktighet (Bjørberg et al. 2007). Eksempler på dette er kontorbygg med varierende brukerbehov avhengig av hvilken bedrift som bruker lokalene, sykehus som må tilpasses behovet til pasientgruppen eller undervisningsbygg som har for liten kapasitet eller av andre grunner må bygges om. Dynamiske virksomheter vil ha ulike årsaker til behov for tilpasningsdyktighet. Sykehus opplever eksempelvis høye krav til funksjonalitet, og de må også følge strenge lover og forskrifter, eksempelvis knyttet til energieffektivitet (Byggteknisk forskrift, 2017, §14-2.). Det utvikles stadig nye metoder for å utføre helsetjenester for å oppnå en effektiv drift, som medfører at sykehus må være tilpasningsdyktige for å kunne innføre disse. Kontorbygninger vil oppleve behovsendringer avhengig av markedssituasjonen og antall ansatte. Undervisningsbygg kan oppleve store variasjoner i antall elever og skolereformer kan også påvirke hvordan skolene skal utformes. I tillegg til dette vil alle bygninger være utsatt for hendelser som koronapandemien som kan påvirke brukerbehovene til virksomhetene. Larsen og Bjørberg (2007) påpeker at tilpasningsdyktighet avhenger av *behov, frekvens og levetid*:

- Behov for endring over tid
- Hvor ofte endringsbehov vil forekomme
- Hvor lang den tiltenkte levetiden for bygningen er

3.3 Multiconsults parametere for tilpasningsdyktighet

I temaheftet *Livsløpsplanlegging og tilpasningsdyktighet i bygninger* fra 2007 omtaler Larsen og Bjørberg bygningsmessig tilpasningsdyktighet som de tekniske egenskapene ved en bygning. Egenskapene omhandler i all hovedsak fire forhold (Larsen og Bjørberg, 2007):

- Installasjonsplass
 - Mulighet for utvidelse av tekniske føringer og tilgjengelighet
- Arealdisponering
 - Mulighet for utforming av planløsninger
- Bygningsmessig utvidelse
 - Mulighet for å bygge på eller til
- Unngå bindinger
 - Bygningskomponenter kan skiftes ut uten at det berører tiliggende komponenter

Parameterne for den bygningsmessige tilpasningsdyktigheten er presentert i Tabell 13 etter forholdene over. Nedenfor tabellen forklares parameterne mer detaljert. Forholdet "Unngå bindinger" har ingen parametere tilknyttet seg da dette er et generelt forhold for å oppnå fleksibilitet og elastisitet.

Tabell 13: Bygningstekniske parametere for tilpasningsdyktighet (Larsen og Bjørberg, 2007)

Parametere av betydning for installasjonsplass og utstyr	Parametere av betydning for arealdisponering og tilgjengelighet	Parametere av betydning for utvidelsesmuligheter
Tekniske mellometasjer	Mulighet for frie flater (spennvidder)	Tomteforhold (mulighet for tilbygg)
Netto etasjehøyde	Bredde kommunikasjonsveier	Lastkapasitet bæresystem (mulighet for påbygg)
Vertikale sjakter/installasjonsplass	Innervegger (tunge/lette) konstruksjoner	
Mulighet for hulltaking i dekke	Bygningsbredde	
Lastkapasitet dekke	Arealmengde per etasje	
Fleksibilitet og generalitet		Elastisitet

3.3.1 Installasjonsplass

Nedenfor presenteres de fem parametere som har betydning for installasjonsplass og utstyr. Disse påvirker byggets fleksibilitet og generalitet.

Tekniske mellometasjer

En teknisk mellometasje fungerer som føringsveier og installasjonsplass for tekniske installasjoner mellom to etasjer. Mellometasjen skal muliggjøre utvidelsesmuligheter og brukes hvor det skal være større tekniske anlegg som har behov for ekstra plass (Larsen og Bjørberg, 2007).

Netto etasjehøyde

Etasjehøyden vil ha påvirkning på byggets volum, hvor romfølelse, luftmengde og dagslys er sentralt berørte faktorer. I tillegg gir god etasjehøyde tilstrekkelig himlingsplass for tekniske føringer, og gir rom for takhengte installasjoner (Larsen og Bjørberg, 2007). "Beslutningene om etasjehøyder [...] er spesielt kritiske fordi de vanskelig lar seg endre i bygningens levetid og har avgjørende innflytelse på fremtidig tilpasningsdyktighet" (Arge og Landstad, 2002, s. 22).

Vertikale sjakter/installasjonsplass

Vertikale sjakter tillater enkel føring av tekniske installasjoner. God tilgjengelighet og areal i sjaktene er faktorer som spiller inn ved nødvendige utvidelser ved endring av byggets bruksområde eller ombygging, i tillegg til teknologisk utvikling (Larsen og Bjørberg, 2007). "Faste kjerner med vertikale sjakter og trapper bør plasseres i endene eller hjørnene av bruksenheten for å bevare størst mulig FGE i bygget" (Arge og Landstad, 2002, s. 60). Vertikale kommunikasjonsarealer og tekniske sjakter krever mer areal når antall etasjer øker. "En mulighet for å ivareta økt totalbelastning ved elastisitetssendringer er å avsette nødvendig reserveplass i sjaktene" (Arge og Landstad, 2002, s. 68).

Mulighet for hulltaking i dekke

I trebjelkelag kan det utføres mindre utsparinger uten reduksjon av kapasitet i bæresystemet (SINTEF Byggforsk, 2013). For trebjelkelag må utsparinger og hull dimensjoneres, men det er ingen krav til at disse utføres før elementene installeres. Hulltaking i trevirke kan enten gjøres i produksjon av elementer eller på byggeplass, men også etter at massivtre-elementene er på plass i bygget (SINTEF Byggforsk, 2009b).

Stålkonstruksjoner har gode egenskaper i forhold til hulltaking og innfesting, mens betongkonstruksjoner krever tidlig planlegging for hulltaking. Hull kan lett kollidere med armering (Arge og Landstad, 2002). Hvis det oppstår behov for utsparinger som kolliderer med armering i hulldekker, krever det en kapasitetskontroll før hulltaking. For plasstøpte dekker er det viktig at utsparinger "må plasseres slik at gjenværende skjærkapasitet ved opplagg ikke overskrides" (SINTEF Byggforsk, 2013).

Lastkapasitet i dekke

Økt lastkapasitet i dekker gjør det mulig å ha store nyttelaster og tungt, teknisk utstyr på dekket (Larsen og Bjørberg, 2007). Nyttelaster i norske bygninger bestemmes av standarden NS-EN 1991 Eurokode 1. Bygningskategori bestemmes av *Tabell 6.1 – Brukscategorier* i Eurkoden, hvor undervisningsbygg faller under kategori C, og nyttelasten bestemmes av *Tabell 6.2 - Nyttelast på gulv, balkonger og trapper i bygninger* (Standard Norge, 2008). Tabell 14 viser en oversikt over krav til de ulike nyttelastene for ulike rom i et undervisningsbygg.

Tabell 14: Oversikt over krav til nyttelaster for undervisningsbygg (Standard Norge, 2008)

Kategori [C]	Romtype	Nyttelaster på gulv
C1	Klasserom, kontorer, resepsjon, leserom o.l.	3,0 kN/m ²
C2	Forelesningssaler, konferanserom o.l.	4,0 kN/m ²
C3	Foajeer, ankomstarealer o.l.	5,0 kN/m ²

C4	Gymnastikkrom, dansesaler o.l.	5,0 kN/m ²
C5	Venterom, korridorer o.l.	5,0 kN/m ²

Økning av den *generelle* lastkapasiteten kan i tilfeller hvor stor tilpasningsdyktighet ønskes være en nødvendig løsning, men dette medfører økt materialbruk (Arge og Landstad, 2002). For god tilpasningsdyktighet kan det anbefales å dimensjonere for en høyere nyttelast enn anbefalt av Standard Norge (2008).

3.3.2 Arealdisponering og tilgjengelighet

Nedenfor presenteres fire viktige parametere for arealdisponering og tilgjengelighet. Disse parameterne bidrar også til høy fleksibilitet og generalitet.

Mulighet for frie flater og innervegger

Både parameterne mulighet for fri flater og innervegger omhandler mulighet for endring av planløsningen. "*Planene burde ha ingen (eller få) bærende innervegger for å gi mulighet til endringer i planløsningen*" (Larsen og Bjørberg, 2007, s. 17). Hvis et plan har mange bærende vegger vil generaliteten i planet kunne bevares, men fleksibiliteten svekkes betraktelig. Det er en korrelasjon mellom spennvidde, frie flater og dagslystilgang. Bærende søyler, hvis bygningsbredden krever det, burde plasseres slik at de kan forenes til støttefunksjoner for ikke å være forstyrrende for resten av planutformingen (Arge og Landstad, 2002).

Bredde kommunikasjonsveier

Bredden på kommunikasjonsveier bestemmes av flere faktorer, hvorav bygningens funksjon kan være bestemmende. Korridorbredden skal minst kunne ha behov for trilling av senger, og i så tilfelle må korridoren minst være to sykesenger bred (Larsen og Bjørberg, 2007). Hvis bygningen krever stor installasjonsplass av tekniske føringer, kan dette medføre en økt bredde for å imøtekomme plasskravene på installasjonene. I tillegg er det krav om at kommunikasjonsveier skal være rømningsveier, og offentlige bygg har krav om at rømningsveier skal være universelt utformet. NS 11001-1:2018 fastsetter i 10.2 *Felles korridorer og svalganger* at disse skal være minst 1600 mm brede og ha en netto fri høyde på minst 2200 mm (Standard Norge, 2012)

Bygningsbredde

Bygningsbredden har innflytelse på eksempelvis behov for dagslys, tomteforhold og arealeffektivitet. Lengre spenn øker muligheten for frie flater og fri planutforming (Larsen og Bjørberg, 2007). Variasjon i dagslys kommer naturlig av de forskjellige årstidene, men har en "livsviktig rytmeregulerende egenskap". Rom ment for varig opphold skal ha en tilfredsstillende mengde dagslys (SINTEF Byggforsk, 2001). "*En bygningsbredde mellom 15 og 17 meter gir god arealeffektivitet, godt dagslys og fleksibilitet i forhold til ulike innredningsløsninger, spesielt mtp. åpne arealer og kontorlandskaper*" (Arge og Landstad, 2002, s. 65).

Arealmengde pr. etasje

"Enkelte funksjoner krever et minsteareal for å fungere tilfredsstillende" (Larsen og Bjørberg, 2007). Fra Byggforskblad 342.205 Grunnskolebygg - Funksjoner og arealer (2009) kommer det fram at barneskoler med maks 392 elever hadde 8,80 m²/elev, mens

ungdomsskoler med maks 450 elever hadde 8,62 m²/elev. Det finnes derimot ingen minstekrav for arealmengde per etasje i norske grunnskoler.

3.3.3 Utvidelsesmuligheter

Parametere av betydning for utvidelsesmuligheter omfatter tomteforholdene og bæresystemets lastkapasitet og påvirker bygningens elastisitet.

Tomteforhold

“Utnyttelsesgrad og reguleringsplanbestemmelser, samt plassering på tomt, avgjør muligheten for utvidelser, både vertikalt og horisontalt” (Larsen og Bjørberg, 2007). Hvor tomten ligger vil nesten alltid være et av de viktigste bestemmelseskriteriene ved valg av tomt (Arge og Landstad, 2002). En sentrumsnær tomt vil trolig være ønsket når en ny skole skal bygges. Det er positivt i forhold til en bygningens elastisitet om det finnes et potensial for utvidelse ved behov for ekspansjon (Arge og Landstad, 2002).

Lastkapasitet bæresystem

Lastkapasiteten til bæresystemet og fundamentet gir mulighet eller begrensninger for å øke antall etasjer (Larsen og Bjørberg, 2007). “Både finansielt og funksjonelt kan det være gunstig at det finnes muligheter for å utvide en bygning på et senere tidspunkt. Utvidelser kan skje i form av tilbygg, påbygg eller som frittstående bygninger” (Arge og Landstad, 2002, s. 50). Å bygge i høyden begrenses av lastkapasiteten til fundamentet og må vurderes i forbindelse med den første prosjekteringen. Derimot kan det oppfattes mer plagsomt for brukerne å utvide vertikalt heller enn horisontalt, da brukerne av bygget blir direkte berørt i form av stillaser og støy (Arge og Landstad, 2002). Dette resulterer i at det vanligvis bygges full høyde i første byggetrinn.

3.4 SINTEF Byggforsks bygningstekniske prinsipper

SINTEF Byggforsk har også flere prosjektrapporter som omhandler tilpasningsdyktighet. I dette delkapittelet presenteres noen av prinsippene SINTEF vektlegger i sine to prosjektrapporter: *Generalitet, fleksibilitet og elastisitet i bygninger. Prinsipper og egenskaper som tilpasningsdyktige kontorbygninger* (Arge og Landstad, 2002) og *Generalitet, fleksibilitet og elastisitet. Hvilke typer tilpasningsdyktighet bør norske byggherrer velge, og hva velger de?* (Arge, 2003). Prosjektrapportene handler primært om kontorbygninger, men innholdet er også relevant for andre typer bygninger (SINTEF Byggforsk, 2002). På overordnet basis presenterer SINTEF fire hovedprinsipper for tilpasningsdyktighet, presentert i Tabell 15.

Tabell 15: Fire hovedprinsipper for tilpasningsdyktighet (SINTEF, 2004)

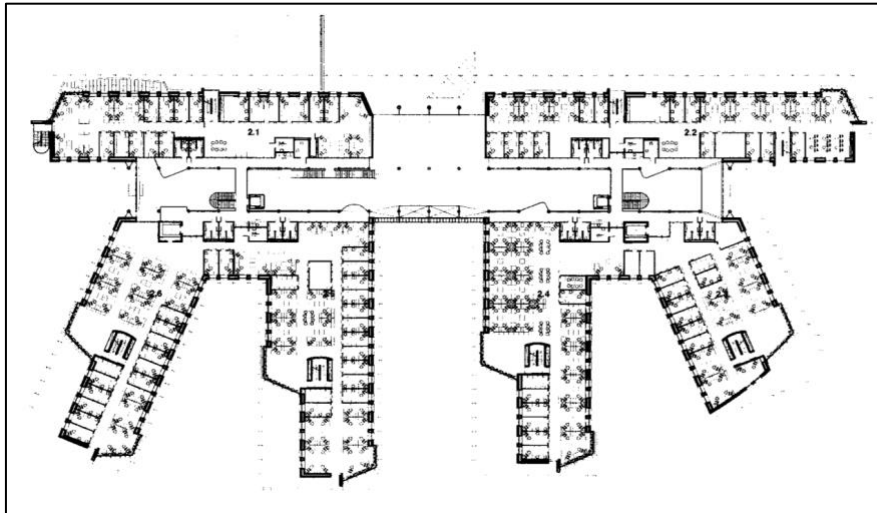
Hovedprinsipp	Beskrivelse
Overdimensjonering	Omfatter romlige reserver og overkapasitet på konstruksjoner og installasjonssystemer. Dette innebærer å gjøre rom større enn nødvendig i areal eller volum for å kunne brukes til andre formål enn det som opprinnelig ble planlagt for. Overkapasitet på konstruksjoner tillater bygningen å utvides i høyden eller å kunne bære laster som er tyngre enn vanlig. På tekniske installasjoner er også overdimensjonering aktuelt da det kan

	være kostbart og komplisert å supplere systemene i fremtiden. Overdimensjonering legger til rette for <i>generalitet</i> i bygninger, men er kritisk i forhold til økonomiske og miljømessige aspekter.
Målsamordning og standardisering	Kjente prinsipper som er kritiske for å oppnå kostnads- og tidseffektivitet. Gjør det enklere å skifte ut eksisterende elementer med nye. Brukes for å tilrettelegge for <i>fleksibilitet</i> i bygninger.
Mønster for tilvekst og underinndeling	Handler om at bygninger, planløsninger og tekniske systemer må utformes på en måte som tillater tilvekst eller underinndeling med frihet, både i ulike retninger og takt. Tilvekst kan skje i form av nye separate bygg, gjennom utvidelser horisontalt av eksisterende bygg eller vertikalt ved at fundamentering og bæresystemer er dimensjonert for økt etasjeantall. Dette er det viktigste prinsippet for tilrettelegging for <i>elastisitet</i> i bygninger.
Laginndeling	Innebærer å skille mellom byggets deler eller lag som har ulike levetider. En vanlig laginndeling er bygningsskall, tekniske installasjoner, innvendige vegger og møblering, men dette kan gjøres mer eller mindre detaljert. De ulike lagene endrer seg ulikt over tid og utsettes også for ulike grader av endring, noe som må tas hensyn til når en betrakter byggets tilpasningsdyktighet. Dette prinsippet diskuteres videre i delkapittel 3.4.4 Installasjonsprinsipper.

Flere av de bygningstekniske prinsippene i SINTEFs prosjektrapporter sammenfaller med Larsen og Bjørbergs (2007) prinsipper presentert i delkapittel 2.2. Likevel er det noen utfyllende prinsipper som er inkludert i prosjektrapportene. Disse nevnes nedenfor.

3.4.1 Bygningsutforming

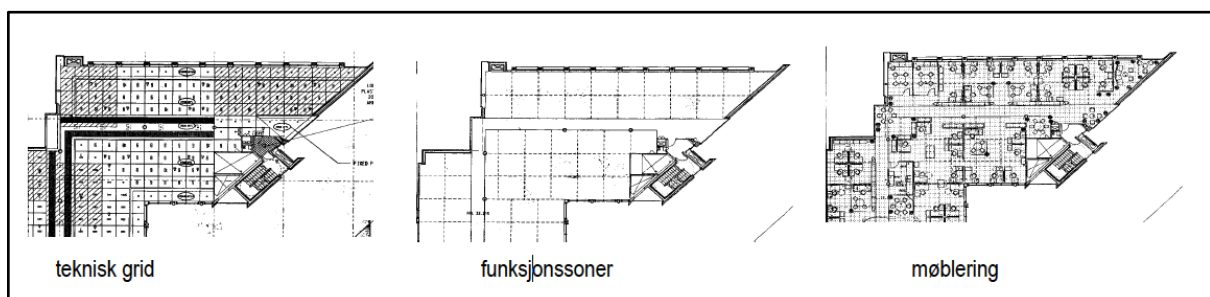
Bygningsutformingen vil påvirke en bygnings mulighet for oppdeling internt og ekspansjonsmuligheter eksternt. Ved å benytte separate fløyer vil en både opprettholde godt dagslysinnslipp da bygningsbredden holdes smal, samtidig som en tilrettelegger for intern oppdeling. I Figur 14 nedenfor illustreres Telenorsenteret i Bergen som eksempel på hvordan dette kan gjøres på en kontorbygning (Arge og Landstad, 2002, s. 10). For undervisningsbygg vil det være mulig å dele ulike klassetrinn eller ansattrom mellom fløyene. Ved å ha separate adkomster vil en også kunne ha separate bruksenheter som eksempelvis barnehage eller andre leietakere i enkelte fløyer.



Figur 14: Telenorsenteret i Bergen er elastisk pga. bygningsutforming (Arge og Landstad, 2002)

3.4.2 Planleggingsmodul

En *planleggingsmodul* er et annet verktøy som kan benyttes for å oppnå optimal arealutnyttelse og høy tilpasningsdyktighet (Arge og Landstad, 2002). Planleggingsmodulen deler byggets etasjer inn i enheter som er hensiktsmessige for bygningens funksjoner, innredning og dimensjoner på byggevarer; såkalte funksjonssoner. I en kontorbygning kan bygningen deles inn i kontorsoner, korridorsoner og midtsone med fellesfunksjoner i bredderetning. I byggets lengderetning kan modulen bestå av bredden til et cellekontor, eventuelt kan den deles inn i et halvt cellekontor for en mer finmasket modul hvis en ønsker å differensiere størrelsen på kontorene. En standard modulbredde er 2,4 meter (evt. 1,2 meter for ½ cellekontor). Dette er hensiktsmessige størrelser siden de er multiplum av 0,6 meter, som er standardmodul for de fleste byggevarer. En tilsvarende planleggingsmodul kan etableres for undervisningsbygg, men funksjonssonene vil da måtte tilpasses byggets bruk. Forslag til funksjonssoner kan være klasserom, grupperom og kontorer. Planleggingsmodulen benyttes både i fasaden og for inventar, og er dermed bestemmende for plassering av vegger, himlingsplater og tekniske installasjoner, illustrert i Figur 15. For at de tekniske installasjonene skal samsvare med modulene, må den *tekniske griden* de er plassert i samsvare med planleggingsmodulen. Teknisk grid er forklart videre i delkapittel 3.4.4.



Figur 15: Teknisk grid, funksjonssoner og møblering bør sammenfalle (Arge og Landstad, 2002)

3.4.3 Plassering av spesialfunksjoner

Høy tilpasningsdyktighet kan også oppnås ved å organisere bygningens utforming etter dens funksjoner. Eksempelvis kan hovedfunksjonene i en kontorbygning grupperes i tre hovedkategorier (SINTEF Byggforsk, 2002);

- Arbeidsplasser med tilhørende funksjoner (toaletter, tekjøkken, mindre møterom)
- Fellesfunksjoner som betjener alle i bygningen (resepsjon, kantine/personalrestauranter, godt utstyrte møterom, auditorier og annet)
- Spesialfunksjoner (laboratorier, datarom, undervisningsrom, overvåkningsentraler og annet)

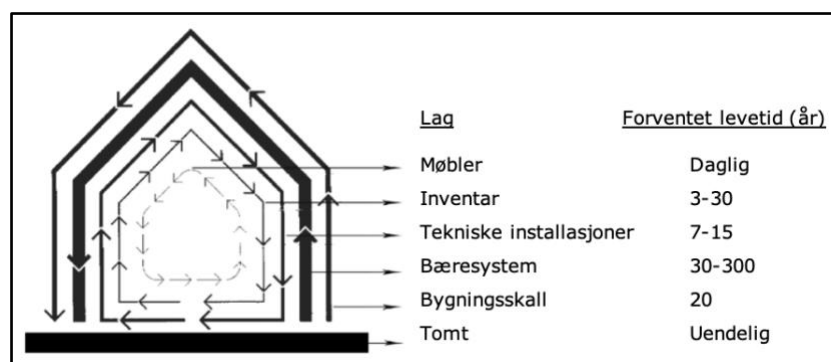
Spesialfunksjoner og fellesfunksjoner kan samles på eksempelvis bygningens inngangsplan, og bør ikke integreres på arbeidsplass-områdene. På denne måten vil en oppnå høyere generalitet i arbeidsplassområdene og muligheter for elastisitet ved utleie eller salg av bruksenheter. Et annet viktig moment er å plassere faste elementer som vertikale trappe- og heissjakter, våtrom og toaletter i utkanten av arbeidsplassområdene slik at de ikke hemmer generaliteten og fleksibiliteten i bygget. Som nevnt omhandler teorien til Arge og Landstad (2002) kontorbygg. Dermed kan teorien også appellere til undervisningsbygg. Følgende rom tilhører hovedkategoriene:

- Undervisningsrom med tilhørende funksjoner (grupperom, toaletter)
- Lærerarbeidsplasser med tilhørende funksjoner (kjøkken, toaletter, garderobe)
- Fellesfunksjoner som betjener alle i bygningen (inngangsparti, auditorium, aula, korridorer, vranglearealer og kantine)
- Spesialfunksjoner (naturfagsrom, datasaler, serverrom, treningsarealer og kroppsøvingssal)

Rom som har behov for ekstra tilførsel av ventilasjon eller andre tekniske føringer, som naturfagrom, verksted, og rom for tekniske fagretninger, burde med fordel plasseres samlet. De spesialiserte rommene kan enten være plassert på samme plan i samme område, eller i samme del av bygningen og forskjellige plan, men knyttet sammen av vertikale sjakter.

3.4.4 Installasjonsprinsipper

Ombbruk av materialer pekes ofte på som et effektivt tiltak for å redusere utslipp og avfall fra BAE-næringen og er tett knyttet til tilpasningsdyktige bygninger. Mange av prinsippene for tilpasningsdyktighet, som å kunne utvide eller endre en bygning etter behov, bygger på muligheten til å kunne demontere bygget uten å måtte rive bygningsdelene. Dette presenteres også i Tabell 15 hvor laginndeling trekkes frem som et av de fire hovedprinsippene for tilpasningsdyktighet. En slik laginndeling gjøres etter levetiden til materialene og er illustrert i Figur 16 (Arge og Landstad, 2002).



Figur 16: Laginndeling basert på bygningselementenes levetid (Arge og Landstad, 2002)

For at et bygg skal kunne dra nytte av en lagvis fordeling av bygningselementer, må det konstrueres på en måte som tillater demontering og utskifting av ett lag uten påvirkning

på de andre. Basert på installasjonsprinsippene er det trivielt at materialene som benyttes i bygningen, både i innredning, møblering og i tekniske installasjoner velges og installeres på en måte som tillater dette. For de tekniske installasjonene kan dette gjennomføres ved å etablere en *teknisk grid* (Arge og Landstad, 2002). I en kontorbygning vil dette være en planstruktur som tar utgangspunkt i et tett mønster av arbeidsplassenheter og som sikrer at det føres tekniske installasjoner til hver av disse. I undervisningsbygg vil det innebære å føre tekniske installasjoner til alle arbeidsplassene i et klasserom. Den tekniske griden må også tilpasses planleggingsmodulen, illustrert i Figur 15. Gridenhetene bør omfatte komponenter og utstyr for (Arge og Landstad, 2002).:

- Tilluft og avtrekk
- Kjøling
- Sprinkleranlegg
- Belysning
- Elektro og IKT
- Evt. overvåkning av innemiljø

3.4.5 Materialvalg

Det er ikke bare de tekniske installasjonene som må tilpasses bygget for å tilrettelegge for dets tilpasningsdyktighet, men også interiør og inventar. I SINTEFs prosjektrapport 336 presenteres løsninger for gulv, vegger, himling og møblering som bør benyttes for å ivareta høy tilpasningsdyktighet i bygget. Gulvet bør som hovedregel være gjennomgående, uten sprang, og montert i sin helhet før montering av flyttbare skillevegger (Arge og Landstad, 2002). Dette gjøres for å unngå avtrykk etter flytting av vegger. Det bør også velges hensiktsmessige innfestningsløsninger som tillater enkel demontering. Oppforet gulv er også en anbefaling da dette bidrar til stor planleggings- og innredningsfleksibilitet. Ved bruk av oppforede gulv kan kabler til el-forsyning og IKT-utstyr føres til hele etasjeflaten. Det er også mulig å sende ventilasjonsluft i gulvet, selv om dette ikke er særlig vanlig i Norge. Oppforede gulv produseres i ulike høyder avhengig av hvilke tekniske installasjoner som skal plasseres i hulrommet, og lengde- og breddemålene på gulvmodulene kan også tilpasses planleggingsmodulen for enklere utskifting ved behov. Materialvalget på gulvet har stor innvirkning på støynivået i rommet, da det er fra gulvet støy fra fottrinn dannes, før den reflekteres i vegger og himling. Det er derfor viktig at gulvbelegget består av et materiale som produserer lite støy. Tabell 16 illustrerer tre ulike typer gulvbelegg som kan benyttes i kontorlandskap og klasserom, med tilhørende fordeler og ulemper (Arge og Landstad, 2002).

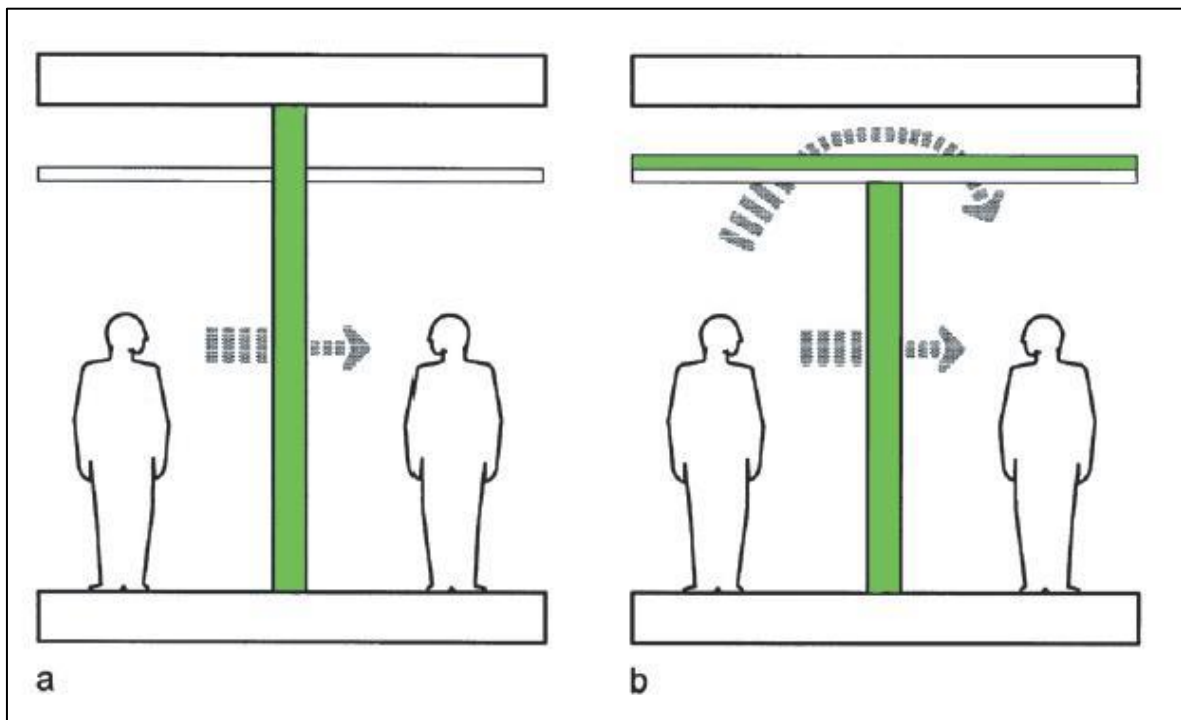
Tabell 16: Ulike typer gulvbelegg for kontorlandskap og klasserom (Arge og Landstad, 2002)

Type gulvbelegg	Fordeler	Ulemper
Tekstile gulvbelegg	<ul style="list-style-type: none"> • Finnes i mange varianter • Bedre lydabsorpsjon enn harde belegg 	<ul style="list-style-type: none"> • Utfordrende ifbm. rengjøring • Krever mer ventilasjon enn harde belegg.
Parkett	<ul style="list-style-type: none"> • Estetisk penere overflate enn andre materialer • Dersom det limes til 	<ul style="list-style-type: none"> • Dårligere støydempende egenskaper enn

	betongdekket kan støyisoleringen være bedre enn linoleum	tekstile gulvbelegg
Linoleum og vinyl	<ul style="list-style-type: none"> • God slitestyrke • Sveisbare, fugefrie skjøter • Rengjøringsvennlig • God gangkomfort • Antistatiske egenskaper 	<ul style="list-style-type: none"> • Mindre estetisk pent • Dårligere støyisolering enn tekstile gulvbelegg

Vegger og himling påvirker en bygningstilpasningsdyktighet gjennom deres flyttbarhet og støyreducerende egenskaper (Arge og Landstad, 2002). Maksimal frihet i et bygg oppnås gjennom vegger som kan demonteres, flyttes og monteres uten forstyrrelser for virksomheten og uten fysiske merker i gulv eller himling. Dette innebærer også at veggene må være uten brannkrav og bærende funksjoner. Det er derfor ikke mulig å innføre dette i alle bygninger, men både kontorlandskap og klasserom har høy dynamisk tilpasningsdyktighet og er derfor godt egnet til dette. Veggene må da være basert på "plug-in"-teknologi som benytter enkle innfestnings- og sammenkoblingsløsninger, som enkelt oppnås gjennom prefabrikkerte systemvegger. Ulempene knyttet til systemvegger er derimot at de ofte har mange skjøter som gjør dem estetisk lite pene, samt at dette reduserer lydisolasjonen i forhold til plassbygde vegger. Krav til lydisolasjon varierer avhengig av rommets funksjon. I *NS 8175 Lydforhold i bygninger* er det spesifisert at krav til luftlydisolasjonen mellom undervisningsrom er 56 dB, mens det kun er krav på 42 dB mellom undervisningsrom og korridor (Standard Norge, 2019). Dersom alle veggene skal produseres likt, av hensyn til driftsfleksibilitet, må de dermed enten produseres med et akseptabelt multiplum, eller slik at alle vegger har luftlydisolasjon tilsvarende de høyeste kravene (Arge og Landstad, 2002).

Himlingen spiller en sentral rolle i bygningens akustiske komfort, både i form av støyabsorpsjon og støyisolering (Arge og Landstad, 2002). Lydkrav mellom rom har tradisjonelt blitt løst ved å føre vegger opp til dekket, eller opp til skjørt skjult over himling. Å bygge skjørt i de aktuelle posisjonene for skillevegger er ressurskrevende og kompliserer føring av de tekniske installasjonene der disse ikke følger korridorsonen. I tillegg begrenser dette den tekniske tilpasningsdyktigheten til bygget. En alternativ løsning som øker tilpasningsdyktigheten er derfor å legge isolasjon horisontalt over himlingen der det skal plasseres skillevegger, er illustrert i Figur 17. Dette gir lavere støyisolasjon enn skjørt, og tilrettelegger i større grad for fremtidig ombygging (Arge og Landstad, 2002).

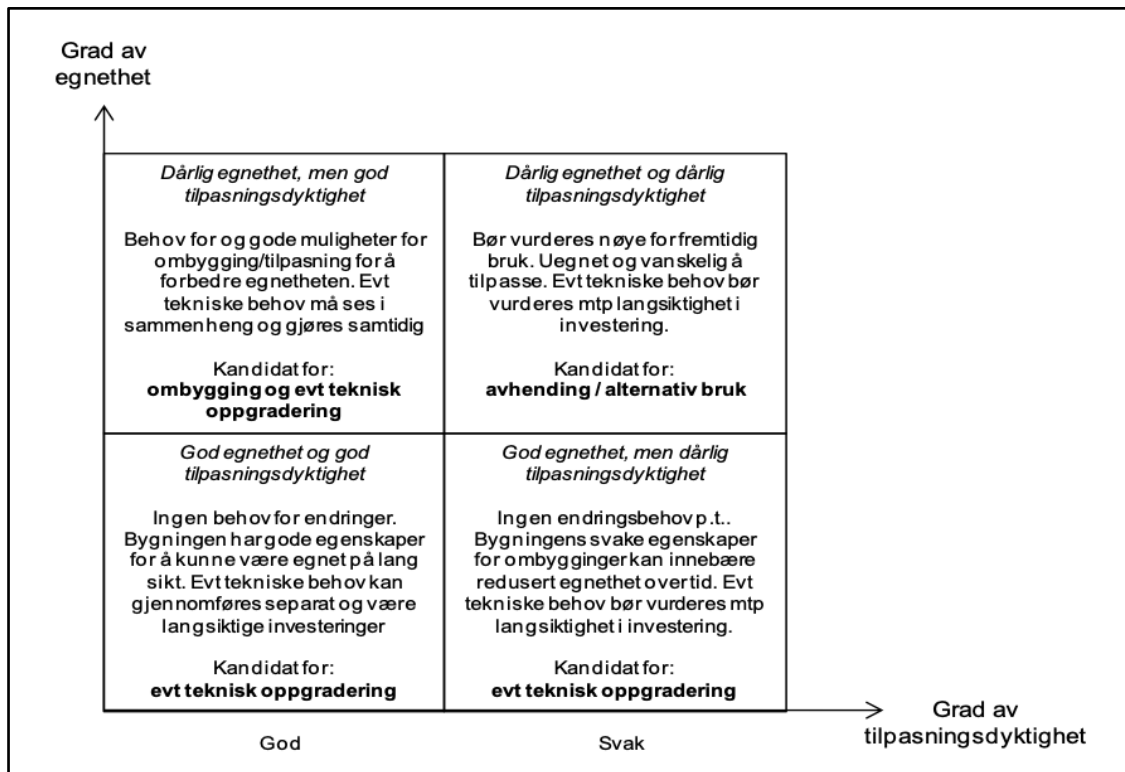


Figur 17: Horisontal isolasjon over himling gir plass til tekniske føringer (Arge og Landstad, 2002)

En av himlingens hovedfunksjoner er å skjule tekniske installasjoner som føres ut i etasjen i underkant av dekket. Det må også tilrettelegges for adkomst i forbindelse med vedlikehold eller endringer. En utbredt løsning i nærings- og undervisningsbygg er å benytte standard himlingssystemer med demonterbare plater (Arge og Landstad, 2002). Dette bidrar til enkel tilkomst av det tekniske systemet over hele etasjen. De nedhengte himlingsplatene er ofte kvadratiske eller rektangulære og bør monteres slik at de korresponderer med planleggingsmodulen og den tekniske griden i etasjen.

3.5 Kvantitative målinger av tilpasningsdyktighet

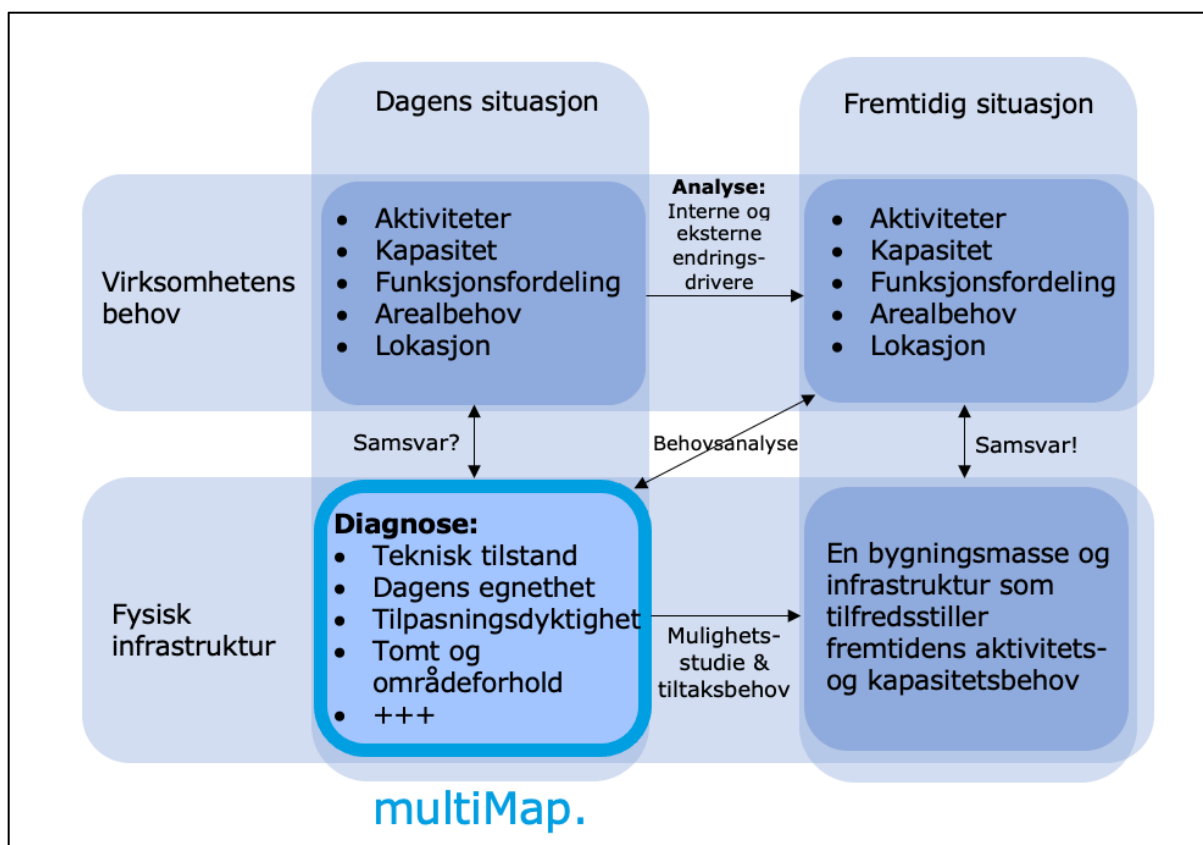
Det er prosjektspesifikke forhold som avgjør hvor høy tilpasningsdyktighet en bygning kan oppnå, noe som gjør det utfordrende å gjennomføre kvantitative, sammenlignbare målinger. Som presentert i de to foregående delkapitlene er det mange ulike prinsipper som kan implementeres for å gjøre en bygning tilpasningsdyktig, og disse må blant annet tilpasses bygningens plassering, tomteforhold, og brukernes behov og fremtidsutsikter. Det er derfor utfordrende å tallfeste både bygningers tilpasningsbehov og tilpasningsdyktighet. Anne Katrine Larssen og Lars Bjørberg la grunnlaget for kvantitativ måling av tilpasningsdyktighet da de i 2011 utviklet *levedyktighetsmodellen*, illustrert i Figur 18. Modellen tar for seg bygningens egnethet for dagens drift og graden av tilpasningsdyktighet. Basert på disse to variablene kan bygningen plasseres i en av de fire kvadrantene, som igjen kan si noe om hva som bør gjøres med bygget (Larssen, 2011). Levedyktighetsmodellen har i senere tid blitt benyttet som utgangspunkt for mer detaljerte kvantitative målinger av tilpasningsdyktighet i bygninger.



Figur 18: Levedyktighetsmodellen for kvantitative bygningsanalyser (Larssen, 2011)

3.5.1 multiMap

multiMap er et verktøy som brukes til strategisk bygningsanalyse på porteføljenivå, hvor det blant annet tar utgangspunkt i levedyktighetsmodellen presentert i Figur 18 ovenfor. Verktøyet er utviklet av Multiconsult og brukes til "*langsiktig eiendomsstrategi gjennom kartlegging av eksisterende bygningsmasse som grunnlag for strategisk og taktisk planlegging for videre utvikling av bygningsmassen*" (multiMap, u.å.). multiMap er bygget opp av kartleggingsmoduler som enten kan benyttes isolert, eller flere i kombinasjon, avhengig av hva en ønsker å kartlegge. Modulene fokuserer på ulike egenskaper ved bygget og har som hensikt å kunne si noe om dets nåværende tilstand og videre muligheter. Modulene består blant annet av teknisk tilstand, tilpasningsdyktighet og funksjonell egnethet, som alle benytter levedyktighetsmodellen til å kartlegge bygget. I tillegg finnes det andre moduler som betrakter forhold som tomt, energibruk og universell utforming. Figur 19 nedenfor viser hvordan multiMap kan benyttes på en bygningsportefølje, hvor multiMap diagnostiserer en porteføljes fysiske infrastruktur i dagens situasjon (nede til venstre) og vurderer denne opp mot virksomhetens behov (oppe til venstre). Det blir deretter gjort en analyse over mulige effekter av interne og eksterne endringsdrivere og hvordan de kan påvirke fremtidens behov for virksomheten (oppe til høyre), som skal samsvare med virksomhetens fysiske infrastruktur i fremtidens situasjon (nede til høyre). I delkapittel 5.3.1 presenteres resultatene fra et ekspertintervju med multiMap, som inneholder en detaljert gjennomgang av hvordan verktøyet brukes og hvilke vurderinger som gjøres i kartleggingen av en bygningsportefølje.



Figur 19: Hvordan multiMap anvendes (Egenprodusert, basert på multiMap, u.å.)

3.5.2 Tilstandsgrad og tilpasningsgrad

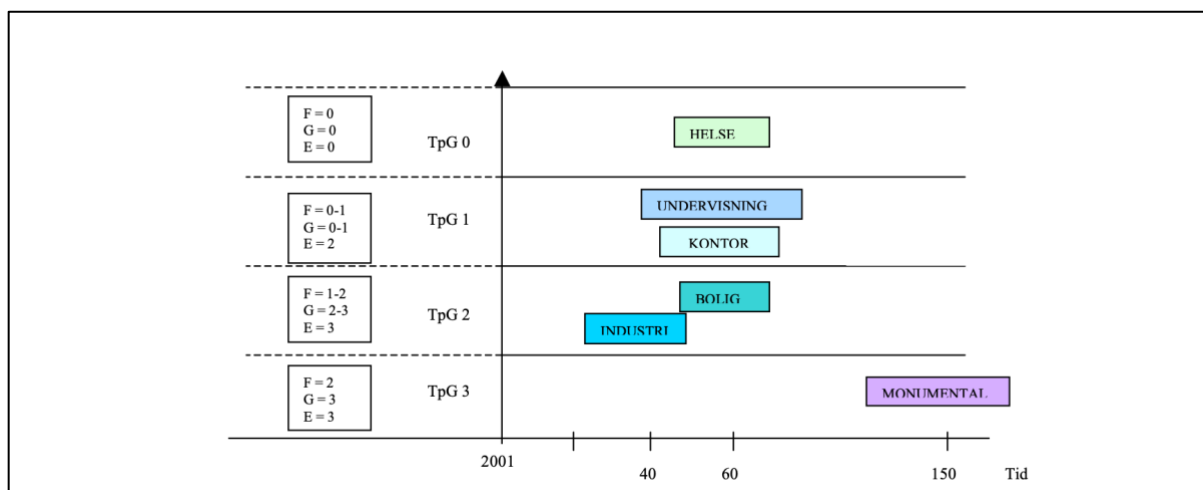
Tilpasningsgrad (TpG) er et kvantitativt mål på bygningers tilpasningsbehov. TpG er en faktor som brukes i KPI-systematikken til å beskrive ulike grader av tilpasningsdyktighet ut fra en samlet vurdering av fleksibilitet, generalitet og elastisitet (FGE) (Mørk et al., 2008). Tilpasningsgrader for et bygg utarbeides gjennom å vurdere *tilstandsgradene* til FGE på bygget. Tilstandsgrad er et uttrykk for tilstanden et byggverk eller en del/komponent har i forhold til et referansenivå, og angis som TG 0 til TG 3, avhengig av graden av avvik på byggverket (Standard Norge, 2012). Tabell 17 viser hvordan de fire ulike tilstandsgradene er definert.

Tabell 17: Tilstandsgrader for kvantitativ måling av tilpasningsdyktighet (Standard Norge, 2012)

Betegnelse på tilstandsgrad	Tilstand ift. referansenivå	Beskrivelse
TG 0	Ingen avvik	- Tilstanden tilsvarer valgt referansenivå eller bedre. Ingen symptomer på avvik.
TG 1	Mindre eller moderate avvik	- Byggverket eller delen har normal slitasje og er vedlikeholdt; eller - Avvik eller mangel på dokumentasjon er ikke vesentlig ift. referansenivået
TG 2	Vesentlige avvik	- Byggverket eller delen er sterkt nedslitt eller har

		en vesentlig skade eller vesentlig redusert funksjon i forhold til referansenivået. Punktvis sterk slitasje og behov for lokale tiltak; eller - mangel på vesentlig dokumentasjon; eller - det er kort gjenværende brukstid; eller - det er mangelfullt eller feil utført; eller - det er mangelfullt eller feil vedlikeholdt.
TG 3	Stort eller alvorlig avvik	- Byggverket eller delen har totalt eller nært forestående funksjonssvikt; eller - behov for strakstiltak. Fare for liv og helse.
TGIU	Ikke undersøkt	- Delen er ikke tilgjengelig for inspeksjon, og det mangler dokumentasjon for riktig utførelse samtidig som mulig avvik kan innebære vesentlige konsekvenser og risiko. Det er behov for mer omfattende undersøkelser for å avdekke eventuelle avvik.

Ulike bygningstyper har forskjellige krav til TpG basert på byggets behov, kompleksitet og levetid. Figur 20 viser sammenhengen mellom en bygning levetid og byggets tilpasningsgrad, basert på dens funksjon. En bygning kan ha dårlig tilpasningsdyktighet, uten at det har noe å si for om bygget passer til sin virksomhet eller ikke. Derimot vil trolig ikke et bygg med lavere kompleksitet, hvor bygget har behov for stor tilpasningsdyktighet, tjene sin virksomhet på en tilfredsstillende måte gjennom den forventede levetiden (Mørk et al., 2008).



Figur 20: Sammenheng mellom levetid, tilpasningsgrad og funksjon (Bjørberg et al., 2007)

3.6 Undervisningsbygg i Norge

Skolesystemet i Norge er delt inn i tre hovedgrupper; barneskole (1.-7.), ungdomsskole (8.-10.), og videregående skole (11.-13.) (Henriksen, 2020). Skolene er i all hovedsak separert, men i visse tilfeller finnes det kombiskoler som huser 1.-10.-trinn. I Norge har alle rett og plikt til 10 års utdanning, såkalt opplæringsplikt. Retten til utdanningen ble

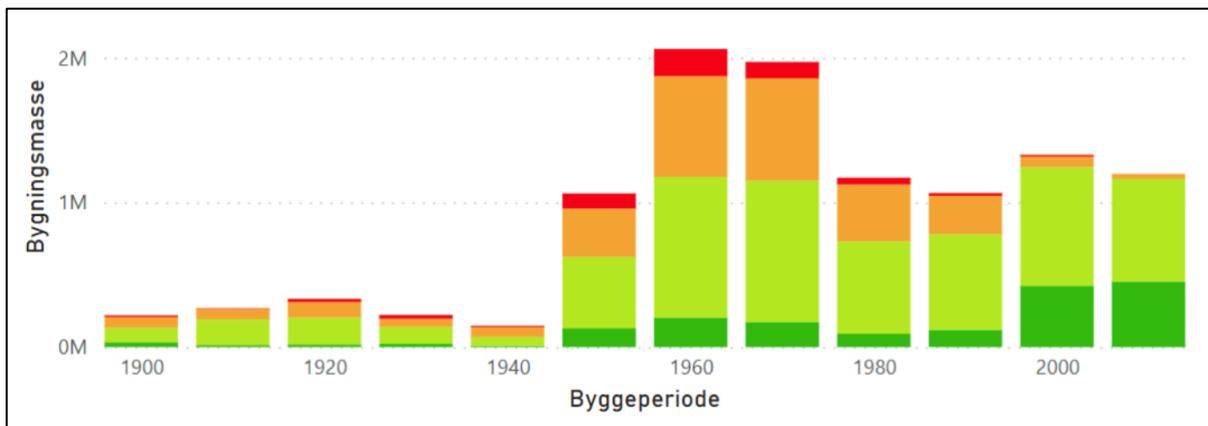
fastslått som en menneskerettighet i den forente nasjoners menneskerettighetserklæring i 1948. Derimot er det ikke bestemt hvor en skal foreta denne grunnleggende opplæringen, slik det er i andre land, hvor de fører en *skoleplikt*. Av Opplæringsloven (1998) kommer det fram at kommuner har ansvaret for grunnskolen, mens fylkeskommuner har ansvaret for videre utdanning. Følgelig har kommunene ansvaret for bygging av grunnskoler, mens fylkeskommunene har ansvar for bygging av videregående skoler, høyskoler og universitet.

Utdanningsdirektoratet har ansvar for utvikling og forvaltning av opplæringen, og dette blir formidlet gjennom skolereformer og læreplaner (Udir, 2023). Den nåværende skolereformen i Norge er *Kunnskapsløftet* fra 2020, som bygger på læreplanen med samme navn fra 2006. "Elevene og lærere vil oppleve en endring på både utforming av kompetansemål, sterkere verdiforankring, mer vektlegging av dybdelæring og tverrfaglige tema, og en større vekt på elevmedvirkning, noe som innebærer mer praktisk opplæring i form av nye undervisningsformer og nye arbeidsmetoder." (Utdanningsforbundet, u.å.) En slik endring setter krav til en viss tilpasningsdyktighet i skolebyggene for å tilrettelegge for barn og unges utdanning.

Teknisk tilstand

Av Rådgivende Ingeniørers Forenings rapport "State of the Nation - Norges Tilstand 2021" (RIF, 2021) viser det seg at Arbeidstilsynet gjorde tilsyn på skoler i 2017, hvor 61 % av disse fikk en tilstandsgrad på TG 2 eller TG 3. Tilsvarende tilsyn i 2018 viste at situasjonen ikke var forbedret og at fire av ti skoler ikke tilfredsstiller krav gitt i forskrift for miljørettet helsevern i skoler. I tillegg har kun 43 % av kommunale skoler en vedlikeholdsplan, og lærere er det yrket som føler seg spesielt utsatt for dårlig inneklima i sitt daglige arbeid (RIF, 2021).

Skolebygningsmassen i kommuner og fylkeskommune per 2021 utgjorde nesten 16 millioner m² av totalt 29,5 millioner m² (RIF, 2021). Skolebygg fra 1950-, -60- og -70-tallet utgjør en stor del av bygningsmassen, og byggene fra disse tiårene har oppnådd dårligst tilstandsgrad (Multiconsult, 2022). Tilstandsgrad, byggeperiode og størrelsen på bygningsmassen er presentert i Figur 21. KOSTRA, en del av SSB (2023), fører statistikk for alle tjenesteområder for alle norske kommuner og fylkeskommuner. Med en antatt befolkningsvekst til nesten 6 millioner innbyggere innen 2040, må det bygges 1,4 millioner m² nye undervisningsbygg for å opprettholde kapasitetsbehovet. Dette inkluderer ikke økning i kapasitet eller erstatning av utgående bygningsmasse (Multiconsult, 2022). Litt under halvparten av bygningsmassen fra 1950-1970 har TG 2 eller 3. Totalt sett har omtrent 31 % av bygningsmassen, eller 3,5 millioner m², behov for store oppgraderingsbehov innen 10 år (Multiconsult, 2022). I en rapport fra 2008 av Multiconsult og PricewaterhouseCoopers (PwC), bestilt av Kommunenes interesse- og arbeidsgiverorganisasjon, kommer det fram at omtrent 35 % av den totale kommunale bygningsmassen fikk en TG på 2 eller dårligere (Multiconsult og PricewaterhouseCoopers, 2008). Dette viser til at fokuset på vedlikehold av bygningsmassen ikke oppfattes som viktig nok av kommunene.



Figur 21: Skolebygningsmasse etter byggeperiode og tilstandsgrad (Multiconsult, 2022)

Rapporten trekker frem inneklimate som den mest kritiske tilstandsgraderingen for brukerne av byggene. De mest sentrale komponentene som påvirker inneklimate er luftbehandling, varme og kjøling, og lys, el-varme og driftsteknisk. Hele 45 % av byggene har TG 2 eller dårligere for luftbehandling, mens 38 % og 33 % oppnår tilsvarende TG for henholdsvis varme og kjøling, og lys, el-varme og driftsteknisk (Multiconsult, 2022). Dette samsvarer med rapporten State of the Nation 2021, hvor framtidsutsiktene for kommunale bygg i sin helhet peker nedover og trolig kommer til å fortsette sin negative trend. Begrunnelsen kommer av økte krav om mer bærekraftige bygg og eiendommer, i kombinasjon med lite ressursbruk på vedlikehold (RIF, 2021). "State of the Nation"-rapportene benytter en tilstandskarakter fra 1-5 til å vurdere bygningsmassens tilstand, hvor 1 er verst og 5 er best (Multiconsult, 2022). Dagens kommunale bygninger ble i 2021 tildelt en tilstandskarakter på 3, og får å øke denne til karakter 4 er det estimert en kostnad på 160 milliarder kroner. Dette er en økning på 20 milliarder fra "State of the Nation"-rapporten fra 2015 (RIF, 2021). Av denne kostnaden utgjør undervisningsbygg omtrent 90 milliarder, og er beregnet kun for å nå en bedre karakter, ikke for funksjonelle forbedringer. Slike tiltak kan være forbedringer av den universelle utformingen eller utskifting av komponenter som ikke oppfyller gjeldende TEK-krav (Multiconsult, 2022).

Multiconsult og PwC peker på innføring av internhusleie som et virkemiddel for å forbedre vedlikehold. Ved internhusleie forbedres balansen mellom eierrollen og brukerrollen av eiendomsporteføljen, og gir organisasjonen mer forutsigbare rammebetingelser (Multiconsult, 2008). Derimot forutsetter det at internhusleien avspeiler de rette kostnadene for drift av bygget, og at avviket mellom internhusleien og de faktiske kostnadene på bygget forblir så lite som mulig (Multiconsult, 2008). Multiconsults rapport (2022) trekker frem byggets tilpasningsdyktighet som en faktor i reduksjon av vedlikeholds- og oppgraderingskostnader.

Årsaker til endringsbehov

En av grunnene til at skoler får et endringsbehov er endringer i læreplaner og skolereformer. Baseskoler ble normen mot slutten av 2000-tallet, etter at vanlig undervisningsrom og korridor-skoler hadde vært den foretrukne undervisningsformen i mange år. Henriksen (2019) beskriver baseskoler som undervisning i mindre baser, fordelt på flere lukkede rom rundt et åpent areal. Videre skriver han at begrepet baseskoler har fått et negativt omdømme, men at det egentlig omhandler fleksible skolebygg som skal muliggjøre forskjellige undervisningsmetoder. Dagens situasjon er endret, og det nye læreplanverket ønsker å benytte andre arenaer for læring enn bare skolene. "Ved å bruke

varierte læringsarenaer kan skolen gi elevene praktiske og livsnære erfaringer som fremmer motivasjon og innsikt" (Udir, u.å.). Utdanningsdirektoratet legger opp til at det skal være normal undervisning, men at elevene skal få praktisk erfaring utenfor klasserommet.

Antallet elever i nærområdet har også påvirkning på hvordan skolen opererer. En distriktsskole kan eksempelvis merke forskjell hvert år på hvor mange elever som sokner til skolen. Høyere antall elever av økt barnetetthet kan være et stort problem, og er noe som ligger utenfor kommunens kontroll (Udir, 2014). Hvis antallet elever blir lavt et år, kan det resultere i at skolen kan bruke arealer til andre formål, eller om de leier ut til andre aktører. Skulle derimot det motsatte skje og skolen opplever at de ikke har plass til alle elevene i nærområdet, vil dette gå utover barna, noe som vil være uheldig. I Oslo har nærskolen ansvar for å finne skoleplass til alle barn i nærområdet til skolen. "Hvis en skole ikke har plass til barn bosatt i sitt inntaksområde, må skolen plassere barna på nærmeste skole med ledige plasser" (Oslo kommune, u.å.).

Utvikling av boligområder er noe kommunene i større grad kan overvåke. Utbygging skjer i henhold til reguleringsplaner, slik at en skal kunne forutse hvilke konsekvenser dette kan ha for nærskolene, enten om det er i et eksisterende eller nytt boligfelt (Udir, 2014). Det er derfor viktig at en utbygging av et boligfelt skjer sammen med nye investeringer i nærskoler. En slik parallell investering sikrer både folk et sted å bo og tilgang til utdanning. Hvis det kun investeres i boligområder, vil det økende trykket av nye elever kunne gå negativt utover skolens infrastruktur og ansatte (Thorén, 2003).

Krav

Alle undervisningsbygg har krav om å følge gjeldende tekniske forskriftskrav (TEK) fra byggeår. Hvis bygget rehabiliteres ved en senere anledning, er det alltid siste versjon av TEK som er gjeldende for arealene som pusses opp. Andre lover som må følges inkluderer Plan- og bygningsloven (2008) og Opplæringsloven (1998).

For å presisere krav fra TEK og andre lover har kommunene utarbeidet egne krav til kommunale bygg. Kravspesifikasjonene vil i de fleste tilfeller være gjeldende for alle typer bygg. I kommuner som Oslo og Bergen har de egne kravspesifikasjoner for undervisningsbygg. I Oslo heter denne kravspesifikasjonen *Standard kravspesifikasjoner for Oslo Kommune* (SKOK), og dokumentet beskriver de krav som stilles til utforming av og funksjonalitet i bygget, uavhengig av hvem som skal forvalte, drifte og vedlikeholde det (Oslo kommune, 2022). I SKOK står det beskrevet at byggene skal:

"... planlegges med nødvendig fleksibilitet, generalitet og elastisitet for å hensynta sambruk og utleie samt fremtidig bruk og eventuell utvidelse. For fleksibilitet skal det dokumenteres hvordan skoleanlegget kan omdisponeres til annen struktur" (Oslo kommune, 2022, s. 7).

I tilsvarende dokument fra Bergen kommune, *Arealstandarder og kravspesifikasjoner for skoleanlegg*, er det ikke beskrevet krav om tilpasningsdyktighet, men at *"hjemmeområdene i undervisningsbyggene skal være sentralt plassert for å sikre fleksibiliteten i perioder med varierende elevtall"* (Bergen kommune, u.å., s. 6). I Trondheim fylkeskommune har Eiendomsenheten utviklet dokumentet *Tverrfaglig kravspesifikasjon*, hvor de presiserer at:

" ... hovedkonstruksjoner, etasjehøyder og planstruktur skal legge til rette for ønsket generalitet og fleksibilitet gjennom sambruk og mulighet for å fange opp skiftende bruk uten omfattende bygningsmessige og tekniske endringer" (Trondheim fylkeskommune, 2020, s. 11).

I forbindelse med fortetting av boligområder vil flerbruk av offentlige bygg være en bærekraftig løsning på å øke energiutnyttelsen i byggene. Sambruk, eller flerbruk som det også omtales som, innebærer å bruke bygg til flere aktiviteter enn kjernevirksomheten deres (Miljøfyrtårn, 2019). Dette bidrar til bedre energiutnyttelse ettersom eksempelvis undervisningsbygg varmes opp også i de tidsrommene de ikke er i bruk. Andre eksempler på sambruk er bruk av skolegård som bydelspark, noe Amager Fælledskole i København har gjort (Nilsen, 2021).

3.7 Entrepriseform

Entrepriseformen for et prosjekt legger føringer for ansvarsfordeling, prosjektorganisering og hvem som har kontrakter med hvem (Lædre, 2012). I Norge deles entrepriser inn i to hovedformer; utførelsesentrepriser og totalentrepriser (DIBK, u.å.). Forskjellen mellom hovedformene ligger i at byggherre utfører, eller får noen til å utføre, prosjekteringen av prosjektet, og så utfører entreprenøren beskrevet arbeid, mens i en totalentreprise utfører totalentreprenør både prosjektering og utførelsen av kontrakten. I en utførelsesentreprise vil byggherre ha stor påvirkningskraft, men sitter med større risiko på grunn av egen prosjektering. Tilsvarende er det motsatt for en totalentreprise; der har byggherre mindre påvirkningskraft etter programmeringsfasen, men reduserer sin risiko i prosjektet.

En totalentreprise kan utføres med et samspill innad i prosjektorganisasjonen. Byggherre inngår et samarbeid med entreprenør, tekniske fag og brukere, og utvikler et forprosjekt, som totalentreprenør og samspillsgruppen overtar ansvaret for før produksjonsfasen (Dfø, u.å.). Fordelene med et slikt samarbeid er at det kan føre til et godt samarbeid mellom alle aktørene, og kan være med på å finne gode og kostnadseffektive løsninger. I de fleste tilfeller av en totalentreprise med samspill vil overskuddet deles mellom aktørene, slik at de har et økonomisk insentiv til å levere god. En utfordring med samspillsmodellen er at det settes store krav til en kompetent byggherre. De ulike aktørene utfører arbeidet og prosjekterer på forskjellige måter, som gjør at byggherre må legge til rette for et velfungerende og optimalt samspill (Dfø, u.å.).

3.8 Funn i tidligere studentoppgaver

Nedenfor presenteres funn fra andre masteroppgaver med nærliggende temaer og problemstillinger. Disse er samlet i et eget delkapittel da de ikke er fagfellevurdert og dermed ikke vil benyttes som teoretisk grunnlag videre i denne oppgaven. Forfatterne anser det likevel som relevant å presentere funn fra liknende masteroppgaver fra de siste årene.

Irene Fure utforsker i sin masteroppgave, *Tilpasningsdyktighet i undervisningsbygg i massivtre*, hvilke forutsetninger som tilrettelegger for gode skolebygg i massivtre (Fure, 2020). Oppgaven har som hensikt å kartlegge byggherrens motivasjon for å velge massivtre i undervisningsbygg, og hvordan materialvalget påvirker byggets tilpasningsdyktighet. Fure finner at undervisningsbygg i tre har en rekke fordeler knyttet

til klimagassregnskap som sammenfaller med kommunenes overordnede klima- og miljøstrategier (Fure, 2020). Videre har massivtreelementer en fordel over betong- og stål ved at de er enkle å bearbeide og bore i, noe som fører til en byggeplass med mindre støy og støv. Dette begrenser påvirkningen på skolens brukere, som kan føre til at de kan benytte seg av deler av skolebygget, eller i midlertidige lokaler i nærheten, mens arbeider pågår. Fure trekker også frem flere aspekter som må vurderes for å oppnå høy tilpasningsdyktighet i undervisningsbygg av massivtre, og nevner blant annet vurdering hvorvidt deler av bygget har større behov for tilpasningsdyktighet enn andre, og at valg av hovedmateriale i bæresystem må avgjøres tidlig og vurderes i kombinasjon med andre materialer. Oppgaven betrakter også aspekter ved prosjekters gjennomføringsmodell som må ivaretas, og trekker blant annet frem at massivtrebygninger krever en lenger prosjekteringsperiode enn prosjekter med bæresystem av betong- og stål, og peker også på samspill som positivt for å oppnå høy tilpasningsdyktighet.

I Hegle (2018) sin masteroppgave, *Massivtre som byggemateriale - en studie av prosjekteringsprosessen og utformingen av undervisningsarealene i massivtreskoler*, utforsker forfatteren hvordan massivtre som byggemateriale påvirker bygningsvolumets utforming og byggeprosessens prosjekteringsbehov (Hegle, 2018). Oppgaven trekker frem massivtre som et materiale i vekst og poengterer de miljømessige fordelene over tradisjonelle bæresystemer i form av redusert karbonfotavtrykk og forbedret inneklima (Hegle, 2018). Til tross for dette belyser oppgaven massivtre som et materiale som er negativt for en bygnings tilpasningsdyktighet. Dette begrunnes ved at lengre spenn er vanskeligere å oppnå i massivtrebygg, som fører til et bygningsvolum preget av flere søyler og mindre åpne arealer, noe som begrenser endringsmulighetene. En annen grunn til at tilpasningsdyktigheten reduseres er at massivtre krever større tverrsnitt av vegger, søyler og bjelker, noe som også gir mindre rom for endringer. I tillegg til dette trekkes lyd- og brannkrav frem som andre utfordringer som er vanskeligere å opprettholde i massivtrebygninger i forhold til bygninger med bæresystem av betong- og stål (Hegle, 2018).

Teller og Kirkestuen (2020) utforsker bankbygningers tilpasningsdyktighet i sin masteroppgave, *Tilpasningsdyktighet i historiske bankbygg*. Oppgaven utforsker bankbygningers fysiske egenskaper i forhold til generalitet, fleksibilitet og elastisitet gjennom en casestudie av to historiske bankbygg i Trondheim. Hensikten med oppgaven er å utforske hvordan bygninger som er over 100 år gamle opprettholder sin funksjon som bankbygninger i dagens samfunn. Oppgaven konkluderer med at det er få fysiske egenskaper i de historiske delene av bankbyggene som er bygget med fokus på tilpasningsdyktighet, men likevel oppnår de høy innvendig tilpasningsdyktighet i form av generalitet og elastisitet. Dette kommer av at de historiske byggene har gjennomgående høy brutto etasjehøyde, en bygningsbredde som ikke begrenser funksjoner i midten av bygget og stor andel naturlig dagslys (Teller og Kirkestuen, 2020). Videre oppnår også byggene god tilpasningsdyktighet utvendig gjennom høy elastisitet, da de har ivaretatt muligheten for å øke arealer, både horisontalt og vertikalt, gjennom tilbygg, påbygg eller frittstående bygg (Teller og Kirkestuen, 2020). Begge caseprosjektene har benyttet seg av den eksterne tilpasningsdyktigheten og tilført de historiske byggene nyere bygg i senere tid, som er tilpasset dagens brukeres behov. Den gode interne- og eksterne tilpasningsdyktigheten pekes på som årsaken til at disse historiske bankbyggene opprettholder sin funksjon den dag i dag.

I sin masteroppgave, *Rive eller bygge om? En studie av hva som kan fremme ombygging i byggenæringen*, undersøker Sørland og Klungerbo hvordan renoveringsraten av den norske bygningsmassen kan økes (Sørland og Klungerbo, 2021). Dette gjøres ved å sette søkelys på beslutningsprosessen mellom å rive og å bygge om, samt å betrakte drivere, barrierer og insentiver bygningseiere oppfatter ved ombyggingsprosjekter. Oppgaven involverer blant annet 18 bygningseiere for å belyse deres holdninger knyttet til ombygging. Studien konkluderer med at det er stor variasjon i hvilke analyser som gjennomføres i beslutningsprosessene. Tilpasningsdyktighet trekkes derimot frem som en avgjørende faktor, hvor dårlig tilpasningsdyktighet fremstår som en sentral barriere for ombygging. Videre pekes økonomi på som avgjørende for valget om å rive eller bygge om, men det er derimot ingen enighet i respondentenes svar om ombygging eller riving er mest lønnsomt, da det vil være prosjektspesifikke faktorer som avgjør dette. Likevel peker oppgaven på at det er viktig å minimere de økonomiske barrierene for ombygging, da det er enighet om at ombygging er den riktige veien å gå i forhold til de miljømessige aspektene. Klarer en å minimere de økonomiske insentivene, vil avgjørelsen om å rive eller å bygge om kunne tas på et bedre grunnlag, bestående av et mangfold av økonomiske, miljømessige og sosiale vurderinger.

Letting (2013) undersøker i sin masteroppgave, *Betydningen av tilpasningsdyktige bygg for effektive helsetjenester*, hvordan tilpasningsdyktighet i sykehus ivaretas fra krav til design og til produksjon og bruksfase, samt hvordan dette påvirker helsetjenesten. Studien består blant annet av en casestudie som involverer tre store sykehus i Norge, Rikshospitalet, Ahus og St. Olav Hospital. Oppgaven peker på at det i litteraturen ikke finnes entydige definisjoner på begrepet "tilpasningsdyktighet", og at prosjektene derfor utvikler sine egne begrepsapparater. Som et resultat av dette definerer ett av prosjektene tilpasningsdyktighet som en funksjon av fleksibilitet, generalitet og *rasjonalitet*. Sistnevnte defineres som "Byggtekniske løsninger som like etasjehøyder, dekketykkelser og økt bruk av prefabrikkerte konstruksjonselementer" (Letting, 2013). Letting konkluderer med at forhold som påvirker sykehus sin evne til å oppta endringer er avhengig av bygningsmassens egenskaper, virksomhetens muligheter til å utnytte ressursene som ligger i bygget og økonomiske forhold.

3.9 Oppsummering teori

I Tabell 18 nedenfor presenteres de mest sentrale funnene fra teorien som skal benyttes videre i denne oppgaven. Delkapittel 3.1 og 3.7 inkluderes ikke i tabellen da teorien fra disse delkapitlene ikke betraktes videre i oppgaven.

Tabell 18: Oppsummering av delkapitlene i teorikapittelet

Delkapittel	Sentrale funn
3.2 Tilpasningsdyktighet	Tilpasningsdyktighet handler om en bygnings mulighet til å møte skiftende brukerbehov og er en funksjon av fleksibilitet, generalitet og elastisitet (FGE). En bygnings behov for tilpasningsdyktighet avhenger av virksomheten i bygget, hvor ofte endringsbehov forekommer, og hvor lang byggets tiltenkte levetiden er.
3.3 Multiconsults bygningstekniske	Fire forhold avgjør bygningsmessig tilpasningsdyktighet; installasjonsplass, arealdisponering, bygningsmessig

parametere	utvidelse og å unngå bindinger. De tre førstnevnte forholdene har en rekke spesifikke prinsipper som avgjør tilpasningsdyktigheten, eksempelvis plassering av vegger, netto etasjehøyde eller bygningsbredde. "Unngå bindinger" er et bygningsmessig prinsipp i seg selv.
3.4 SINTEFs Byggforsks bygningstekniske parametere	Fire hovedprinsipper for tilpasningsdyktighet; overdimensjonering, målsamordning og standardisering, mønster for tilvekst og underinndeling, og laginndeling. Kapitlet trekker frem forhold som ikke nevnes i Multiconsults rapport, og inneholder blant annet plassering av spesialfunksjoner, bygningsutforming og installasjonsprinsipper.
3.5 Kvantitative målinger av tilpasningsdyktighet	Det er utfordrende å måle tilpasningsdyktigheten til et bygg ettersom prosjektspesifikke forhold avgjør bygningstekniske parametere som kan implementeres. Videre er det vanskelig å identifisere virksomhetens endringsbehov. multiMap er et verktøy som kan analysere en bygningsporteføljes ved å benytte en modell kalt <i>levedyktighetsmodellen</i> . Verktøyet betrakter bygningenes funksjonelle egnethet, tilpasningsdyktighet og tekniske tilstand ved å appellere tilstandsgrader iht. NS 3424 på en rekke bygningstekniske parametere.
3.6 Undervisningsbygg i Norge	Store deler av undervisningsbygg i Norge har dårlig teknisk standard og store oppgraderingsbehov. Videre har flere skoler dårlig egnethet, ettersom de enten er utdaterte i planløsningen eller har dårlig kapasitet. Dagens skolebygninger bygges iht. TEK17, og noen kommuner har også utarbeidet egne kravspesifikasjoner til kommunale bygg som inneholder spesifiseringer til tilpasningsdyktighet.
3.7 Entreprisereform	Entreprisereformen setter føringer for hvordan et prosjekt gjennomføres og fordeler ansvarsområder. I senere tid er det utviklet flere entreprisereformer, som eksempelvis tar for seg samspill mellom aktørene.

4 Caseprosjekter

I dette kapitlet presenteres de fire caseprosjektene som er inkludert i casestudien i denne oppgaven. Kapitlet inneholder nøkkelinformasjon om hvert av prosjektene, samt annen relevant informasjon tilknyttet hvert prosjekt.

4.1 Cissi Klein videregående skole



Figur 22: Illustrasjon av Cissi Klein VGS (Husark, u.å.)

Tabell 19: Nøkkelinformasjon om Cissi Klein VGS

Sted og byggeperiode	Trondheim, 2023-2025
Budsjett	>1000M
BRA	20 000 m ²
Entrepriseform	Totalentreprise (samspill)
Arkitekt	HUS Arkitekter
Entreprenør	Veidekke Bygg
RIB	Rambøll
Byggherre	Trøndelag fylkeskommune

På Falkenberg i Trondheim bygges det en ny videregående skole som skal stå ferdig skoleåret 2024/2025. Den nye kjernen blir kalt Leangen Sentrum Øst, hvor Trondheim kommune har store planer for byutvikling, skole og industri (Sæther, 2020). I påvente av det nye skolebygget, flyttet skolen inn i midlertidige lokaler på Saupstad i august 2022. De midlertidige lokalene, som tidligere ble benyttet av Heimdal videregående skole, har kapasitet på 200 elever og 40 lærere og ansatte (Brækstad, 2022). Den nye skolebygningen skal ha en kapasitet på 700 elever, men som kan utvides til 900 elever med få justeringer i bygningsvolumet (Veidekke, 2022).

I prosjekteringsprosessen har Trondheim fylkeskommune satt mål for bærekraft og fleksibilitet. I et samspill med Veidekke har dette ført til flere innovative løsninger som gjør at skolen blir et nullutslippsbygg (Seehusen, 2022). Skolen skal huse flere forskjellige fagretninger, deriblant musikk, dans og drama, teknologi- og industrifag, helse og omsorg,

studiespesialisering, og påbygging til generell studiekompetanse (Vilbli, u.å.). Byggets planløsning og funksjon skal enkelt kunne endres da det bygges med en ombrukbar bygningskropp (Seehusen, 2022). For å nå bærekraftsmålene må Trondheim fylkeskommune og Veidekke bygge skolen slik at utslippene maksimalt utgjør 45 % av et referansebygg. Skolens råbygg skal bygges av lavkarbon ekstrem-betong, også i plattendecker, og fasaden skal bygges av 100 år gammel teglstein fra en margarinfabrikk på Buran (Veidekke, 2022).

4.2 Ulsmåg skole



Figur 23: Illustrasjon av Ulsmåg skole (Dale, 2015)

Tabell 20: Nøkkelinformasjon om Ulsmåg skole

Sted og byggeperiode	Bergen, august 2013 - desember 2014
Budsjett	275M
BRA	7 200 m ²
Entrepriseform	Delt entreprise
Arkitekt	Ola Roald Arkitektur
Entreprenør	NCC
RIB	H2 Byggeteknikk
Byggherre	Bergen kommune, Etat for utbygging

Ulsmåg skole i Bergen kommune er en skole av tre med 600 elever og 50 ansatte (Dale, 2015). Skolen stod ferdig i desember 2014. Etter kommunens ønske er skolebygget oppført i 90 % trevirke (NCC, u.å.). Skolen er ført opp med hjemmeområder, hvor elevene vil ha undervisningsrom, grupperom og egne innganger. Skolen er bygget rundt en åpen foaje, hvor en kommer seg videre til flerbrukshall og bibliotek. Den smale tomten er flat og langstrakt, og ligger på to nivåer, med et sauebeite som nærmeste nabo. De utvendige veggene, bærende vegger i flerbrukshallen, tekniske rom og søylerader er bygget i massivtre. Dragere er oppført i limtre, mens det er benyttet tre i innvendige vegger (Dale, 2015).

4.3 Svolvær skole + ombygningsprosjekt



Figur 24: Bilde av Svolvær skole (VAV, u.å.)

Tabell 21: Nøkkelinformasjon om Svolvær skole, nybygg

Sted og byggeperiode	Svolvær, april 2011 - august 2012
Budsjett	160M
BRA	9 500 m ²
Entrepriseform	Totalentreprise (samspill)
Arkitekt	Arkitektene VIS-A-VIS
Entreprenør	HENT
RIB	Asplan Viak
Byggherre	Vågan kommune

Svolvær skole er en barne- og ungdomsskole med 540 elever og 100 ansatte i Vågan kommune. Skolen er opprinnelig fra 1970, men ble revet og bygget ny på samme tomt i 2012. Grunnen var at den ikke tilfredstilte bygningstekniske og branntekniske parametere, eller pedagogiske krav (NRK, 2006). Det eneste som ble utelatt fra rivearbeidene var skolens svømmehall. Over svømmehallen ble det også bygget et tomt skall som skulle fungere som bufferareal for en kapasitetsøkning i fremtiden. Selv om skolen ligger i Svolvær sentrum, er det kort vei til natur og idrettsanlegg (Vågan kommune, u.å.). Skolen er bygget som en fløyskole med en kompakt sentrert hoveddel. Skolebygget er to etasjer høyt og har både klasserom, grupperom og arbeidsplasser i begge etasjer. Skolen var en av landets kanskje mest moderne skole da den stod ferdig i 2012, med klimaanlegg og internettforbindelse på hele skolen (Pedersen, 2012).

Tabell 22: Nøkkelinformasjon om Svolvær skole, tilbygg

Sted og byggeperiode	Svolvær, 2019
Budsjett	20M
BRA	1 000 m ²
Entrepriseform	Hovedentreprise
Arkitekt	Arkitektene VIS-A-VIS
Entreprenør	E. Nilsen bygg
RIB	Sweco
Byggherre	Vågan kommune

Kun syv år etter at den nye Svolvær skole stod ferdig i 2012, opplevde skolen kapasitetsproblemer (Håvelsrud, 2016a). Det var både et behov for flere undervisningsarealer, samt at Kulturskolen i Vågan kommune hadde behov for nye lokaler (Håvelsrud, 2016b). Det ble da igangsatt et utbyggingsprosjekt som innebar å innrede det tomme arealet over svømmehallen, og gjøre dette om til undervisningsareal. Utbyggingsprosjektet kunne gjennomføres på kort tid og med lavt budsjett, noe det uinnredete arealet over svømmehallen tilrettela for (Moe, 2019). Resten av skolen var i drift mens bygningsarbeiderne pågikk, noe som førte til store sikkerhetskrav overfor elever og ansatte. Fra anbudsinnbydelsen står det at *”spesielt risikofylte, støyende eller forurensende arbeidsoperasjoner skal avklares med [...] skolens ledelse før arbeidet startes”* (Merzell, 2018).

4.4 Ranheim skole + utbyggingsprosjekt



Figur 25: Bilde av Ranheim skole (Dale, 2010)

Tabell 23: Nøkkelinformasjon om Ranheim skole, nybygg

Sted og byggeperiode	Ranheim, vinter 2009 - juli 2010
Budsjett	255M
BRA	6 800 m ²
Entrepriseform	Totalentreprise
Arkitekt	Lusparken
Entreprenør	HENT
RIB	F. Stensrud
Byggherre	Trondheim kommune

Ranheim skole er en barneskole med 630 elever, som er fordelt på 6800 m². Det nye skolebygget stod ferdig i 2010. Den gang var skolen bygget som en baseskole, hvor baseklassene hadde egne innganger, baseareal, grupperom og kontor for lærere (Dale, 2010). Det nye bygget erstattet den gamle Ranheim skole fra 1855, som elevene mente var en estetisk fin skole, men at den var slitt og utdatert. Skolen ble brukt som grisebinge under andre verdenskrig (Skjærseth et. al, 2010). Råbygget er av prefabrikkerte søyler og hulldekker, og det er benyttet sandwichelementer i deler av fasaden, sammen med beiset trekledning og kebony (Dale, 2010).



Figur 26: Bilde av tilbygget til Ranheim skole (Opak, u.å.)

Tabell 24: Nøkkelinformasjon om Ranheim skole, ombygg og tilbygg

Sted og byggeperiode	Ranheim, mai 2019 - oktober 2020
Budsjett	Ca. 40M
BRA tilbygg	400 m ²
Entrepriseform	Generalentreprise
Arkitekt	Arkitektene VIS-A-VIS
Hovedentreprenør	Ruta Entreprenør
RIB	Sweco Norge AS
Byggherre	Trondheim kommune

Byggeprosjektet på Ranheim skole inkluderte ombygging av eksisterende baseskole, samt et tilbygg for å øke skolens elevkapasitet. Ombyggingen medførte riving av innvendig bygningsmasse og en ombygging på totalt 4000 m². I tillegg ble det bygget et tilbygg på omtrent 400 m² med deler av skolen i drift (Opak, u.å.). Ombyggingen kom som en reaksjon på at det i snitt ble bygget 150 nye boliger hvert år i Ranheim, som årlig medførte en økt tilførsel av 25 nye elever (Rise, 2017).

5 Resultater

I dette kapitlet presenteres resultatene fra datainnsamlingen som er gjort i denne oppgaven. Kapitlet er delt inn etter metodene som er benyttet i datainnsamlingen og består følgelig av resultater fra caseintervjuer, dokumentstudie og ekspertintervjuer.

5.1 Caseintervjuer

I dette delkapitlet blir resultatene fra caseintervjuene presentert. Noen av caseprosjektene nøkkelpersoner har gått av med pensjon eller sluttet i bedriften, og har av den grunn takket nei til et intervju. Resultatene fra intervjuene presenteres prosjektvis og etter temaene fra intervjuguiden.

5.1.1 Cissi Klein videregående skole

Endringsbehov

I intervjuene ble det stilt spørsmål om hva som påvirker valget om en ombygging eller tilbygg. ARK svarte at dette har med byutvikling å gjøre og hvordan kommunen ønsker at skolen skal benyttes fremover. Derimot nevner også ARK at bruksområdet for bygget kan være endret i løpet av 50 år. Skolen er bygget med høy generalitet, som muliggjør en stor endring av bruken uten store bygningstekniske inngrep. Det nevnes blant annet at bygget kan ha flere bruksområder som eksempelvis brannstasjon eller kjøpesenter.

BH på Cissi Klein VGS benytter begrepet *endringsmuligheter* istedenfor *endringsbehov* for undervisningsbygg. Cissi Klein VGS har en strategisk plassering som muliggjør alternativt bruk av arealer utover skoletiden. At skolen ligger midt i et knutepunkt for utbygging er både positivt for elever og ansatte, men også for andre som kan bruke bygget. Ettersom det bygges med fokus på fleksibilitet og tilpasningsdyktighet, er det lagt opp til en ombygging på et senere tidspunkt. Derimot er det ikke hensiktsmessig å bygge tilpasningsdyktig for all bruk, så fylkeskommunen ser på scenarioer for bygget om kort tid (10 år) opptil lang tid (50+ år). Det er trolig andre skoleformål Cissi Klein VGS vil endres til, men bygget vil i fremtiden kreve andre pedagogiske løsninger og måter å drive en skole på. Skolene i Trondheim har vært gjennom en rekke skolereformer og det vil komme flere. BH var klar i sin tale på at fremtidsskolen vil se annerledes ut enn hva en kan forestille seg, og skolen må være tilpasningsdyktig for disse endringene.

Ressursbesparelser

På spørsmålet om hvordan tilpasningsdyktige bygg bidrar til ressursbesparelser, var ARK klar på at å legge opp til mulige endringer i opprinnelig byggeprosjekt var en enorm kostnadsmessig besparelse på flere vis. Først og fremst vil en kunne oppnå besparelser i form av rigg- og driftskostnader på et ombyggings- eller tilbyggsprosjekt, da en kan unngå å gjøre endringer på fundamentering og råbygg. Hvis det er en mindre omfattende ombygging, slipper elever og ansatte å flytte til brakker eller andre midlertidige lokaler. En høyere dimensjonert fundamentering er allerede planlagt på Cissi Klein VGS grunnet at tekniske fag som teknologi- og industrifag krever store og tunge maskiner for økt læringsutbytte. De intervjuede personene hos ARK opplyste om at dette ville øke kostnaden på det første prosjektet, men igjen spare eventuelle kostnader det ville medført å flytte disse lokalene i senere tid. Dette er noe et kommunalt byggeprosjekt kan påkoste seg, men tvilsomt noe en privat aktør vil uten opsjon for ombygging.

Økt kapasitet i vertikale sjakter er en parameter som BH trekkes frem for tilpasningsdyktighet, men BH er klar på at det ikke nødvendigvis trenger å koste mer. Å bygge og tenke smart fra starten av, og å finne de rette løsningene tidlig, er gunstig for den totale økonomien til prosjektet. I samspillskontrakten Trondheim fylkeskommune har med totalentreprenør Veidekke, er tanken at aktørene skal finne smarte løsninger sammen, heller enn å telle merkostnader hver for seg. Det er derimot tilleggs-kostnader utover det som er prosjektert og uforutsette endringer som bidrar til de store kostnadsøkningene, og disse øker jo lengre ut i prosjektet en kommer. BH trekker frem at større etasjehøyder vil føre til større bygningsvolum og at dette kan føre til at kostnaden økes noe, men at det samtidig blir større plass til tekniske føringer, som i seg selv har en verdi.

Bygningstekniske parametere

Ved spørsmål om hvilke bygningstekniske parametere som bidrar til økt tilpasningsdyktighet, fremhever respondentene fra ARK etasjehøyde som en viktig parameter. Stor etasjehøyde gir økt spillerom for tekniske installasjoner, og bidrar også til en god romfølelse for elever og lærere. Etasjehøyde, sammen med bygningsbredde og vindusareal, påvirker også dagslysinnsippet i bygget. Det nevnes videre at fasaden ikke bør være bærende for å gi muligheter for å øke mengden dagslys ved behov. Høyere etasjehøyde gir derimot høyere kostnader knyttet til oppvarming og i forbindelse med at større veggarealer må fasadekles. ARK minner om at økt etasjehøyde resulterer i et høyere bygg, som betyr at bygget blir dyrere og mer komplekst. Materialvalget begrenser i tillegg bygningshøyden. Et massivtrebygg er som oftest begrenset til 2-3 etasjer, mens et bygg med råbygg i betong og stål kan bli høyere og er kun begrenset av den økonomiske bevilgningen eller reguleringskrav. Internt i bygget berører arkitektene muligheten for å endre fra klasseromsordninger til åpne flater. For å oppnå dette må det være få bærende innervegger, noe som er enklere å oppnå med en søylekonstruksjon. Da kan søylene, sammen med bjelkekrager i betong, bære etasjene uten noen særlig stor form for hjelp fra innervegger, som øker generaliteten i bygget.

RIBr på prosjektet nevner at det er ønskelig med en robust brannstrategi som tåler ulik bruk av bygget for at det skal være tilpasningsdyktig. Respondenten trekker også frem at plassering av kjernefunksjoner som trapper og rømningsveier ikke bør endres ved en ombygging, da dette resulterer i økt antall brannceller, som begrenser fleksibiliteten i bygget. Gitt en høy generalitet i en bygning kan det være mulig å redusere antall endrede kjernefunksjoner på sikt.

Etasjehøyder nevnes som en viktig bygningsteknisk parameter hos BH også. Intervjupersonen nevner at det er flere eksempler på at 20 år gamle bygg blir revet, mens 100 år gamle bygg blir renoveret og brukes den dag i dag. Utover den potensielt vernede fasaden til bygget, er de ofte bygget med gode etasjehøyder, spesielt før 1970-tallet. Gode etasjehøyder gir godt dagslysinnslipp og gir god plass til tekniske føringer. Endrer bygget funksjon, vil det være krav til endringer av tekniske føringer og lufttilførsel. Dette må kunne gjøres så enkelt som mulig, og gode etasjehøyder muliggjør denne endringen. Godt areal i tekniske sjakter bidrar også til god FGE, men disse sjaktene må være sentralt plassert i arealene de skal betjene. Økte spennvidder er med på å øke generaliteten til bygget, men det er ikke nødvendig å lage for lange spenn. Det kan føre til søylerekker midt i lokalet som begrenser eller fjerner fleksibiliteten. Betongdekker er bedre for generalitet, da massivtredekker får problemer når spennet overgår 7,20 meter, men materialvalg må sees opp mot bærekraft og klimafotavtrykk.

Implementerte prinsipper for tilpasningsdyktighet

Ved spørsmål om hvilke prinsipper for tilpasningsdyktighet som hadde blitt implementert i Cissi Klein VGS, trekker ARK igjen frem viktigheten av store etasjehøyder og alle fordelene dette medfører. På Cissi Klein VGS var det tenkt en brutto etasjehøyde på alle etasjer på 4,5 meter. Etasjehøyden måtte reduseres med 0,3 meter til 4,2 meter for de to øverste etasjene for å holde seg innenfor kostnadsrammene. Dette kom som en konsekvens av koronapandemien og Russlands invasjon av Ukraina, som begge medførte økte materialpriser og lavere tilgjengelighet på materialer. Et annet valg prosjektet har tatt er å ha desentraliserte aggregater i bygget. Dette medfører lavere kanalhøyde over himling og at hvert aggregat tar mindre plass. Aggregatene er plassert i hvert sitt hjørne i bygget, som vil gi kortere føringer til aggregat ved endringer i indre struktur. Dette øker luftkvaliteten, og gjør også at det ikke kreves 30 % ekstra sjaktareal som buffer, slik som det er krav om fra Trondheim kommune. Alle kjernefunksjoner over himling er lagt i midten av bygget. Dette resulterer i en lavere netto etasjehøyde der kjernefunksjonene må være, men til gjengjeld føres det færre tekniske føringer over himlingen utover mot fasaden av bygget, hvor netto etasjehøyde blir høyere. Alt fast inventar, som våtrom, sjakter og aggregat, er samlet i én del da dette skal ligge fast, uavhengig av planløsning. I råbygget er det benyttet betongsøyler og plattendecker, heller enn hulldecker. Dette valget gjør det enklere å tilpasse bæresystemet da endringer under produksjon kan utføres på byggeplassen, heller enn å måtte bestille nye elementer fra fabrikk.

ARK nevner også at tomten har mye å si for hva som gjøres med bygget i fremtiden. Cissi Klein VGS står på en trang tomt omringet av veier og toglinjer, og midt i en større prosjektert byutvikling, slik at forlengelse av bygget i lengderetning ikke er mulig. Derimot kan det være mulig å bygge én etasje i høyden. Ved en eventuell ombygging har ARK tilrettelagt for at klasserommene skal kunne endres til flere rom eller åpne arealer. Dette er gjort ved å markere i betongvegger hvor det er mulig å kjernebore for å åpne opp mellom rom, da disse områdene ikke har armering. Hvis disse åpningene tas i bruk, vil rømningsplanene endres betydelig. Dette underbygger RIBr ved å ha en robust plan, som både er for dagens situasjon, men også for en potensiell fremtidig situasjon. Imidlertid kan åpne læringsområder være et problem for en ryddig rømningsplan, da rømningsveiene kan være sperret av flyttbart interiør. Det vil settes høyere krav til tydelig merking av rømningsveier ved åpne læringsarealer enn ved typiske klasserom med korridorer.

BH ønsker å tilføre mye sollys til klasserommene i skolebygget. Utenom gode etasjehøyder og høyt plasserte vinduer, som allerede er planlagt, har de diskutert åpen himling i randsonen for å eksponere dekket ut mot vinduer. Løsningen vil optimere ytterligere mot vinduet og føre inn mer dagslys, som det er krav til ettersom klasserom er et rom for varig opphold. BH trekker frem desentraliserte aggregater, men også bruk av trappeoppganger for ventilasjonen, som tilpasningsdyktige løsninger. Her skal de fungere sammen med ventilasjonsviftene. Dette peker BH på som en spennende utfordring de sammen i samspillskontrakten prøver å løse ved at arkitekten og de tekniske fagene får utnyttet hverandres kompetanse.

Drivere og barrierer

Både ARK og BH pekte på samspillmodellen som en bidragsyter til å oppnå gode, tilpasningsdyktige løsninger for prosjektet. ARK informerte om at det tok omtrent ni måneder fra prosjektteamet var bestemt, før de begynte å designe bygget. BH nevnte at det var viktig at teamet kjente hverandre og klarte å samarbeide godt før de tok noen

bygningstekniske beslutninger. I tillegg kan den planlagte elevtallsøkningen betegnes som en driver for økt fleksibilitet i bygget. Ettersom kapasiteten på sikt vil økes fra 700 til 900 elever, måtte prosjektteamet tenkte innovativt for å tilrettelegge for forskjellig bruk av bygget. Bevilgning av midler er også en driver i prosjektet da dette er et av de største og høyest budsjetterte prosjektene hos Trondheim fylkeskommune

For Cissi Klein VGS er tomteplasseringen både en driver og en barriere; en driver fordi skolen er plassert midt i et knutepunkt med tilvekst av boliger og næring, men en barriere fordi det finnes få elastisitetmuligheter for bygget. Uforutsette kostnader, som økning i materialpris og forsinkelser på grunn av invasjonen av Ukraina, har vært barrierer i prosjektet. Kostnadsøkningen har medført at de to øverste etasjene har fått redusert brutto etasjehøyde fra 4,5 til 4,2 meter.

5.1.2 Ulsmåg skole

Endringsbehov

ARK på Ulsmåg skole peker på skolereformer, endringer i folketall og fremtidig bruk av bygget som sentrale faktorer for endringsbehov i undervisningsbygg. Skolereformene endres etter behov og ønske fra staten om endring i undervisning, og ligger som en plan på hvordan unges læring skal se ut. Disse reformene blir varslet før de godkjennes, men ligger sjeldent klare slik at eldre byggeprosjekt kan bygges om til gjeldende reform. ARK trekker frem folketall og tilførsel av elever som en utfordring flere skoler møter på, spesielt i mindre distrikter. Der vil elevtallet endres fra år til år og skolen må kunne håndtere under- og overkapasitet. I tillegg til dette fremhever arkitekten viktigheten av et langsiktig perspektiv når en utformer skolebygninger, og sier at de stiller seg spørsmålet "Skal denne skolen ha samme funksjon om 20-30 år?" når bygget tegnes. Ved å utforske hypotetiske bruksområder til bygget kan de kartlegge hvilke barrierer som finnes for at undervisningsbygget skal benyttes som andre bruksområder, både i forhold til akustikk og brannkrav, samt teknisk forskrift.

Ressursbesparelser

Respondenten nevner at bruken av massivtre kan begrense tilpasningsdyktigheten til bygget. Å benytte seg av kun lim- og massivtre gjør det å bygge tilpasningsdyktig mer krevende og kan også føre til at det er mer kostbart. Massivtre brukes kun der det er hensiktsmessig, ellers brukes limtre og standard stendervegger. Disse materialene brukes for å gjøre byggene mer rasjonelle og økonomiske, slik at en ikke er dogmatisk til massivtre. Hvis nødvendig, kan byggene også bygges hybride for å redusere kostnader. Dette er gjort på en annen skole i Bergen, som ARK har tegnet, hvor nederste etasje er laget i betong med massivtre i etasjene over. Massivtrevegger gir en begrensning til hva slags rom som kan være i etasjen. Konsertsaler, musikkrom og gymsaler egner seg ikke med massivtre, på grunn av akustikk. En løsning på dette er enten å bygge råbygget av betong, mens skillevegger og innemiljø er delvis i tre, eller å bygge rom i rom med et luftrom mellom veggene. Derimot er ikke dette økonomisk gunstig hvis det er snakk om flere rom i samme bygg.

Bygningstekniske parametere

Ved spørsmål om hvilke bygningstekniske parametere som bidrar til økt tilpasningsdyktighet svarte ARK at spennvidder var viktig. Til tross for at massivtre ikke kan oppnå like lange spenn som eksempelvis hulldekker, ville ikke dette være noe problem i undervisningsbygg. Klasserommenes bredde varierer fra 5 til 7-8 meter på det meste,

og dette er spennvidder hvor både massiv- og limtre klarer seg uten tap av kapasitet. ARK belyser at en god generalitet i bygget kan være med på å begrense inngrep i byggets struktur. Ved å ivareta god variasjon i bygget, og med forskjellige rom, arealer, soner og åpne løsninger, vil bygget kunne møte endringsbehov uten fysiske inngrep. Det er derfor hensiktsmessig å minimere repetisjon i bygningsmassen for å opprettholde generaliteten. Dette kan også appelleres til andre typer bygg, hvor det eksempelvis pekes på at kontorbygg nå har beveget seg bort fra de tradisjonelle cellekontor-løsningene, til mer åpne kontorlandskap. En løsning ARK har foreslått på tidligere undervisningsbygg er muligheten for å sperre av en fløy med egen inngang. Dersom et eller flere klasserom står ledige kan arealene leies ut internt til andre kommunale foretak. Et slikt foretak kan være barnevernet, hvor det er nødvendig å skjerme barn og foreldre fra andre elever i skolegården. I andre prosjekter har rommene blitt leid ut til eksterne aktører med minimalt behov for interiørarbeid.

Implementerte prinsipper for tilpasningsdyktighet

Av tilpasningsdyktige prinsipper som benyttes i undervisningsbygg i dag nevner ARK at klasserommene må være av en viss robusthet. Klasserommene skal kunne brukes som en blanding mellom kontor og verksted. Rommene skal kunne brukes til sløyd, maling, vanlig undervisning, og mer. Ethvert klasserom må tåle en endring i bruk uten nevneverdig ombygging, og her spiller tre en sentral rolle da det er et røft, robust materiale. Respondenten peker også på at selv om bruken av tre begrenser fleksibiliteten, kan det øke generaliteten i bygget på grunn av sine robuste egenskaper.

Drivere og barrierer

ARK informerte om at prosjektorganisasjonen hadde evaluert hva bygget ville brukes til om 20-30 år, og tilrettelagt for en kommende endring. Det vil trolig være undervisning i skolebygget, men undervisningsformen kan være annerledes enn den er i dag. Med en høy grad av generalitet i bygget har de forberedt bygget for en forandring. I samme intervju kom det frem at valg av kun massivtre i skolen ville resultert i et mer kostbart bygg, og at dette kunne begrense tilpasningsdyktighet i skolen. Derimot ønsket prosjektorganisasjonen å bygge et mer miljøvennlig bygg for fremtiden, noe de har oppnådd med mengden lokalt tre i bygget.

5.1.3 Svolvær skole

Endringsbehov

Representanten fra BH forteller at Svolvær skole har opplevd endringsbehov flere ganger gjennom sin levetid. Opprinnelig var skolen fra 1930-tallet, og i 1970 fikk denne bygningen en oppgradering og et tilbygg med svømmehall. I 2006 var denne skolebygningen utdatert både i form av sikkerhetskrav, og rent pedagogisk. Det gamle skolebygget var for trangt, det var få møte- og grupperom, og det var nesten ikke plass til spesialundervisning. Det ble derfor besluttet å rive 75 % av skolen, hvor svømmehallen var noe av det eneste som stod igjen. Da arbeidet med den nye Svolvær skole ble påbegynt i 2009 satte kommunen sammen et funksjonsprogram, og entreprenør og ARK fikk så fritt spillerom. Det ble tidlig i prosessen avgjort at det skulle bygges et tomt skall over den gamle svømmehallen. Det tomme arealet var sterkt anbefalt av kommunen, da dette skulle håndtere en prognose på økt folketall. Valget om å bygge dette skallet for senere utbygging, begrunnes med at det kun er én skole i Svolvær, hvor kostnaden ved et nytt tilbygg ville vært betydelig større enn kun å gjøre innvendige arbeider.

Ressursbesparelser

På spørsmål om valget å bygge bufferareal kom i lys av en ressursbesparelse, svarte intervjupersonen at det handlet mer om å gi muligheten til en økt tilpasningsdyktighet, men at det økonomiske aspektet var av betydning. Det ble anslått at en renovering koster drøye 20000 kr pr. m² mot drøye 30000 kr per m² for nybygg, noe som resulterer i en kostnadsbesparelse på rundt 30 %. BH var meget fornøyd med at politikerne vedtok å bygge det tomme skallet. Entreprenørkostnadene anses som de høyeste på prosjektet. Fundamenteringen var allerede planlagt og gjort for tilbygget i 3. etasje, så den kostnaden kunne unngås ved utbygging. Siden skolen stod klar i 2012 har de lokale betongprisene også tredoblet seg i Svolvær, som videre ville gjort utbyggingen i 2019 dyrere om ikke råbygget var produsert i 2012. I tillegg til dette kunne entreprenøren benytte disse tomme arealene som brakkerigg under produksjonsfasen i 2012, som igjen førte til ressursbesparelser. BH trekker også frem ressursbesparelser i form av mindre påkjenninger på brukergruppen under utbygging i 2019. Ettersom skolen ikke trengte å benytte midlertidige lokaler, kunne kommunen spare store kostnader ved å opprettholde drift på Svolvær skole under utbyggingen i 2019.

Implementerte prinsipper for tilpasningsdyktighet

Respondenten trekker frem implementering av bufferareal som en god løsning for å oppnå høy tilpasningsdyktighet i et bygg. Vedkommende mener at så lenge prosjektet har økonomi til det, vil det være bedre å prioritere et bufferareal enn å tilrettelegge for FGE i eksisterende areal. I Svolvær kommune har de vært heldige med bevilgningen og bestemmelser fra politikerne. Dette kommer av at politikerne legger et relativt stort fokus på at de som blir berørt av nybygg eller ombygging skal være med på bestemmelsen. Det er ønskelig at alle parter skal kunne stille krav til kommunen, som tar dette med til Arbeidstilsynet. Kommunen plikter i slike situasjoner å dokumentere stor medvirkning. BH forteller at dette i grove trekk betyr at de som blir berørt skal bli hørt, og at dette resulterer i at det er fordelaktig økonomisk å bygge alt i et byggeprosjekt, heller enn i to. Svolvær ble i 2012 likevel tilrettelagt for fremtidig utbygging gjennom at skolens ventilasjonsanlegg ble overdimensjonert slik at det skulle tåle 30 % kapasitetsøkning ved innredning av bufferarealet i 3. etasje. Videre ble også trappehus, sjakter og tekniske mellomstasjoner tilrettelagt for at det tomme bufferarealet skulle kobles på resten av bygningskroppen. Dette gjorde at det under utbyggingen kun var innredningsarbeider og tekniske føringer som måtte legges om, som begrenset omfanget av dette prosjektet.

Drivere og barrierer

I Svolværs tilfelle var bevilgningen av midler i opprinnelig prosjekt en driver for å imøtekomme et kapasitetsbehov for skolen. Økt dimensjonering av fundament og bygging av et tomt skall ble godkjent av politikerne. Dette gjorde at ombyggingsprosjektet i 2019 kunne benytte tilpasningsdyktigheten som ble prosjektert i 2012, uten å transformere bygget. Da var det kun innvendige arbeider som gjenstod.

5.1.4 Ranheim skole

Endringsbehov

På spørsmål om hvorfor skoler opplever endringsbehov, peker ARK på forventet befolkningsvekst som en viktig faktor. På Ranheim forventet kommunen en stor økning i antall skoleelever og valgte derfor å bygge en ny skole i 2010. Eldre skolebygninger i området ble benyttet mens byggingen av denne pågikk. I denne perioden ble flere skolegrenser også flyttet nærmere Ranheim, noe som førte til at flere elever enn først

antatt soknet til skolen. ARK forteller videre at det viste seg tidlig i prosjektet at skolen var for liten for antallet elever som bodde innenfor skolegrensen. Det var et sterkt ønske om å få bevilget mer penger til å utvide skolen uten at dette ble hørt. ARK nevnte at de politiske prosessene for bevilgning av penger til slike prosjekter ofte tar lengre tid, samt at det er vanskelig å si om prognosen for befolkningsveksten treffer mål. Kommunen investerte i tillegg stort i infrastruktur rundt skolen hvor det ble bygget nye gangveier og innsnevret bilvei.

BH fra byggingen av Ranheim skole i 2010 og tilbygget i 2020 nevner at det fantes få skoler med 700 elever i 2010, spesielt på barneskolenivå. I dag finnes det skoler med godt over 1000 elever, men tanken om så store skoler i 2010 var fjern. En annen viktig drivkraft for endring på undervisningsbygg er skolereformene, som var en av driverne til den innvendige ombyggingen som fant sted samtidig som tilbygget ble oppført. På byggetidspunktet i 2010 var modellen i Trondheim kommune baseskoler med åpne arealer som rommet 90 elever. Modellen ble deretter endret og klasseromstørrelsen skulle reduseres til 50 elever per rom, med enkle skillevegger og skyvedører som delte rommet. For Trondheim kommune er det viktig at et tilbygg passer med eksisterende bygning, infrastruktur, kapasiteter, tekniske sjakter og ventilasjon. Bæresystemet og rominndeling kan gi begrensninger i hvilken grad det er mulig å gjøre en strukturell endring av bygget, hvor tilpasningsdyktige bygg har en stor fordel i forhold til bygg som stiller uten den samme fleksibiliteten og elastisiteten.

Ressursbesparelser

ARK forteller at kort tid etter prosjekttildeling kom beskjednen om at kommunen måtte kutte 10 millioner kroner fra opprinnelig kostnadsramme. For å unngå å måtte tegne om hele bygget og for å holde seg innen tidsrammene for prosjektet, ble det derfor valgt å nedjustere byggets areal med 10 %. ARK forteller likevel at mengden innvendige arbeider forble den samme etter nedjusteringen da det ble installert like mange el-punkter, likt antall våtrom og tekniske føringer. ARK mener at det tvilsomt var den beste eller rimeligste løsningen som ble valgt for å oppnå kostnadsbesparelser. I 2020 ble det oppført et tilbygg på tilsvarende størrelse for å løse kapasitetsproblemer på skolen. I forbindelse med tilbyggsprosjektet ble det også gjennomført en ombygging av det eksisterende skolebygget, med en totalpris på om lag 45 millioner kroner. Det er uvisst hvor stor del av totalkostnaden på dette prosjektet som kom fra tilbygget og den interne ombyggingen.

RIB på prosjektet trekker også frem nedjusteringen av byggets areal som en utfordring. I utgangspunktet var skolen prosjektert med høy grad av tilpasningsdyktighet, da bygget var tegnet i et aksesystem på 7,20 x 7,20 meter. Dette gjorde bygget effektivt, ettersom alle lengder og størrelser kunne deles inn i enheter på 0,60 m, som er universell enhetsstørrelse i byggebransjen. Basert på dette skulle bygget, som består av prefabrikkerte betongelementer og hulldekker, i teorien pakkes ned og bygges opp på en annen lokalisasjon grunnet elementene og aksesystemet som ble brukt. Etter at avgjørelsen om å nedjustere byggets areal med 10 % ble tatt, foreslo RIB å fjerne én av aksene slik at opprinnelig struktur på 7,20 x 7,20 meter kunne opprettholdes. Dette ønsket ble derimot ikke hørt, og det ble istedenfor valgt å redusere hver akse med 0,2 meter, slik at hele aksesystemet bestod av akser på 7,0 x 7,0 meter. Som et resultat av dette ble også byggets effektivitet redusert betraktelig da aksesystemet ikke lenger passet til den universelle enhetsstørrelsen på 0,60 meter. Dette førte til at det ble produsert store mengder avkapp, og ifølge RIB kan det stilles spørsmål ved om det faktisk ble oppnådd kostnadsbesparelser som en konsekvens av denne avgjørelsen.

Et annet aspekt både ARK og BH nevner i intervjuene sine er gjenbruk av materialer, og kostnadsbesparelsene dette kan medføre. ARK nevner at fokuset på gjenbruk har økt de siste årene, spesielt etter at Ranheim skole stod ferdig i 2010. Overflater som fasader, dører og vinduer kan brukes om igjen. Derimot er det til enhver tid endringer i forskrifter og nye brannkrav kan føre til at bygningsdeler ikke kan benyttes på nytt. I tillegg er gjenbruk en utfordring for entreprenørene. Hvis alle materialene i et bygg skal brukes om igjen, vil prosessen kreve en ekstrem presisjon på rivingsarbeidet, samt at materialene må lagres, noe som krever både tid og plass. Dette inngår i budsjettene til entreprenøren, hvor entreprenøren tvilsomt er villig til å ta på seg en slik ekstrakostnad uten noe gevinst. Trondheim kommune har nærmest opprettet et eget forretningsområde gjennom de siste årene. Fokusområdet ligger på kartlegging av alt som rives og har fått navnet Gjenbrukslageret. Alle materialene som kan brukes på nytt blir registrert i databaser. Ettersom tiltaket fortsatt er ungt har ikke kommunen sett effekten av dette ennå, men det antas at dette skal bli økonomisk drivverdig på sikt. Hovedfokuset ligger på at det skal lønne seg å ta vare på ting som kommer fra bygninger som rives.

Bygningstekniske parametere

RIB trekker frem lange spenn og bærende yttervegger som viktige parametere for tilpasningsdyktighet. Lange spenn kan oppnås ved bruk av hulldekker. Tidlig på 2000-tallet var det populært med hulldekker, stålsøyler og bjelker. Elementer gir rask monterings- og demonterings- og lavere grad av tilpasningsdyktighet da de produseres på fabrikk og ikke kan endres på byggeplassen. Prisene på elementer har siden gått opp og det har blitt mer økonomisk gunstig med plasstøpt betong. Dette gir i utgangspunktet kortere spenn enn hulldekker, men andre metoder som bobledekk og etteroppspanning kan gi lengre spennvidder. I tillegg tillater tredekker gode spennvidder, men ved bruk av tre oppstår det andre utfordringer som brann- og lydkrav. Et annet aspekt er hvor funksjonelt bygget blir i sin levetid. Krever bygget økt vedlikehold, kan dette ha negative konsekvenser for fleksibiliteten. RIB trekker frem avveiningen mellom å bygge vedlikeholdsfrie bygg som koster mer å bygge, men er billigere å vedlikeholde, og billigere bygg med høyere profitt, men som etterlater eier og bruker av bygget kostnaden for vedlikehold. Avslutningsvis peker også RIB på tomteplassering og -areal som en viktig parameter for tilpasningsdyktighet. Hvis skolen er bygget på en tomt med store utearealer, gir tomten bygget en høyere elastisitet.

BH fra Trondheim kommune fremhever også store spenn som bidragsyter til tilpasningsdyktighet, og generalitet som et sentralt begrep. Løsningen ligger i muligheten til å endre skolens klasseromstørrelser ved endringer i skolereformer, noe som førte til ombyggingen på Ranheim skole. I Trondheim kommune bygges det etter et generelt krav om at alle bygg skal ha tilrettelagt for en kapasitetsøkning på 30 % i tekniske anlegg. Samme regel var gjeldende i 2010 da Ranheim skole stod ferdig, som kommunen dro nytte av ved ombyggingen da de opprinnelige ventilasjonsaggregatene kunne benyttes på nytt, bare ved full effekt. I tillegg gjelder samme krav for tekniske føringer. Kommunen løser dette med nye teknikker på kabelbroer, men nevner at gode etasjehøyder fører til bedre plass over himling, noe de ønsker å oppnå i alle bygg.

Ved spørsmål om hvilke bygningstekniske parametere som bidrar mest til tilpasningsdyktighet, svarer også ARK etasjehøyder. Eldre bygg har ofte en høyere etasjehøyde enn eksempelvis bygg fra 80-tallet, noe som gjør byggene mer robuste. Det er disse byggene som er gjenstand for oppussing istedenfor riving, og har bevart fleksibiliteten gjennom forskjellige byggeperioder. Bygningsstrukturen og bæresystemet

legger føringer for hva som kan gjøres med bygget. Videre diskuterer intervjupersonen hva som gir mest tilpasningsdyktighet, hvor vedkommende trekker frem råbygg av plasstøpt betong. Hovedfokuset ligger per dags dato på kostnadspress, hvor arealeffektivitet og økonomi går foran gode etasjehøyder og endringsdyktighet. En annen tilnærming til tilpasningsdyktighet er å samle alle kjernefunksjoner. Dette inkluderer trapper, heiser og våtrom som benyttes til å stive av bygget. Sentreres disse sammen, vil dette gi store muligheter for å øke fleksibiliteten rundt, og fjerne potensielle bærende innervegger.

Implementerte prinsipper for tilpasningsdyktighet

RIB nevner at skolens utforming med fordel kan inneholde et atrium i midten av bygget med fløyer utover på tomten. Dette muliggjør fremtidig tilbygg da fløyene kan både utvides i lengden eller i høyden gjennom ny etasje på over fløyen. I tillegg er det fordelaktig om ytterveggene i fløyene er bærende, da dette muliggjør fleksibilitet i hvordan planløsningen er utformet. Hvis ytterveggene er bærende, kan de ikke-bærende innerveggene endres ved behov. Hvis de forskjellige partene i prosjektet klarer å samarbeide godt, kan det legges lange spenn som bæres av få vegger. Et slikt samarbeid kan spare inn mye penger for kommunene som ønsker et robust og fleksibelt bygg. Derimot blir fasadekledningen dyrere ved store etasjehøyder, som er en kostnad entreprenør ikke ønsker å ta. Derfor må det samarbeides mellom aktørene for å finne gode løsninger som muliggjør dette i byggeprosjektet.

På samme spørsmål svarer ARK at bæresystemet på Ranheim skole er et fleksibelt bæresystem og at dette er noe de fokuserer på i alle undervisningsbygg. Bæresystemet må ikke være bundet opp i bærende innervegger for å kunne imøtekomme endringer i planløsningen, samt at gode etasjehøyder gjør det enklere å endre på tekniske føringer. Intervjupersonen trekker frem bjelker som en begrensning på fleksibilitet. Ved bruk av prefabrikkerte betongelementer kan underliggende bjelker stikke ned opptil 0,2 meter, noe som tar av plassen til tekniske føringer. En løsning for å optimalisere volumet over himling kan være HSQ-bjelker ved bruk av elementer eller å plasstøpte bjelker og dekker. Derimot kan dette begrense spennviddene til bygget om det ikke benyttes etteroppspent armering. Tilpasningsdyktigheten til et bygg avhenger i stor grad av bæresystemet, og ettersom valg av bæresystem tas tidlig i et prosjekt er det viktig å introdusere mest mulig fleksibilitet i programmerings- og prosjekteringsfasen.

Drivere og barrierer

For Ranheim skole fremstår bevilgning av midler til prosjektet som en sentral barriere for tilpasningsdyktighet på prosjektet. Det fremstår fra BH som at kostnadsrammen er styrende for hvilke prioriteringer som gjøres. Når prosjekter må redusere kostnader, vil tilpasningsdyktige parametere som krever tilleggsinvesteringer være blant kostnadene som må nedprioriteres. I Ranheim skole sitt tilfelle valgte prosjektet å gjøre om aksesystemet slik at det ikke lenger var en multippel av 0,6 meter, som i seg selv ikke er en parameter som hadde påført prosjektet mer kostnader. Basert på RIB sine uttalelser kan det derfor virke som om en annen barriere for tilpasningsdyktighet er mangel på forståelse av betydningen til de ulike parameterne. En annen tolkning av dette kan være dårlig kommunikasjon mellom beslutningstakerne, slik at betydningen av sentrale parametere for tilpasningsdyktighet ikke lyttes til.

5.2 Dokumentstudier

I dette delkapittelet presenteres resultatene fra dokumentstudiet gjort i denne oppgaven. Oversikt over hvilke dokumenter som er analysert er presentert i Tabell 6 i delkapittel 2.4.2.

5.2.1 Bygningstekniske parametere

Installasjonsplass

Tekniske mellomstasjoner

Ingen av dokumentene fra caseprosjektene inneholdt informasjon om tekniske mellomstasjoner, og denne parameteren diskuteres derfor ikke videre.

Netto etasjehøyde

Brutto og netto etasjehøyder for skolebyggene er presentert i Tabell 25.

Tabell 25: Oversikt over etasjehøyder i caseprosjektene

	Cissi Klein VGS	Ulsmåg skole	Svolvær skole	Ranheim skole
Brutto etasjehøyde	4,2 – 4,5 m	3,7 – 4 m	3,65 m	3,65 m
Netto etasjehøyde	2,7 – 3,8 m	-	-	2,7 – 3 m

Vertikale sjakter/installasjonsplass

Tabell 26 viser installasjonsplass over himling for undervisningsbyggene. Ulsmåg skole og Ranheim skole har lik himlingshøyde, og har samme himlingshøyde som Cissi Klein VGS i store deler av bygget. Derimot er himlingshøyden til Cissi Klein VGS opp mot 1,5 meter ut mot randsonene for bedre innslipp av dagslys.

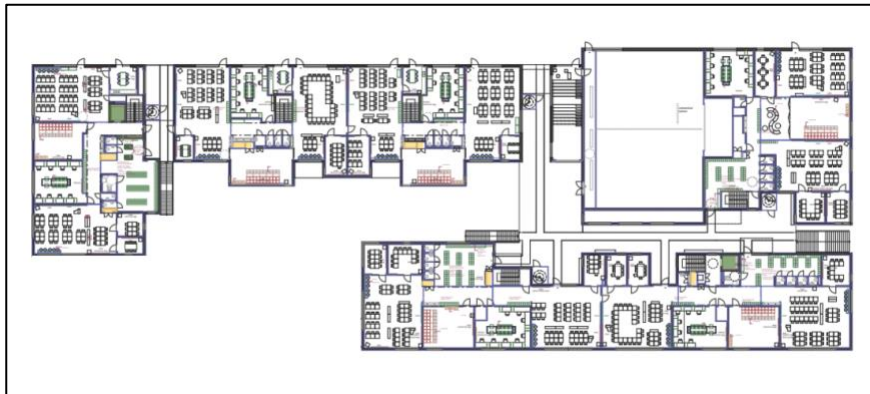
Tabell 26: Oversikt over installasjonsplass over himling i caseprosjektene

	Cissi Klein VGS	Ulsmåg skole	Svolvær skole	Ranheim skole
Installasjonsplass over himling	0,70 – 1,50 m	0,70 m	-	0,60 – 0,65 m

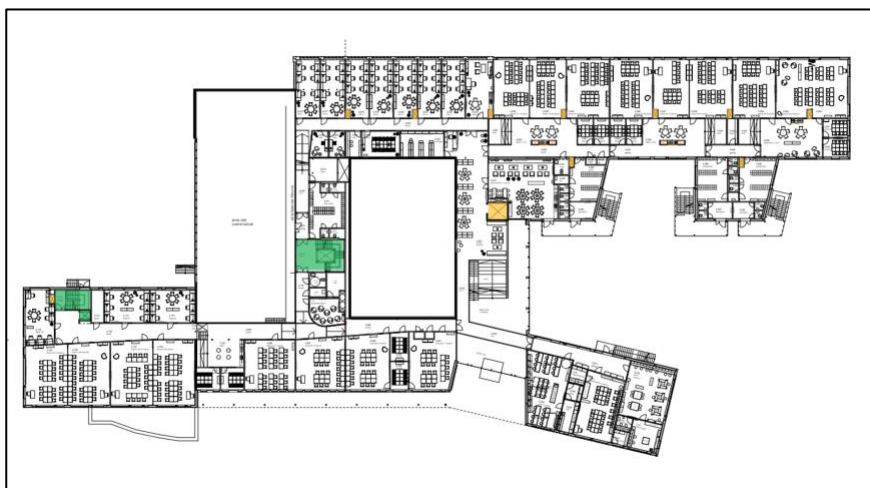
Figur 27-30 viser de vertikale sjaktene for undervisningsbyggene. Heis- og trappesjakter er markert i grønn, ventilasjonssjakter markert i gul.



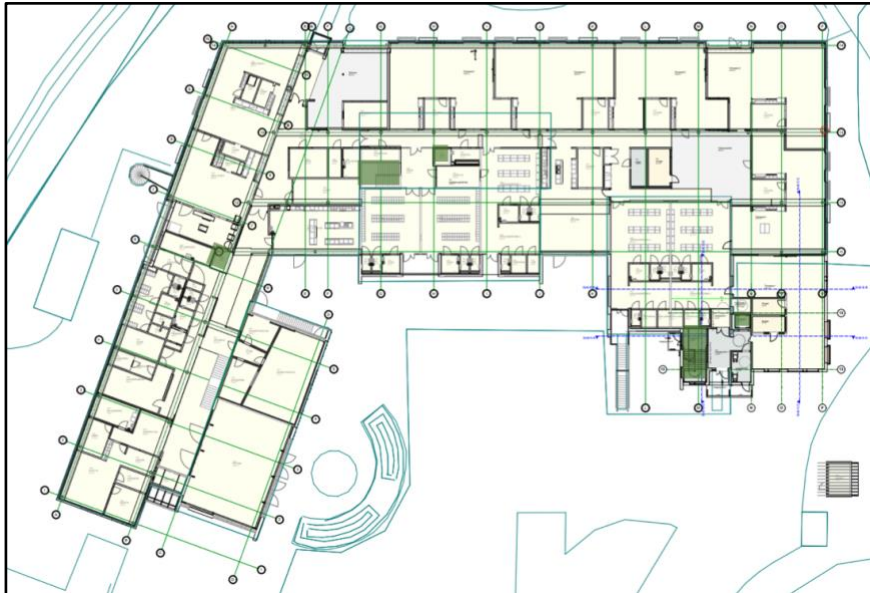
Figur 27: Vertikale sjakter på Cissi Klein VGS



Figur 28: Vertikale sjakter på Ulsmåg skole



Figur 29: Vertikale sjakter på Svolvær skole



Figur 30: Vertikale sjakter på Ranheim skole

Mulighet for hulltaking i dekke

De ulike prosjektene har dekker av følgende materialer:

- Cissi Klein VGS: Plattendekker
- Ranheim skole: Prefabrikkert betong
- Ulsmåg skole: Trebjelkelag
- Svolvær skole: Plasstøpt betong

Ingen av de tilsendte dokumentene beskriver mulighet for hulltaking i dekkene, og denne parameteren er derfor utelatt fra studien. Det noteres likevel at Cissi Klein VGS har implementert uarmerte områder i veggene i flerbrukshallen, markert med fysiske slisser. Områdene er 3 x 5 meter store og er prosjektert inn i veggene for å kunne åpnes opp ved behov i senere tid.

Lastkapasitet i dekke

Ingen av de tilsendte dokumentene inneholdt krav om lastekapasitet i dekke. Det var heller ikke spesifisert om det var forskjellige krav til lastekapasitet i forskjellige dekker. Derimot er generelle krav om lastekapasitet i dekker på undervisningsbygg beskrevet i delkapittel 3.3.1.

Arealdisponering og tilgjengelighet

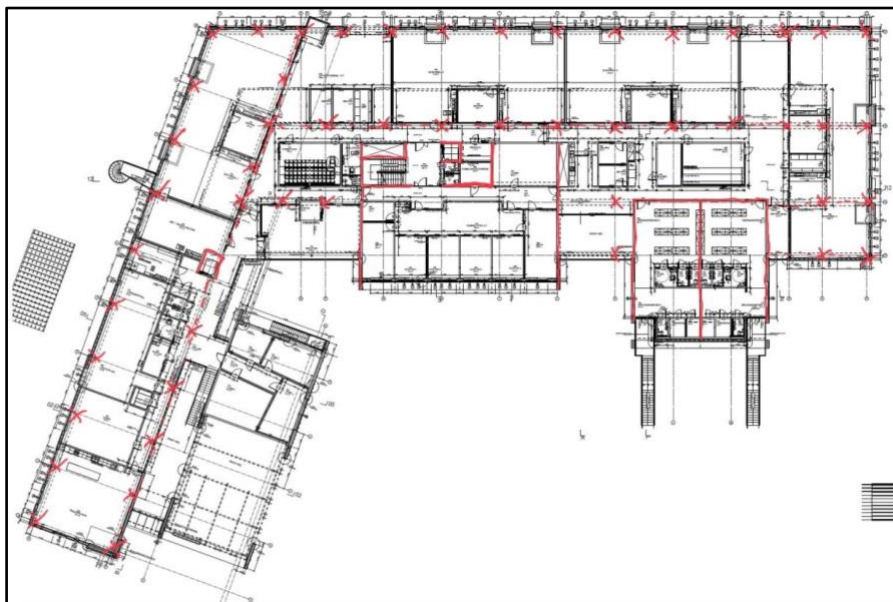
Mulighet for frie flater og innervegger

Oversikt over bærende innervegger og muligheter for frie flater er presentert i Tabell 27.

Tabell 27: Oversikt over bærende innervegger i caseprosjektene

	Cissi Klein VGS	Ulsmåg skole	Svolvær skole	Ranheim skole
Bærende innervegger	Svært få bærende innervegger over kjeller			Generelt ingen bærende innervegger

Ranheim skole har generelt ingen bærende innervegger utover avstivende vegger rundt trappehus og sjakter. Bæresystemet består av søyler og dragere. Det er heller bærende yttervegger på skolen. Som vist i Figur 31 er søylene markert med kryss og bærende innervegger er markert med streker, noe som tillater store, tilpasningsdyktige arealer.



Figur 31: Plassering av søyler og bærende innervegger på Ranheim skole

Bredde kommunikasjonsveier

Ulsmåg skole er bygget som en baseskole med ulike størrelser på undervisningsrom for å øke generaliteten i bygget. Det er derfor ikke en uniform bredde på kommunikasjonsveiene i bygget. Den minste bredden på kommunikasjonsveiene i skolebyggene er presentert i Tabell 28.

Tabell 28: Oversikt over minste bredde på kommunikasjonsveier i caseprosjektene

	Cissi Klein VGS	Ulsmåg skole	Svolvær skole	Ranheim skole
Bredde kommunikasjonsveier	1,8 m	-	1,71 m	2,5 m

Bygningsbredde

Bygningsbredden på skolebyggene er presentert i Tabell 29.

Tabell 29: Oversikt over bygningsbredde i caseprosjektene

	Cissi Klein VGS	Ulsmåg skole	Svolvær skole	Ranheim skole
Bygningsbredde	57,6 – 95,7 m	19 – 41 m	15 m	27 m

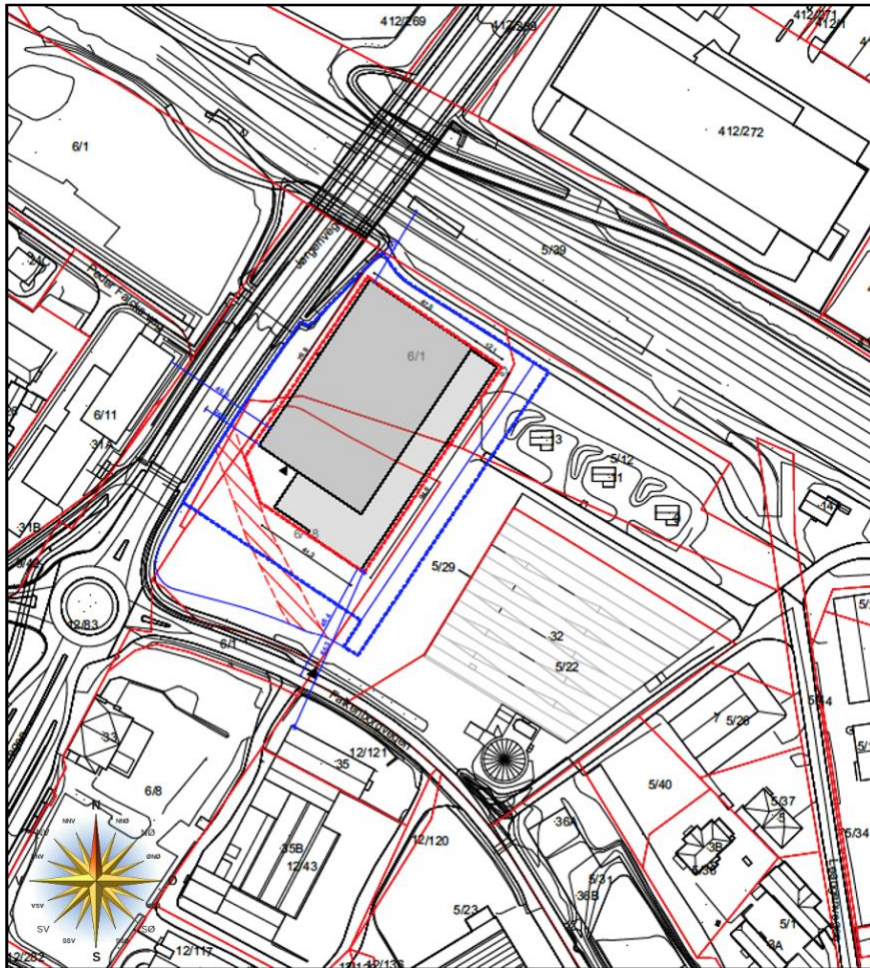
Arealmengde pr. etasje

Cissi Klein VGS har et bruksareal på 17700 m², og 16430 m² uten flerbrukshall. Ranheim skole har et totalt bruksareal på 6960 m². På grunn av manglende dokumentasjon på arealmengde per etasje på de andre caseprosjektene diskuteres ikke dette punktet videre.

Utvidelsesmuligheter

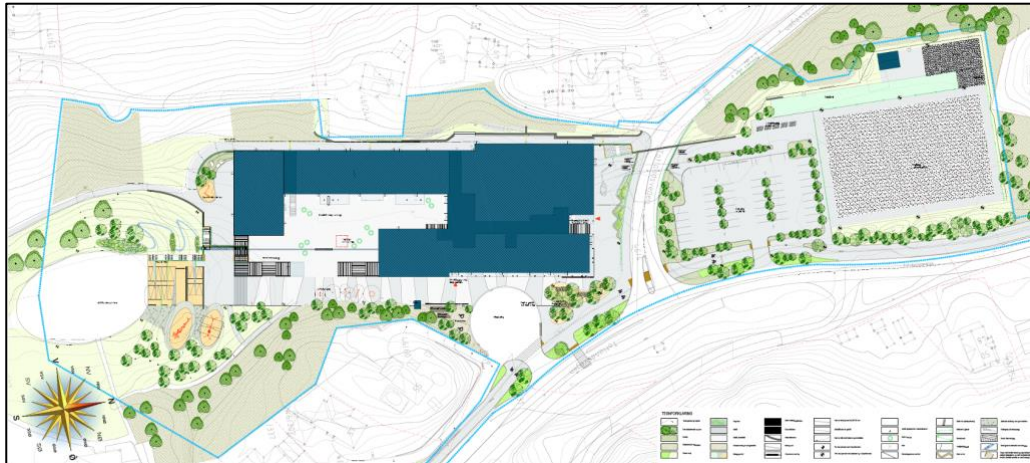
Tomteforhold

Selv om tomten og utomhusarbeidene på Cissi Klein VGS ikke er ferdigstilt, er det prosjektert en plan for tomten som brukes utgangspunkt i denne studien. Tomten er omringet av trafikkerte gater mot sør og vest, og toglinjer mot nord. I øst er det planlagt utbygging av et nytt boligfelt. Horisontale utvidelsesmuligheter utover nåværende tomt vil derfor ikke være mulig. Derimot kan det være mulig å bygge en etasje i høyden om reguleringsplanen i området tillater det. Den tilsendte dokumentasjonen spesifiserer ikke om bygget har utnyttet den vertikalt regulerte høyden bygget kan ha.



Figur 32: Tomteforhold på Cissi Klein VGS

Ulsmåg skole er omringet av et saubeite i vest, trafikkert vei mot nordøst og tomtegrenser mot sør. Skolen har et større areal på andre siden av veien mot nord med en parkeringsplass og fotballbane. Et potensielt nybygg vil kunne bygges der, men uten en ordentlig overgang til nåværende skolebygg vil ferden mellom byggene være trafikkfarlig for barneskoleelever. Det er også begrenset elasticitet i bygget, og et tilbygg ville kun vært mulig hvis det ble bygget inn mot skolegården. Utearealet til skolen er allerede lite, og det vil ikke være mulig å benytte dette for å utvide skolen.



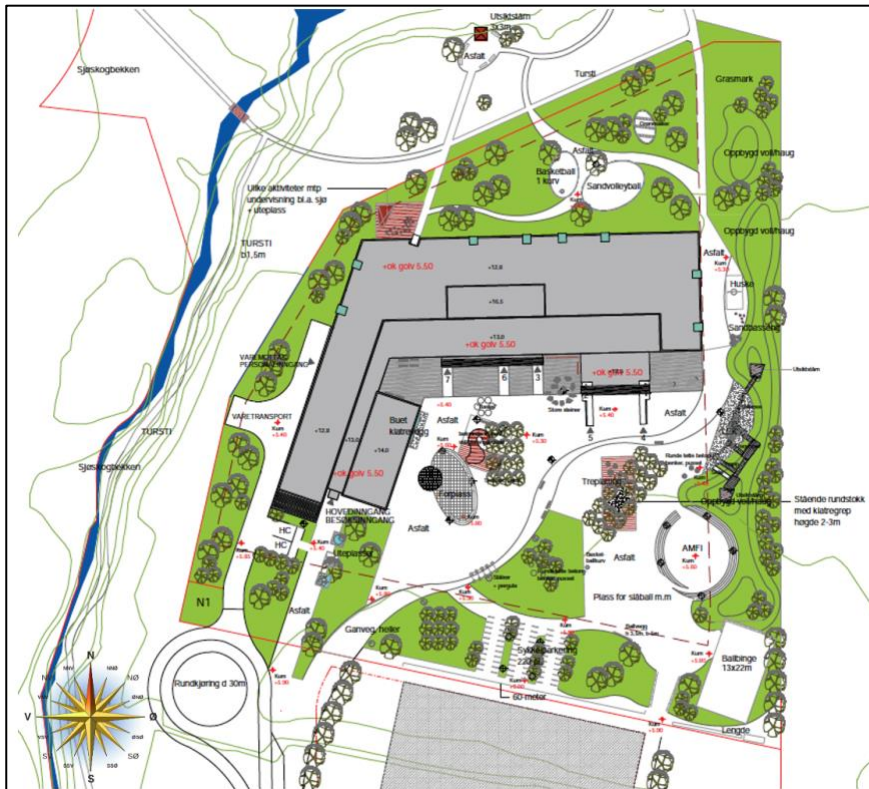
Figur 33: Tomteforhold på Ulsmåg skole

Svolvær skole er en sentrumsskole, men har fortsatt mulighet til å utvide skolen i flere retninger. Vågan kommune har allerede satt i gang et prosjekt for å bygge om skolens svømmehall til et amfi eller auditorium. Et tilbygg til skolen kunne blitt oppført samtidig som ombyggingen av svømmehallen, hvor tilbygget eksempelvis kunne bygges inn sammen med svømmehallen. Derimot måtte sentrale funksjoner som stien nordøst på skoletomten flyttes. Å utvide skolen inn mot skolegården vil ikke vært anbefalt, da det er flere funksjoner der som krever god plass.



Figur 34: Tomteforhold på Svolvær skole

Tomten Ranheim skole står på var tidligere en søppelfylling. Tomten har et boligområde mot øst og trafikkert vei mot nord. Den eneste utvidelsesmuligheten for skolebygget ville vært mot sør inn i skolegården, men dette ville redusert et allerede lite uteområde, og ville ikke vært mulig i henhold til krav om uteareal per elev.



Figur 35: Tomteforhold på Ranheim skole

Lastkapasitet bæresystem

Ingen av de oversendte dokumentene inkluderte lastkapasitet for bæresystemene til undervisningsbyggene.

5.2.2 SINTEF Byggforsks bygningstekniske prinsipper

Bygningsutforming

Cissi Klein VGS er bygget som en kompakt skole uten fløyer. Dette kommer av begrensningen av tomteplass. På skolens tre øverste plan er det gode muligheter for intern oppdeling da det finnes få bærende innervegger i undervisningsområdene. Derimot er det få ekspansjonsmuligheter i bygget. Ved en eventuell ombygging vil et tilbygg i høyden være eneste mulighet for å øke byggets areal. Dagslys kan bli et problem midt i bygget grunnet bredt bygg. Skolens funksjoner som ikke krever sollys er planlagt i midten av bygget, eksempelvis auditorium og storsal med fastmonterte sitteplasser.

Ulsmåg skole er bygget med fløyer ut fra en kompakt byggedel hvor gymsal ligger. Ettersom skolen er bygget med fløyer er det godt innslipp av dagslys i disse gjennom store vindusflater. I tillegg er det mange takvinduer i den kompakte delen av bygget som gir godt innslipp av overlys. Skolen er bygget med åpne arealer med forskjellig størrelse på tilhørende rom. Bygget har flere bærende innervegger da skolens tilpasningsdyktighet kommer fra en økt generalitet, heller enn fleksibilitet.

Svolvær skole er også bygget med en kompakt hoveddel med fløyer i forskjellige retninger. I den kompakte delen er det svømmehall og gymsal. Fløyene har store vindusflater, og det antas at det er muligheter for ekstern ekspansjon av skolebygget.

Ranheim skole er bygget med en kompakt del, bygget som baseskole, med to tilhørende fløyer. Den største av disse fløyene stod ferdig i 2010, mens den andre ble bygget på under ombygging i 2019. I hoveddelen er det ingen bærende innervegger, hvor det er lagt opp til at undervisningsarealene skal ha god fleksibilitet. Fløyene har godt dagslys, men det begrenser dagslysinnsnitt til midtre del av hoveddelen av skolen. I disse områdene er sentrale funksjoner som garderober, trappehus og tekniske rom plassert.

Planleggingsmodul

Ingen oversendte dokumenter av skolebyggene viser teknisk grid. Cissi Klein VGS er den eneste skolen uten ensformige aksesystem i dokumentene. Aksesystemet varierer mellom 4,5 meter og 11,7 meter. De tre andre byggene har følgende aksesystem:

- Ulsmåg skole: 4,8 x 4,8 meter.
- Svolvær skole: 2,6 x 2,6 meter.
- Ranheim skole: 7,2 x 7,2 meter.

Plassering av spesialfunksjoner

På Cissi Klein VGS er flere spesialfunksjoner desentralisert. Det er stor fleksibilitet i bygget fra 2. etasje og opp. Arbeidsplasser og undervisningsrom er tilknyttet andre funksjoner som teknisk rom og trapperom, men er ikke begrenset av disse. Alle fellesfunksjoner er plassert på inngangsnivå, med stor fleksibilitet i spesialfunksjoner og arbeidsplasser.

Tilsvarende er fellesfunksjonene på Ulsmåg skole plassert i 1. etasje, i tillegg til spesialundervisningen. Det er lite fleksibilitet i planutformingen, men stor variasjon på romstørrelse og romtype. Variasjonen gir god generalitet i bygget. Arbeidsplasser og undervisningsrom er plassert i 2. etasje.

Fellesfunksjonene på Svolvær skole er lagt i 1. etasje. I ombyggingsarealene i 3. etasje er det bygget arbeidsplasser og undervisningsrom, og det er ingen skille mellom rommene.

Som på de andre skolene har Ranheim skole fellesfunksjoner ved inngangspartiet i 1. etasje. Spesialfunksjoner er bygget i både 1. og 2. etasje, hvor undervisningsrommene ligger adskilt fra arbeidsplassene. Skolen er bygget som en baseskole, og har derfor store fleksible arealer i både 1. og 2. etasje.

Installasjonsprinsipper

Cissi Klein VGS skal ha mange forskjellige fagretninger. De fagretningene som krever tunge maskiner eller spesialrom som dans- og dramasaler er plassert i de to nederste etasjene. Over 2. etasje er det få bærende innervegger som gjør det enkelt å endre planutforming ved behov. Skolen er delt inn i fire deler hvor hver del har et eget desentralisert aggregat for ventilasjon med egne vertikale sjakter. Dette gjør at skolen kan bygges om uten at hele ventilasjonssystemet krever en ombygging. Dokumentene viser ingen størrelse på tekniske komponenter og hvordan disse er satt sammen. Skolens fasade skal ikke være bærende for å kunne byttes til et nytt arkitektonisk uttrykk, men kles i teglstein slik at det vil være kostbart å endre fasaden. Utover fastplasserte møbler i fellesarealene vil ingen andre møbler være permanente.

Ulsmåg skole er fasadekledd i både stående og liggende trekledning, hvor fasaden er bærende. Bæresystemet i bygget er en massivtre bjelkelagskonstruksjon. Trevirke som er

brukt i bygget er lokalprodusert, men ikke brukt om igjen fra et tidligere prosjekt. Skolen har mange bærende innervegger.

På Svolvær skole er skolen kledd med utskiftbare fasadeelementer, og bæresystemet er bygget av plasstøpt betong og stål. Det er ikke mulig å se om det er en utskiftbar teknisk grid i bygget i dokumentene. Svolvær skole har flere bærende innervegger.

Ranheim skole har også utskiftbare fasadeelementer. Bæresystemet er av prefabrikkert betong og stål, slik at det i teorien kan pakkes ned og benyttes igjen. Ingen bærende innervegger muliggjør god utskiftning uten berøring av andre elementer.

Materialvalg

Cissi Klein VGS skal bygges ved bruk av plasstøpt miljøbetong i plattendecker i bæresystem og massiv- og limtre innvendig. Dette kommer av Trondheims ønske om å være en treby. De oversendte dokumentene viser ikke planlagt gulvbelegg eller himlingsplater. Skolens innervegger skal kles i tre.

Gulvet på Ulsmåg skole er av parkett. Materialene i bygget er nesten utelukkende tre, inkludert bæresystemet. Skolen har beholdt trekledning inne for å bevare et godt inneklima. Det er få vegger som er kledd i gips.

Bæresystemet på Svolvær skole er bygget i plasstøpt betong og stål. I dokumentene er det ikke mulig å se materialvalg på veggkledning, gulvbelegg eller himling.

Ranheim skole har som nevnt tidligere et bæresystem av prefabrikkert betong. Skolens utvendige fasade er kledd i både tre og fasadeplater, med store vinduer til fellesfunksjoner. Innvendig er skolen bygget med trespiler i taket, samt fasadekledning i korridorer og fellesfunksjoner. Skolens undervisningsrom bærer preg av trespiler på vegger og linoleumsgulv.

5.3 Ekspertintervjuer

5.3.1 multiMap

Som beskrevet i delkapittel 3.5.1 er multiMap et verktøy som brukes til strategisk bygningsanalyse på porteføljenivå. Verktøyet benytter levedyktighetsmodellen til å gjøre en kvantitativ vurdering av en bygningsporteføljes tilpasningsdyktighet ved å vurdere bygningenes funksjonelle egnethet, grad av tilpasningsdyktighet og tekniske tilstand. multiMap består også av flere andre moduler som eksempelvis kan måle en bygnings mulighet for energisparing, universell utforming eller klimasårbarhet. Dette ble derimot ikke fokusert på i intervjuet da det faller utenfor denne oppgavens omfang og hensikt.

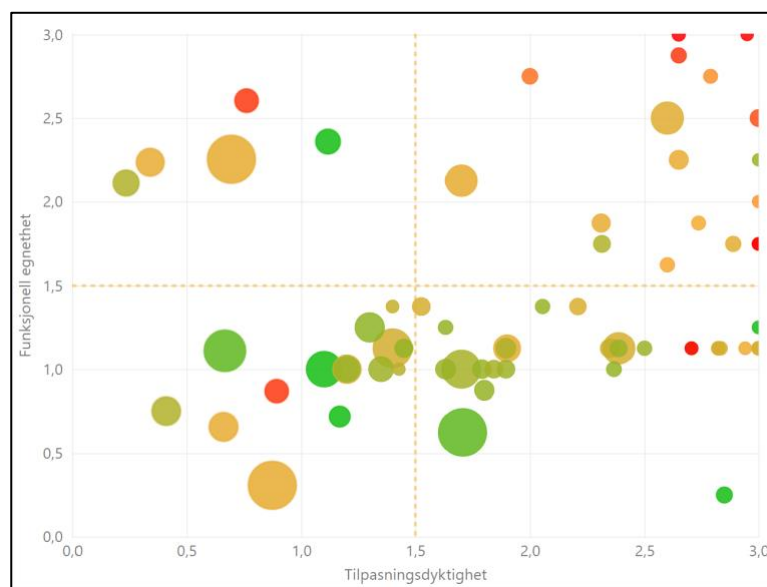
Bakgrunn for verktøy

Representantene fra multiMap poengterer at grunnen til at en ønsker å kartlegge tilpasningsdyktighet er ønsket om at bygninger skal leve lenge. Dette krever at de kan tilpasse seg endringer i planløsning eller funksjon, eller kunne gjennomgå utvidelser. I hvilken grad bygningene bidrar til eller begrenser mulighetene for funksjonelle endringer påvirker i stor grad levetiden deres. Som beskrevet ovenfor er det tre hovedmoduler som inngår i multiMap; funksjonell egnethet, grad av tilpasningsdyktighet og teknisk stand.

- Funksjonell egnethet fokuserer på én side på byggets kapasitet, og den andre siden om byggets utforming hindrer *effektiv drift*. I undervisningsbygg kan dette innebære lang avstand mellom klasserom, vanskeligheter med å få oversikt eller utfordringer knyttet til undervisning.
- Grad av tilpasningsdyktighet handler om fysiske egenskaper ved bygningskroppen og omtales gjerne som strukturelle egenskaper. For å avgjøre byggets grad av tilpasningsdyktighet vurderes de 12 mest sentrale elementene for tilpasningsdyktighet, etter multiMaps mening.
- Teknisk stand handler om at de tekniske løsningene i bygget er tilpasset bruken. For undervisningsbygg kan dette være noe så enkelt som at klasserommene skal ha ladepunkt til datamaskinene sine.

Gjennomførelse av bygningsanalyse

multiMap er et verktøy som benyttes på porteføljenivå. Dette innebærer at det ikke er laget for å gjøre detaljerte kartlegginger av enkeltbygg, men heller effektive kartlegginger av porteføljer på opp mot flere hundre bygg bestående av både universitetsbygninger, sykehjem eller sykehus. Representantene fra multiMap forteller videre at det ikke er representanter fra Multiconsult som gjennomfører målingene, men at verktøyet og støtte stilles til disposisjon slik at driftsorganisasjonene og forvalterne i kommunene kan kartlegge bygningene på egenhånd. Det er derfor essensielt at bygningsanalysene kan gjøres effektivt og på relativt kort tid. Derfor er multiMap laget slik at forvalterne skal kunne vurdere en bygningsteknisk tilstand på 5-10 minutter og grad av tilpasningsdyktighet på 20-30 minutter. I analysen gjøres det derfor ikke fysiske målinger av de ulike bygningstekniske parametrene, men tegninger brukes for å få en indikasjon på tilpasningsdyktighet i bygget. Resultatene fra bygningsanalysen presenteres i et diagram som tar utgangspunkt i levedyktighetsmodellen, som er presentert i Figur 18. Denne viser bygningene som sirkler i et aksesystem, hvor grad av tilpasningsdyktighet er på den horisontale aksene og funksjonell egnethet er på den vertikale aksene. Sirkelens farge viser bygningens tekniske tilstand og sirkelens størrelse avhenger av bygningens størrelse. Figur 36 viser hvordan en bygningsportefølje kan fremstilles i et slikt aksesystem, og gir bygningsforvalterne en indikasjon på hvilke behov byggene i porteføljen har.



Figur 36: Eksempel på hvordan en bygningsportefølje ser ut i multiMap

Beregningsmetode

For å avgjøre en bygnings grad av tilpasningsdyktighet, analyserer multiMap 12 utvalgte kriterier. Dette gjøres ved å gi hvert kriterium en tilstandsgrad, som presentert i delkapittel 3.5.1. I Tabell 30 nedenfor presenteres kravene for de ulike tilstandsgradene for hvert kriterium. Tabellen kommer fra et oversendt dokument fra ekspertintervjuet med multiMaps representanter, men ettersom dokumentet er direkte tilknyttet ekspertintervjuet blir det presentert i dette kapittelet og ikke delkapittel 5.2.

Tabell 30: Krav for tilstandsgradering i multiMap

Parameter	TG 0	TG 1	TG 2	TG 3
Netto etasjehøyde	Over 4 m	3,5-4,0 m	3,0-3,5 m	Under 3 m
Vertikale sjakter	Svært god plass for utvidelse og/eller nye vertikale føringer	En viss mulighet for utvidelse og/eller nye vertikale føringer	Liten mulighet for utvidelse og/eller nye vertikale føringer	Svært dårlig plass for utvidelser og/eller nye vertikale føringer. Ingen restkapasitet.
Mulighet for hulltaking i dekker	Stor frihet til hulltaking (eks. plasstøpte dekker)	Mulighet for hulltaking i noen soner (eks. DT-elementer)	Begrenset mulighet for hulltaking (eks. HD-elementer)	Ingen eller svært liten mulighet for hulltaking (eks. lettbetongelementer)
Lastkapasitet, dekke	Over 5 kN/m ²	4-5 kN/m ²	3-4 kN/m ²	Under 3 kN/m ²
Arealmengde per etg.	Over 1200 m ²	800-1200 m ²	300-800 m ²	Under 300 m ²
Mulighet for fri flate	- Over 50 m ² - Over 6 m akselavstand	- 40-50 m ² - 5,5-6 m akselavstand	- 30-40 m ² - 4,5-5,5 m akselavstand	- Under 30 m ² - Under 4,5 m akselavstand
Bredde på kommunikasjonsveier	- Over 2,5 m - Over 1,8 m rømningsvei	- 2-2,5 m - 1,5-1,8 m rømningsvei	- 1,8-2 m - Under 1,5 m rømningsvei	- Under 1,8 m - Under 1,2 m rømningsvei
Innervegger	Ingen bærende innervegger	Begrenset omfang av bærende vegger i én retning	Vegger i tunge konstruksjoner med hel eller delvis bæring	Bærende innervegger i begge retninger
Bygningsbredde	Over 18 m	16-18 m	14-16 m	Under 14 m
Heis	Tilstrekkelig antall heiser og god kapasitet og størrelse på heisene	Akseptabel størrelse, tar nødvendig utstyr og akseptabelt antall	Mindre heiser med begrenset mulighet for å frakte store gjenstander	Ingen heis (men vil få tilbakevirkende krav dersom stor ombygging)
Tomteforhold	Byggets plassering og tomtestørrelse gir gode muligheter for tilbygg	Byggets plassering og tomtestørrelse gir noen muligheter for tilbygg	Byggets plassering og tomtestørrelse gir få muligheter for tilbygg	Byggets plassering og størrelsen på tomten gir ingen muligheter for tilbygg
Lastkapasitet bæresystem	Mest sannsynlig muligheter for påbygg av to etasjer eller mer	Mulighet for påbygg av én etasje	Vanskelig å vurdere, små muligheter for økt belastning	Umulig med økt påføring av laster ifbm. påbygg

Som en ser av tabellen ovenfor, sammenfaller multiMaps parametere for tilpasningsdyktighet i stor grad med Multiconsults parametere presentert tidligere i dokumentstudiet, med unntak av parameteren "Tekniske mellometasjer" som er byttet ut med "Heis" i multiMaps parametere.

5.3.2 Oslobygg KF

To representanter fra Oslobygg KF (tidligere Undervisningsbygg) stilte til ekspertintervju. Argumentasjonen for å ha et ekspertintervju med aktører uten et prosjekt med tilpasningsdyktighet var for å høre hvilke valg de tar med henhold til tilpasningsdyktighet, ressursbesparelser og valg av byggematerialer, og om dette var et tema hos dem. Ingen av caseprosjektene i oppgaven er lokalisert i Oslo selv om Oslobygg KF ferdigstiller 5-7 undervisningsbygg hvert år.

Endringsbehov

Endringsdrivere i skolene i Oslo kommer av varierende grad av vedlikehold i skolene. Hvis skolen havner i et vedlikeholdsetterslep, kan det plutselig komme krav om ombygging grunnet skolens dårlige fatning. Et slikt behov kunne vært unngått hadde det vært gjort et bedre arbeid med forvaltning, drift, vedlikehold, utvikling og service (FDVUS). Går den negative utviklingen av vedlikeholdsarbeidet så langt at elever og ansatte må flytte på seg fordi rom og soner ikke oppfyller generelle krav, vil dette kunne koste Oslobygg KF i ombyggingskostnader.

Et annet behov for endring i Oslobygg KF er kapasiteten i skolene. Begrepet tilpasningsdyktighet omhandler som oftest et behov for en kapasitetsøkning. Derimot ser representantene på kapasitetssikring. Ikke alle byggene som bestilles fra Utdanningsdirektoratet skal være for å øke kapasiteten til Osloskolen. Rehabilitering av et slitent, gammelt bygg, hvor FDVUS har vært fraværende, er et eksempel på sikring av kapasitet og skoleplasser. Hvis dette bygget forfaller, vil det være behov for en ny skole på en ny tomt, og hva som skal gjøres med det gamle skolebygget blir en ny utfordring. Bygget kunne da blitt pusset opp, og den andre tomten blitt brukt til andre formål.

Ressursbesparelser

Representantene fra Oslobygg KF påpeker at det er trangt om tomtene, men at de prøver å utnytte tomtene til det maksimale for å spare inn ressurser. Skulle det bygges noe utover det, må krav til uteområdet endres, og det er ikke nødvendigvis positivt for elevens opplevelse av fritiden på skolen. Spørsmålet om hvordan en løser plassmangelen er komplekst, og det må tas prosjekt for prosjekt. Heller enn å fokusere på fleksible løsninger, er det mer fokus på gjenbruk og bruk av bestandige, robuste materialer. Det er hensiktsmessig å bruke mer ressurser på materialene i byggeprosjektet og mindre på FDVUS i fremtiden. Da kan faktorene for endringsbehov minimeres, og Oslobygg KF kan fokusere på nye prosjekter heller enn flere rehabiliteringsprosjekter. Dette medfører at elevene kan bli på den skolen de til vanlig bruker istedenfor å flytte til brakker eller andre skoler ved ombygging.

Prinsipper for tilpasningsdyktighet

Representantene fra Oslobygg KF presiserte at de ønsket fleksibilitet i undervisningsbyggene, men at det var utfordrende å implementere. I Oslo er tomteplass i større grad en mangelvare enn i andre byer i Norge. Dette fører til at prosjektene utnytter all tilgjengelig plass på tomten i forhold til gjeldende krav. Det er strenge reguleringskrav

til høyde og uteområde, og dette begrenser mulighet for utbygging og ekspandering. Ettersom tomtene er begrenset, er fokusområdet deres på materialvalg og klimafotavtrykk. For å tilrettelegge for gjenbruk og korrekt sortering av materialer produserer Oslobygg KF en lang FDVUS-håndbok som overleveres til brukere av bygget. Dokumentene omhandler ethvert materiale brukt gjennom prosjektet og i en fremtidig ombygging er enkelt å kategorisere disse, som tilrettelegger for enkel utskiftning.

Oslobygg KF trekker frem at de har implementert tilpasningsdyktighet i undervisningsbygg gjennom å etablere mottaksklasserom i samme område som de resterende klasserommene. Rommene skal brukes av migranter som nylig har kommet til Norge uten forståelse for norsk språk og kultur. Behovet for disse klasserommene vil variere fra år til år, slik at de kan benyttes som ordinære klasserom når det ikke er behov for dem. Skulle det i fremtiden bli behov for en kapasitetsøkning, kan disse rommene enkelt gjøres om til klasserom ved en forlengelse av korridorene og lettvegger. Oslobygg KF peker også på sambruk av lokaler som en måte å oppnå god arealutnyttelse i undervisningsbygg. Eksempelvis kan kulturetaten være leietaker i samme bygg som utdanningsetaten ettersom de kan bruke en "black-box" eller et scenerom til flere funksjoner. På denne måten får Oslo kommune flere leietakere inn i samme bygg og reduserer FDVUS-kostnader ved å drifte færre bygg. Respondentene påpeker at skoledagens kjernetid er mellom 08.00 og 16.00, men at det er mange andre aktiviteter som foregår på ettermiddag- og kveldstid, som kan dra nytte av skolens lokaler utover skolens åpningstid. Et slikt sambruk gjør at bygget utnyttes så mange timer i døgnet som mulig, men at det ikke nødvendigvis er noe som lykkes hver gang. Derimot handler det om viljen og evnen til de som drifter skoler.

Materialvalg

Som beskrevet tidligere har Oslobygg KF et ønske om å bruke materialer med høy bestandighet, slik at byggene kan stå lenge og ha lave FDVUS-kostnader. Det presiseres at Oslobygg KF opplever gjenbruk og ombruk av materialer som høyaktuelt, og er derfor noe de bevilger mye tid og ressurser til. Videre er valg av bæresystem avgjørende for byggets klimafotavtrykk. Oslobygg KF forteller at bæresystemer som prefabrikkert betong fases ut til fordel for mer bærekraftige materialer som eksempelvis massivtre og miljøbetong. Ved bruk av massivtre presiserer Oslobygg KF at de har et stort fokus på å vise frem bæresystemet, og begrenser i stor grad bruk av gipsplater utenpå bæresystemet. For å opprettholde brannkrav impregneres heller trevirket. Valget om å ha eksponerte overflater kommer trolig fra et skifte mot å bruke mer miljøvennlige materialer i Oslo kommunes byggeprosjekter, men også fordi de ønsker å fremme det arkitektoniske bildet av bygget. Dette begrunnes ved at elevene og ansatte i skolen muligens kan føle seg mer hjemme hvis de ser hva bygget er bygget av.

6 Diskusjon

I dette kapittelet diskuteres de tre forskningsspørsmålene presentert i Kapittel 1. Dette gjøres ved å betrakte teorien fra kapittel 2 i sammenheng med resultatene fra Kapittel 5. Både kvalitative data fra caseintervjuer og ekspertintervjuer, samt kvantitative data fra dokumentstudiet benyttes til å berike diskusjonen og belyse de tre forskningsspørsmålene.

6.1 Dagens utfordringer i undervisningsbygg

En sentral utfordring undervisningsbygg opplever i dag er endringsbehov. En driver for dette er endringer i undervisningsmetode. Disse kan enten komme av nye skolereformer, som legger føringer for hvordan undervisningen skal gjennomføres, eller av andre nasjonale krav, forskrifter eller trender i undervisningsutformingen. Et eksempel på dette er baseskolen, som beskriver åpne skolearealer hvor hele kull plasseres i samme rom. Som beskrevet av intervjuobjektene på Ranheim skole ble planleggingen av skolen igangsatt da baseskoler var den gjeldende skolemodellen i Norge og derfor ofte benyttet i nybygg av skoler. I løpet av årene med KVV, programmering, prosjektering og produksjon, var normen for skolemodeller i Norge endret, slik at baseskole-modellen ikke lenger var å anbefale da skolen stod ferdig i 2010. Dette, i tillegg til kapasitetsproblemene skolen opplevde årene etter ferdigstilling, var hovedgrunnen til at det i 2019 ble gjennomført en ombygging av skolen. Ombyggingen innebar å lukke og dele inn de åpne arealene til mindre klasserom ved hjelp av vegger og dører. En kan på et vis trekke paralleller mellom baseskolene og tilpasningsdyktige undervisningsbygg ved at de begge tar utgangspunkt i åpne strukturer, men forskjellen ligger i at tilpasningsdyktige bygninger tar *utgangspunkt* i et åpent areal, og kan tilrettelegges for en variasjon av innredningsløsninger etter behov, mens baseskolene er tiltenkt å være åpne permanent.

Koronapandemien har også vist at behovet for hurtige, drastiske endringer i undervisningsformer kan forekomme i løpet av kort tid. Da samfunnet stengte ned i mars 2020, ble også skolene rammet og måtte holdes stengt i flere måneder. Det kan spekuleres om tilpasningsdyktige undervisningsbygg kunne tillat skolene til å åpne raskere ved å tilrettelegge for nok avstand, god ventilering og et fåtall antall elever i hvert klasserom. Selv om koronapandemien nå er over er dette likevel relevant ettersom det er forventet flere pandemier i vår levetid, og dette kan være med å redusere konsekvensene dette får for utdanningsløpet til elevene.

En av de mest åpenbare årsakene til at skoler opplever endringsbehov er variasjoner i elevtall. Disse variasjonene kan ha flere bakenforliggende årsaker, som blant annet endringer i befolkning, skolegrenser eller størrelse på årskullene. Dette påpekes også i flere av intervjuene, hvor spesielt aktører fra Ranheim skole og Svolvær skole var klare på at dette var en hovedårsak til hvorfor skolene opplever endringsbehov. Dette kan sees i sammenheng med at hovedgrunnen til utbyggingene på disse skolene var knyttet til kapasitetsproblemer. Også respondentene fra både ARK og BH på Cissi Klein peker på utbygging i områdene rundt skolen som en viktig årsak til implementeringen av ekspansjonsmuligheter i bygget. En fordel med endringer i lokale befolkningsstørrelser er at de som regel kan forutsees gjennom reguleringsplaner, slik som de nye utbyggingsplanene på Leangen, området rundt Cissi Klein VGS. Disse kan gi betydningsfull innsikt i et boligområde og dets utvikling, og dermed hvilke behov skolene i området vil få de kommende årene. Det kan argumenteres for at skoler plassert utenfor byene i Norge

kan være mer utsatt for svingninger i elevtall enn skoler som ligger inne i byene. Dette kan komme av at variasjonene i årskullene er større i distriktene ettersom kullene er mindre, eller at skolene i større grad påvirkes av endringer i skolegrenser. Sistnevnte vil derimot også kunne påvirke elevtallet på skoler i byer, og er noe som Oslobygg KF trekker frem som en utfordring i Oslo kommune. Skolegrenser kan endres uten forvarsel, og skape utfordringer for nærskolene. I så tilfelle må nærskolen finne en ledig skoleplass på nærmeste skole (Oslo kommune, u.å.).

Det kan være utfordrende å forutse en befolkningsøkning, noe som Ranheim skole fikk oppleve i årene etter ferdigstilling. BH på Ranheim forteller i intervjuet at det alltid er usikkerhet knyttet til det kommende behovet i en skolekrets når det bygges ny skole. Oslobygg KF forteller i sitt intervju at det er Utdanningsetaten som bestiller funksjonsbeskrivelsene til skolene, og dermed er de som avgjør hvor mange elever skolene skal dimensjoneres for. Dette antallet fastsettes i løpet av prosjektets KVV, og er et resultat av analyser som går over flere år. En mulig årsak til at kapasiteten på skolen overgås kun etter få år kan være at befolkningsveksten øker raskere enn analysene tilsier, eller at byggetiden blir forsinket slik at når skolen ferdigstilles er elevtallet som ble benyttet i KVV-en i prosjektet flere år gammel og utdatert.

En annen årsak til endringsbehov som trekkes frem i intervjuene er et etterslep på skolenes tilstand. Det fremkommer fra flere at dette både gjelder skolenes tekniske standard, generell byggekvalitet og utforming, og at årsaken til dette er dårlig oppfølging av FDVUS. Dette er derimot ikke gjeldende for caseprosjektene som betraktes i denne casestudien, da alle disse er bygget i løpet av de siste 15 årene. Etterslep på FDVUS er også noe som går igjen i teorien, hvor blant annet Rådgivende Ingeniørers Forening trekker frem den dårlige tilstanden til kommunale bygninger i deres rapporter "State of the Nation". I den siste utgaven fra 2021 pekes det på et etterslep som har en total kostnad for alle kommunale bygninger på 160 milliarder kroner, som er en økning på 20 milliarder fra 2015 (RIF, 2021). Dette illustrerer også at dette er et problem som ikke prioriteres nok, da det fortsetter å øke.

Å bygge et tilnærmet vedlikeholdsfritt bygg kan ha en stor økonomisk fordel. RIB fra Ranheim skole peker på at bygget skal være funksjonelt gjennom hele sin levetid, noe som oppnås ved robuste bygg. Økt vedlikehold på bygget kan være negativt for fleksibiliteten, i tillegg til at det påløper større, løpende kostnader. RIFs (2021) rapport trekker frem at kun 43 % av kommunale skoler har en vedlikeholdsplan, og Larsen og Bjørberg (2007) nevner at den offentlige sektoren har hatt vesentlige tilfeller av vedlikeholdsetterslep, samt behov for større renoverings- og rehabiliteringsoppdrag. Både teknisk tilstand og funksjonell egnethet er også noe som multiMap betrakter når de gjør bygningsanalyser. Disse to kriteriene, sammen med grad av tilpasningsdyktighet, er med på å avgjøre hva som bør gjøres med et bygg for å kunne tilfredsstille brukernes behov i fremtiden. Det er grunn til å tro at etterslep av FDVUS på både skoler og andre kommunale bygninger vil på sikt gjøre det utfordrende for multiMap å anbefale annet enn å rive byggene, da det ikke lenger vil være mulig å tilpasse dem nye etter nye behov.

Politiske beslutninger kan ha påvirkning på prosjektene. Oslobygg KF forteller i sitt ekspertintervju at de opplever sin rolle som BH på skoleprosjekter som fastlåst mellom den økonomiske bevilgningen, kravene i SKOK og funksjonsbestillingen fra Utdanningsetaten. Vedkommende understreker at det ideelle hadde vært om prosjektlederne hadde fokus på tilpasningsdyktighet og fremtidig bruk, men at fokuset

heller ligger på å utnytte de tildelte midlene best mulig i forhold til bestillingen de har. Vedkommende opplever at det ikke er plass i budsjettet til å implementere løsninger for fremtidig bruk, til fordel for nåtidens brukere. Essensen i dette er at Oslobygg KF, og andre offentlige BH i skoleprosjekter, vil kunne oppleve lite spillerom i bestillinger fra kommunene. Det kan derfor være utfordrende å forsvare bruk av midler til endringer som kan oppstå i fremtiden istedenfor å bruke de på gode løsninger for dagens brukere. I intervjuet med Oslobygg KF forteller respondentene at de heller forsøker å tilrettelegge for tilpasningsdyktighet og forutse mulige endringsbehov ved å inkludere brukergruppen gjennom hele prosjektet. Ved å jobbe tett med brukergruppen vil en øke sannsynligheten for å oppdage endringsbehov som kan oppstå internt, men det er likevel ikke mulig å forutse eksterne påvirkningskrefter.

En utfordring for undervisningsbygg er det store antallet timer bygget står tomt. Oslobygg KF nevner at kjernetiden til skolene er 8 til 16, og de fleste skoler står helt tomme etter dette, selv om det er behov for arealer for andre aktører eller etater. En løsning på dette er sambruk, hvor representanter fra Oslobygg KF, Svolvær skole, Cissi Klein VGS og Ulsmåg skole nevner at skoler brukes av eksempelvis kulturskolen på kveldstid og barnevernet på dagtid, dersom skolen har kapasitet til dette. Skoler burde ha desentraliserte elevinnganger i tillegg til hovedinngangen (SINTEF Byggforsk, 2009a). Disse vil brukes slik at skolens og etatenes drift kan foregå uten forstyrrelser av hverandre. Ved sambruk vil det i tillegg være enklere å få kontroll over internhusleien. Multiconsult og PwC (2008) nevner at innføring av internhusleie gir bedre oversikt over de rette kostnadene for drift av bygget. Sambruk av lokaler kan dermed anses som en direkte faktor for bedre vedlikehold og lengre levetid for bygget.

6.2 Fremtidens undervisningsbygg

Basert på funn i teori og resultater har forfatterne valgt ut de åtte viktigste bygningstekniske parameterne for høy tilpasningsdyktighet. Utvalget er basert på svarene til respondentenes i caseintervjuene, som presentert i Figur 37. De parameterne som respondentene nevner er ansett som mest relevante for undervisningsbygg i dag, og er derfor diskutert i det kommende kapitlet. Parameterne baserer seg på teorien til Larsen og Bjørberg (2007) og Arge og Landstad (2002). Parametere som ligner, eksempelvis "Lastkapasitet dekke" og "Lastkapasitet bæresystem", er samlet under "Lastkapasitet".

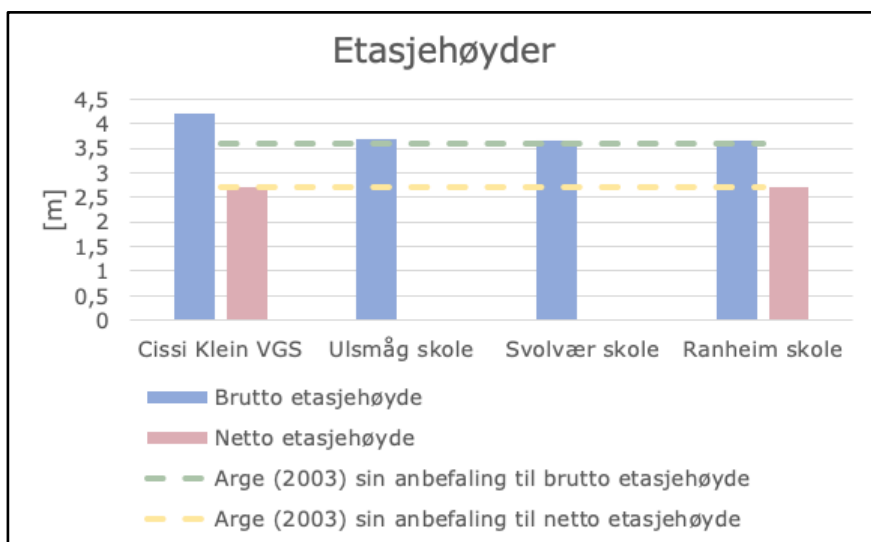
	Cissi Klein VGS			Ulsmåg skole		Svolvær skole		Ranheim skole		
	ARK	RIBr	BH	ARK	BH			ARK	RIB	BH
Tekniske mellometasjer										
Netto etasjehøyde										
Vertikale sjakter/installasjonsplass										
Mulighet for hulltaking i dekker										
Lastkapasitet, dekke										
Mulighet for fri flate og innervegger										
Bredde på kommunikasjonsveier										
Bygningsbredde										
Arealmengde per etasje										
Tomteforhold										
Lastkapasitet, bæresystem										
Bygningsutforming										
Planleggingsmodul										
Spesialfunksjoner										
Installasjonsprinsipper										
Materialvalg										

Figur 37: De mest relevante parameterne nevnt i caseintervjuene

Etasjehøyder

Arge og Landstad (2002) presenterer etasjehøyder som en sentral faktor for fleksibilitet og generalitet. Stor etasjehøyde gir store fordeler for god areal- og volumutnyttelse. Larsen og Bjørberg (2007) bygger videre på at økt etasjehøyde gir tilstrekkelig volum i rommet og muliggjør installasjon av teknisk utstyr i himling. Flere av representantene nevner etasjehøyder som et viktig parameter for god tilpasningsdyktighet. ARK på Cissi Klein VGS informerer om at den laveste netto etasjehøyden på skolen er 2,7 meter, hvor det skal føres større tekniske føringer, mens høyden økes til 3,8 meter ut mot yttervegg for å sikre godt dagslysinnslipp. For å oppnå 2,7 meter netto etasjehøyde burde brutto etasjehøyde være 3,6 meter i rom for varig opphold (Arge og Landstad, 2002). Både Svolvær skole og Ranheim skole har en brutto etasjehøyde under 3,7 meter, men begge oppnår en netto etasjehøyde på over 2,7 meter. Ulsmåg skole er av tre, men har likevel stor etasjehøyde, selv om det nevnes i intervjuet at har større tverrsnitt enn betong.

Ingen av kravspesifikasjonene til kommunene inneholder minstekrav til etasjehøyde. Tverrfaglig kravspesifikasjon fra Trondheim fylkeskommune (2020) nevner at "... etasjehøyder [...] skal legge til rette for ønsket generalitet og fleksibilitet for [...] skiftende bruk". Representantene fra multiMap nevner derimot at netto etasjehøyde over 4 meter gir TG 0, og mellom 3,5-4 meter gir TG 1. For å oppnå god generalitet i bygget vil det derfor være nødvendig med minimum netto etasjehøyde på 3,5 meter. I Figur 38 nedenfor er de ulike etasjehøydene fra dokumentstudiet presentert, hvor blå søyler viser brutto etasjehøyde og rosa søyler viser netto etasjehøyde. På to av caseprosjektene fikk ikke forfatterne informasjon om netto etasjehøyde, så disse er utelatt. De stiplede linjene illustrerer Arge og Landstad (2002) sine anbefalinger for brutto etasjehøyde i grønt og netto etasjehøyde i gult. Som en ser av diagrammet så sammenfaller de teoretisk anbefalte etasjehøydene i stor grad med caseprosjektene. Cissi Klein VGS er det eneste unntaket, hvor det i noen områder er innført større etasjehøyder enn teoretisk anbefalt.



Figur 38: Sammenligning av etasjehøyder og Arge (2003) sine anbefalinger

Vertikale sjakter og installasjonsplass

Den grunnleggende funksjonen til tekniske installasjoner er å medvirke til et godt inneklima og føre tekniske føringer (Arge og Landstad, 2002). Installasjonene føres enten over himling i korridor eller i vertikale sjakter i bygget. Prosjekteringen av vertikale sjakter må gjennomføres nøye ettersom det er få utvidelsesmuligheter etter produksjon. Derimot kan horisontale føringsveier reguleres etter behov (SINTEF Byggforsk, 2002). Lavere himlingshøyde resulterer i lavere netto etasjehøyde, som reduserer fleksibilitet og generalitet i bygget.

BH fra både Ranheim skole og Cissi Klein VGS nevner at Tverrfaglig kravspesifikasjon har et krav om at "føringsveier dimensjoneres med tanke på fleksibilitet og fremtidige endringer eller utvidelser med minimum 30 % ledig kapasitet" (Trondheim fylkeskommune, 2020). Arge og Landstad (2002) påpeker det samme, hvor overkapasiteten i anleggene kalles en kapasitetsmessig fleksibilitet, som er viktig å ha for å begrense dyre ombyggingsarbeider ved behov. BH og ARK for Cissi Klein VGS informerer om at de ønsket god fleksibilitet i skolen, og har derfor prosjektert desentraliserte aggregater for ventilasjon. Med det følger egne vertikale sjakter som er plassert i hvert hjørne av bygget, som resulterer i en lavere himlingshøyde grunnet tekniske føringer som legges i vertikale sjakter heller enn horisontalt over himling. De vertikale sjaktene gir kortere føringer og bedre luftkvalitet innad i sonene, og oppfylder kravet om minimum 30 % overkapasitet.

Lastkapasitet

Som beskrevet i teorien anbefaler Arge og Landstad (2002) en økning av den generelle lastkapasiteten i hele bygget for å imøtekomme tyngre funksjoner i dekket. Av Tabell 14 i delkapittel 3.3.1 er det krav om lastkapasitet i dekke på minimum 3 kN/m² for klasserom, og øvrige rom har krav om lastkapasitet opp til 5 kN/m². Larsen og Bjørberg (2007) kategoriserer lastkapasitet som økt elastisitet i bygget, og skriver at økt lastkapasitet "gir mulighet for å bygge på en eller flere etasjer".

Cissi Klein VGS er det eneste caseprosjektet som nevner økt dimensjonering av fundament i bygget. Dans- og dramasaler, og teknologi- og industrifag er plassert i nederste etasje,

hvor det vil være nødvendig med større installasjoner. Standard Norge (2008, s. 39) anbefaler en nyttelast på 5 kN/m² for slike rom - noe som er prosjektert overdimensjonert i forhold til kravet. Videre står det at *".. hvis det anses som nødvendig, bør nyttelasten økes i dimensjoneringen"*. For å oppnå høyeste tilstandsgrad i multiMap er det et krav om at dekkene har en kapasitet på mer enn 5 kN/m². For å imøtekomme fremtidige endringsbehov vil det være fordelaktig å overdimensjonere lastkapasiteten. Dette må derimot sees opp mot miljøpåkjenninger på grunn av økt materialbruk, og hvis det overdimensjoneres uten at endringsmulighetene tas i bruk, vil den totale miljøgevinsten gå tapt. Ranheim skole måtte også utføre pelearbeider mot grunn for å bygge ut skolen i 2019, mens Svolve skole hadde allerede dimensjonert for innredning av det tomme skallet fra prosjektet i 2012. I retrospekt var dette en god beslutning da de lokale betongprisene har tredoblet seg siden prosjektet. Oslobygg KF nevner at i deres prosjekter utnyttes byggehøyden til det maksimale i henhold til reguleringsplan. Følgelig blir ikke undervisningsbygg i Oslo kommune dimensjonert for tilbygg av en etasje.

Spennvidder og plassering av innervegger

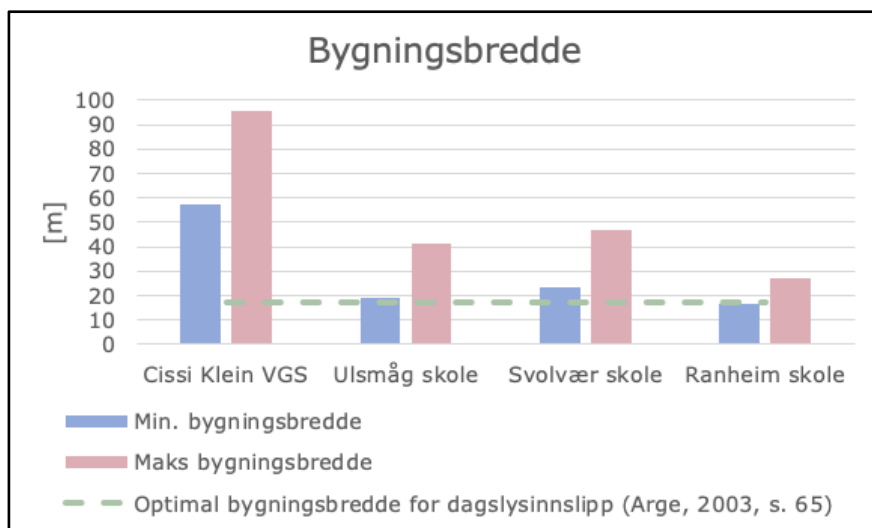
Spennvidder er en av de viktigere parameterne for økt fleksibilitet. Larsen og Bjørberg (2007) presenterer økt spennvidde som bestemmende for arealutforming og frie flater i etasjene. For å oppnå god fleksibilitet i arealene må det være ingen, eller få, bærende innervegger, slik at en ikke begrenser endringsmuligheter i planutformingen. Arge og Landstad (2002) nevner at bygningsbredden setter fysiske begrensninger i lokalene da denne bestemmer den maksimale spennvidden. Videre nevnes det at spennvidder korrelerer med dekketykkelse, og at for lange spennvidder medfører tap av etasjehøyde da dekkene blir for tykke. Arge og Landstad (2002, s. 75) påpeker at lengre spenn og økt materialmengde vil være av betydning, og vil *"neppe oppveie det som spares inn på et redusert antall søyler og bærevegger"*. Plasstøpte dekker har en optimal spennvidde opp mot 8 meter, mens hulldekkeelementer varierer mellom 7-12 meter. For krysslimte treelementer i etasjeskiller, hvor det opprettholdes et krav om 4 kN/m², anbefaler SINTEF (2009b) en maks spennvidde på 6,3 meter. multiMap gir TG 0 for spennvidder over 6 meter, og TG 1 mellom 5,5 og 6 meter.

Alle intervjupersonene nevner spennvidder som et sentralt begrep for økt tilpasningsdyktighet. RIB på Ranheim skole presiserer at de mest fleksible skolene hadde bærende yttervegger med lange spenn. Bygget har generelt ingen bærende innervegger i de fleksible undervisningslokalene, hvor de benytter et bæresystem av søyler og dragere. Søylene er plassert i tilknytning til korridorer og bygningsavstivende funksjoner. På Cissi Klein VGS er det svært få bærende innervegger i de øverste etasjene med undervisningsarealer. I disse etasjene er det kun trappe- og heissjakter, samt yttervegger, som er bærende. I de lavere etasjene er det flere bærende innervegger da dans- og dramasaler samt teknologi- og industrifag er stasjonert der.

Ulsmåg skole har bærende dekker i trebjelkelag og mange bærende innervegger. Bruk av krysslimt-tre eller massivtre i bæresystemet vil redusere den maksimale spennvidden sammenlignet med betong eller stål. ARK på prosjektet begrunner dette med at skolen er bygget med høy grad av generalitet i form av få repeterende rom og arealer. De bærende innerveggene i prosjektet begrenser fleksibiliteten i skolebygget, men ettersom det er kortere avstander mellom de bærende innerveggene vil dekkene i skolen oppfylle kravene til spennvidder fra SINTEF (2009b). Valget om høy generalitet fremfor fleksibilitet har dermed muliggjort at bygget nesten utelukkende ble bygget i tre, uten at det krever stålbejelker eller -søyler i bæresystemet.

Bygningsbredde

Bredden av bygget er en vesentlig faktor for høy generalitet. En bredde på 15-17 meter gir god arealeffektivitet for cellekontorer og åpne landskap i et kontor, og 17 meter er et minimum for bygg med parkeringskjeller (Arge og Landstad, 2002). ARK fra Ulsmåg skole nevner at klasserom bygges i størrelsesorden 8 meter brede, og med korridor på minimum 1,6 meter mellom to klasserom (Standard Norge, 2018), vil den totale bredden overgå 17 meter. En kan derfor argumentere for at optimal bredde på undervisningsbygg er større enn 17 meter, slik som det er for kontorbygg, og dette er i tråd med anbefalingen til multiMap, hvor TG 0 krever en bygningsbredde på over 18 meter. Større bygg medfører dårlig tilførsel av dagslys, som kan gå utover kroppens biologiske rytmer (SINTEF Byggforsk, 2001). I Figur 39 nedenfor illustreres de ulike bygningenes minimums- og maksimumsbreder i henholdsvis blått og rosa. Anbefalingen om 17 meter bygningsbredde er illustrert med den grønne stiplede streken. Som en kan lese av diagrammet så er det svært få av skolene som har bredder på under 17 meter, hvor det kun er Ranheim skole som har en liten del som har en bredde på 16,5 meter. Dette kan tyde på at skolebygninger krever bredere plass enn 17 meter, som opprinnelig er en anbefaling for kontorbygninger. Videre ser en fra diagrammet at Cissi Klein VGS skiller seg ut ved å ha betraktelig høyere bygningsbredder enn de andre caseprosjektene. Dette kommer av at bygningsutformingen på Cissi Klein er annerledes enn de andre skolene, hvor skolen opprettholder dagslysinnsippet til tross for den store bygningsbredden. Dette diskuteres videre i kapitlet.



Figur 39: Sammenligning av bredde på kommunikasjonsveier og krav fra Standard Norges (2018)

multiMap betrakter bygningsbredde som "mulighet for plassering av arealkrevende funksjoner på en hensiktsmessig måte" (multiMap, u.å.), og følgelig resulterer et bredere bygg i en bedre tilstandsgrad. Arge og Landstad (2002, s 62) nevner også "arealeffektivitet i forhold til mulige innredningsmønstre" som et prinsipp for bygningsbredden, men fokuserer også på dagslys som en driver for å holde bygningsbredden smal. Larsen og Bjørberg (2007) presiserer at bygningsbredden omfatter både planutforming og lystilgang. Dette er den eneste parameteren hvor multiMap ikke samsvarer direkte med annen teori. Teorien til Larsen og Bjørberg (2007) omhandler kontorbygg, mens multiMap betrakter alle kommunale bygg. Det er derfor grunn til å argumentere for at forskjellige bygg har andre behov for bygningsbredde.

Dagslysproblematikken løses ofte med større etasjehøyder. Imidlertid vil ikke dette være mulig i alle tilfeller. Representantene fra Oslobygg KF påpeker at de ofte utnytter høydereguleringen til det maksimale, og da ikke vil ha noe etasjehøyde å gå på. På Cissi Klein VGS er himlingshøyden opp mot 3,8 meter ut mot randsonen for å tillate bedre innslipp av dagslys, og 3,1 meter i undervisningsarealene. ARK fra Ulsmåg skole forteller at de tegnet høye vindusflater, og takvinduer for innslipp av dagslys fra oven. Ranheim skole har også store, åpne vindusflater, men ettersom bygget er 27 meter på sitt smaleste i undervisningsarealene, vil det fortsatt være mangel på dagslys på de midtre områdene. Bygget er så smalt som 16,5 meter i inngangspartiet, men ettersom dette ikke er ment for varig opphold, anses ikke denne som relevant.

Cissi Klein VGS er det bredeste av caseprosjektene med en bredde på 57,6 meter. I de områdene uten dagslysinnslipp er det prosjektert funksjoner som ikke har behov for dagslys, eksempelvis storsal og auditorium, trappehus og kjøkken. De tre andre caseprosjektene har fløyer tilknyttet skolen. Ulsmåg skole er den skolen med fløybredde som samsvarer mest med teorien til Arge og Landstad (2002), og av det vil ha best generalitet. Skolen er bygget etter dette prinsippet, som gjenspeiles i bygningsbredden. Svolvær skole vil av samme argumentasjonsgrunnlag oppnå høy fleksibilitet ved en ombygging, noe Ranheim skole allerede har gjort med godt resultat. Som nevnt ville alle skolene oppnådd TG 0 av multiMap ved å ha over 18 meters bygningsbredde.

Bygningsutforming og tomteforhold

Tomteforhold defineres som mulighet for horisontal utvidelse av bygg (Larsen og Bjørberg, 2007). Bygningsutformingen omhandler utbyggings- og utvidelsesmønsteret til bygget. En utvidelse kan skje ved separate nybygg eller ved et horisontalt tilbygg (Arge og Landstad, 2002). Kommunenes reguleringsplaner er bestemmende for undervisningsbyggets areal og volum. Tverrfaglig kravspesifikasjon setter krav til at *"bygningenes plassering på tomta skal ta hensyn til [...] fremtidige utvidelsesmuligheter"* (Trondheim fylkeskommune, 2020, s. 10). I SKOK (Oslo kommune, 2022, s. 6) står det tilsvarende at *"bygget skal planlegges med nødvendig [...] elastisitet for å hensynta [...] eventuell utvidelse"*. Parameterne bygningsutforming og tomteforhold presenteres hver for seg i hver sin teori, men ettersom disse omhandler elastisitet i bygget, er disse slått sammen til en parameter i diskusjonen.

Representantene fra Oslobygg KF nevner at et horisontalt tilbygg, derav en ny fløy, kunne vært mulig på flere av deres prosjekter, men i de fleste tilfeller vil krav til uteområder ikke tillate ny bygningsmasse på tomten. Ranheim skole har siden opprinnelig prosjekt fått et nytt tilbygg som utgjør det først prosjekterte bygget, hvor det ble nedskalert med 10 %, men det er usikkert om det ville vært mulig med et nytt tilbygg. Ulsmåg skole vil ha mulighet for å bygge et separat tilbygg på nærliggende parkeringsplass, men dette vil trolig være lite trafiksikkert uten en overgang mellom byggene. Cissi Klein VGS vil ikke ha mulighet til horisontal utvidelse ettersom maksimal tomteutnyttelse er oppnådd.

Plassering av spesialfunksjoner

Spesialfunksjoner presenteres som laboratorier, datarom og undervisningsrom (Arge og Landstad, 2002) i kontorbygg, men er fortsatt viktig i et undervisningsbygg. Dette er arealer som har høyere krav til romhøyder, ventilasjon og andre tekniske installasjoner. Det er fordelaktig å plassere disse strategisk og gjerne samlet, hvis det eksempelvis kommer et behov for økt ventilasjon eller tekniske føringer til rommene. På Cissi Klein VGS er spesialrom som verksted for teknologi- og industrifag, samt dans- og dramasaler,

prosjektet til å være i kjelleretasjen. Prosjektet valgte å plassere dette i kjeller da det ikke var behov for å overdimensjonere noen andre plan enn direkte på fundament. Spesialfunksjoner utover undervisningsareal på Ranheim skole er plassert sentralt i bygget, hvor sløydsal, kunst- og håndverk og verksted er samlet. For Ulsmåg skole er det ikke vist på plantegninger hvor spesialfunksjoner er plassert. ARK informerer at undervisningsrommene skal fungere som både kontor og verksted, og skal kunne skifte mellom disse. Et av kravene de satt til rommene var at de skulle være robuste nok til å imøtekomme de endrede undervisningskravene. På Svolvær skole er spesialfunksjonene plassert samlet, som på Ranheim skole, men her er de plassert i en egen fløy.

Installasjonsprinsipper

Installasjonsprinsippene fra Arge (2007) bygger på at et bygg skal kunne demonteres lagvis uten at de andre lagene blir berørt. Tekniske installasjoner over himling eller i sjakter skal kunne byttes ut hvis de blir utdatert, og det arkitektoniske uttrykket til bygget skal kunne endres med nye trender. RIB på Ranheim skole er den eneste som nevner enkel demontering. Bæresystemet skal i teorien kunne pakkes ned og bygges på ny tomt da alt er prefabrikkerte elementer. Det nevnes at yttervegger skulle være bærende med utskiftbar fasade. Svolvær skole har også utskiftbar fasade, mens Ulsmåg skole har bærende fasade og Cissi Klein VGS skal kles i gammel teglstein.

6.3 Drivere og barrierer for implementering av tilpasningsdyktige løsninger

Foruten de bygningstekniske parameterne som er blitt diskutert i det foregående delkapittelet, er det andre forhold som kan påvirke tilpasningsdyktigheten i bygninger. Dette kan være drivere og barrierer som tar for seg byggeprosessen, samt personene i prosjektorganisasjon og deres fokus og prioriteringer. Disse forholdene diskuteres videre i dette delkapittelet.

Entrepriseformen i et prosjekt legger føringer for fordeling av ansvar og risiko mellom de involverte aktørene (Lædre, 2012). Som en forlengelse av dette vil det også påvirke prosjektets beslutninger, prioriteringer og håndtering av brukergruppen. Det er derfor klart at prosjektets gjennomføringsmodell, hva gjelder kontraktstype, entrepriseform og ansvarsfordeling, er en sentral faktor for hvorvidt tilpasningsdyktighet skal prioriteres. Det er ingen klar enighet om hvilken kontraktsstrategi som egner seg best for tilrettelegging for tilpasningsdyktighet, men involvering av brukergruppen vil uansett være en sentral faktor da det kreves god forståelse av deres nåværende og kommende behov for å kunne tilrettelegge for disse.

Prosjektene i denne casestudien har følgende entrepriseform:

- Cissi Klein VGS: Totalentreprise (samspill)
- Ulsmåg skole: Delt entreprise
- Svolvær skole: Totalentreprise (samspill)
- Svolvær skole, utbygging: Hovedentreprise
- Ranheim skole: Totalentreprise
- Ranheim skole, utbygging: Generalentreprise

Med unntak av Ulsmåg skole, består entreprisformene på alle prosjektene av variasjoner av *integrasjonsbaserte* kontraktsstrategier. Dette innebærer at BH ønsker å inngå et samarbeid med utførende part slik at ansvar og risiko kan overføres helt eller delvis til denne parten (Lædre, 2012). Videre trekkes det frem i flere intervjuer at samspill er en viktig driver for tilpasningsdyktighet. Blant annet forteller BH på Cissi Klein VGS at samspill fører til at den totale kunnskapsbasen på prosjektet løftes, og at eksempelvis ARK kan gå i direkte dialog med tekniske fag for å finne optimale løsninger. Ifølge BH vil en miste store deler av kunnskapen på prosjektet om hver aktør skal sitte isolert og gjøre sine oppgaver hver for seg. BH på Svolvær skole trekker også frem viktigheten av å involvere alle de berørte partene når en skal gjøre en ombygging.

Flere av aspektene ved tilpasningsdyktighet baserer seg på å benytte løsninger som krever at en tenker langsiktig og har andre prioriteringer enn kun økonomisk profitt. Dette innebærer at aktørene samarbeider og søker å finne de riktige løsningene for brukergruppen. En kan argumentere for at samspill *kan* muliggjøre tilpasningsdyktighet i bygninger, men det er likevel ingen garanti for det. Det menneskelige perspektivet står sentralt og fungerer både som en barriere og en muliggjører for tilpasningsdyktighet. Med mindre aktørene i prosjektorganisasjonen proaktivt tar ansvar for å prioritere tilpasningsdyktighet vil det ikke være mulig å oppnå.

Som presentert innledningsvis i denne oppgaven, er en av hovedhensiktene med tilpasningsdyktige bygninger å øke deres levetid. Idéen er å tilpasse bygningene, både i form av materialer, planløsning og teknisk, slik at bygningen kan opprettholde sin funksjonsverdi over en lengre periode enn det ellers ville. En annen tilnærming til å opprettholde en bygnings levetid er å skifte fokuset fra utskiftninger til bestandighet. Med dette menes at en velger materialer med lang levetid og lavt vedlikeholdsbehov. Dette vil redusere behovet for utskiftninger og store reparasjoner. Et eksempel på dette kan være teglfasader som er svært slitesterkt og har lang levetid. Et annet eksempel kan være å utforme bygningen på en robust måte, som tåler endringer i trender. Olsson (2009) trekker også frem dette som en måte å oppnå høy tilpasningsdyktighet i en bygning på, i NTNU Concept temahefte nr. 1 *Fleksibilitet i prosjekter - et tveegget sverd*. Olsson mener derimot at det er utfordrende å forutse kommende behov i en bygning, og fokuserer derfor på fleksibilitet i prosessen, som faller utenfor avgrensningene til denne oppgaven.

Ulsmåg skole er et eksempel på et undervisningsbygg som har en robust utforming. Som ARK på prosjektet fortalte i intervjuet, er skolens planløsning designet for å oppnå høy generalitet. Målet er at skolen skal fungere godt uansett skolemodell, og består derfor av noen elementer hentet fra baseskole-konseptet, og andre som er utformet som en tradisjonell skolebygning. Tanken er dermed ikke at bygningen skal være subjekt for transformasjon, men heller at den skal være så generell at den skal være funksjonell i lang tid.

En utfordring ved å utelukke mulighetene for transformasjon er at en også låser bygningens arkitektoniske uttrykk. Dette er relevant ettersom trender i design, arkitektur og stilarter kan skape like store ønsker om endring som dårlig funksjonell egnethet. Eksempelvis er ikke det arkitektoniske uttrykket som var populært på 70- og 80-tallet ønskelig på dagens bygninger. En mulig løsning på dette er å benytte fri fasade, hvor fasaden ikke er bærende og dermed kan skiftes ut, noe som blant annet er benyttet på Ranheim skole.

Flere av intervjuobjektene nevner politiske beslutninger som både drivere og barrierer for hvorvidt endringsbehov oppstår. Et trivielt aspekt i alle byggeprosjekter er tildelingen av midler, som det i offentlige prosjekter er politiske rammer som avgjør. Ranheim skole er et godt eksempel på hvordan eksterne politiske beslutninger kan påvirke byggeprosjekter, hvor prosjektorganisasjonen fikk et krav om å redusere kostnadsrammen med 10 millioner kroner. Denne kostnadsreduksjonen kom som en konsekvens av at infrastrukturen rundt tomten hadde et større behov for oppgraderinger og omlegging enn først antatt. Som presentert tidligere førte dette til en rekke konsekvenser for prosjektet, og står som et eksempel på hvordan ytre faktorer kan være en barriere for tilpasningsdyktige løsninger. ARK på Cissi Klein bygger opp under dette i sin påstand om at de største kostnadsoverskridelsene som regel kommer av uforutsette endringer, som politiske beslutninger kan være årsaken til.

Som presentert tidligere i dette delkapittelet kan samspill føre til flere tilpasningsdyktige løsninger. Svolvær skole og Cissi Klein VGS har begge hatt totalentreprise med samspill mellom de tekniske fagene, i tillegg til at de har vært to av caseprosjektene som mottok økt bevilgning. I Svolvær skoles tilfelle var dette for utbygging av et tomt skall og overdimensjonering av fundament. I det opprinnelige prosjektet på skolen var et av tildelingskriteriene at det skulle tilrettelegges for fremtidig utbygging, og legges en plan for hva som skulle gjøres med skolens svømmehall den dagen den måtte bygges om. På Cissi Klein VGS har prosjektorganisasjonen prosjektert gode løsninger for fremtidig ombygging. ARK nevnte i caseintervjuet at de hadde lagt inn rom som ikke hadde noen bruksverdi per tid, men når områdene skulle bygges om, ville disse ha egne innganger og kunne fungere sammen med resterende brannceller. BH nevnte at de jobber med en løsning hvor trappesjaktene brukes for å forbedre ventilasjonen i bygget, uten at dette går ut over volumet i sjaktene. Løsningene er eksempler på hva en samspillsorganisasjon kan utrede med fokus på de beste løsningene.

Tilleggsinvesteringer som øker tilpasningsdyktighet i undervisningsbygg, koster ikke nødvendigvis mer. BH på Cissi Klein VGS påpeker at tilpasningsdyktighet ikke handler om økt ressursbruk eller investeringer, men heller smarte løsninger. Derimot påløper det høyere kostnader hvis sentrale løsninger ønskes sent i prosjektet i form av endringer, og det er disse som er utslagsgivende. Larsen og Bjørberg (2007, s. 27) viser til at *"tilpasningsdyktighet ikke nødvendigvis gir tilleggsinvesteringer, men er en måte å tenke på når man velger løsninger"*. BH forteller at høyere etasjehøyde, som øker fleksibiliteten, vil påføre prosjektet en høyere kostnad i fasadekledning og oppvarming av rom i bruksfasen. Noen tilpasningsdyktige aspekter vil derimot koste mer å implementere. Smarte plasseringer av spesialfunksjoner eller vertikale sjakter vil ikke påføre prosjektet noen ekstra kostnader. Produksjonskostnadene vil ikke nødvendigvis øke av tilpasningsdyktige løsninger, men prosjekteringskostnadene kan bli høyere som resultat av lengre og mer omfattende prosjektering for tilpasningsdyktighet.

7 Konklusjon

Oppgaven har tatt for seg fire caseprosjekter i Norge, samt ekspertintervjuer med representanter fra Multiconsult og Oslobygg KF. Resultatene fra casestudien ble i Kapittel 0 knyttet opp til relevant teori. Hensikten med oppgaven er å besvare følgende problemstilling gjennom å besvare de påfølgende forskningsspørsmålene:

Hvordan kan tilpasningsdyktighet bidra til mer bærekraftige undervisningsbygg?

- 1. Hva slags utfordringer er knyttet til dagens undervisningsbygg?*
- 2. Hvordan bør fremtidens undervisningsbygg utformes?*
- 3. Hvilke drivere og barrierer for implementering av tilpasningsdyktighet i undervisningsbygg finnes i dag?*

7.1 Dagens utfordringer

Den største utfordringen tilknyttet undervisningsbygg er mangelfullt vedlikehold. Av RIFs rapport fra 2021 fremkommer det at 43 % av skolene i Norge mangler vedlikeholdsplan, og 61 % fikk rapportert vesentlige avvik. Kostnaden for utbedring av manglene anslås til 90 milliarder kroner, og summen øker hvert år. Det er lite som tyder på at fokuset på vedlikehold blir bedre. Ettersom den tekniske tilstanden til byggene avtar vil det trolig være nødvendig med riving av undervisningsbyggene på sikt, heller enn å gjøre endringer for å tilpasse nye behov, med mindre avvikene utbedres.

Endring i antall elever trekkes frem som en stor utfordring, og som resulterer i endringsbehov i undervisningsbyggene. Av caseprosjektene var økning i antall elever premisset for gjennomført eller planlagt ombygging. Selv om kommunene har prognoser for befolkningsvekst er det stor usikkerhet tilknyttet fremtidig antall elever, og i flere tilfeller har skoler for liten kapasitet allerede før ferdigstillelse.

Andre utfordringer knyttet til dagens undervisningsbygg som omtales i oppgaven er endring i skolereformer og hvordan disse medfører endringer i planutforming, samt sambruk av skolelokaler utover skolens kjernetid.

7.2 Fremtidens undervisningsbygg

Bruk av vedlikeholdsfrie bæresystemer og materialer vil være med på å løse problemene vedlikeholdsetterlepet medfører. Dette vil kunne resultere i økte prosjektkostnader når det bygges, men ettersom det er kommunene som innehar FDVUS-ansvaret, vil det anbefales å investere i mer slitesterke materialer for å redusere kostnadene tilknyttet vedlikehold.

Med bakgrunn i hva intervjupersonene svarte som viktige parametere for tilpasningsdyktighet, og teorien til Arge og Landstad (2002) og Larsen og Bjørberg (2007), er følgende parametere prioritert etter hva som bidrar til høyest tilpasningsdyktighet i et undervisningsbygg. Tabell 31 er basert på parameterne Larsen og Bjørberg (2007) presenterer i *Livsløpsplanlegging og tilpasningsdyktighet i bygninger*. Parametere som omhandler det samme er plassert sammen.

Tabell 31: Bygningstekniske parametere er prioritert etter bidrag til tilpasningsdyktighet

	Installasjonsplass og utstyr	Arealdisponering og tilgjengelighet	Utvidelsesmuligheter
1		Mulighet for frie arealer og plassering av innervegger	
2	Netto etasjehøyde		
3	Plassering av spesialfunksjoner		
4	Vertikale sjakter og installasjonsplass		
5			Bygningsutforming og tomteforhold
6	Lastkapasitet		
7	Installasjonsprinsipper		
8		Bygningsbredde	
	Fleksibilitet og generalitet		Elastisitet

7.3 Drivere og barrierer

Valg av entrepriseform er både en driver og barriere for implementering av tilpasningsdyktighet. En totalentreprise med samspill vil kunne tilrettelegge for godt samarbeid i prosjektorganisasjonen og resultere i mer innovative løsninger. Caseintervjuene viste at samspillsmodellen utnytter den tverrfaglige kunnskapen til de tekniske fagene på en bedre måte enn ved en tradisjonell entrepriseform, hvor teorien påpeker at de tekniske fagene ofte blir kontrahert etter ferdig designet prosjekt. I slike tilfeller kommer aktørene inn med lavere grad av handlekraft enn de ville i et samspill. I caseprosjektet Cissi Klein VGS ble alle tekniske fag tilknyttet prosjektorganisasjonen før de mottok funksjonsbeskrivelser og krav fra fylkeskommunen, som har resultert i nytenkende prosjekterte løsninger som desentraliserte aggregater, økte netto etasjehøyder ut mot randsonen og ventilasjon lagt i trappesjakter.

Politiske beslutninger har i større grad vært en barriere enn en driver i caseprosjektene. Eksempelvis måtte prosjektorganisasjonen på Ranheim skole kutte budsjettet og prosjekterte løsninger etter tildelt prosjekt. Beslutningen gikk på bekostning av bæresystemet og fleksible løsninger, og under intervjuene ble det klart at prosjektet ikke klarte å spare inn det budsjetterte kuttet. Derimot fikk Svolvær skole økt bevilgning til å bygge et tomt skall som ble innredet da det oppstod behov for kapasitetsøkning. Dette sparte kommunen for store kostnader, og bidro til at utbyggingen kunne skje mens elevene var i skolen. Dette viser at lokale faktorer kan påvirke politiske beslutninger.

Tilpasningsdyktige løsninger, som krever tilleggsinvesteringer, anses som en barriere i byggeprosjekter, ettersom de opererer med begrensede kostnadsrammer. I oppgaven fremkommer det derimot at disse løsningene ikke nødvendigvis koster mer. Aktører fra caseprosjektene påpeker at tilpasningsdyktighet ikke handler om økt ressursbruk, men heller nyskapende og innovative løsninger. Å oppnå god tilpasningsdyktighet uten å øke kostnadene fordrer en aktiv involvering av alle prosjektaktørene, og mye av ansvaret ligger derfor på prosjektleder som må tilrettelegge for godt samarbeid.

7.4 Svar på problemstilling

Hvordan kan tilpasningsdyktighet bidra til mer bærekraftige undervisningsbygg?

Tilpasningsdyktighet handler om en bygnings mulighet til å møte skiftende brukerbehov med et langsiktig perspektiv.

Undervisningsbyggene som benyttes i dag har lav funksjonell egnethet, som fører til at de må erstattes før oppnådd tiltenkt levetid. Det er store kostnader tilknyttet utbedring av mangler, samt vedlikeholdsetterslep i undervisningsbyggene. Ved å bygge fremtidens skoler på en måte som tillater byggene å implementere endringer ved behov, vil byggene både kunne brukes lenger, og være mer funksjonelle gjennom hele sin levetid. De bygningstekniske løsningene som kan implementeres i tilpasningsdyktige bygg medfører ikke nødvendigvis tilleggsinvesteringer. Dette kan oppnås gjennom godt samarbeid i prosjektorganisasjonen ved et langsiktig og innovativt perspektiv fra hos de involverte aktørene.

Utslipp tilknyttet rehabilitering står for halvparten av utslippene fra nybygg. Tilpasningsdyktige løsninger kan øke levetiden til byggene og redusere behov for å bygge nye undervisningsbygg. Den mest miljøvennlige kvadratmeteren er den som ikke bygges, og følgelig fører tilpasningsdyktighet til mer bærekraftige undervisningsbygg.

8 Videre arbeid

En avgrensning i oppgaven er funksjonsendringer. I et videre arbeid vil det være interessant å se på hvordan undervisningsbygg kan endre funksjon, til eksempelvis næringsbygg.

I et nytt studie vil det være interessant å vurdere hvordan tilpasningsdyktighet prosjekteres i undervisningsbygg i samme kommune. Under case- og ekspertintervjuene kom det frem at det menneskelige aspektet i prosjektet er viktig, spesielt når det gjelder prosjektleder. Samarbeidet mellom entreprenør, BH og tekniske fag kan være en avgjørende faktor for implementering av tilpasningsdyktige løsninger. Å undersøke hvordan de forskjellige aktørene prosjekterer for tilpasningsdyktighet kan være lærerikt.

Det kan være spennende å betrakte analysene og prognosene for kommende befolkningstall og antall elever for skolene. I denne oppgaven har flere BH pekt på utfordringene ved å forutse kapasitetsbehovet. Et forslag vil være å se på om prognosene og det faktiske antallet elever sammenfaller for flere caseprosjekter. Det kan anbefales at dette gjøres for et høyere antall caseprosjekter enn i denne oppgaven for å få et representativt resultat.

9 Referanser

- Arge, K. og Landstad, K. (2002). Generalitet, fleksibilitet og elastisitet i bygninger. Prinsipper og egenskaper som gir tilpasningsdyktige kontorbygninger. (Prosjektrapport 336). SINTEF. Tilgjengelig fra: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2418583> (Hentet 07. desember 2022).
- Arge, K. (2003). Generalitet, fleksibilitet og elastisitet i bygninger. Hvilke typer tilpasningsdyktighet bør norske byggherrer velge, og hva velger de? (Prosjektrapport 340). SINTEF. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/publikasjoner/prosjektrapport-340.pdf> (Hentet: 07. desember 2022).
- Bergen kommune (u.å.) *Arealstandarder og kravspesifikasjoner for skoleanlegg*. Tilgjengelig fra: <https://www.bergen.kommune.no/politikere-utvalg/api/fil/bksak/2016183147-6028828/Arealstandarder-kravspesifikasjoner-skoleanlegg> (Hentet: 14. mai 2023).
- Bjørberg, S. og Larsen, A., Øseth, H. (2007). *Livssyklus kostnader for boliger*. (RIF-rapport 03/2007). Oslo: RIF. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/livssyklus-kostnader-for-bygninger.pdf> (Hentet: 28. mars 2023).
- Brækstad, P. (2022, 18. august). I dag åpnet en splitter ny skole i Trondheim: – Dere er med på trøndersk historie. *Adresseavisen*. <https://www.adressa.no/nyheter/trondheim/i/bG3jbe/i-dag-aapnet-en-splitter-ny-skole-i-trondheim-dere-er-med-paa-troendersk-historie>. (Hentet 27. mars 2023).
- Byggteknisk forskrift. (2017). *Forskrift om tekniske krav til byggverk*. (FOR-2017-06-19-840) Lovdata. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/forskrift/2017-06-19-840> (Hentet 4. juni 2023).
- Creswell, J. W. (2008). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (3. utg.). Pearson Education Limited.
- Dale, O. H. (2010) *Ranheim skole*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/ranheim-skole/62049/> (Hentet: 16. mai 2023).
- Dale, O. H. (2015) *Ulsmåg skole*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/ulsmag-skole/1228229/> (Hentet: 11. mai 2023).
- Dalland, O. (2020) *Metode og oppgaveskriving* (7. utg.). Gyldendal Norsk Forlag.
- Dfø (u.å.) *Byggeprosessen*. Tilgjengelig fra: <https://anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/byggeprosessen/konseptutvikling-og-bearbeiding-i-bygg-og-anlegg/valg-av-gjennomforingsmodell-i-bae-prosjekter/samspillsentreprise> (Hentet: 06. juni 2023).

- DIBK (u.å.) *Entrepriseformer*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/saksbehandling/kommunalt-tilsyn/temaveiledninger/tilsyn/del-3--vedlegg/vedlegg-3.2/3.2.5.-entrepriseformer> (Hentet: 06. juni 2023).
- FHI (2020) *Litteratursøk*. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/div/bibliotek/litteratursok/> (Hentet: 11. desember 2022).
- FN-sambandet (2023a) *Parisavtalen*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen> (Hentet: 1. juni 2023).
- FN-sambandet (2023b) *Industri, innovasjon og infrastruktur*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/industri-innovasjon-og-infrastruktur> (Hentet: 1. juni 2023).
- Fure, I. (2020). *Tilpasningsdyktighet i undervisningsbygg i massivtre* [Masteroppgave, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet]. NTNU Open Vitenarkiv. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2779368>. (Hentet 22. mars 2023).
- G20 (2023). *About G20*. Tilgjengelig fra: <https://www.g20.org/en/about-g20/> (Hentet 30. mai 2023).
- Grønmo, S. (2021) *fagfelleevaluering*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/fagfelleevaluering> (Hentet: 11. desember 2022).
- Hauge C. B., og Bjerkeseth, A. W. (2023, 10. januar). 800 skolebygg i kritisk dårlig stand – vil at staten skal ta mer ansvar. NRK. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/osloogviken/800-skolebygg-i-kritisk-darlig-stand--sv-mener-ansvaret-ikke-lenger-kan-ligge-hos-kommunene-1.16248152> (Hentet: 4. juni 2023).
- Havre, E. F. og Nordby, S. (2022) *Prosjektoppgave om tilpasningsdyktige bygg*. [Prosjektoppgave, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet].
- Hegle, G. M. S. (2018). *Massivtre som byggemateriale – en studie av prosjekteringsprosessen og utformingen av undervisningsarealene i massivtreskoler* [Masteroppgave, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet]. Brage Vitenarkiv. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2561587>. (Hentet 22. mars 2023).
- Henriksen, Ø. (2019) *baseskole*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/baseskole> (Hentet: 23. mai 2023).
- Henriksen, Ø. (2020) *skole*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/skole> (Hentet: 27. mars 2023).
- Husark (u.å.) *Cissi Klein videregående skole*. Tilgjengelig fra: <https://www.husark.no/cissi-klein-vgs/> (Hentet: 19. mai 2023).
- Håvelsrud, Å. M. (2016a) *Må Svolvær skole ha mer areal?* Tilgjengelig fra: <https://www.lofotposten.no/berg/skole/vagan/ma-svolvar-skole-ha-mer-areal/s/5-29-193318> (Hentet: 23. februar 2023).

Håvelsrud, Å. M. (2016b) *Svolvær skole sto ferdig i 2012. Nå er den for liten*. Tilgjengelig fra: <https://www.lofotposten.no/skole/vagan/berg/svolvar-skole-sto-ferdig-i-2012-na-er-den-for-liten/s/5-29-185809> (Hentet: 23. februar 2023).

Jacobsen, D. I. (2022). *Hvordan gjennomføre undersøkelser? Innføring i samfunnsvitenskapelig metode* (4. utg.). Cappelen Damm Akademisk.

Johannesen, A.; Tufte, P. A.; Christoffersen, L. (2010). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (4. utg.). Abstrakt.

Larsen, A. K. (2011) *Bygg og eiendoms betydning for effektiv sykehusdrift*. [Doktorgradsavhandling, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet]. NTNU Open Vitenarkiv. https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/231879/456341_FULLTEXT01.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Hentet: 5. mai 2023).

Larsen, A. og Bjørberg, S. (2007) *Livsløpsplanlegging og tilpasningsdyktighet i bygninger*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/livsløpsplanlegging-og-tilpasningsdyktighet-i-bygninger---innforing-og-prinsipper.pdf> (Hentet: 28. mars 2023).

Letting, C. H. (2013). *Betydningen av tilpasningsdyktige bygg for effektive helsetjenester*. [Masteroppgave, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet]. NTNU Open Vitenarkiv. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/232593?locale-attribute=en>. (Hentet 9. mai 2023).

Lædre, O. (2012). *Gjøre det selv eller betale andre for jobben: Byggherrens valg av kontraktstrategi i bygg- og anleggsprosjekt*. [Concept temahefte]. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Tilgjengelig fra: https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010610/Temahefte_Kontraktstrategi_webutgave.pdf/4854197e-6f54-408c-a5bf-5b86d720307a (Hentet 28. mai 2023).

Mercell (2018) *Svolvær skole & Vågan kulturskole*. Tilgjengelig fra: <https://www.mercell.com/nb-no/anbud/79741025/svolvaer-skole--vaagan-kulturskole-anbud.aspx> (Hentet: 23. februar 2023).

Moe, M. (2019) *Trangt tidsskjema for 3. etasjen på skolen* (Bak betalingsmur). Tilgjengelig fra: <https://www.vaganavisa.no/nyheter/i/ve3lwB/trangt-tidsskjema-for-3-etasje-paa-skolen> (Hentet: 8. mars 2023).

Multiconsult (2022) *Tilstand skolebygg*. Tilgjengelig fra: <https://foreldreutvalgene.no/fug/wp-content/uploads/sites/3/2022/11/Tilstand-pa-skolebygg.pdf> (Hentet: 9. mai 2023).

Multiconsult og PricewaterhouseCoopers (2008) *Vedlikehold i kommunesektoren. Fra forfall til forbilde*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/20080916vedlikehold-rapp.pdf> (Hentet: 9. mai 2023).

multiMap (u.å.) *Hvordan bruke multiMap*. <https://www.multiMap.no> (Hentet 9. mai 2023).

Mørk, I. M., Bjørberg, S., Sæbøe, O. E. og Weisæth, O. (2008) *ORD og UTTRYKK innen Eiendomsforvaltning - Fasilitetsstyring (Facilities Management)*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/orduttrykkef.pdf> (Hentet: 9. mai 2023).

NCC (u.å.) *Ulsmåg skole*. Tilgjengelig fra: <https://www.ncc.no/vare-prosjekter/ulsmag-skole-bergen/> (Hentet: 11. mai 2023).

Nilsen, T. T. (2021, 12. november) *Jakter døgnåpne skoler*. *Arkitektur*. Tilgjengelig fra: <https://arkitektur.no/aktuelt/utdanning/jakter-doeegnaapne-skoler/> (Hentet 8. juni 2023).

NRK (2006, 10. mars) *Svolvær skole må totalrenoveres*. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/nordland/svolvaer-skole-ma-totalrenoveres-1.364795> (Hentet 21. mai 2023).

NTNU (u.å.) *IMRoD-struktur på vitenskapelige tekster*. Tilgjengelig fra: <https://i.ntnu.no/oppgaveskriving/imrod-struktur> (Hentet 30. mai 2023).

Olsson, N. (2009). *Fleksibilitet i prosjekter - et tveegget sverd*. [Concept temahefte]. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Tilgjengelig fra: https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010610/th_2009_nils_olsson.pdf/7555d6fc-7a7f-46a9-bed0-56e08416b093 (Hentet 28. mai 2023).

Opak (u.å.) *Ranheim skole - ombygging og tilbygg*. Tilgjengelig fra: <https://www.opak.no/referanser/ranheim-skole-ombygging-og-tilbygg/> (Hentet: 23. februar 2023).

Opplæringsloven (1998) *Lov om grunnskolen og videre opplæring*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1998-07-17-61> (Hentet: 27. mars 2023).

Oslo kommune (u.å.) *Når nærskolen ikke har ledig plass*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/skole-og-utdanning/skoleoversikt-og-skolekrets/nar-narskolen-ikke-har-ledig-plass/> (Hentet: 23. mai 2023).

Oslo kommune (2022) *Standard kravspesifikasjoner - Skoler*. Tilgjengelig fra: https://einnsyn-fillager-api.api.oslo.kommune.no/fil?virksomhet=976819837&filnavn=2197ef8618a948a0bfe84333674c44f3_16dc7204231061b93d0d441403a58319.pdf (Hentet: 14. mai 2023).

Pedersen, B. T. (2012) *Kongen åpnet Svolværs nye skole*. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/nordland/kongen-apnet-svolvaers-nye-skole-1.8287762> (Hentet: 11. mai 2023).

Plan- og bygningsloven (2008) *Lov om planlegging og byggesaksbehandling*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71> (Hentet: 14. mai 2023).

Ramian, K. (2007). *Casestudiet i praksis* (1. utg.). Academica.

Regjeringen (2022). *Miljøvennlige boliger og bygg*. Tilgjengelig fra: https://www.regjeringen.no/no/tema/plan-bygg-og-eiendom/plan_bygningsloven/bygg/innsikt/byggkvalitet/miljovennlige-boliger-og-bygg/id2345447/ (Hentet: 1. juni 2023).

Rise, M. K. B. (2017) *Vedtøk tilbygg på Ranheim skole*. Tilgjengelig fra: <https://www.adressa.no/nyheter/i/m12mjO/vedtok-tilbygg-pa-ranheim-skole> (Hentet: 23. februar 2023).

RIF (2021) *State of the Nation - Norges tilstand 2021*. Tilgjengelig fra: https://rif.no/wp-content/uploads/2021/05/210518_State-of-the-Nation-2021.pdf (Hentet: 29. mars 2023).

Roland, E., og Thilesen, T. (2018) *TONE - strategi for kildekritikk*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/subject:1:00a0141d-2307-4a5a-a154-0c821449f6d2/topic:3:61462d62-75f8-42fb-a823-d5a32afe0455/topic:3:3dfd8ebc-4c64-486c-a1ad-d2f60f3cb486/resource:1:169741> (Hentet: 11. desember 2022).

Seehusen, J. (2022) *Nullutslipp for ny skole i Trondheim*. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/nullutslipp-for-ny-skole-i-trondheim-br/524662> (Hentet: 20. mai 2023).

SINTEF Byggforsk (2001) 421.602 *Dagslys. Egenskaper og betydning*. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/200/dagslys_egenskaper_og_betydning (Hentet: 27. mai 2023).

SINTEF Byggforsk (2002) 379.320 *Plassbehov for føringsveier til tekniske installasjoner*. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/3070/plassbehov_for_foeringsveier_til_tekniske_installasjoner (Hentet: 26. mai 2023).

SINTEF Byggforsk (2004) 344.110 *Tilpasningsdyktige kontorbygninger*. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/3223/tilpasningsdyktige_kontorbygninger (Hentet 3. desember 2022).

SINTEF Byggforsk (2009a) 342.205 *Grunnskolebygg, Funksjoner og arealer*. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/131/grunnskolebygg_funksjoner_og_arealer (Hentet: 9. mai 2023).

SINTEF Byggforsk (2009b) 522.891 *Etasjeskillere i massivtre*. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/3367/522891_etasjeskillere_i_massivtre (Hentet: 23. mai 2023).

SINTEF Byggforsk (2013) 720.605 *Hulltaking i vegger og etasjeskillere/dekker*. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/664/hulltaking_i_vegger_og_etasjeskilleredekker (Hentet: 26 mai 2023).

SINTEF Fag (2020) *Grønt er ikke bare en farge: Bærekraftige bygninger eksisterer allerede*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintefbok.no/book/index/1268/groent-er-ikke-bare-en-farge-baerekraftige-bygninger-eksisterer-allerede> (Hentet: 30. mai 2023).

SINTEF Notat (2021) *Ombruk av byggematerialer – MARKED, DRIVERE OG BARRIERER*. Tilgjengelig fra: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2828094/SINTEF%2bNotat%2b%2b40.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Hentet: 1. juni 2023).

Skjærseth, L. E. og Sørensen, T. E. (2010) *Ny skole til skolestart*. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/trondelag/ny-skole-til-skolestart-1.7260687> (Hentet: 23. februar 2023).

SSB (2023). *KOSTRA*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/offentlig-sektor/kostra/statistikk/kostra-kommune-stat-rapportering> (Hentet: 9. mai 2023).

Standard Norge (2008) *NS-EN 1991 Eurokode 1: Laster på konstruksjoner*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=324910> (Hentet: 23. mai 2023).

Standard Norge (2012). *NS 3424 Tilstandsanalyse av byggverk (NS 3424:2012)*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=587800> (Hentet: 29. mars 2023).

Standard Norge (2018) *NS 11001 Universell utforming av byggverk*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=977520> (Hentet: 23. mai 2023).

Standard Norge (2019) *NS 8175 Lydforhold i bygninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1045700> (Hentet: 23. mai 2023).

Sæther, I. B. (2020) *Planbeskrivelse_Alternativ 1 Leangen Sentrum Øst*. (Asplan Viak-rapport 03/2020). Trondheim: Asplan Viak. Tilgjengelig fra: <https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/byplankontoret/1b-off-ettersyn/2021/falkenborgvegen-32-33-35-37-og-39-leangen-sentrum-ost-detaljregulering-20190028/15.-1-planbeskrivelse-alternativ-1.pdf> (Hentet: 27. april 2023).

Sørland, L. M. og Klungerbo, M. H. (2021). *Rive eller bygge om?: En studie av hva som kan fremme ombygging i byggenæringen* [Masteroppgave, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet]. NTNU Open Vitenarkiv. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2787265> (Hentet: 9. mai 2023).

Teller, V. H. og Kirkestuen, F. (2020). *Tilpasningsdyktighet i historiske bankbygg* [Masteroppgave, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet]. NTNU Open Vitenarkiv. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2776164>. (Hentet 22. mars 2023).

Thorén, K. H. (2003) *Skolens utearealer - Om behovet for arealnormer og virkemidler*. (Sosial- og helsedirektoratet, IS-1130). Oslo: Avd. Fysisk aktivitet. Tilgjengelig fra: <https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/skolens-utearealer-om-behovet-for-arealnormer-og-virkemidler> (Hentet: 24. mai 2023).

Trondheim fylkeskommune (2020) *TRFK EIE Tverrfaglig kravspesifikasjon*. Tilgjengelig fra: https://www.trondelagfylke.no/contentassets/63d02f792e2640fca9f13235b7270b0f/kravspesifikasjon_trfk_tverrfaglig_2020-03-12.pdf (Hentet: 14. mai 2020).

Udir (u.å.) *Et inkluderende læringsmiljø*. Tilgjengelig fra: <https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/3.-prinsipper-for-skolens-praksis/3.1-et-inkluderende-laringsmiljo/?lang=nob> (Hentet: 23. mai 2023).

Udir (2014) *Nærskoleprinsippet og skolekretsgrenser*. Tilgjengelig fra: <https://www.udir.no/regelverkstolkninger/opplaring/Narskole-og-skolekretsgrenser/Narskoleprinsippet-og-skolekretsgrenser/> (Hentet: 9. mai 2023).

Udir (2023). *Våre oppgaver*. Tilgjengelig fra: <https://www.udir.no/om-udir/vare-oppgaver2/> (Hentet: 29. mars 2023).

UNEP (2022a). *2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*. United Nations Environment Program. Tilgjengelig fra: <https://www.unep.org/resources/publication/2019-global-status-report-buildings-and-construction-sector> (Hentet: 30. mai 2023).

UNEP (2022b). *Emissions Gap Report 2022: The Closing Window — Climate crisis calls for rapid transformation of societies*. United Nations Environment Program. Tilgjengelig fra: <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2022> (Hentet 30. mai 2023).

Utdanningsforbundet (u.å.) *Spørsmål og svar om fagfornyelsen*. Tilgjengelig fra: <https://www.utdanningsforbundet.no/larerhverdagen/fagfornyelsen/sporsmal-og-svar-om-fagfornyelsen/> (Hentet: 29. mars 2023).

VAV (u.å.) *Svolvær skole*. Tilgjengelig fra: <https://vav.no/skoler/svolver-skole> (Hentet: 23. februar 2023).

Veidekke (2022). *Veidekke: Byggestart for Cissi Klein VGS i Trondheim*. <https://www.veidekke.no/aktuelt/pressemeldinger/veidekke-byggestart-for-cissi-klein-vgs-i-trondheim/>. (Hentet 27. mars 2023).

Vilbli (u.å.) *Cissi Klein videregående skole*. Tilgjengelig fra: <https://www.vilbli.no/nb/nb/trondelag/cissi-klein-videregaende-skole/adr/990476> (Hentet: 20. mai 2023).

Vågan kommune (u.å.) *Velkommen til Svolvær skole*. Tilgjengelig fra: <https://vagan.kommune.no/barnehage-skole-og-familie/skole/skoler-i-vagan/svolvar-skole/> (Hentet: 11. mai 2023).

Widding, Ø. (2005). Case som metode. Hovedutfordringer knyttet til ulike forskningsdesign når hensikten er å generalisere. *ResearchGate*.
<http://doi.org/10.13140/RG.2.1.3078.8722> (Hentet 28. mars 2023).

Wohlin, C. (2014) Guidelines for Snowballing in Systematic Literature Studies and a Replication in Software Engineering. Tilgjengelig fra:
<http://dx.doi.org/10.1145/2601248.2601268> (Hentet: 11. desember 2022).

10 Vedlegg

Vedlegg 1: Logg fra litteraturstudiet	100
Vedlegg 2: Resultater fra litteraturstudiet.....	101
Vedlegg 3: Intervjuguide brukt i caseintervjuene	104

Vedlegg 1: Logg fra litteraturstudiet

Søkeord	Filter	Oria	Google Scholar	Scopus	Engineering Village
Tilpasningsdyktighet bygg		9	902	-	-
	AND idefase	0	32	-	-
	AND skole	2	533	-	-
	AND offentlige	2	744	-	-
	AND bærekraft	1	18	-	-
Endringsdyktighet bygg		1	71	-	-
	AND skole	0	44	-	-
	AND bærekraft	0	2	-	-
Fleksibilitet bygg		22	12 000	-	-
	AND idefase	0	188	-	-
	AND skole	4	6 570	-	-
	AND offentlige	3	9 190	-	-
	AND bærekraft	0	90	-	-
Adaptability buildings		4 953	374 000	3 408	72 996
	AND school	740	200 000	117	15 338
	AND sustainability	53	36 500	37	403
Flexibility buildings		29 291	2 290 000	16 794	48 993
	AND school	3 251	1 320 000	365	9 030
	AND sustainability	220	115 000	160	356
Sustainable adaptability buildings		803	137 000	455	6 372
	AND school	117	83 900	21	1 644
	AND sustainability	19	25 200	14	105

Vedlegg 2: Resultater fra litteraturstudiet

Tittel	Type litteratur	Publisert	Forfatter(e)	Publiseringssted	Nøkkelord	Søkemotor
Lønnsomhet ved bygninger som materialbanker	Masteroppgave	2021	Lindheim, Kaia	NTNU	Sirkulærøkonomi, gjenbruk, klima	Google Scholar
Gjenbruk av eksisterende industribygninger Illustrert ved to casebygninger	Masteroppgave	2010	Skårdal, Vegard; Strand, Erlend Sjølie	NMBU	Gjenbruk, energi	Google Scholar
Effekten av Offentlig Privat Samarbeid i skole over tid	Masteroppgave	2016	Munthe-Kaas, Eli Sofie	NTNU	OPS, skole, erfaringer, verdi	Google Scholar
Prosjektering for ombruk og gjenvinning	Veileder	2008	Leland, Bente Nuth	RIF	Demontering, gjenbruk	Google Scholar
Tenk deg om før du river	Tipshefte	2019	Grønn Byggallianse	Grønn Byggallianse	Klima, bærekraft, gjenbruk	Google Scholar
Hvordan planlegge for mindre avfall	Veileder	2017	Nordby, Anne Sigrid Nordby; Wærner, Eirik R.	NGBC	Miljøsertifisering, klima, kvalitet	Google Scholar
Rive eller bygge om? En studie av hva som kan fremme ombygging i byggenæringen	Masteroppgave	2021	Klungerbo, Marthe Hoff Klungerbo; Sørland, Lise Marie	NTNU	Gjenbruk, ombygging, økonomi	Oria
Bruksverdi som premiss for bedre konseptvalg i offentlig sektor - En enkeltcase-studie av etablerte metoder som evaluerer bygninger i bruk	Masteroppgave	2022	Hvam, Randi; Thulin , Kjetil	NTNU	Beslutningsgrunnlag, ombygging	Oria
Enabling Adaptable Buildings: Results of a Preliminary Expert Survey	Journalartikkel	2016	Ross, Brandon E.; Chen, Diana A.; Conejos, Sheila, Khademi, Amin	Procedia Engineering	Adaptability, sustainability, deconstruction, reuse, obsolescence	Engineering Village
Fleksibilitet i byggeprosjekter	Arbeidsrapport	2018	Hatling, Morten; Samset, Knut	NTNU	Fleksibilitet, bærekraft, økonomi	Gressing

Rhythmic Buildings- a framework for sustainable adaptable architecture	Journalartikkel	2021	van Ellen, L.A.; Bridgens, B.N.; Burford, N.; Heidrich, O.	Buidling and Environment	Klima, arkitektur	Engineering Village
Fleksibilitet i prosjekter - et tveegget sverd	Concept Temahefte	2009	Olsson, Nils	NTNU	Fleksibilitet, byggeprosess	Google Scholar
Hva kjennetegner et risikofult byggeprosjekt?	Masteroppgave	2022	Dahlberg, Joakim; Øksenholt, Johan	UiA	Risikofordeling, risikostyring, lønnsomhet	Google Scholar
Verdiskapning i byggeprosjekt	Masteroppgave	2012	Bjørke, Nina	NTNU	Prosjektledelse, tidligfase, CVP, verdiskapning	Google Scholar
Realopsjoner og flesibilitet i store offentlige investeringsprosjekter	Konseptrapport	2004	Brekke, Kjell Arne	NTNU	Realopsjoner, fleksibilitet, investering	Google Scholar
Livssyklus kostnader (LCC) i offentlige byggeprosjekter - hvordan ligger vi an?	Masteroppgave	2019	Bogevik, Jorunn	NTNU	LCC, offentlig, økonomi	Google Scholar
En undersøkelse av rehabilitering av eksisterende bygg i et bærekraftig perspektiv	Masteroppgave	2019	Nakstad, Simen; Engebakken, Fredrik	NTNU	Bærekraft, rehabilitering, økonomi	Google Scholar
To skoler. To konsepter. Ulike erfaringer	Masteroppgave	2018	Frøyen, Rita Ann Dybvik	NTNU	Skole	Google Scholar
Tilpasningsdyktighet i historiske bankbygg	Masteroppgave	2020	Kirkestuen, Fredrik; Teller, Vilde Haaland	NTNU	Tilpasningsdyktighet, eksisterende bygg	Google Scholar
Future proofing for hospital building design: from research to practice	Journalartikkel	2023	Memari, Sanaz; Kocaturk, Tuba; Lozanovska, Mirjana; Andrews, Fiona; Tuckerr, Richard	Architectural Engineering and Design Management	Adaptability, building design, flexibility	Scopus
Development of a new standard for evaluation of sustainable refurbishment	Journalartikkel	2023	Bjørberg, Svein; Salaj, Alenka Temeljotov	Facilities	FM, guideline, standard, sustainable refurbishment	Scopus
State-of-the-Art on Technological Development and Adaptability of Prefabricated Industrial Steel Buildings	Journalartikkel	2023	Khan, Kashan; Chen, Zhihua; Liu, Jiadi; Khadija, Javed	Applied Sciences (Switzerland)	Prefabricated industrial steel buildings, foundation fixity systems,	Scopus

Hybrid learning-based digital twin for manufacturing process: Modeling framework and implementation	Journalartikkel	2023	Huang, Ziqi; Fey, Marcel; Liu, Chao; Beysel, Ege; Xu, Xun; Brecher, Christian	Robotics and Computed-Integrated Manufacturing	AI, digital twin, smart manufacturing	Scopus
Costs of Implementing Design for Adaptability Strategies in Wood-Framed Multifamily Housing	Journalartikkel	2023	Brigate, Jennifer; Ross, Brandon E.; Bladow, Mikayla	Journal of Architectural Engineering	Architectural design, construction, CBA, housing, DfA	Scopus
Tilpasningsdyktighet i undervisningsbygg i bærekraft	Masteroppgave	2020	Fure, Irene	NTNU	Tilpasningsdyktighet, bærekraft	Google Scholar
Generalitet, fleksibilitet og elastisitet i bygninger	Prosjektrapport	2002	Arge, Kirsten	SINTEF	Tilpasningsdyktighet, bygninger	Google Scholar
State of the Nation - Norges tilstand 2021	Rapport	2021	Rådgivende Ingeniørers Forening	RIF	Kommunale bygg, tilstand	Gressing
bærekraft som byggemateriale : en studie av prosjekteringsprosessen og utformingen av undervisningsarealene i bærekraftskoler	Masteroppgave	2018	Hegle, Gina Marie Schøien	NMBU	bærekraft, undervisningsbygg, bærekraftskoler	Google Scholar
Livssyklus kostnader for bygninger	Rapport	2007	Bjørberg, Svein; Larsen, Anders; Øiseth, Håkon	RIF	LCC, tilpasningsdyktighet, kostnad	Google Scholar
Ombruk av byggematerialer - marked, drivere og barrierer	Rapport	2021	Sandberg, Eli; Kvellheim, Ann Kristin	SINTEF	Ombruk, byggematerialer, sirkulær, drivere, barrierer	Google Scholar
Betydningen av tilpasningsdyktige bygg for effektive helsetjenester	Masteroppgave	2013	Letting, Charlotte Hellern	NTNU	Tilpasningsdyktighet, helsebygg	Google Scholar
Gjøre det selv eller betale andre for jobben	Concept Temahefte	2012	Lædre, Ola	NTNU	Kontraktstrategi, bygg- og anlegg	Google Scholar
Livsløpsplanlegging og tilpasningsdyktighet i bygninger	Rapport	2007	Larsen, Anders; Bjørberg, Svein	NTNU	Tilpasningsdyktighet, LCC, LCE	Google Scholar
Generalitet, fleksibilitet og elastisitet i kontorbygninger	Prosjektrapport	2003	Arge, Kirsten	SINTEF	Tilpasningsdyktighet, kontorbygninger	Google Scholar

Vedlegg 3: Intervjuguide brukt i caseintervjuene



Kunnskap for en bedre verden

Intervjuguide

EN CASESTUDIE OM TILPASNINGSDYKTIGE UNDERVISNINGSBYGG

Introduksjon

Denne intervjuguiden er utarbeidet av Eirik Furnes Havre og Sigurd Nordby ved Institutt for Bygg- og miljøteknikk ved NTNU. Intervjuene gjennomføres i forbindelse med masteroppgaven som skrives våres 2023. Problemstillingen for masteroppgaven er: «Hvordan kan tilpasningsdyktighet bidra til mer bærekraftige undervisningsbygg?»

Formålet med intervjuene er å innhente erfaringer fra caseprosjektene. Kompetansen nøkkelpersoner fra prosjektene innehar vil være med på å besvare problemstillingen gjennom de tre følgende forskningsspørsmålene:

Forskningsspørsmål

- Hva slags utfordringer er knyttet til dagens undervisningsbygg?
- Hvordan bør fremtidens undervisningsbygg utformes?
- Hvilke drivere og barrierer for implementering av tilpasningsdyktighet i undervisningsbygg finnes i dag?

Prosedyre

Intervjuguiden er en veiledning for et semi-strukturert intervju som følger forskningsspørsmålene. Resultatet fra intervjuene vil bli brukt for å besvare problemstillingen i masteroppgaven. Intervjuet vil foregå på Microsoft Teams og vil bli tatt opp for transkribering. Det ferdigtranskriberte intervjuet vil bli sendt tilbake til intervjuobjektet for godkjenning, og vil bli slettet ved levering av masteroppgaven. Hvis det er ønskelig med anonymitet i masteroppgaven vil dette ønsket imøtekommes. Det antas at intervjuet tar 30-40 minutter.

Tidligere erfaring

1. Hva er deres bakgrunn og arbeidserfaring?
2. Har dere arbeidet med tilpasningsdyktige bygg tidligere?
3. Har dere arbeidet med utbygging av eksisterende bygg tidligere?
 - a. Hva er de største utfordringene med utbygging?

Endringsbehov på undervisningsbygg

4. Hvilke drivkrefter fører til endringer på undervisningsbygg?
 - a. Hvordan påvirker byggets utforming beslutninger om ombygging?
5. Bygger dere med planer om utvidelse/ombygging senere?
 - a. Hvorfor/hvorfor ikke ble det valgt å tilrettelegge for disse planene?
6. Har kommunen krav om å bygge tilpasningsdyktig?
7. Hvilke krav og lover må kommuner følge som private aktører ikke trenger å følge?

Ressursbesparelser og lønnsomhet

8. Hvilke endringer medfører størst kostnader i et ombyggingsprosjekt?
 - a. Brukes ressursbesparelser som et argument for å bygge tilpasningsdyktig?
9. Hvilke bygningsdeler er mest utfordrende å gjøre endringer på?
10. Har dere interesse av hva som kan skje med bygget etter deres prosjektinnflytelse?
 - a. Er det generelt fokus på dette i bransjen?
11. Kunne utbyggingen av deres prosjekt vært dyrere/billigere dersom det var originalt bygget tilpasningsdyktig?
 - a. Hvorfor/hvorfor ikke?

Sentrale bygningstekniske parametere for tilpasningsdyktige undervisningsbygg

12. Hvordan tilrettelegger man for at et bygg skal være tilpasningsdyktig?
 - a. Har deres bedrift noen retningslinjer dere følger ved en slik tilrettelegging?
13. Hvilke krav til tilpasningsdyktighet stilles fra byggherre i offentlige skoleprosjekter?
 - a. Hvilke faktorer påvirker valget om det skal bygges tilpasningsdyktig?
14. Finnes det noen bygningsmaterialer som i større grad muliggjør tilpasningsdyktighet enn andre?
15. Hva er de største utfordringene tilpasningsdyktighet medfører for det bygningstekniske?
 - a. Akustikk
 - b. Brannsikkerhet og rømningsveier
 - c. Plassering av sjakter og råbygg
 - d. VVS og EL
 - e. Etc.

Avslutning

16. Er det noe vi burde spørre om, eller noe du mener er viktig som du ønsker å ta opp?
17. Er det greit om vi kontakter deg i ettertid hvis det er noe vi ønsker oppklaring på?

