

Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp
Institutt for matematiske realfag og teknologi

Overordnet analyse av dagslysforut- setninger i skoler

Overall Analysis of Daylight Conditions i Schools

Baard Aas Molt

Byggeteknikk og arkitektur

I. FORORD

Denne masteroppgaven er utarbeidet ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) i perioden fra januar til mai våren 2016. Oppgaven markerer avslutningen på mastergraden, sivilingeniørstudiet og studietiden i Byggeteknikk og arkitektur ved universitet.

Gjennom studiet har jeg satt spesielt pris på arbeidet og fagene med planlegging og arkitektur. Etter sommerjobb hos en skoleutbygger kom interessen for å skrive en oppgave om skoler, som er en veldig viktig arena der en bør forvente god arkitektur. I samråd med veileder og forsker Leif D. Houck ble idéen til oppgaven utformet.

Arbeidet med oppgaven har vært lærerik, spennende og utfordrende. Jeg vil takke min veileder Leif D. Houck for gode, og konkrete innspill til arbeidet og oppgaven. Jeg vil også takke Hilde Rustad i Bærum kommune for at hun delte erfaring med skoler og regulering, Veidekke entreprenør AS for tegninger og tips angående Rykkinn skole og ikke minst studievenner, familie og kjæreste for all støtten gjennom studietiden, og spesielt i innspurten av denne masteroppgaven. Takk.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, Mai 2016

Baard Aas Molt

II. SAMMENDRAG

Enkelt verktøy for tidlig planlegging av godt dagslys i skolebygg

Godt læringsmiljø er et vesentlig begrep i all skoleutvikling i dag. I byggeforskrifter og veiledninger vektlegges mange faktorer, også lysforhold som del av et godt innemiljø.

Det er likevel slik at fra start til slutt i et byggprosjekt er det mange hensyn som skal tas, og mange interesser som konkurrerer om prioritet. Det er ikke nødvendigvis slik at dagslystilgang, utover minstekravene, får være styrende for utforming av bygget. At elevprestasjoner øker i takt med forbedret lysinnslipp, begrunnes i forskning. Da bør verktøy som legger til rette for det være tilgjengelig tidlig i planleggingen.

Mulige vindusflater har med veggflater å gjøre. Mengde veggflater har med utforming av bygningskroppen å gjøre. Dette arbeidet har derfor tatt for seg hvilke muligheter en har til å påvirke dette. Eller rettere, at man tidlig i planleggingsfasen kan bevisstgjøres vesentlige valg som fremmer eller hemmer godt dagslys inn i arbeidsarenaene.

Arbeidet er grovt sett begrenset til å undersøke om det lar seg gjøre å lage et analyseverktøy som prosjekterende kan benytte tidlig i planleggingsfasen og slik få en pekepinn på hvilket konseptvalg som best ivaretar dagslystilgang.

Gjennom måling og sammenstilling av relevante data fra mange arkitekturkonkurranser fra grunnskoler, målt opp mot et svært godt referansebygg hva gjelder lysforhold, er det hentet fram verktøy som er et godt bidrag til å svare på problemstillingen. Det er sett på hvordan lysforhold påvirkes av bygningens form (volum), programmert areal, ulike typer rom i skolebygningene og arealeffektivitet. Med referanseprosjektet Rykkinn skole som et oppnåelig mål har dette studiet gitt interessante svar:

- Det er vesentlig hvilken bygningsform som velges. Et enkelt tabelloppsett tydeliggjør forholdet mellom fasade til lysinnslipp, grunnflate og valgt bygningsform.
- Et steg to i en tidlig planleggingsfase vil være å bruke utarbeidet formel til å kvalitetssikre forholdet mellom antall personer (elever og lærere) med hvor mye fasade som må til for å gi plass for tilstrekkelig lysåpninger.

III. ABSTRACT

A simple tool for early planning of good daylight conditions in school buildings.

Good learning environment is an important concept in all school development today. In building regulations and instructions, emphasis is put on many different elements, including light conditions as part of a good indoor environment. From the beginning to the end of a building project, there are, however, many factors to take into consideration, and many conflicting interests striving for priority. Beyond minimum standards, however, access to daylight is not necessarily the guiding principle for the design of the building. This, in spite of the fact that research shows student performances improve with increased intake of light. Thus, tools that facilitate such conditions, should be available early in the planning process.

The availability of window surfaces is closely related to that of wall surfaces. Furthermore, the total amount of wall surface is related to the design of the volume of the building itself. This paper has therefore addressed how this factor can be influenced. Or rather - the fact that, early in the planning stage, we can increase awareness concerning significant choices which will improve or inhibit good daylight in working areas.

This paper is, generally speaking, limited to investigating whether or not it is feasible to make a tool for analysis which can be applied early in the planning process. This can contribute to a realization of which choice of concept will in the best way take care of daylight access.

In this paper I have described a tool which will be a good contribution to addressing these issues. This has been done through measuring and putting together data from many architectural competitions of primary schools, and comparing this to what we find regarding light conditions in a very good reference building.

The study looks into how light conditions are affected by the shape and volume of the building, the amount of floorage, different categories of rooms in the school building, and floorage efficiency. Using the Rykkinn school as an achievable project of reference, these studies have contributed some interesting findings:

- The choice of building design is significant. A simple table makes clear the relationship between the facade of light inlet, the base area and the choice of building design.

- The second stage in an early phase of planning would be to make use of the formula developed through this paper in order to assure the quality of the relationship between the number of people (students and teachers) and the amount of facade needed to allow room for a sufficient amount of light openings.

INNHALDSFORTEGNELSE

I. FORORD	3
II. SAMMENDRAG	4
III. ABSTRACT	5
1 INNLEDNING	10
1.1 <i>Bakgrunn for oppgaven</i>	10
1.2 <i>Problemstilling</i>	11
2 TEORI	12
2.1 <i>Tidligfase i prosjekter</i>	12
2.1.1 <i>Konseptbeskrivelsen</i>	14
2.2 <i>Utarbeidelse av skoleprosjekter</i>	14
2.2.1 <i>Gjeldene lovverk og føringer?</i>	14
2.2.2 <i>Regulering av tomter til skoler</i>	15
2.3 <i>Dagslys</i>	15
2.3.1 <i>Hva er dagslys?</i>	15
2.3.2 <i>Mennesker påvirkes av dagslys: helse og opplevelse</i>	16
2.4 <i>Dagslys i bygninger</i>	16
2.4.1 <i>Beregning av dagslys – Dagslysfaktor</i>	16
2.4.2 <i>Inntrengning av daglys</i>	17
2.5 <i>Dagslys i lovverk og veiledninger.</i>	17
2.5.1 <i>Oppsummering daglysforhold.</i>	18
2.6 <i>Utforming av skolebygg</i>	18
2.6.1 <i>Romprogrammet i skoler</i>	18
2.6.2 <i>Utforming av klasserom</i>	19
2.6.3 <i>Øvrige funksjoner i skolebygget</i>	21
2.6.4 <i>Volum</i>	21
2.7 <i>Hjelpemidler og annet i oppgaven</i>	22
3 METODE	23
3.1 <i>Kvantitativ metode</i>	23
3.2 <i>Beskrivelse av valgt metode</i>	23
3.2.1 <i>Valgte skoleprosjekter</i>	24
3.2.2 <i>Notere prosjektdata</i>	25
3.2.3 <i>Kategorier</i>	26

3.2.4	Referanseprosjekt	27
3.3	<i>Praktisk gjennomføring av metode.</i>	28
3.3.1	Oppmåling av løpemeter fasade - målemetode	28
3.3.2	Studere romprogram. Areal knyttet til valgte kategorier.	30
3.3.3	Eksempelbygg – Åsly skole, Eggen Arkitekter	30
3.3.4	Feilkilder knyttet til oppmåling	32
3.3.5	Målinger oppsummert i tabell	32
4	RESULTATER	33
4.1	<i>Sammenligning av ulike typer volumer</i>	33
4.2	<i>Programmert areal pr. elev</i>	34
4.3	<i>Løpemeter fasade per m²</i>	35
4.4	<i>Løpemeter fasade pr. bruker – delt inn i kategorier</i>	35
4.4.1	Mørk fasade	36
4.4.2	Undervisning permanent	37
4.4.3	Undervisning midlertidig	37
4.4.4	Administrasjon	38
4.4.5	Fellesareal	38
4.4.6	Lærer	39
4.4.7	Teknisk	39
4.4.8	Oppsummering alle kategorier	40
5	DISKUSJON	41
5.1	<i>Typer volumer</i>	41
5.2	<i>Programmert areal</i>	41
5.3	<i>Løpemeter fasade per m²</i>	42
5.4	<i>Fasade per kategori</i>	42
5.4.1	Mørk kategori	43
5.4.2	Undervisning permanent	43
5.4.3	Undervisning midlertidig	43
5.4.4	Administrasjon	44
5.4.5	Lærer	44
5.4.6	Fellesareal	44
5.4.7	Teknisk	45
5.5	<i>Referanseprosjekt – Rykkinn skole</i>	45
5.6	<i>Oppsummering og brukbarhet av resultater</i>	45

5.7	<i>Utarbeidelse av verktøyet oppgaven søker svar på</i>	46
5.7.1	Forutsetninger for bruk av verktøy	46
6	KONKLUSJON	48
7	VIDERE ARBEID	49
8	LITTERATUR	50
9	VEDLEGG	52
9.1	<i>Vedlegg A</i>	52
9.2	<i>Vedlegg B</i>	54
9.3	<i>Vedlegg C</i>	55

1 INNLEDNING

I dette innledende kapittelet beskrives bakgrunnen for problemstillingen og studien. Teori knyttet til problemstillingen vil bli beskrevet ytterligere i senere kapitler. Videre beskrives studiens mål og hensikt, før problemstillingen presenteres.

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Forsker Leif D. Houck viser i sin artikkel i *Arkitektur N* at skoler med kompakte volum vinner dagens arkitekturkonkurranser foran tradisjonelle skoler med fingerstruktur, og kaller dette et paradigmeskifte i norsk skolebygging (Houck, 2013). Fra forskning om hvordan dagslys påvirker undervisningssituasjonen, ser man hvor viktig dagslys er for prestasjon, trivsel og helse (Heschong, et al., 2002). Prestasjonsnivået kan øke så mye som 14% i skoler med dagslys som primær lyskilde (Nicklas & Bailey, 1996). Dagslys kan derfor sies å være en viktig forutsetning for en god læringsarena for elevene.

Det kan virke som at det i nye skoler er andre kvaliteter som i større grad blir vektlagt enn dagslys og utsyn. Det kan for eksempel være valg knyttet til energibruk, arealeffektivitet, byggetid og tomtestørrelse. Spørsmålet blir da om dagslyset som planlegges i norske skoler er gode eller tilfredsstillende slik byggeteknisk forskrift (TEK10) sier (Byggeteknisk forskrift, 2010). Siden tidligere forskning påpeker viktigheten av dagslys i skoler (Heschong et al., 2002), kan man spørre seg om dagslysforhold burde fått mer plass i planleggingen og i det ferdige skolebygget.

Når et skoleprosjekt blir til, er det mange hensyn som skal ivaretas. Elevtallsutvikling, tomtestørrelse, og reguleringsplaner er eksempler på noen av faktorene som ligger til grunn for utformingen av et volum (Bærum Kommune, 2016). Alle parameterne danner grunnlaget for hvordan utformingen av et volum blir. Hvordan volumet blir med hensyn til dagslys avhenger av arkitektens erfaring, sammensetting av arealer og utarbeidelse av planløsning. Hvor langt dagslyset når inn i rommet er et typisk erfaringstall og hjelpemiddel. Når volumet er tegnet og planløsningen er på plass, kan man gjøre en dagslyssimulering for å dokumentere lysforholdene.

Hvordan kan man tidlig i prosjekter ta hensyn og valg i forhold til dagslys? Og hvilke kvaliteter kan man oppnå ved å gjøre enkle betraktninger tidlig i regulerings- eller prosjekteringsarbeidet? Det er disse spørsmålene som er utgangspunktet for denne studien. Studien tar sikte på å utarbeide et verktøy, som ved å studere eksisterende grunnskoler, kan si noe om hvilke dagslyskvaliteter og egenskaper det er mulig å oppnå i forskjellige typer volumer. Hvis studien lykkes i å tallfeste noen av

disse kvalitetene, kan man potensielt bidra til at byggherrer og/eller arkitekter kan ta enkle og bevisste valg som gir gitte dagslyskvaliteter. Muligens kan også bevisstgjøringen gi et insentiv til å velge bedre løsninger i forhold til dagslys, og et bedre læringsmiljø for elevene.

1.2 Problemstilling

Arbeidstittelen for denne oppgaven er "Overordnet analyse av dagslysforutsetninger i skoler". Det har vært en retningslinje, og har ført til følgende problemstilling som oppgaven ønsker svar på:

- **Kan man med et enkelt verktøy evaluere potensialet for godt dagslys i overordnede volumer av skoler?**

Videre ønsker oppgaven å se hvordan et slikt verktøy kan utformes, og om det er mulig å knytte noen kjente dagslyskvaliteter til verktøyet. Formålet er å finne sammenheng mellom romprogram, volum og løpemeter fasade for norske grunnskoler, med mål om gode dagslyskvaliteter til beste for elevenes læringsmiljø.

I denne sammenhengen blir løpemeter fasade sett på som hvor mye fasade en har tilgjengelig for å sette inn vinduer, og på den måten knytte løpemeter fasade til gitte dagslyskvaliteter og omkretsen til et volum.

2 TEORI

I dette kapittelet av oppgaven beskrives det hvordan et skoleprosjekt blir gjennomført, og på hvilke stadier ulike beslutninger blir tatt i en byggeprosess. Dette for å kartlegge når i prosessen det er hensiktsmessig å gjøre seg nytte av et analyseverktøy for dagslysforutsetninger. Det er forsøkt å finne litteratur som knytter seg til hvilke forskrifter og normer som legger føringer for hvordan romprogram og volum utvikler seg tidlig i prosjekter. Videre vil jeg gå inn på hva dagslys er, hvordan lyset brer seg i en bygning, og hvilke lovverk som regulerer teamet skole og dagslys.

I arbeidet med teorikapittelet er det gjort søk i vitenskap og forskning, samt gjeldende og mye brukte oppslags- og lovverk. Følgende kanaler har blitt brukt for å søke opp relevant teori:

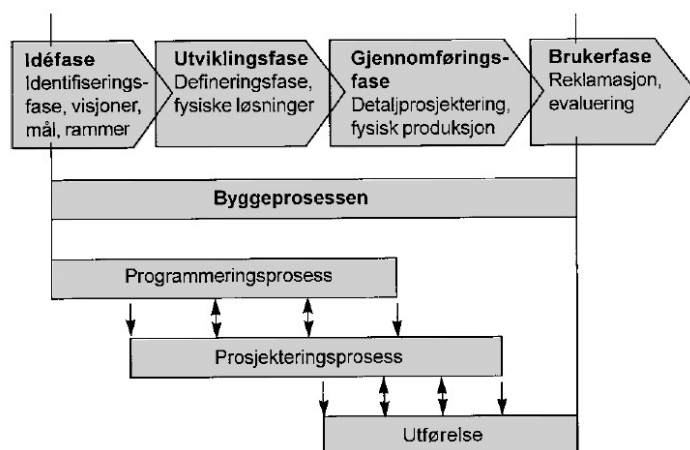
- Bøker og internettsøk
- SINTEF Byggforsk
- Bibsys/Oria
- Google scholar
- Web of Science

Stikkord søk: *Skolebygninger, dagslys, programmering, tidligfase, konsept.*

2.1 Tidligfase i prosjekter

En byggeprosess beskriver et helt prosjekt fra start til slutt. Prosessen kan deles inn i ulike faser og kategorier som sier noe om hvilken tid man er inne i et prosjekt, og hvilke type arbeid som pågår. Fasene kan også overlappe og gli inn i hverandre. *Tidligfase* i prosjekter kan beskrives som fasen der konseptutviklingen foregår (Samset, 2008). Det er med andre ord "stadiet da prosjektet bare eksisterer konseptuelt, før det planlegges og gjennomføres. Denne fasen inkluderer alle aktiviteter fra ideen blir unnfanget til endelig beslutning om gjennomføring er tatt» (Samset, 2008).

I et litt større perspektiv inngår konsept- og idéfasen som en del av programmeringsfasen (Borgen & Donizou, 1999). I løpet av programmeringsfasen skal prosjektets idé, mål og visjoner utvikles. Dette kan illustreres i følgende figur, som viser et eksempel på inndeling av et byggeprosjekt, utarbeidet av Borgen og Donizou (1999):



Figur 2-1 - Prosesser gjennom prosjekter. Kilde: (Borgen & Donizou, 1999)

I programmeringsfasen er ikke målet å beskrive endelige løsninger for prosjektet i detalj, men å fremheve og tydeliggjøre prosjektoppgaven. Før økonomien i prosjektet er låst og bestemt, er det hensiktsmessig å ha en klar målsetting, avklaring av interessenter, og usikkerheter i prosjektet (Fjeld, 2014). Borgen & Donizou (1999) legger også vekt på at det ikke skal legges for faste retningslinjer før forventningene i prosjektet er avklart.

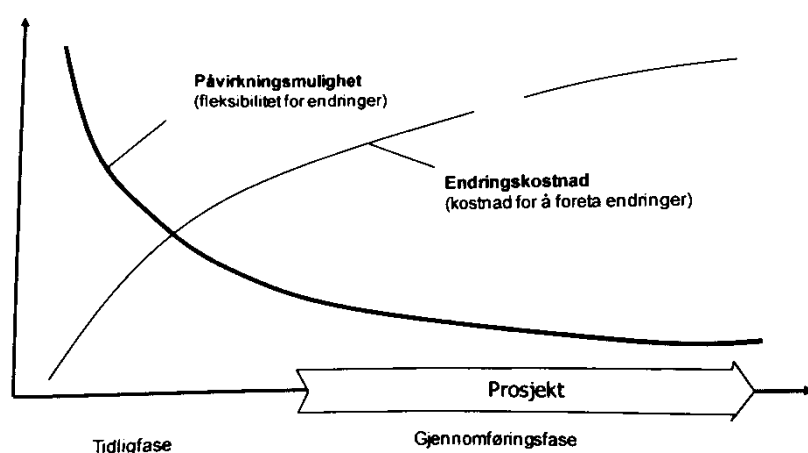
”Målet med programmeringen er ikke bare å lage et byggeprogram, men også å gi tiltakshaveren et bevisst forhold til sine behov og synliggjøre interesser som er, eller kan komme, i konflikt med hverandre” (Borgen & Donizou, 1999, s. 1).

Et *byggeprogram* er utgangspunktet for kostnaden knyttet til prosjektet, og den videre prosjekteringen. I et byggeprogram blir det utarbeidet beskrivelser av hvilke funksjoner brukerne av bygget trenger, og lager dermed rammene for et *romprogram*. Romprogrammet kan ha ulik detaljeringsgrad, men i hovedsak inneholder programmet en oversikt over hvilke rom som trengs og hvor store de skal være (Borgen & Donizou, 1999). I arbeidet med romprogrammet, vil ikke prosjektet ha kommet til et detaljeringsnivå hvor tekniske anlegg kan beskrives med stor nøyaktighet. Tekniske anlegg blir ikke beskrevet i detalj i romprogrammet som arkitekten tegner første utkast fra.

Når programmeringsarbeid i et prosjekt blir gjort kan variere. Det er som nevnt glidende overganger, men programmeringsarbeidet blir ofte gjort i forbindelse med prosjekteringen. Det kan også blir gjort i forkant. Det kan være ulike grunner til å gjøre det ene eller andre. Borgen og Donizou (1999) peker for eksempel på interaksjonen mellom programmeringen og prosjekteringen som en grunn til å gjøre det samtidig.

2.1.1 Konseptbeskrivelsen

Konseptet beskriver målet eller ideen med et prosjekt. Samset (2008) beskriver konseptet som en «tankekonstruksjon som er ment å skulle bidra til å løse et problem eller tilfredsstillende et behov» (s.121). I arbeidet med prosjekter kan målsettinger som kommer tidlig inn i prosjektet, og gjerne som en del av konseptbeskrivelse gi større sjanse for å lykkes innenfor de satte rammene. Dette kan tolkes ut i fra grafen under, som viser påvirkningsmulighet som en graf, mot endringskostnaden på den andre. Desto tidligere i prosjektet en endring eller et mål kommer inn, desto rimeligere blir det økonomisk, og lettere å gjennomføre. Tidlig vurdering gir lav kostnad og stor påvirkningsmulighet. Dette blir illustrert i figur 2-2:



Figur 2-2 - Grafene viser forholdet mellom påvirkningsmulig og kostnad knyttet til endringen Kilde: (Samset, 2008)

2.2 Utarbeidelse av skoleprosjekter

Utarbeidelsen av skoleprosjekter er med som en del av teorien, siden det kan være faktorer som legger føringen for hvordan volumer blir utformet slik de blir.

2.2.1 Gjeldene lovverk og føringer?

Byggeteknisk forskrift (TEK 10) omhandler lover knyttet til bygninger. I følge TEK 10 gir Norsk standard pre-aksepterte løsninger for å tilfredsstillende forskriftene. Kunnskapsdepartementet administrerer skolebyggene, som det er knyttet spesielle lover til, slik som "Lov om grunnskolen" og "Lov om den videregående opplæringa". Forskrift til opplæringslova og kunnskapsløftet gjelder også for bygging og utarbeiding av både grunnskoler og videregående skoler (Kirkhus, 2012)

2.2.2 Regulering av tomter til skoler

For å få innsikt i hvilke faktorer og trender som påvirker reguleringen av en tomt, har med Hilde Rustad i Bærum kommune vært kontaktet. (Samtale 26. April 2016). Hun har lang erfaring med byggeprosjekter og utarbeiding av reguleringsplaner

En ny reguleringsplan blir godtatt med bakgrunn i Plan- og bygningsloven. Loven gjelder byggesaker, samt planlegging og arealbruk. Initiativtaker til prosjektet sørger for arkitekt, som tegner et forslag med en planbeskrivelse som danner grunnlag for en detaljregulering, eller blir utgangspunktet til en områderegulering. Det er den lokale planmyndighet som godkjenner en reguleringsplanen, og har da mulighet til å komme med innspill og endringer.

I noen tilfeller vil man få laget en områderegulering, med rammetillatelse som gjør at prosjektet ikke nødvendigvis legger for tydelige retningslinjer, slik at bygningsvolum kan tegnes av et arkitektkontor, og deretter at tomten blir detaljregulert. Veiledning til miljødirektoratet beskriver dette slik: "Der hvor etablering kan ligge noe fram i tid bør det brukes områderegulering eller avvente detaljregulering til området er reguleringsmodent" (Miljøverndepartementet, 2011, s. 60).

Nye skoler oppstår når det er behov for flere skoleplasser, eller gammel bygningsmasse fornyes og bygges ut. I sentrale strøk kan det være vanskelig å få tak i tomter som er store nok. Derfor kan det se ut som at det er en trend, spesielt på det sentrale Østlandet, at eksisterende skoletomter blir brukt til å bygge større skoler på. Større skoler skyldes blant annet befolkningsvekst, og økning i antall elever. Det ser også ut til at det fra , ønskes å bygge større skoler, og argumenterer med at spesialrom på skoler blir bedre utnyttet, og at fagmiljø for lærere blir bedre (Bærum Kommune, 2016).

2.3 Dagslys

2.3.1 Hva er dagslys?

I definisjoner av dagslys, kan man trekke frem direkte solstråling eller diffus himmelstråling fra sola når den er over horisonten for et aktuelt sted. Dagslyset vil variere med breddegrad for det aktuelle stedet, døgnvariasjon, årstid og vær (Nersveen, 2001a). Når man snakker om dagslys for bygninger er det den diffuse strålingen fra dagslys som benyttes for å måle lysnivået innendørs (Nersveen, 2001a). Denne oppgaven tar utgangspunkt i det diffuse dagslyset når det snakkes om dagslys. I arkitekturen brukes vinduer som virkemiddel for å få lys inn i bygningen, og for å få utsyn. I planlegging av bygninger er hensyn til dagslys og utsyn en av de viktige forutsetningene for skape gode bygninger for brukerne.

2.3.2 Mennesker påvirkes av dagslys: helse og opplevelse

Det er gjennomført flere studier om hvordan dagslys i bygninger påvirker mennesker. I en amerikansk studie av Heschong og kollegaer (2002) blir daglysets innvirkning på elevers skolefaglige prestasjoner omtalt. Studien viser at elevene i utvalget har gjennomgående bedre resultater på skolene med gode dagslysforhold enn elevene på skolene med dårlige dagslysforhold. Tilsvarende funn finner man også i en annen amerikansk studie, hvor det framkommer at dersom elever har dårlige dagslysforhold over lang tid, så scorer de gjennomsnittlig 14 % dårligere enn elever med dagslys som primær lyskilde (Nicklas & Bailey, 1996). Hvordan mennesker påvirkes til bedre helse og prestasjon forklares av Nersveen (2001a) ved at kroppens biologiske klokke henger sammen med naturens rytme. Samtidig sier han at hjernen trenger variasjon av lys for å bli stimulert og for å aktiveres. "Fordi lyset er formidleren av all visuell informasjon, blir også lysets egenskaper styrende for den estetiske opplevelsen" (Nersveen, 2001a).

2.4 Dagslys i bygninger

Lys/dagslys måles i lux, eller lumen per kvadratmeter, og beskriver den totale lysfluksen, strømmen av lys, fra en lyskilde (Holtebekk, 2009).

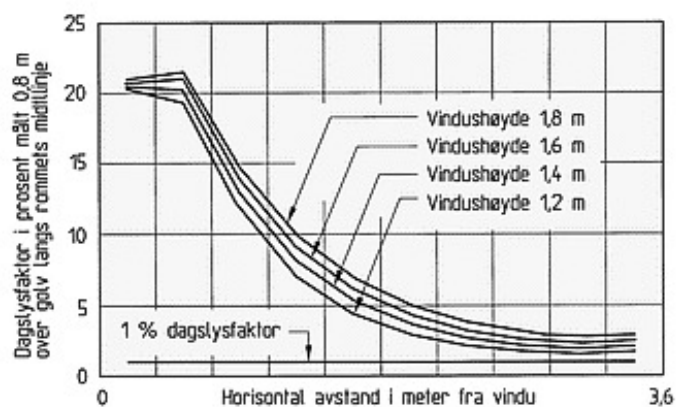
Dagslys kan distribueres på forskjellige måter inn i en bygningskropp gjennom vinduer i yttervegg og tak. Det kan også forsterkes med andre hjelpemidler, som lyssjakter og andre reflekterende metoder. I hvilken grad lyset får slippe inn gjennom et vindu avhenger av flere faktorer som *lystransmisjonsfaktor* (LT), tykkelse på yttervegg og avskjerminger i forhold til vinduet. (Nersveen, 2001b). Ved bygningsvolum, vil det være forholdet mellom omkretsen (løpemetere fasade av bygningen), og grunnflata som kan avgjøre hvor mye fasade som har mulighet for vinduer og dermed lysinnslipp.

2.4.1 Beregning av dagslys – Dagslysfaktor

I definisjonen av dagslysfaktor (DF) vises det til et prosenttall, et forhold mellom dagslysbelysningen fra en jevnt overskyet himmel utendørs og dagslysbelysningen fra et punkt på en horisontal flate innendørs (Nersveen, 2001b). Punktet kan være hvor som helst innendørs, men ofte blir 0,8 m høyde fra gulv brukt som mål på dagslysnivået på arbeidsplanet. Dagslysfaktor kan beskrives som en gjennomsnittlig verdi i rommet ($DF_{\text{gjennomsnitt}}$) eller som en minsteverdi for "alle punkter" (DF_{minimum}) ved en gitt høyde over gulvet.

2.4.2 Inntrengning av daglys

Måten dagslyset trenger inn i en bygning varierer med mange forskjellige faktorer. Størrelsen på vinduet er den mest åpenbare, men veggtykkelse, overbygg/skyggevinkel, nærliggende bygninger plassering av vindu og refleksjonsfaktor på innendørs overflater, plassering av møbler, samt refleksjonsfaktor i vindu eller alle med på å bestemme hvordan lysforholdet faktisk blir (Nersveen, 2001b). Figur 2-3 viser et eksempel på hvordan dagslysfaktor reduseres ved dybden i rommet. De ulike grafene viser forskjellige vindushøyder/størrelser:



Figur 2-3 Dagslysfaktor avtar med romdybde og vindushøyde Kilde: (Nersveen, 2004b)

2.5 Dagslys i lovverk og veiledninger.

Beskrivelse av dagslys dagslyskrav i lovverk og veiledninger er vesentlige for planleggingsprosessene, og verdier knyttet til dagslys i skoler spesielt. Dagslys i bygninger er lovfestet i Byggeteknisk forskrift – TEK 10. Under § 13-12 – Lys, sier loven at:

- (1) Byggverk skal ha tilfredsstillende tilgang på lys uten sjenerende varmebelastning.
- (2) Rom for varig opphold skal ha vindu som gir tilfredsstillende tilgang på dagslys, med mindre virksomheten sier noe annet (Dibk, 2016)

I veiledningen til TEK 10 er det beskrevet pre-aksepterte ytelser til samme paragraf:

Krav til dagslys kan verifiseres enten ved beregning som bekrefter at gjennomsnittlig dagslysfaktor i rommet er minimum 2%, eller ved at rommets dagslysfaktor utgjør minimum 10% av bruksarealet. Ved bruk av gjennomsnittsverdi for dagslysfaktor oppnår et godt utgangspunkt for tilfredsstillende tilgang på dagslys i alle typer rom, uavhengig av størrelse (Dibk, 2016).

I tillegg til loven og veiledningen, har flere kjente interesseorganisasjoner og institusjoner også tanker og forslag til akseptable dagslysnivåer innendørs. Disse vil bli presentert her:

Byggforskserien er laget av SINTEF Byggforsk, som arbeider med forskning og sertifisering av byggedetaljer. I *Byggforskbladet* 421.621 anbefales det at rom med dybde større enn 2 x romhøyden må ha tilleggsbelysning. For arbeidsplasser/skolepulten som bare skal belyses av dagslys, bør DF være 5%. Anbefaling på minsteverdi for dagslysfaktor er 2,5% (Nersveen, 2004b).

Breeam er en organisasjon og et verktøy som miljøsertifiserer bygninger. Verktøyet stiller en rekke kriterier til dagslys, og hvordan dagslysfaktor skal beregnes. Det gis ulike poeng avhengig av faktorer som har innvirkning på dagslyset. For eksempel breddegrad hvor bygget står. De enkle verdiene er at DF_{minimum} skal være $>2,1\%$, for minimum 80% av bruksarealet. (BREEAM, 2012)

Neufert er et oppslagsverk for planlegging i arkitektur, basert på tyske standarder og erfaringer. Her blir det opplyst at minsteverdi til DF_{minimum} er 2 %. Videre blir det estimert at det ved romdybde inntil 8 meter, så vil det være behov for et vindusareal mellom 16-20 % av gulvarealet for å kunne tilfredsstille minstekravet. Romdybde i klasserom bør av den grunn ikke være større en 7,2 meter hvis det kun er lysinnslipp fra en side i rommet (Neufert & Neufert, 2012).

2.5.1 Oppsummering daglysfaktor.

Tabellen under oppsummerer verdier knyttet til dagslysfaktor i forhold til romutforming.

Tabell 2-1 Ulike dagslyskriterier oppsummert

Kilde	$DF_{\text{gjennomsnitt}}$	DF_{minimum}	Romdybde	Vindusareal
Dibk	$\geq 2\%$	-	-	10% av BRA
Breeam	$>2,1\%$	-	-	-
Neufert	-	2%	7,2m	16-20% av BRA
BKS	$>2,5\%$		$< (2 \times \text{romhøyde})$	-

2.6 Utforming av skolebygg

Utformingen knyttes til problemstillingen, og er vesentlig for å forstå hvordan løpemeter fasade, og volum er knyttet til skolens funksjoner.

2.6.1 Romprogrammet i skoler

Detaljeringsgraden i et romprogram kan variere. Buvik (2009) sier at det er mer vanlig å ha funksjonsbeskrivelse, og ikke nødvendigvis detaljerte romprogram. Beskrivelsen av målet og funksjonen kan være styrende for utformingen av plan og volum. Romprogrammet vil gi behovet for funksjoner som skolen trenger. I denne oppgaven defineres imidlertid et *romprogram* som et tabelloppsett med rom, funksjon og tilknyttet areal.

I romprogrammet er det nettoareal som er gitt (NTA), som beskriver størrelse på selve rommet, og inkluderer ikke tykkelse på vegger. Ikke alle funksjoner og rom beskrives i romprogrammet i et tidlig stadie. Det gjelder for eksempel trapper, sjakter, korridorer og areal som er nødvendig for byggets funksjon. Det er først og fremst funksjonsbeskrevet areal knyttet til formålet med bygget som er med fra start i programmeringen. Involverer man alle arealene kalles det bruttoareal (BTA). Forholdet BTA/NTA kalles brutto/netto-faktor, og kan bidra til å si noe om hvor effektivt bygget er planlagt. Hva man regner inn i BTA, vil ha innvirkning på hvordan brutto/netto-faktoren blir (Buvik, 2009). Buvik (2009) kommer også med et eksempel på hvordan programmet kan inndeles:

- Møtesteder
- Elevenes hjemmeområder inklusive SFO
- Spesialutstyrte arealer inklusive skolebibliotek
- Arealer for personale
- Arealer for andre brukere
- Arealer for kroppsøving
- Utearealer

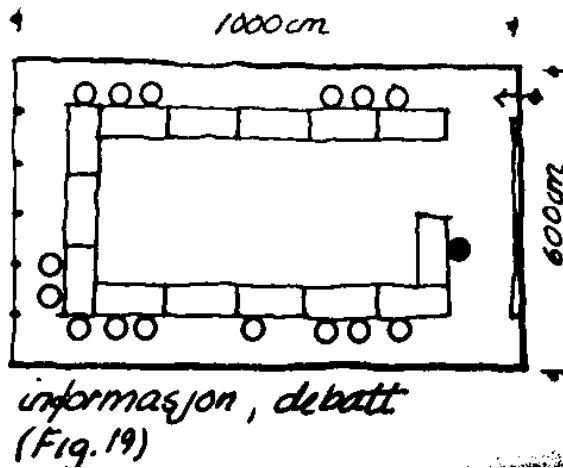
2.6.2 Utforming av klasserom

Klasserommet er det rommet elevene bruker mest tid i. Av den grunn er det viktig at rommene har god kvalitet tilpasset læring. Hovedgrepene som omhandler dagslys vil bli forsøkt beskrevet i dette avsnittet. Brantenberg (1980) beskriver i sin bok om planlegging av videregående skoler det tradisjonelle klasserommet: Et tilnærmet kvadratisk klasserom på 60m^2 , med lysinnslipp fra en side. Romdybden er da 7-8 m. På de innerste pultene vil dagslyset ikke være tilstrekkelig (se Figur 2-5). Her må det kompenseres med tilleggsbelysning for at arbeidslyset skal være tilfredsstillende (Nersveen, 2004b)



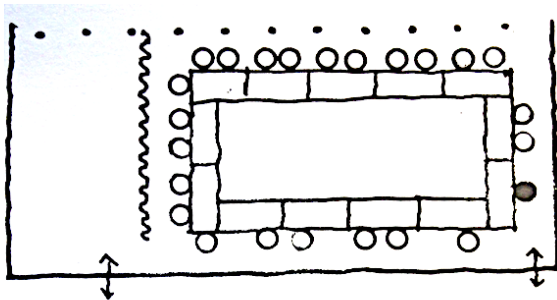
Figur 2-4 - Illustrerer brukbart dagslys i rom med 7-8 m dybde Kilde: (Brantenberg, 1980).

Brantenberg (1980) beskriver også to alternativer til det tradisjonelle klasserommet. Den første varianten har areal 6×10 m, med lys fra kortsiden. Vinduene blir da først og fremst å regne som kilde til utsyn, mens resten av klasserommet trenger tilleggsbelysning for å få arbeidslys. Se følgende figur:

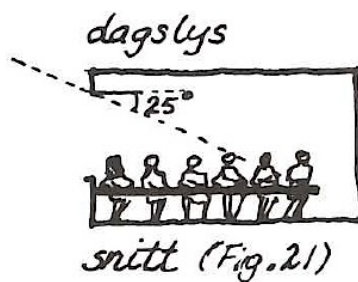


Figur 2-5 Illustrerer et alternativ til klasseromsutforming på 6x10m Kilde: (Brantenberg, 1980)

Den andre varianten tar utgangspunkt i at dagslyset skal være den primære kilden for arbeidslys. Romdybden er da 5,2 meter, mens lengden er 11,5m. Vist i eksempelet under i figur 2-6. I det følgende eksempelet mener Brantenberg (1980) at dagslyset er godt, uten at det trenger å suppleres med kunstig lys. Dette er illustrert i figur 2-7.



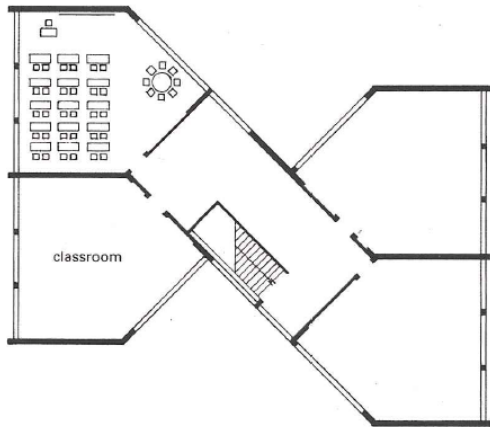
Figur 2-6 Illustrerer formen på klasserom 5,2 x 11,5m. Kilde: (Brantenberg, 1980)



Figur 2-7 - Illustrerer brukbart dagslys til alle arbeidsplasser. Romdybde 5,2 m. Kilde: (Brantenberg, 1980)

Med lysinnslipp fra en side som vist i eksemplene ovenfor, er lengden på ytterfasaden avgjørende for hvor mye og godt dagslys klasserommet har. Dersom klasserommet har fasade med vinduer fra to sider, vil det ha stor innvirkning på arbeidslys og utsyn.

Eksempel på utforming med lysinnslipp fra to sider, er vist i figur 2-8. Her er utgangspunktet 32 elever (Neufert & Neufert, 2012).



Figur 2-8 Lysinnslipp i klasserom fra to sider Kilde: (Neufert & Neufert, 2012)

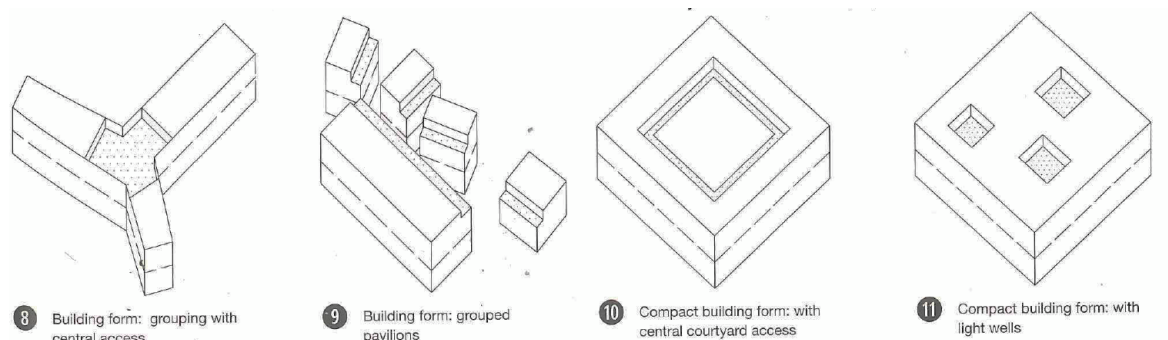
Dagslys fra to motstående vegger vil kunne gi gode lysforhold i hele rommet, og mye utsyn. Det forutsettes imidlertid et slankere volum for å få til dette sammen med alle andre funksjoner skolebygget skal inneholde.

2.6.3 Øvrige funksjoner i skolebygget

Som nevnt i eksempelet med inndeling av funksjoner i grunnskoler (kapittel 2.6.1) har funksjonene forskjellige krav til dagslys. Noen av funksjonene kan tenkes å ikke være planlagt som "varig opphold". I tillegg til ordnære klasserom vil arbeidsplasser til lærere og administrasjon karakteriseres som "varige". Spesialrom vil også karakteriseres som varig, mens grupperom og møtesteder kanskje har mindre behov for dagslys, siden bruken ofte er kortere i tid. Brantenberg (1980) skriver at aktiviteten i grupperom først og fremst trenger dagslys som trivselsfaktor (Brantenberg, 1980).

2.6.4 Volum

Resultatet av funksjonene skolen skal inneholde, og plasseringen av disse gir til slutt et volum. Volumet skal plasseres på tomten, og fylle alle funksjonene. Utformingen har stor innvirkning på hvor mye fasade skolen får til å sette inn vinduer. I figurene under, er noen eksempler på typiske volumer vist. Figuren har 4 forskjellige volumer. Til venstre ser vi et volum med tre fløyer ut fra en sentral kjerne. Nummer to fra venstre er eksempel på et volum, bestående av flere volumer, eller paviljonger og et hovedbygg. I volum nummer tre fra venstre viser figur 2-9 et volum som danner et atrium i midten, som gir et lunt uteområde til skolen. Volumet til høyre er et kompakt volum, der det er brukt takvinduer for å få lysinnslipp til funksjoner i kjernen av bygget, der lyset ikke når fra ytterfasaden (ref. Figur 2-3).



Figur 2-9 - Forskjellige typer volumer, Kilde: (Neufert & Neufert, 2012)

I denne oppgaven defineres tre forskjellige volumtyper, som tar utgangspunkt i volumene presentert over deles inn i tre kategorier. *Fingerstruktur* kan ses på som en sammenkobling av volumet til venstre, og nummer to fra venstre i figur 2-9. *Delvis fingerstruktur* kan være en slankere utgave av et kompakt volum, for eksempel med L-form. *Kompakt* volum er typisk et volum som det til høyre i figur 2-9. Ofte er kompakte volumer en kjerne med overlys, der fellesarealer som vestibule og atrium er plassert i kjernen.

2.7 Hjelpemidler og annet i oppgaven

I oppgaven har ArchiCAD blitt brukt som verktøy i gjennomføring av metoden. ArchiCAD er databasert tegne- og modelleringsverktøy (Graphisoft, 2016). I oppgaven var 2d funksjoner tilstrekkelig, og programvaren ble i hovedsak brukt til skalering og målsetting av tegninger.

Futurebuilt er en interesseorganisasjon som arbeider med forbildeprosjekter som har høye ambisjoner om arkitektonisk kvalitet og miljømessig utforming. Dette nevnes her i teorikapittelet siden det er aktuelt for forståelsen av valgt referanseprosjekt i metoddelen i kapittel 3.

3 METODE

Valg av metode er vesentlig for resultatet av studien. Det beskrives her kjennetegn ved kvantitativ metode, hvorfor den er valgt for denne studien samt redegjørelse for praktisk gjennomføring av studien.

3.1 Kvantitativ metode

Med bakgrunn i studiens formål og problemstilling, er kvantitativ metode lagt til grunn. Fordelen med metoden er at den tallfester datamaterialet, og gir resultater i form av målbare enheter (Dalland, 2012). Tilnærmingen er karakterisert ved at den får frem en mest mulig eksakt avspeiling av den kvantitative variasjonen. Dette kan skje ved å systematisk se på et stort utvalg undersøkelsesenheter (Dalland, 2012), slik som i denne studien. Metoden har slik vært et godt verktøy for å studere sammenhengen mellom volum, løpemeter fasade og romprogram.

3.2 Beskrivelse av valgt metode

For å kunne lage et verktøy som kan benyttes for å vurdere dagslyspotensiale for et skolevolum, ønsker jeg å koble skolers dagslyskvaliteter og forutsetninger sammen med hvor mye fasade som er tildelt en gitt funksjon i det aktuelle volumet, og samtidig koble dette mot det programmerte arealet som var utgangspunktet fra byggherre.

I følge Dalland (2012) blir kvantitativ metode kjennetegnet av at en ønsker å få frem det som er felles, altså det representative (s.113). Av den grunn falt valget på å undersøke skoleprosjekter fra grunnskoler, slik at målingene kunne bli mest mulig sammenlignbare da grunnskoler ofte har romprogram og funksjoner som ligner.

Dalland (2012) sier også at å få frem det som er felles er et kjennetegn, og gjøre målingene like er viktig i den kvantitative metoden (s.113). Det er også mål om å bruke nyere prosjekter, som også er sammenlignbare og har lignende krav til rømningsveier og tekniske anlegg.

For å se sammenhenger mellom forskjellige typer volumer og utforming, er det forsøkt å se etter at det er med kompakte skoler, og skoler med fingerstruktur (se punkt 2.6.4).

Løpemeter fasade for de ulike funksjonene vil i oppgaven gi volumets «potensiale for dagslys» på den måten at fasaden har mulighet for vindu, men uten at vinduets størrelse og egenskaper legger premisser i denne oppgaven.

Gjennomføring:

- Velge skoleprosjekter.
- Notere prosjektdata: karakteristiske egenskaper knyttet til dagslys i forhold til volum.
- Oppmåling av løpemeter fasade i ArchiCAD
- Studere romprogram
- Samle mål, egenskaper og fakta
- Hvordan presentere resultater.

3.2.1 Valgte skoleprosjekter

Datamaterialet i studien er basert på arkitekturkonkurranser av flere norske grunnskoler, gjort tilgjengelig av veileder ved denne oppgaven. Datamaterialet er det samme som i artikkelen publisert i *Arkitektur N* (Houck, 2013)

I utgangspunktet var 12 konkurranser med alle innsendte forslag tilgjengelig. Av disse var to konkurranser uten romprogram, mens enkelte forslag var uten tilstrekkelig informasjon. For eksempel manglende målestokk, og informasjon om mål.

De brukte prosjektene er grunnskoler av nyere dato, bygget fra 2009 og frem til i dag. Alle målte prosjekter er hentet fra konkurranseforslag fra de ti resterende konkurranser som hadde nødvendig datamateriale for å gjennomføre metoden (se tabell 3-1).

En konkurranse har 4-5 konkurranseforslag fra forskjellige arkitekter. Skoler som er tegnet ut i fra samme romprogram har gjerne forskjellig utforming. Dermed blir skolene mer sammenlignbare enn om prosjektene hadde vært hentet fra ferdig tegnede skoler av forskjellige arkitekter, og vil derfor kunne styrke resultatene. Alle godkjente konkurransedeltakere er tatt med, både konkurransevinnere og tapere.

Tabell 3-1 Oversikt over konkurransene som gir datagrunnlaget for oppgaven

Referanse	Skole	Byggeår	Trinn
1	Bråtejordet	2011	8.-10.
2	Hatlane skole	2010	1.-10.
3	Hegg skole	2010	1.-7.
4	Hokksund ungdomsskole	2009	8.-10.
5	Kongsvinger ungdomsskole	Ikke ferdigstilt	8.-10.
6	Levanger skule	2014	8.-10.
7	Spongдалen skole	2010	1.-10.
8	Åmot skole	2011	5.-10.
9	Åsly skole	2014	1.-10.
10	Åsveien skole	2011	1.-7.
11	Rykkinn skole (Referanseprosjekt)	Ikke ferdigstilt	1.-7.

Det endelige datagrunnlaget i denne studien består dermed av tilsammen 43 konkurranseforslag. Alle de 43 forskjellige konkurranseforslagene er synlig i tabell 9-1 (Vedlegg A). Oversikt over de forskjellige skolene er presentert i tabellen over.

I tillegg er det hentet inn tegninger og romprogram fra Rykkinn skole som er beskrevet senere i metodekapittelet.

Av alle valgte prosjekter har 15 skoler fingerstruktur, 10 skoler har delvis fingerstruktur mens de resterende 20 er kompakte. Inndelingen av volumtype er basert på 2.6.4 og er beskrevet i 3.2.2.

3.2.2 Notere prosjektdata

For alle valgt prosjekter, ble det undersøkt noen enkle prosjektdata. For å ha data til resultatene og for å kunne si noe om kvalitet koblet mot dagslys for de ulike prosjektene, ble det valgt å hente inn informasjon om disse kriteriene:

Antall elever:

- Antall elever kan variere fra år til år, og kan endres fra konkurransegrunnlaget til ferdig bygget skole. I oppgaven er det valgt å bruke elevtall fra 2015. Hentet fra skoleporten.udir.no ved alle brukte prosjekter. På den måten er de brukte verdiene i studien sporbare.

Antall lærere:

- Antall ansatte er også hentet fra skoleporten.udir.no. Der ble antall lærere med kontaktlærerfunksjon og andre ansatte lagt sammen.

Overlys:

- Alle konkurranseforslag er gått gjennom, og det er notert om det aktuelle prosjektet har overlys, og om lyset brukes i fellesareal eller i undervisningsareal.

Utforming av volum:

- Er volumet kompakt, har delvis fingerstruktur eller fingerstruktur. Vurderingen er basert på en visuell betraktning av det aktuelle prosjektet, og baseres seg på beskrivelsen i kapittel 2.6.4. Gymsal/flerbrukshall blir sett bort fra også i denne betraktningen av volumet (Det blir ikke fingerstruktur selv om gymsalen stikker ut).

3.2.3 Kategorier

Oppmålingen av løpemet fasade og areal i romprogram skjer innenfor noen typiske kategorier. Kategoriene er valgt på bakgrunn av typiske funksjoner i skoler, og prøver å omfavne alle de ulike funksjonene i et typisk romprogram. De ulike kategoriene inneholder funksjoner som kan sammenlignes i brukstid og type brukere.

Fargekodene er gitt for å lette å kunne skille funksjonene visuelt ved fremstilling på en målt planløsning, og vil følges gjennom resten av oppgaven (se tabell 3-2).

Det ble besluttet å ikke inkludere fasade og areal som knyttes til gymsaler og flerbrukshaller, da det vil gi store utslag mellom skoler med og uten gymsaler. Flerbrukshaller blir ofte prosjektert og bygget uten fokus på dagslys, og er derfor ikke interessante i denne sammenhengen. Dette blir ytterligere beskrevet i kapittel 3.3.1.

Tabell 3-2 - Oversikt over valgte kategorier

Kategori	Innhold	Beskrivelse
Mørk fasade	Fasade mot grunn, fasade i utvendig hjørne («dobbelbruk»), og veggareal som knyttes til for eksempel FB-hall.	Fasade som brukes for å fullføre omkretsen av volumet, men som ikke er direkte nødvendig til bruk av vinduer.
Undervisning permanent	Løpemet fasade for vanlig klasserom, hjemmeområder, landskap og baser.	Areal som brukes sammenhengende over lengre tid.
Undervisning midlertidig	Spesialrom som naturfag, musikk, sløyd samt grupperom, auditorium/samlingsrom, spes.ped, SFO	Areal som brukes til undervisning, men i kortere perioder.
Administrasjon	Rektor, administrasjon, helse, vaktmester, elevråd, møterom	Areal knyttet til administrasjon
Fellesareal	Oppholdsareal friminutt, kantine, vestibyle, inngangsparti elever/garderobe, bibliotek, åpne trappeløp	Areal knyttet til gangsoner, utsiktspunkter og fellesareal og amfier.
Lærerareal	Lærerarbeidsplasser, arbeidsrom, fellesareal for lærere og spisested	Fasade tilknyttet areal som brukes av lærere
Teknisk	Ventilasjon, sjakter, lager, renhold, rømningstrapper, heissjakter, WC,	Fasade som ikke har behov for dagslys.

3.2.4 Referanseprosjekt

For å ha noe å sammenligne de målte prosjektene med, ble det i oppgaven valgt å hente inn tegninger og informasjon fra Rykkinn skole og bruke skolen som referanseprosjekt. Rykkinn skole er et Futurebuilt-prosjekt, bygget etter passivhusstandard (NS3701) med spesielt fokus på dagslys. I følge prosjektbeskrivelsen er «Det er arbeidet svært bevisst med å få til gode dagslysforhold, og Rykkinn skole vil bli et forbilde på hvordan bygge passivhus med rikelig med dagslys». (Futurebuilt, 2016)

Prosjektet har dokumentert dagslysfaktor på 2,5% i alle klasserom, spesialundervisning og arbeidsrom for lærere. Dette er dokumentert i et notat utarbeidet av Multiconsult (Sternvang & Rauan, 2014)

3.3 Praktisk gjennomføring av metode.

3.3.1 Oppmåling av løpemeter fasade - målemetode

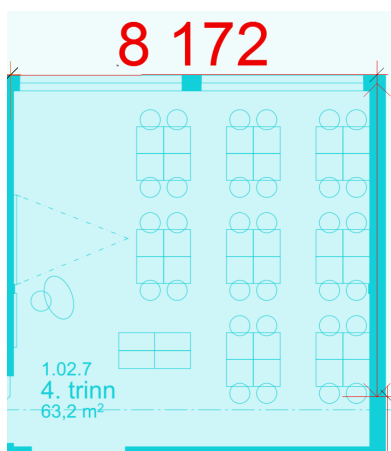
For oppmålingen ble dataprogrammet ArchiCAD brukt. Plantegningene ble importert og skalert til riktig målestokk, ved hjelp av mål på tegning, areal eller at tegningen har riktig målestokk og kan importeres i den målestokken og måles direkte på. Det ble brukt vanlig målsettingsverktøy i ulike farger som passer med kategoriene og hvilke farge de har (se figur 3-5 og 3-6). En fordel med å måle dette i ArchiCAD er at det er enkelt å gå tilbake for å kvalitetssikre, samt å gjøre endringer underveis i prosessen da det var nødvendig.

Deretter ble fasaden målt opp, basert på kategoriene under antall fasade som er brukt til hver funksjon. Målemetoden som følger ble bestemt, og fulgt for å få sammenlignbare resultater. I kategorien "Mørk fasade" menes fasade som overlapper, eller blir brukt to ganger for å "betjene" samme areal. Dette blir tatt med for å se hvor mye areal som går med til å "sluttføre omkretsen", og viser til fasade som ikke brukes direkte til å belyse, men som likevel er nødvendig i bygningen.

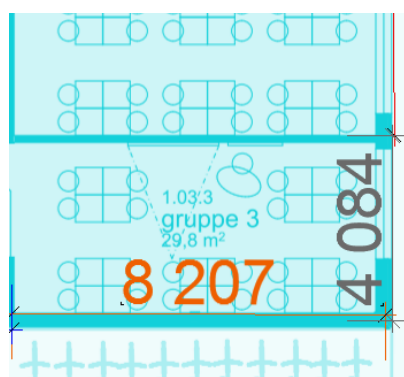
Utvendige hjørner

Ved oppmåling rundt utvendige hjørner, vil fasade fra to sider "betjene" samme areal. I metoden er det valgt å plassere disse lengdene med fasade inn i "mørk fasade". Ved utvendige hjørner ble det brukt en mal på 7 meter som tilsvarer hvor dypt dagslyset brer seg inn i et rom (se figur 3-1).

Bakgrunnen for at 7 meter er valgt er basert på 2.5.1, der 7 meter ser ut til å være en normal og akseptert oppfatning av romdybde. Der funksjonen ikke er den samme innenfor 7 meter markeres fasaden med grått (se figur 3-2).



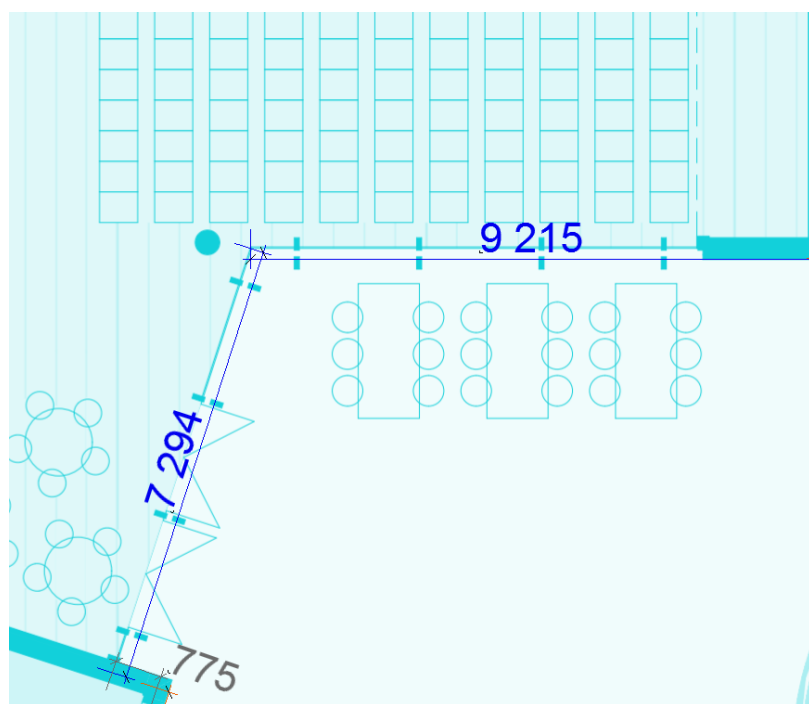
Figur 3-1 viser malen til høyre på 7m som ble brukt i oppmåling av et utvendig hjørne



Figur 3-2 viser fasade som er brukt to ganger, og derfor målt opp som grått, "mørk fasade"

Innvendige hjørner

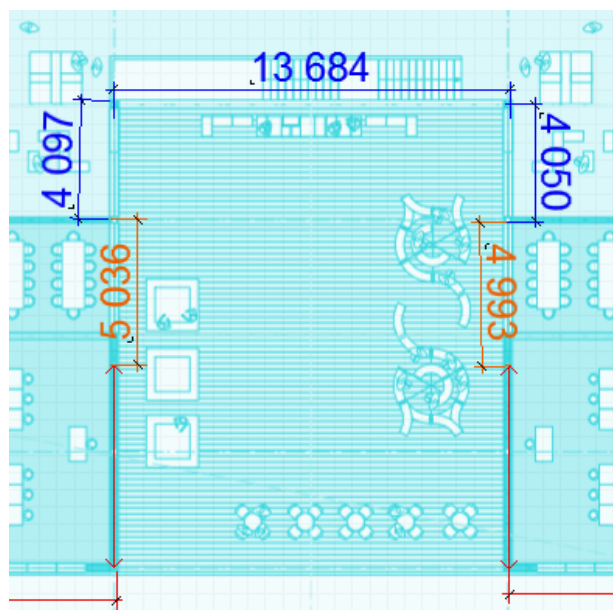
Ved innvendige hjørner kan fasaden «betjene» flere funksjoner, og fasade knyttet mot hjørnet regnes derfor med på begge sider. Figuren under viser et eksempel fra Åsly skole med fasade til fellesareal som gir lys til bibliotek og fellesarealer.



Figur 3-3 viser oppmåling av fasade i et innvendig hjørne

«Innhuk»

Noen steder er «tatt ut en bit» av volumet, for å for eksempel lage plass til utendørs terrasse som i eksempelet under fra Askim skole. Fasaden får da en skyggevinkel som avskjerner horisonten (Nersveen, 2004a). Det blir i denne metoden ikke tatt hensyn til denne eventuelle skyggevinkelen, siden dette hadde blitt for avansert for min metode. Fasaden i disse innhukene blir derfor tatt med.



Figur 3-4 viser målemetode av fasade rundt en utvendig terrasse

Hvis vegg går over to etasjer, har det likevel blitt tatt med fasade fra begge/alle etasjer. (Fasaden bidrar til mer dagslys, og i tillegg er det vanskelig å skille arealet ved oppmålingen)

Etter oppmålingen i Archicad, ble målene fra hvert bygg samlet i en enkelt tabell, summert sammen og kopiert inn i en samla resultattabell. Tabellen er lagt i vedlegg A i denne oppgaven (se tabell 9-1).

3.3.2 Studere romprogram. Areal knyttet til valgte kategorier.

Romprogrammet fra konkurransegrunnlaget ble gått gjennom for hvert valgte skoleprosjekt. For å sammenligne målte løpemeter fasade med programmert areal, ble programmet gått gjennom, og sortert etter samme kategorier som fasaden.

På grunn av varierende fremstilling av romprogram, ble ett og ett rom gjennomgått i programmet, og plassert i valgt kategori. Arealer tilknyttet flerbrukshaller og gymsaler ble ikke inkludert. Eksempel på romprogram og metode er presentert i Vedlegg B. Eksempel på romprogram metoden ligger i Vedlegg B.

3.3.3 Eksempelbygg – Åsly skole, Eggen Arkitekter

Eksempelet illustrere hvordan oppmålingen av løpemeter fasade har vært.



Figur 3-5 Eksempel oppmålingsprosedyre Åsly skole, 1. etasje



Figur 3-6 Eksempel oppmålingsprosedyre Åsly skole, 2. etasje

3.3.4 Feilkilder knyttet til oppmåling

Her presenteres feilkilder knyttet til den praktiske gjennomføringen av metoden. Validiteten til oppgave og resultat blir presentert i diskusjonskapittelet. I arbeid med metoden og måling av prosjekter har det vært arbeidet systematisk og nøyaktig. Likevel er det noen faktorer som kan ha innvirkning på målingene.

Da planløsningene ble importert til ArchiCAD, var oppgitt målestokk i noen tilfeller ikke riktig, slik at tegningene måtte skaleres til riktig målestokk. Dette ble gjort ved å skalere til mål på tegningen, eller etter areal på rom. Det knyttes en usikkerhet til denne skaleringen, og en potensiell feilkilde.

Ved oppmålingen av løpemeter fasade, er det også knyttet en feilmargin til hvor start og stopp av oppmålingsverktøy i Archicad, i forhold til veggtykkelse, og hvor nøyaktig man er ved oppmåling. Det er tenkt at denne unøyaktigheten ikke kommer til å gi store avvik den "ene eller andre" veien, men samlet vil gi sammenlignbare resultat.

I oppgaven ble det valgt å hente informasjon om antall elever og ansatte ved de aktuelle prosjektene fra nettsidene til Utdanningsdirektoratet. Både antall elever og antall ansatte vil kunne variere med tid, og vil også kunne avvike fra det som var beskrevet i byggeprogrammet i arkitekturkonkurransen.

Det knyttes også en hvis usikkerhet til gjennomgang av romprogram. Dette ble i oppgaven gjort manuelt, og lagt sammen ved bruk av kalkulator. Romprogrammene var presentert forskjellig fra prosjekt til prosjekt, og var i noen tilfeller ikke helt detaljerte, og der måtte det gjøres en skjønnsmessig vurdering på hvilken kategori arealet hørte til.

Oppmåling av kategorien teknisk har stort avvik. Dette beskrives ytterligere i diskusjonen.

3.3.5 Målinger oppsummert i tabell

Gjennom arbeidet med målingene ble alle verdier samlet i tabeller. For hvert konkurranseforslag ble aktuelle målinger samlet og kategorisert i tabeller, og etterhvert samlet i en samletabell med oppsummerte verdier. Samletabellene er lagt i Vedlegg A i denne oppgaven. I tabell 9-1 er prosjektdata og oppmålte løpemeter fasade samlet, og under de ulike kategoriene er enheten løpemeter. Prosjektene er markert med referansetall, som blir brukt i fremstillingen av resultater i kapittel 4.

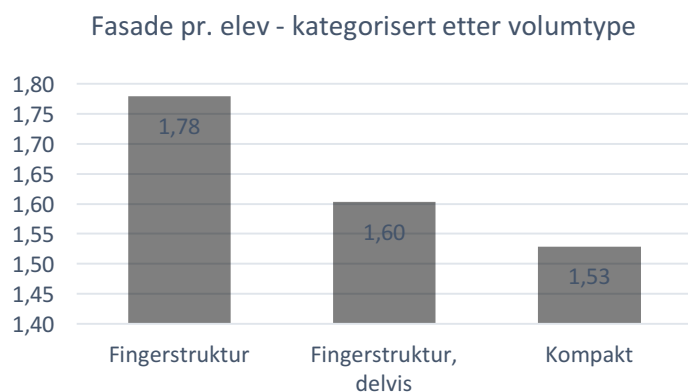
I tabell 9-2 er verdiene NTA m², og er som tidligere beskrevet nettoareal hentet fra romprogrammet til konkurransen.

Disse tabellene er utgangspunktet for utarbeidelse av resultater og diskusjon.

4 RESULTATER

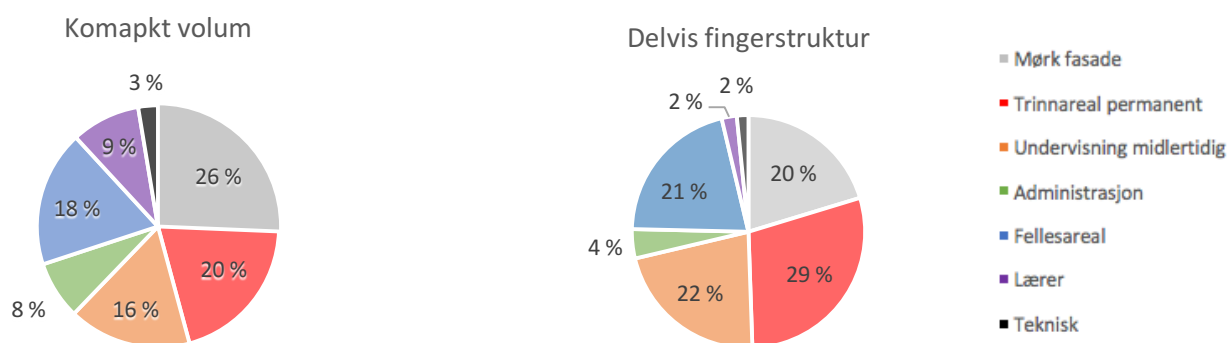
I utarbeidelse av resultatene, studeres sammenhenger i volum, romprogram og løpemeter fasade. Det beskrives gjennomsnittlige verdier og resultater som kan brukes som en del av løsningen på problemstillingen, samt å drøfte validiteten og sammenhenger til oppgaven.

4.1 Sammenligning av ulike typer volumer



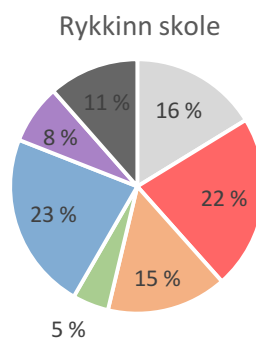
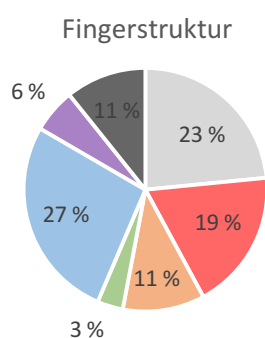
Figur 4-1 - Fasade pr. elev - vist ved forskjellige volumtyper

Figur (4-1): Diagrammet over er en enkel betraktning av hvor mye fasade prosjektene får per elev, delt inn i volumtype. Prosjektene med fingerstruktur har gjennomsnittlig 1,78 løpemeter fasade per elev. Delvis fingerstruktur har 1,60 løpemeter fasade, mens de kompakte volumene har 1,53 løpemeter fasade per elev.



Figur 4-2 Fordeling av fasade pr elev - kompakt volum

Figur 4-3 Fordeling av fasade pr elev - delvis fingerstruktur

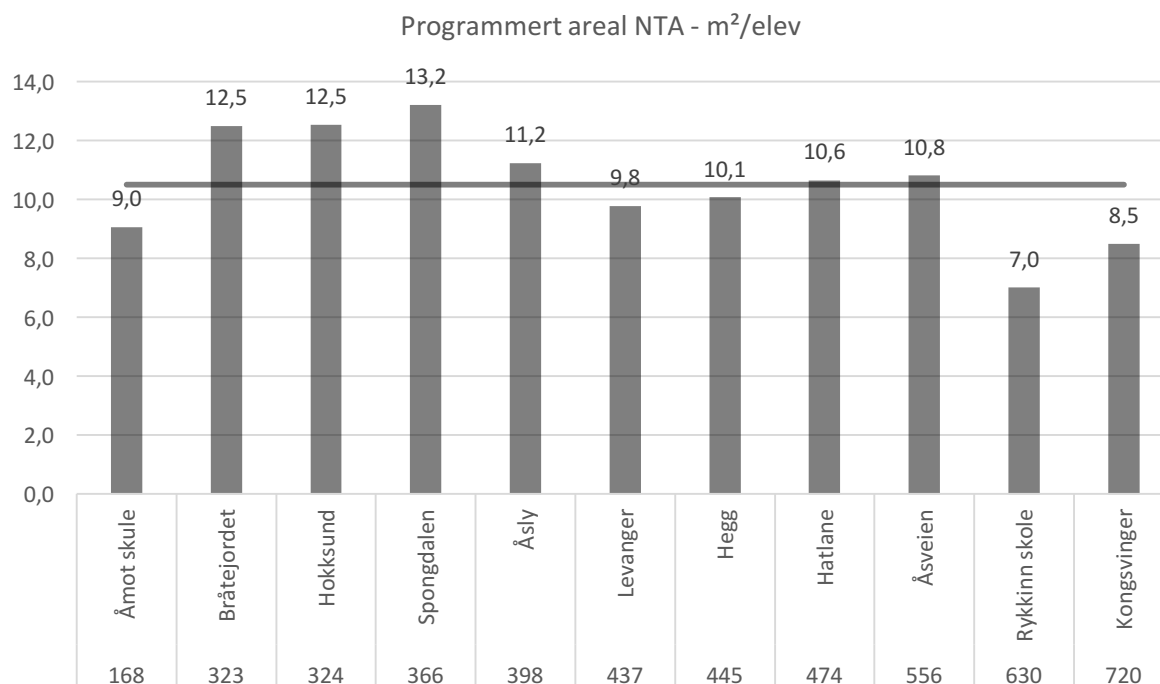


Figur 4-4 Fordeling av fasade pr elev – fingerstruktur

Figur 4-5 Fordeling av fasade pr elev - Rykkinn skole

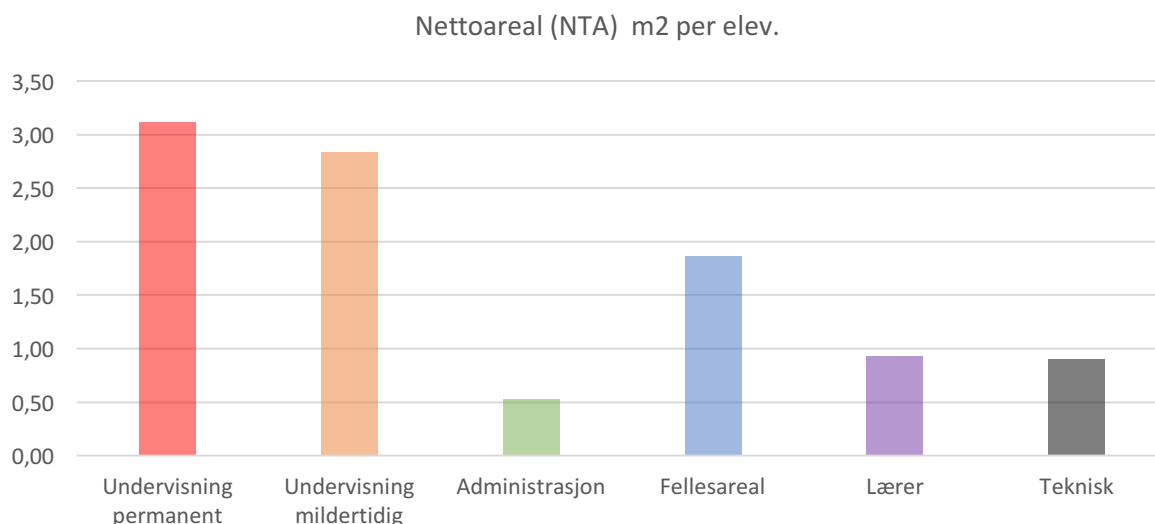
Kakediagrammene over (figur 4-4 og 4-5) er vist for å gi en visuell fremstilling av hvilke kategorier og funksjoner som får tildelt mest fasade i de målte skoleprosjektene. Fremstillingen tar kun med antall elever, og tar ikke med antall ansatte.

4.2 Programmert areal pr. elev



Figur 4-6 Programmert areal per elev - NTA m² /elev

Figur (4-6): Søylediagrammet over viser en oversikt over programmert areal i alle målte prosjekter i studien. Resultatene er oppgitt som nettoarealer, og er summen av alle arealer beskrevet i kapittel 3.3.2. Gjennomsnittlig verdi for alle prosjektene er 10,5m²/elev. Langs x-aksen er det gitt en tilleggsopplysning i form av elevtall.



Figur 4-7 Programmert nettoareal (NTA) per elev. Inndelt i kategorier

Figur (4-7): Diagrammet viser en oversikt over programmert nettoareal fordelt per elev.

4.3 Løpemetere fasade per m²

Følgende fremstillinger med total omkrets pr 1000m² er tatt med i resultatene fordi det kan være en «første-steps» del av verktøyet som problemstillingen ønsker å finne svar på.

De gjennomsnittlige verdiene er delt inn i volumtyper for å kunne ses i forhold til hverandre, referanseprosjektet og gjennomsnittlig verdi. Arealet som er utgangspunktet for tabellen er nettoarealer fra romprogram. Kolonnen under beskrivelse er tatt med for å gi et bedre bilde på en typisk størrelsesorden for et skoleprosjekt.

Tabell 4-1 - Faktorer for løpemetere fasade pr. m²

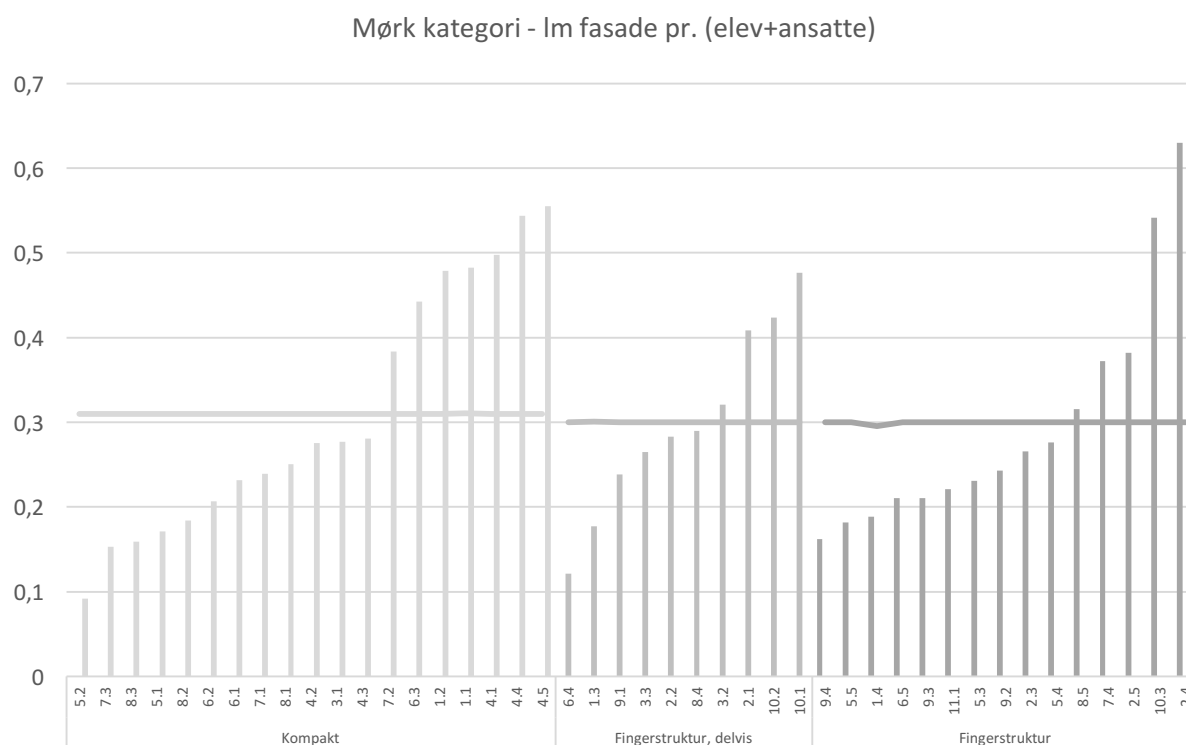
	Beskrivelse	Verdi
Kompakt volum	140 lm/1000m ²	0,14 lm/m ²
Delvis fingerstruktur	150 lm/1000m ²	0,15 lm/m ²
Fingerstruktur	170 lm/1000m ²	0,17 lm/m ²
Referanseprosjekt – Rykkinn skole	210 lm/1000m ²	0,21 lm/m ²
Gjennomsnitt alle prosjekter	150 lm/1000m²	0,15 lm/m²

4.4 Løpemetere fasade pr. bruker – delt inn i kategorier

For hver kategori blir det målt opp hvor mange løpemetere fasade som blir brukt. Avhengig av hvilke brukere funksjonen innenfor de ulike kategoriene har det blitt gjort en vurdering på hva en anvendelig verdi kan inneholde. Løpemetere per elev, ansatt eller (elev+ansatt).

Under er de forskjellige kategoriene presentert med samme type diagrammer. Langs x-aksen er alle prosjektene med referansenummer, delt inn etter volumtype, og i stigende rekkefølge langs den positive aksen. Dette er gjort for å få et inntrykk av variasjonen. Det er vist en gjennomsnittlig verdi for de ulike volumtypene, samt en samlet gjennomsnittlig verdi for hver kategori. Disse verdiene er samlet under hvert av diagrammene.

4.4.1 Mørk fasade



Figur 4-8 - løpemeter fasade pr. (elev+ansatt) for kategorien "mørk fasade"

Oppsummerende verdier til diagram (4-8):

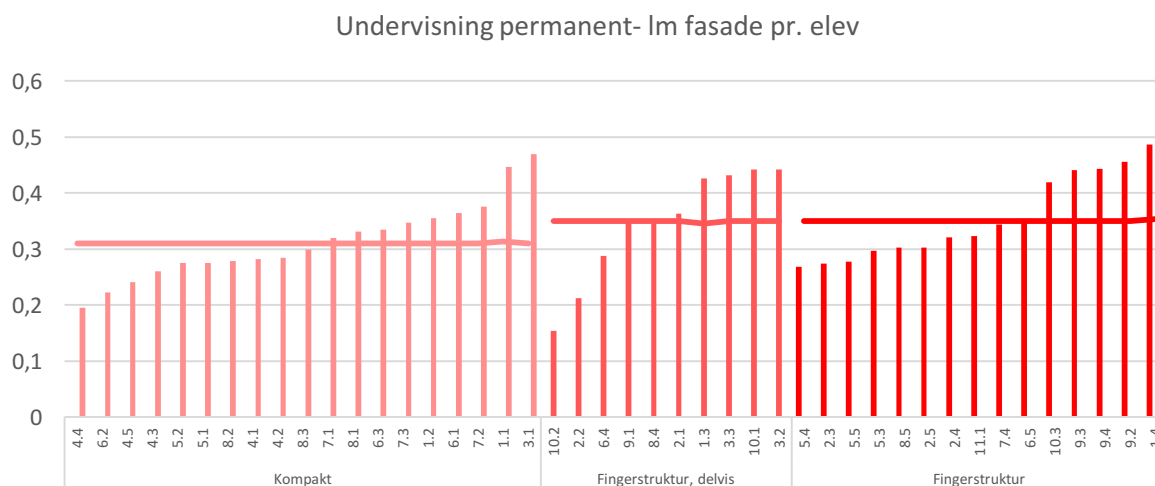
Kompakt: 0,31 lm/(elev+ansatt)

Delvis fingerstruktur: 0,30 lm/(elev+ansatt)

Fingerstruktur: 0,30 lm/(elev+ansatt)

Snitt alle: 0,30 lm/(elev+ansatt)

4.4.2 Undervisning permanent



Figur 4-9 - løpemeter fasade pr. (elev) for kategorien "undervisning permanent"

Oppsummerende verdier til diagram (4-9):

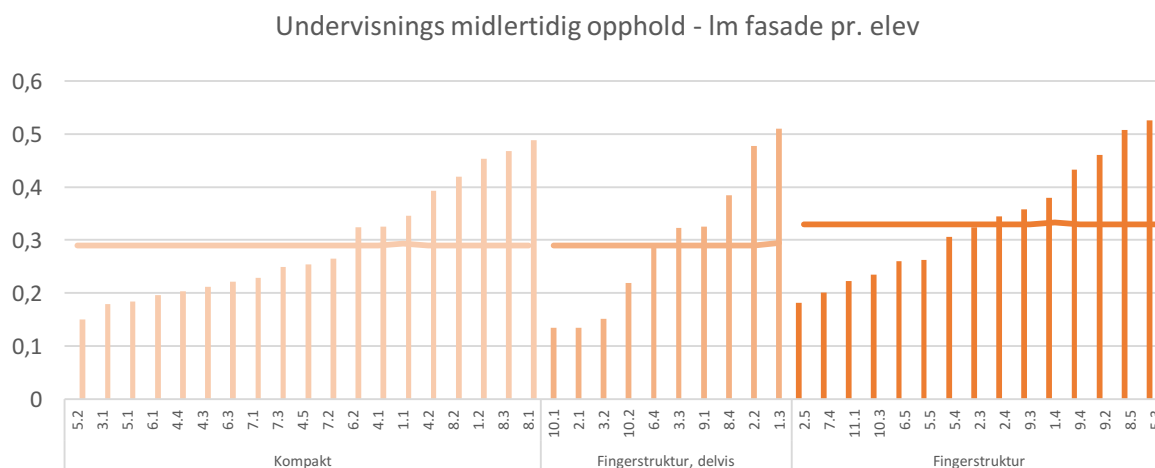
Kompakt: 0,31 lm/elev

Delvis fingerstruktur: 0,35 lm/elev

Fingerstruktur: 0,35 lm/elev

Snitt alle: 0,33 lm/elev

4.4.3 Undervisning midlertidig



Figur 4-10 - løpemeter fasade pr. (elev) for kategorien "undervisning midlertidig"

Oppsummerende verdier til diagram (4-10):

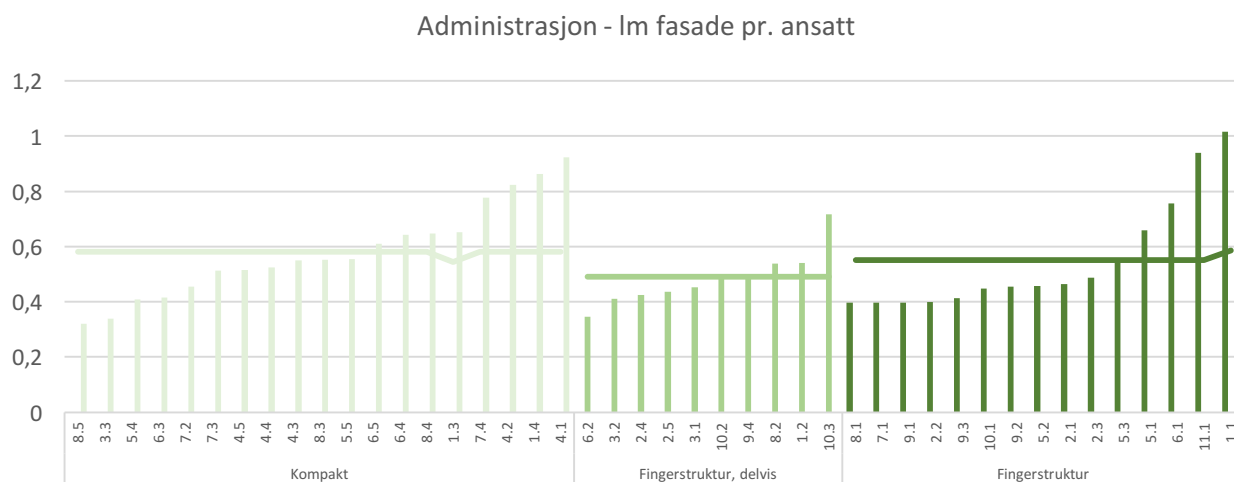
Kompakt: 0,29 lm/elev

Delvis fingerstruktur: 0,29 lm/elev

Fingerstruktur: 0,33 lm/elev

Snitt alle: 0,31 lm/elev

4.4.4 Administrasjon



Figur 4-11 - løpemet fasade pr. (ansatt) for kategorien "administrasjon"

Oppsummerende verdier til diagram (4-11):

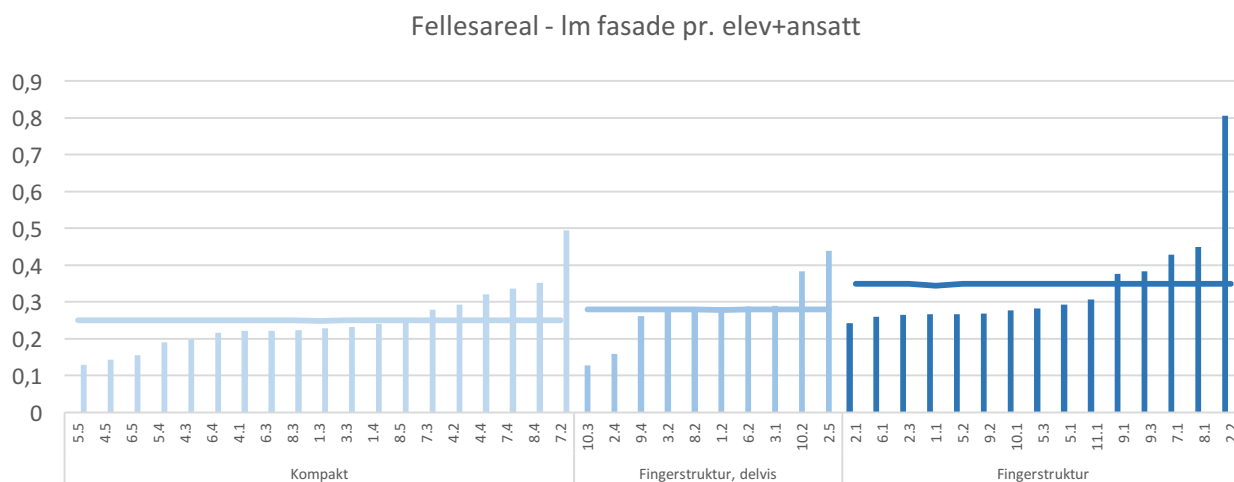
Kompakt: 0,58 lm/ansatt

Delvis fingerstruktur: 0,49 lm/ansatt

Fingerstruktur: 0,55 lm/ansatt

Snitt alle: 0,54 lm/ansatt

4.4.5 Fellesareal



Figur 4-12 - løpemet fasade pr. (elev+ansatt) for kategorien "fellesareal"

Oppsummerende verdier til diagram (4-12):

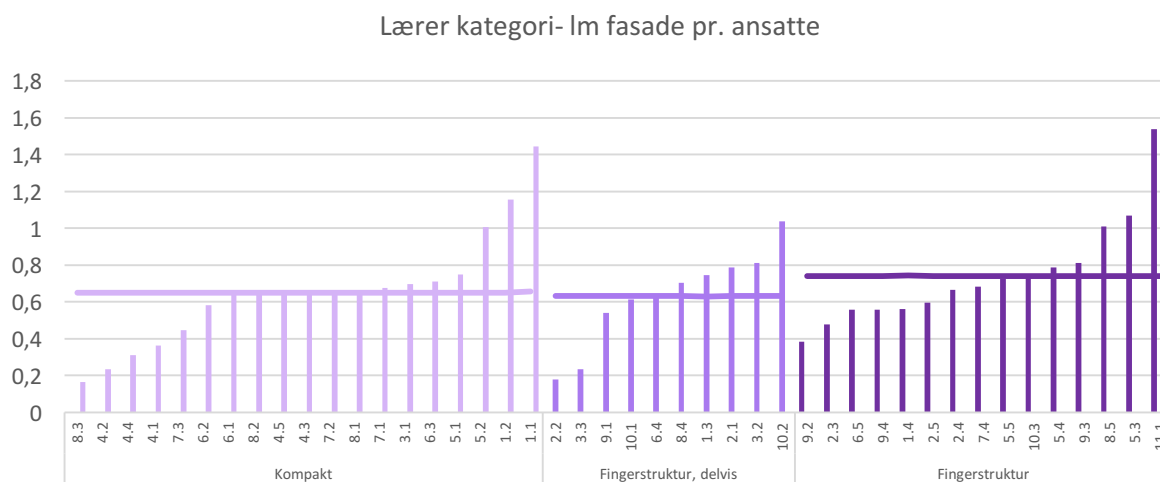
Kompakt: 0,25 lm/(elev+ansatt)

Delvis fingerstruktur: 0,28 lm/(elev+ansatt)

Fingerstruktur: 0,35 lm/(elev+ansatt)

Snitt alle: 0,29 lm/(elev+ansatt)

4.4.6 Lærer



Figur 4-13 - løpemet fasade pr. (ansatt) for kategorien "lærer"

Oppsummerende verdier til diagram (4-13):

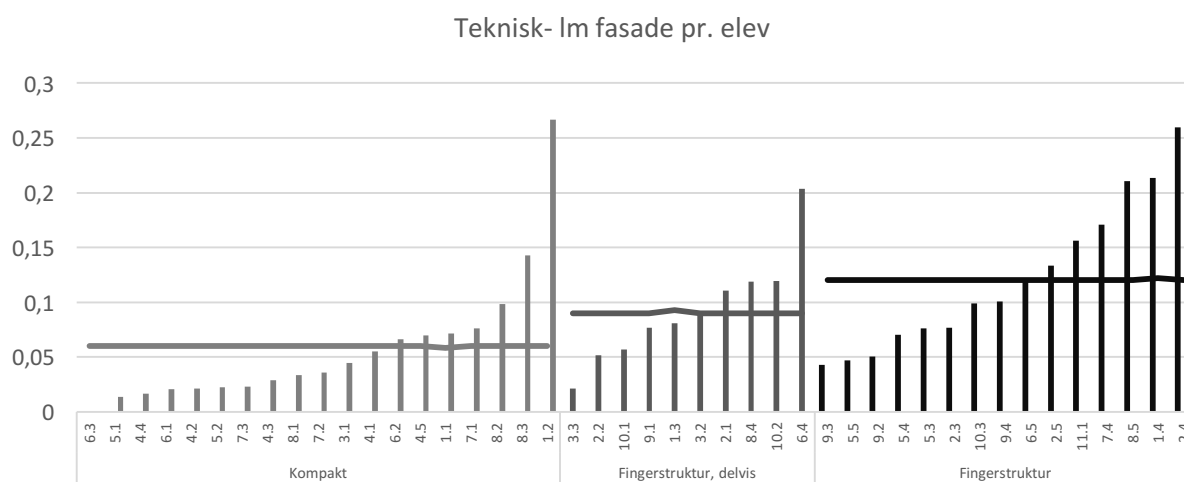
Kompakt: 0,65 lm/ansatt

Delvis fingerstruktur: 0,63 lm/ansatt

Fingerstruktur: 0,74 lm/ansatt

Snitt alle: 0,68 lm/ansatt

4.4.7 Teknisk



Figur 4-14 - løpemet fasade pr. (elev+ansatt) for kategorien "teknisk"

Oppsummerende verdier til diagram (4-14):

Kompakt: 0,06 lm/(elev+ansatt)

Delvis fingerstruktur: 0,09 lm/(elev+ansatt)

Fingerstruktur: 0,12 lm/(elev+ansatt)

Snitt alle: 0,09 lm/(elev+ansatt)

4.4.8 Oppsummering alle kategorier

I tabellen under er alle gjennomsnittlige verdier for brukt fasade inndelt i kategori oppsummert med løpemeter fasade pr. brukergruppe.

Tabell 4-2 - Oppsummeringstabell, løpemeter fasade pr. brukergruppe

Kategori	Fasade lm/(elev+ansatt)	Fasade lm/elev	Fasade lm/ansatt
Mørk fasade	0,30	-	-
Undervisning permanent	-	0,33	-
Undervisning midlertidig	-	0,31	-
Administrasjon	-	-	0,54
Fellesareal	0,29	-	-
Lærerareal	-	-	0,68
Teknisk	0,09	-	-

5 DISKUSJON

I dette kapittelet diskuteres teori knyttet til kapittel 2 og resultatene fra kapittel 4. Målingene basert på metodebeskrivelsen gir materiale til redegjørelse og drøfting for å finne svar på problemstillingen.

5.1 Typer volumer

Figur 4-1 viser at volumer med *fingerstruktur* i snitt på de målte prosjektene i studien har 14% mer fasade enn kompakte volumer. Valget av volumer var som beskrevet i metodedelen basert på visuell betraktning for å sortere volumene. Selv om det kanskje er opplagt, at volumer som ved en visuell betraktning ser ut til å ha større omkrets, har nettopp dette. Resultatene bekrefter i alle fall måten å sortere de forskjellige volumene i metoden.

Hvorfor volumene blir utformet slik som de blir, er det som tidligere nevnt i kapittel 2.2.1. være mange grunner til. Denne oppgaven går ikke dypt inn i temaet, men det er likevel noen grunner som kan være avgjørende. Som

Ved å sammenligne kakediagrammene i figur 4-2, 4-3, 4-4 og 4-5 er det mulig å se noen tendenser til fordeling av løpemeter fasade til de ulike funksjonene. Kakediagrammet viser som nevnt i fasade pr. elev, slik at delene med lærerarbeidsplasser og administrasjon kan være misvisende ved denne fremstillingen. Fra figur 4-1 ser vi at volumene med *fingerstruktur* har mer fasade og større omkrets enn *kompakte* volumer. Ved å se tilbake på kakediagrammene, kan det virke som det er en tendens til at *fingerstruktur* har noe mer fasade til teknisk areal enn *kompakte* volumer.

5.2 Programmert areal

Figur 4-6 viser programmert areal pr. elev for de forskjellige skolene. I gjennomsnitt har de målte skolene 10,5 m² NTA/elev. Verdien gir en nyttig referansetall som kan brukes til å se om en aktuell skole har høyere eller lavere verdi, og eventuelt trenger mer eller mindre fasade.

Det er det stipulerte romprogrammet, utgangspunktet for konkurransen, som ligger til grunn for denne verdien. Det ligger en feilkilde i om arkitekten ved de forskjellige konkurranseforslagene har store avvik i forhold til dette. Studien tar ikke hensyn til dette. Det skal imidlertid nevnes at i gjennomgangen av romprogrammet, har det prosjekterte arealet ikke hatt store avvik.

Ser vi tilbake på figur 4-6, som i tillegg til skolenavn, har elevtall langs x-aksen, ser vi at de to skolene som har færrest kvadratmeter pr. elev, også har flest elever. De er også de nyeste skolene i studien. Tendensen vi ser her, ser ut til å samsvare med Skolebehovsanalysen fra Bærum Kommune, som viser til at økt størrelse på skolen, kan gi bedre utnyttede arealer (Bærum Kommune, 2016).

Figur 4-7 viser programmert areal per elev, delt inn i kategorier. Diagrammet gir en illustrasjon på hvor mye areal de valgte kategoriene i studien får. Undervisning permanent, undervisning midlertidig og fellesareal er kategoriene som får mest areal.

5.3 Løpemetre fasade per m²

Resultatene viser at det i snitt for alle målte skoleprosjekter trengs 150 lm fasade per 1000m².

Resultatene gir en verdi som kan være nyttig som en tommelfingerregel, og et utgangspunkt for å se om et volum har nok fasade i forhold til nettoarealet (NTA) som trengs i grunnflata. Verdiene, som er samlet i tabell 4-1, viser de forskjellige volumtypene, gjennomsnittet og verdi fra referanseprosjektet i studien. Resultatene fra referanseprosjektet viser stor forskjell fra gjennomsnittet. Med 210 lm pr. 1000m² vil det ha store utslag på resultatet av å bruke verdiene. Verdien gir ingen konkret indikasjon på dagslyskvaliteter for ulike funksjoner, eller konkrete verdier i bygget som helhet. Men ser altså på en helhetlig omkrets av bygget. Det kan likevel være en god indikasjon på om et aktuelt volum samsvarer med en omkrets som gir en hvis kontroll med behov for løpemetre fasade og derav dagslys. Referanseprosjektet, Rykkinn skole blir ytterligere drøftet i kapittel 5.5.

5.4 Fasade per kategori

Gjennom figurene presentert i kapittel 4-3 (med underkapittel) ble alle målte kategorier i metoden beskrevet som et forhold mellom løpemetre fasade og brukere. De samme grafene og arbeidet blir i dette underkapittelet diskutert, og senere oppsummert.

Gitt at disse kategoriene får verdier som er anvendbare til å forutse hvor mye fasade en gitt funksjon trenger, øker detaljeringsgraden i verktøyet som problemstillingen ønsker svar på.

I arbeidet med oppgaven og valget av den praktiske gjennomføringen av metode, ble det relativt tidlig i prosessen valgt kategorier som dannet strukturen i oppmåling og systematisering av data. Bakgrunnen for valgene var gjort på grunnlag av brukere og brukstid, som tidligere beskrevet i metodekapittelet 3.2.3. Senere i arbeidet med studien ble jeg oppmerksom på funksjonsinndelingen i Byggforskbladet 342.205 pkt. 22 (som også er beskrevet i teoridelen 2.6.1). Funnene fra studien kunne da blitt nærmere en standard oppfatning av funksjonsinndeling i en typisk grunnskole. Konkrete eksempler på dette blir diskutert under aktuell kategori.

Verdien disse resultatene gir, er gitt etter hvilke brukergruppe som primært benytter arealet. I metoden ble informasjon om antall elever og antall ansatte hentet. Hvordan forholdet mellom ansatte i administrasjon, midlertidig ansatte og lærere med fast arbeidsplass er kommer ikke tydelig

frem i denne studien. Areal og fasade knyttet til lærerfunksjoner og administrasjon har derfor fått antall ansatte som nevner i brøken.

5.4.1 Mørk kategori

Kategorien gir et bilde på hvor mye fasade et skoleprosjekt bruker på fasade som ikke direkte brukes til vinduer, men som trengs for å slutføre omkretsen av volumet. Som beskrevet i metod delen, vil den ene siden i utvendige hjørner kategoriseres som mørk fasade, siden fasaden brukes "to ganger" for å gi lyse til samme areal. I noen av de målte prosjektene brukes ikke den siden til vinduer i det hele tatt, mens andre har vinduer på to av sidene. Dette vil i mange tilfeller være en god kvalitet ved det aktuelle rommet, ved å gi økt utsyn, og bedre dagslys i deler av rommet og dermed flere elever. Studien her ser bort i fra denne kvaliteten, slik at noen av prosjektene får høy andel "mørk fasade" der de bruker denne formen for karnapp. Hadde rommene hatt fasade på to parallelle vegger (ref. 2.6.2) hadde fasaden blitt med i kategorien for den aktuelle kategorien. Forskjellen mellom typene volum i denne kategorien er så liten at den her i diskusjonen anses som ubetydelig. Den gjennomsnittlige verdien på 0,30 lm fasade / (elev+ansatt) ser ut til å kunne være en nyttig verdi som en del av verktøyet som oppgaver forsøker å utarbeide.

5.4.2 Undervisning permanent

Undervisning permanent er rommene som den typiske klasseromsundervisningen foregår i. I de målte prosjektene i studien er rommene i kategorien enkle å måle, og regnes derfor som gode å sammenligne. 0,33 løpemeter fasade pr. elev er gjennomsnittlig verdi for alle målte prosjekter (Figur 4-9). Figuren presenterer også gjennomsnittlige verdien, basert på volumtype, og forskjellene mellom gjennomsnittsverdiene. Forskjellen kan illustreres med et eksempel med 30 elever i et klasserom. Da vil forskjellen mellom et *kompakt* volum, og et volum med *fingerstruktur* i studien utgjøre 1,2m ekstra fasade i det gitte klasserommet. (Regnestykket er presentert i Vedlegg C)

5.4.3 Undervisning midlertidig

Kategorien viser, som beskrevet i 3.2.3, til spesialrom og grupperom. I gjennomsnitt fikk kategorien 0,31 lm fasade/elev. Volumer med *fingerstruktur* får 0,33 lm/elev, mens *kompakte* og *delvis fingerstruktur* får 0,29. Som eksempel vil en skole med 500 elever, og forskjellen på 0,04 lm/elev vil utgjøre 20 løpemeter. (Regnestykket er presentert i Vedlegg C)

Selv om Brantenberg (1980) sier at grupperom ikke nødvendigvis må ha dagslys, men bør ha det som trivselsfaktor, er det nok ofte slik at grupperom kan bli brukt i lengre perioder av gangen, for

eksempel for elever som har behov for ekstra oppfølging, og blir tatt ut av vanlig klassesituasjon. Derfor kan man argumentere med at en andel grupperom bør ha tilfredsstillende dagslysforhold. I studien og i verdiene blir det ikke skilt mellom arealene til spesialrom og grupperom. Verdien er derfor ikke egnet til å anslå andel grupperom som har vindu, og andel uten.

5.4.4 Administrasjon

Fra figur 4-11 ser vi gjennomsnittsverdi for løpemeter fasade brukt i administrasjon per ansatt. 0,54 lm/ansatt i gjennomsnitt for alle volumtypene. Fra sammenligningen mellom de ulike volumtypene ses det ingen klar sammenheng, da verdiene spriker fra 0,58 lm/ansatt for kompakt, 0,49 lm/ansatt for delvis fingerstruktur og 0,55 lm/ansatt for fingerstruktur. Forventningen her var at hvis det var en tydelig sammenheng mellom tildelt løpemeter fasade og utforming på volum, så ville delvis fingerstruktur ligge mellom de to andre volumtypene. Siden administrasjon har en forholdsvis liten andel av fasaden, kan det tyde på at utslaget mellom de ulike prosjektene gjør at studien ikke ser en sammenheng.

Siden antall ansatte fra studien ikke skiller mellom lærerfunksjon og ansatt i administrasjon, vil verdien kun være aktuell å bruke med antall ansatte slik oppgaven definerer det i kapittel 3.2.2. Gjennomsnittsverdi vil kunne gi en indikasjon på hvor mye fasade kategorien trenger, og kunne være en del av verktøyet studien ønsker å utarbeide.

5.4.5 Lærer

Verdiene presentert i figur 4-13 viser løpemeter fasade per ansatt. På samme måte som for administrasjonen, gir gjennomsnittsverdien fra de ulike volumtypene ingen tydelig sammenheng i bruk av fasade til lærerfunksjoner. Delvis *fingerstruktur* ligger under de *kompakte* volumene, mens *fingerstruktur* har mest fasade per ansatt. Den gjennomsnittlige verdien er 0,68 lm/ansatt.

Det samme som i kategorien for administrasjon gjelder her, at studien ikke holder kategoriene helt adskilt, men at de henger sammen ved at nevneren i verdien er den samme.

5.4.6 Fellesareal

I kategorien fellesareal er gjennomsnittlig verdi 0,29 løpemeter per (elev+ansatt). Det ser ut til at volumer med *fingerstruktur* får vesentlig mer fasade til denne kategorien enn *kompakte* volumer. 0,35 lm/(elev+ansatt) for fingerstruktur, og 0,25lm/(elev+ansatt) for kompakte volumer.

Tilknyttet denne kategorien med løpemeter fasade, ligger gulvareal tilknyttet areal knyttet til kategori som er omtalt i 3.2.3. Nå, senere i prosessen ser det ut til at bibliotek kunne vært ute av kategorien, og heller vært plassert i *undervisning midlertidig* eller for seg selv. Fellesareal vil sammen

med *mørk fasade* gi en verdi for hvor mye fasade arealet som er knyttet til ganger, korridorer og oppholdssoner forholder seg.

5.4.7 Teknisk

Gjennom arbeidet med oppmålingen var det tydelig at fasade brukt til kategorien teknisk ofte hadde store forskjeller. Det ble som beskrevet i metoddelen valgt å ikke inkludere tekniske anlegg på tak, og tekniske anlegg mot grunn. Tekniske installasjoner er ikke i alle tilfeller beskrevet i romprogrammet, mens andre ganger kan det være beskrevet, eller arkitekten har selv gjort et foreløpig estimat i sitt konkurranseforslag. Det er derfor knyttet stor usikkerhet til oppmålingen innen denne kategorien. Målingene som ble gjort viser imidlertid også areal knyttet til wc, trappesjakter, heis og andre funksjoner som ikke trenger eller har dagslys.

Ved å se til figur 4-2, 4-3, 4-4 og 4-5 kan det se ut til at volum med *fingerstruktur* bruker noe mer fasade til teknisk, på en annen side har også volumtypene mer fasade generelt (figur 4-1).

Gjennomsnittlig verdi for teknisk er som beskrevet i figur 4-14. 0,30 lm/(elev+ansatt) og verdien vil kunne gi et grovt estimat på hvor mye fasade går til trappesjakter, heiser, wc og lignende, men ikke til teknisk anlegg til for eksempel ventilasjon og rom av større karakter.

5.5 Referanseprosjekt – Rykkinn skole

Rykkinn skole er som beskrevet i 3.2.4 et skolebygg med kjente og gode dagslyskvaliteter. Prosjektet hadde dagslys med i målbeskrivelsen av prosjektbeskrivelsen. Ved at prosjektet har gjennomgått samme metode som alle prosjektene ved studien, vil resultatene kunne være en pekepinn på hvilke verdier som er lave eller høye. I tabell 4-1 ser vi at den totale omkretsen av Rykkinn skole er hele 40% høyere enn gjennomsnittet. Volumet har fingerstruktur, og kan også karakteriseres som smalt sammenlignet med andre prosjekter studien. Rykkinn skole er også det prosjektet som har færrest kvadratmeter per elev. 7 m²/elev sammenlignet med gjennomsnittet i studien på 10,5m²/elev. Selv om studien ikke trekker frem bruttoareal til prosjektene, kan det se ut til at Rykkinn både er effektiv utnyttet med få kvadratmeter pr. elev, samtidig som prosjektet har nok fasade til å gi gode dagslysforhold. Prosjektet har også passivhusstandard (se punkt 3.2.4).

ei

5.6 Oppsummering og brukbarhet av resultater

Fra resultatene og diskusjonen ser det ut til at noen tendenser fra studien er til stede. Kategoriene som har mer areal, og mer fasade ser ut til å gi bedre resultater enn kategoriene med få. Total omkrets av de målte prosjektene i studien vil likevel være godt målbare, slik at summen av alle

kategoriene gir et godt bilde på hvordan prosjektet, og dermed resultatene blir. Alle målte kategorier vil derfor være en del av verktøyet oppgaven ønsker å finne.

Det har i arbeidet med oppgaven vært ønskelig å finne ut når i en prosess et slik verktøy kan brukes. Rykkinn skole fikk dagslys i målbeskrivelse. Ser man det i sammenheng med figur 2-2, der sammenhengen mellom tidlig avgjørelse av målsetting i prosjektet og pris, gir lavere kostnad og bedre sjanse for å lykkes med målsettingen (Samset, 2008). Det kan tyde på at når verktøyet er planlagt å bli brukt, kan være et fornuftig tidspunkt å bruke det på, slik at man vurderer volumet i forhold til dagslys tidlig. Det kan uavhengig av hvilke verdier som blir brukt, skape en bevisstgjørelse rundt volumets tilknytning til dagslys.

I arbeid med oppgaven og temaet, ses det også en sammenheng mellom metode for å regulere tomter, og eventuell bruk av verktøyet som oppgaven ønsker svar på. Har det aktuelle prosjektet for store føringer i forhold til plassering, størrelse og høyde på tomt, kan en slik vurdering være vanskelig å få til (Miljøverndepartementet, 2011).

Metoden som overordnet antar at mer fasade gir bedre dagslysforhold. Det er viktig å påpeke at løpemeter fasade gir et utgangspunkt for nødvendig omkrets av et volum, Det er ikke nødvendigvis slik, siden studien ikke sier noe om hvor mye vindu fasaden faktisk får.

5.7 Utarbeidelse av verktøyet oppgaven søker svar på

For å presentere svaret på problemstillingen, må verktøyet være enkelt og anvendelig. Det bør ikke være for avansert og "koste" for mye å bruke.

5.7.1 Forutsetninger for bruk av verktøy

I målsettingen og metoden valgt for studien, er løpemeter fasade et mål på "potensiale for vinduer". Ved bruk av verdiene i oppgaven, må man være klar over at resultatene ikke gir en absolutt dagslyskvalitet, men først og fremst et hjelpemiddel for å anslå omkrets av et volum i et volumstudie. Verdiene for de ulike kategoriene, er som beskrevet i diskusjonen over, av variabel nøyaktighet. Alle er likevel inkludert i sluttresultatet. Det får være opp til en eventuell bruker av verktøyet å vurdere i hvilken grad verdiene benyttes. Uansett vil verktøyet være et godt hjelpemiddel i arbeidet med et volum, og i arbeid med plassering av funksjoner i volumet på tidlig stadium.

Det endelig verktøyet, som er resultatet av arbeidet og svaret på problemstillingen, vil være to-delt:

Den første delen vil være verdiene presentert i tabell 4-1. Verdiene som angir lm/m^2 vil kunne være gunstig som en "første sjekk" av et aktuelt volum. Omkretsen vil gi en god indikasjon på om volumet har nok fasade til å betjene de ulike funksjonene. Det får være en vurdering fra den aktuelle arkitekten hvilke verdier, eller kvaliteter en ønsker å benytte i vurderingen. Det kan påpekes at referanseprosjektet har hele 40% mer fasade en gjennomsnittet for alle andre prosjekter i studien.

	Beskrivelse	Verdi
Kompakt volum	140 $\text{lm}/1000\text{m}^2$	0,14 lm/m^2
Delvis fingerstruktur	150 $\text{lm}/1000\text{m}^2$	0,15 lm/m^2
Fingerstruktur	170 $\text{lm}/1000\text{m}^2$	0,17 lm/m^2
Referanseprosjekt – Rykkinn skole	210 $\text{lm}/1000\text{m}^2$	0,21 lm/m^2
Gjennomsnitt alle prosjekter	150 $\text{lm}/1000\text{m}^2$	0,15 lm/m^2

Figur 5-1 Resultater av studien - Verktøy del 1

Den andre delen vil være mer spesifikk, og vil være basert på tabell 4-2, som gir gjennomsnittsverdier per kategori, og gir verdiene til formelen som følger:

$$\begin{aligned}
 \text{Total omkrets} &= Y_{\text{Mørk fasade}} + Y_{\text{Undervisning permanent}} + Y_{\text{Undervisning midlertidig}} \\
 &+ Y_{\text{Administrasjon}} + Y_{\text{Fellsareal}} + Y_{\text{Lærerareal}} + Y_{\text{teknisk}} \\
 &= (\text{elev} + \text{ansatt}) \times 0,30 + (\text{elev}) \times 0,33 + (\text{elev}) \times 0,31 \\
 &+ (\text{ansatt}) \times 0,54 + (\text{elev} + \text{ansatt}) \times 0,29 + (\text{ansatt}) \times 0,68 + (\text{elev} + \text{ansatt}) \times 0,09
 \end{aligned}$$

$Y = \text{løpemeter fasade}$

$\text{Elev} = \text{antall elever}$

$\text{Ansatt} = \text{antall ansatte}$

$\text{Elev} + \text{ansatt} = \text{antall elever} + \text{antall ansatte}$

6 KONKLUSJON

Problemstillingen i denne studien har vært som følger:

- **Kan man med et enkelt verktøy evaluere potensialet for godt dagslys i overordnede volumer av skoler?**

Resultatene fra målingene og studien gir enkle og konkrete verdier for å evaluere forhold mellom program, volum og løpemet fasade. Det kan se ut til at løpemet fasade kan være en god indikator på om et volum har tilstrekkelig fasade for å inneholde ordinære skolefunksjoner. Et enkelt tabelloppsett tydeliggjør forholdet mellom fasade til lysinnslipp, grunnflate og valgt bygningsform. Antall løpemet fasade vil variere fra 140 lm per 1000 m² for kompakte skoler til over 170 lm per 1000 m² for skoler med fingerstruktur. Det er vesentlig hvilken bygningsform som velges. Videre viser verktøyet utarbeidet i studien fordelingen av fasade for gitte kategorier. Verdiene kan være nyttige som verktøy for å planlegge et skolevolum, og plassere funksjoner tidlig i en programmeringsfase for å sikre gode dagslysforhold og læringsmiljø for elever og ansatte.

7 VIDERE ARBEID

Her presenteres noen oppsummerende tanker og forslag til videre arbeid med temaet skoleutforming, dagslys og resultatene fra denne studien.

Oppgaven har som utgangspunkt å arbeide frem et verktøy som kan brukes til å anslå dagslysforhold knyttet til et tidlig stadium i arbeidet med et prosjekt. Konklusjonen og svaret på denne oppgaven gir et verktøy som tegner et grovt bilde av behovet for dagslys. Det kunne vært interessant å arbeide videre med verktøyet, og for eksempel knytte mine data til dagslyssimulering av samme prosjekter som i studien. På den måte kunne verktøyet si noe mer konkret om hvilke dagslysforhold man får ved å velge den ene eller andre type verdi.

Bruksområdet til verktøyet er primært å teste om et aktuelt volum har tilstrekkelig omkrets. Hvis verktøyet viser seg å gi gode indikasjoner på om dagslysforholden kan bli bra, kan det være aktuelt å tenke seg at byggherre, i sin beskrivelse, har mulighet til å etterspørre gitte verdier i et konkurransegrunnlag. Det innebærer da at byggherre ønsker å fokusere på dagslys i et aktuelt prosjekt.

I studien ble det avklart at de valgte kategoriene med mest grunnflate så ut til å gi best resultater. Ved å øke datamengden i tilsvarende studie, vil man kanskje kunne se større forskjeller og sammenhenger i kategoriene som administrasjon, lærerarbeidsplasser og teknisk.

Gjennom studien ble jeg også interessert i hvordan utformingen på skolene blir som den blir. Studien går ikke i dybden på dette temaet. Det kunne være interessant å undersøke om det er energihensyn, logistikk, utforming av romprogram, byggekostand, tomtestørrelse eller andre grunner til at en gitt utforming av volum blir valgt.

8 LITTERATUR

- Bærum Kommune. (2016). *Skolebehovsanalyse 2016-2025*. Bærum: Bærum kommune.
- Borgen, K. og Donizou, K. (1999). *Programmering av byggeprosjekter - 220.010*, Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Brantenberg, B. C. (1980). *Et bedre skolemiljø : en veiledning for planlegging og bruk av videregående skoler*. Trondheim: Tapir Forlag.
- BREEAM. (2012). *Teknisk manual - BREEAM NOR* [Internett].
Tilgjengelig fra: http://ngbc.no/wp-content/uploads/2015/09/BREEAM-NOR_Norw-ver_1-1_0.pdf
[Lest 07 mai 2016].
- Buvik, K. (2009). *Grunnskolebygg - funksjoner og arealer - 342.205*, Oslo: Norsk byggforskningsinstitutt.
- Byggteknisk forskrift. (2010). §13-12 - *Forskrift om tekniske krav til byggverk*.
- Dalland, O. (2012) *Metode og oppgaveskriving for studenter*. 5. Utg. Oslo: Gyldendal norske forlag AS.
- Dibk. (2016). *Direktoratet for byggkvalitet* [Internett].
Tilgjengelig fra: <http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/?dwp=/dwp/content/tekniskekrav/13/12/>
[Lest 01 mars 2016].
- Futurebuilt. (2016). *Futurebuilt* [Internett].
Tilgjengelig fra: <http://www.futurebuilt.no/prosjektvisning?projectID=265058>
[Lest 19 april 2016].
- Graphisoft. (2016). *Graphisoft* [Internett].
Tilgjengelig fra: <http://www.graphisoft.no/archicad/oversikt/>
[Lest 08 mai 2016].
- Heschong, L., Wright, R. L. og Okura, S. (2002). Daylighting Impacts in Human Performane in School. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 2002 (31), s. 101-114.
- Holtebekk, T. (2009). *Store norske leksikon* [Internett].
Tilgjengelig fra: <https://snl.no/lysmåling>
[Lest 15 mars 2016].
- Houck, L. D. (2013). Skolelyst i mørke skoler? Dagslysets kår i skolekonkurranser. *Arkitektur N*, 2013 (2), s. 16-27.
- Kirkhus, A. (2012). *Lover og regler for bygge- og anleggsnæringen - 240.005*, Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

- Miljøverndepartementet. (2011). *Veileder: Reguleringsplan - utarbeiding etter plan og bygningsloven* [Internett]. Tilgjengelig fra:
<https://www.regjeringen.no/contentassets/0f066ff0c1b84446bc7a886402dca611/t-1490.pdf>
[Lest 01 mai 2016].
- Nersveen, J. (2001a). *Dagslys - Egenskaper og betydning - 421.602*, Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Nersveen, J. (2001b). *Dagslys - Metoder for distribusjon av dagslys i bygninger - 421.621*, Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Nersveen, J. (2004a). *Beregning av gjennomsnittlig dagslysfaktor og glassareal - 421.626*, Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Nersveen, J. (2004b). *Dagslysinfall og sparepotensiale for belysningsenergi - 421.625*, Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Neufert, E. og Neufert, P. (2012). *Neufert - Architects' Data*. 4. Utg. West Sussex: Wiley-Blackwell.
- Nicklas, M. H. og Bailey, B. G. (1996). *Student Performance in Daylit Schools*, North Carolina: Innovative Design.
- Samset, K. (2008). *Prosjekt i tidligfasen*. 1. Utg. Trondheim: Tapir Akademiske forlag.
- Sternvang, S. og Rauan, N. B. (2014). *Notat - dagslysberegninger - Rykkinn skole*. Oslo: Multiconsult.
- Utdanningsdirektoratet. (2015). *Skoleporten*. [Internett]
Tilgjengelig fra: skoleporten.udir.no
[Lest 01 04 2016].

9 VEDLEGG

9.1 Vedlegg A

Tabell 9-1 - Samletabell for oppmålte løpemeter med fasade

Skole	Referanse	Arkitekt/forslag	Utforming volum	Overlys	Trinn	Elevantall	Ansatte	Etasjer	Mark fasade	Undervisning permanent	Undervisning midlertidig	Administrasjon	Fellesareal	Lærer	Teknisk	SUM
Hokksund	1.1	icon	Kompakt	Nei	8.-10.	324	59	3	107	84	69	32	76	39	11	419
Hokksund	1.2	dynamo	Kompakt	Nei	8.-10.	324	59	3	208	63	66	31	123	18	6	516
Hokksund	1.3	adhokk	Kompakt	Fellesareal	8.-10.	324	59	3	213	78	82	30	55	39	27	524
Hokksund	1.4	pure core	Kompakt	Fellesareal	8.-10.	324	59	3	106	92	127	49	112	14	8	508
Hokksund	1.5	urban spire	Kompakt	Fellesareal	8.-10.	324	59	2	191	91	105	55	85	21	21	569
Hegg	2.1	mellom bakkar og berg	Fingerstruktur, delvis	Fellesareal	1.-7.	445	59	2	134	192	144	27	138	14	11	658
Hegg	2.2	vekst	Fingerstruktur, delvis	Fellesareal	1.-7.	445	59	3	162	197	68	24	146	48	45	689
Hegg	2.3	inspire	Kompakt	Fellesareal	1.-7.	445	59	3	140	209	80	20	117	41	22	628
Spongdalen	3.5	madsovsveen	Fingerstruktur	Nei	1.-10.	366	58	3	158	126	73	23	182	40	72	674
Spongdalen	3.6	asplan	Kompakt	Fellesareal	1.-10.	366	58	3	65	127	91	45	143	26	10	506
Spongdalen	3.7	hus	Kompakt	Fellesareal	1.-10.	366	58	3	101	117	84	26	210	39	32	610
Spongdalen	3.8	henn.larsen ark	Kompakt	Fellesareal	1.-10.	366	58	3	163	137	97	30	118	38	15	598
Åsly skole	4.5	pir2	Fingerstruktur	Fellesareal	1.-10.	398	73	2	115	181	183	29	177	28	24	737
Åsly skole	4.6	lett	Fingerstruktur	Nei	1.-10.	398	73	2	99	175	143	33	127	59	20	656
Åsly skole	4.7	eggen	Fingerstruktur	Nei	1.-10.	398	73	3	76	176	172	30	181	41	48	724
Åsly skole	4.8	teknobygg	Fingerstruktur, delvis	Nei	1.-10.	398	73	3	112	139	129	36	123	39	36	615
Hatlane	5.1	parallel	Fingerstruktur	Fellesareal	1.-10.	474	86	2	214	144	86	42	149	51	75	760
Hatlane	5.2	penn saks papir	Fingerstruktur	Nei	1.-10.	474	86	2	353	152	163	34	451	57	145	1357
Hatlane	5.3	skolelys	Fingerstruktur	Fellesareal	1.-10.	474	86	2	149	130	154	40	136	41	43	692
Hatlane	5.4	nørv med nerve	Fingerstruktur, delvis	Nei	1.-10.	474	86	2	229	172	64	37	89	68	62	720
Hatlane	5.5	alligator	Fingerstruktur, delvis	Felles+undervisning	1.-10.	474	86	2	159	100	226	38	246	15	29	813
Bråtejordet	6.1	ung og låvende	Fingerstruktur	Fellesareal	8.-10.	323	40	3	68	157	123	41	97	22	78	585
Bråtejordet	6.2	rammer og nivåer	Fingerstruktur, delvis	Felles+undervisning	8.-10.	323	40	2	64	138	165	22	104	30	29	551
Bråtejordet	6.3	innsikt utsikt	Kompakt	Fellesareal	8.-10.	323	40	3	174	115	146	35	88	46	97	700
Bråtejordet	6.4	løperen	Kompakt	Fellesareal	8.-10.	323	40	3	175	144	112	26	83	58	26	624
Åmot skule	7.1	i åmot	Fingerstruktur	Nei	5.-10.	168	40	2	66	51	85	16	93	40	44	395
Åmot skule	7.2	krona på verket	Fingerstruktur, delvis	Nei	5.-10.	168	40	2	60	59	65	22	58	28	25	316
Åmot skule	7.3	loft	Kompakt	Nei	5.-10.	168	40	2	33	50	78	13	52	7	30	263
Åmot skule	7.4	midtstua	Kompakt	Fellesareal	5.-10.	168	40	2	38	47	71	26	73	26	20	301
Åmot skule	7.5	skoghuset	Kompakt	Fellesareal	5.-10.	168	40	2	52	56	82	22	46	26	7	291
Åsveien	8.1	favntak	Fingerstruktur	Nei	1.-7.	556	80	4	344	233	130	36	176	58	63	1041
Åsveien	8.2	pythagoras	Fingerstruktur, delvis	Nei	1.-7.	556	80	4	303	246	75	39	243	49	36	991
Åsveien	8.3	favn	Fingerstruktur, delvis	Nei	1.-7.	556	80	4	269	85	122	57	81	83	76	773
Levanger	9.1	nye horisonter	Fingerstruktur	Nei	8.-10.	437	75	2	108	152	114	57	133	42	61	666
Levanger	9.2	gi meg en l	Fingerstruktur, delvis	Fellesareal	8.-10.	437	75	2	62	126	126	26	147	47	104	638
Levanger	9.3	hurra	Kompakt	Fellesareal	8.-10.	437	75	3	227	146	97	46	80	53	0	648
Levanger	9.4	jatakk	Kompakt	Fellesareal	8.-10.	437	75	2	106	97	142	48	111	44	34	581
Levanger	9.5	kryss	Kompakt	Fellesareal	8.-10.	437	75	2	119	159	86	31	113	48	11	566
Kongsvinger	10.1	dopper	Fingerstruktur	Fellesareal	8.-10.	720	80	2	145	199	189	44	227	58	38	899
Kongsvinger	10.2	inspirasjon	Fingerstruktur	Fellesareal	8.-10.	720	70	3	218	193	220	32	211	55	55	985
Kongsvinger	10.3	kunnskapsbastion	Fingerstruktur	Fellesareal	8.-10.	720	70	3	182	213	379	46	231	75	60	1187
Kongsvinger	10.4	kunnskapshjertet	Kompakt	Felles+undervisning	8.-10.	720	70	2	72	198	108	39	103	70	18	608
Kongsvinger	10.5	livet	Kompakt	Fellesareal	8.-10.	720	70	3	135	198	132	29	150	52	11	707
Rykkinn skole	11.1	lille frøen	Fingerstruktur	Nei	1.-7.	630	45	3	149	203	140	42,3	208	69,2	105	917

Tabell 9-2 - Samletabell for programmert areal i NTA m²

Skole	Undervisningsareal permanent	Undervisning midlertidig	Administrasjon	Fellesareal	Lærer	Teknisk	Sum skole
Hokksund ungdomsskole	830	1216	248	800	299	668	4061
Hegg barneskole	1365	1504	123	740	450	295	4477
Spongdaalen skole	1116	1141	207	1406	310	651	4831
Åsly skole (Rissa)	1280	1074	192	1048	430	445	4469
Hatlane	2084	1091	202	678	650	341	5046
Bråtejordet	1050	1305	210	975	360	135	4035
Åmot skule	390	450	65	280	190	145	1520
Åsveien skole	1795	1598	315	995	538	764	6005
Levanger ungdomsskole	1300	1670	455	136	373	331	4265
Kongsvinger	2460	1505	350	1110	500	180	6105
REFERANSEPROSJEKT	-	-	-	-	-	-	-
Rykkinn skole	1404	1173	185	865	374	408	4409

9.2 Vedlegg B

Eksempel på romprogram, og gjennomgang av dette.

BRÅTEJORDET

part

Netto areal:
 $4635 - (400 + 200) = 4035$
 oppsett
 med gavn. anlegg

AREALOVERSIKT	PROGRAM		LØPER
	PROGRAM DELSUM	PROGRAM SUM	
FUNKSJON		1 575	
ELEVAREAL			1 643
Klasserom: 15 x 70	1 050		1 229
Grupperom: 15 x 20	300		298
Ekevgarderobe og toiletter	225		116
SPELALROM		1 805	
Bibliotek/medierom/lager	200		200
Forming, Tre tekstil-Regning-keramikk	240		246
Musikk m øvingsrom og lager	110		110
IKT-rom -medierom- IKT-verksted	160		160
Audiorie	160		160
Naturfag, forberedelse og lager	220		211
Heimkunnskap	115		110
Kroppøving	400		400
Gard/dus/toal./app.rom	200		204
PERSONALAREAL		520	
Personalrom inkl kjøkken, gard, WC duss	160		172
Kontorarb.plasser m møterom	360		346
ADMINISTRASJON		230	
Rektor	0	20	20
Forkontor	0	20	20
Inspektør	0	30	30
Hvilerom	0	10	10
Sosialerier	0	15	15
Rådgiver	0	15	15
Møterom	0	60	60
Kopierom	X	10	10
Lager	X	50	50
TEKNISKE ROM MM		45	
Vaktmester / tilsynsvakt	0	15	15
Vaktmester verksted /lager	X	30	30
Drift, hels, bertekott, renhold mm			59
Drift, ventilasjon			354
SAMBRUKSAREAL		460	
Samlingssal m kjøkken /gard/toal/duss	340		606
Kjølerom	X	10	5
Vestibyle	X	50	100
HC WC	X	5	5
Stollager	X	30	30
Skolehelsetjenesten	0	25	25
SUM NETTOAREAL		4 635	
PROSJEKTERT BRUTTOAREAL			5 419
BIN-FAKTOR (Prosjektert brutto/ programmert nett)		1,44	6 687
AREALOVERSIKT BRUTTOAREAL			
ETASJE	LØPER		
Plan 0		2 424	
Plan 1		1 784	
Plan 2		2 479	
SUM BRUTTOAREAL		6 687	

motto: **LØPEREN**

Figur 9-1 Scannet romprogram fra Bråtejor det skole

9.3 Vedlegg C

Regneeksempel *undervisning permanent*:

(Eksempelet er basert på verdier fra figur 4-9)

Kompakt volum: 30 elever x 0,31 lm = 9,3 lm

Fingerstruktur: 30 elever x 0,35 lm = 10,5 lm

Differanse: 10,5 lm – 9,3 lm = 1,2 lm

Regneeksempel *undervisning midlertidig*:

(Eksempelet er basert på verdier fra figur 4-10)

Verdi fingerstruktur – verdi kompakt volum = 0,33 lm/elev – 0,29 lm/elev = 0,04 lm/elev

500 elever x 0,04 lm/elev = 20 lm



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway