



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2019 30 stp
Fakultetet for realfag og teknologi

Solskjerming og dagslys i skolebygg – en sammenligningsstudie

Sun Shielding and Daylight in School Buildings
– a Comparative Study

Ingvild Sønsteby Moe
Byggeteknikk og arkitektur

FORORD

Denne masteroppgaven marker slutten på et femårig studieløp i Byggeteknikk og arkitektur ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven er skrevet ved fakultetet for realfag og teknologi, og utgjør 30 studiepoeng.

Først og fremst vil jeg rette en stor takk til rektor ved Bjørlien skole, Hilde Elisabeth Mytting, som har latt meg utføre dagslysmålinger ved skolen. Jeg vil også trekke frem lærere og andre ansatte ved Bjørlien som har vist stor forståelse og vært positive til arbeidet mitt. Videre vil jeg takke min veileder, Martin Ebert, for muligheten til å skrive om et spennende tema, og for all hjelp og veiledning gjennom hele semesteret.

En stor takk til venner og familie for korrekturlesing og støtte gjennom studietiden. Og aller sist, tusen takk til alle medstudenter. Dere har gjort de fem årene på Ås helt fantastiske!

Ås, 10. mai 2019

Ingvild Sønsteby Moe

SAMMENDRAG

Denne masteroppgaven tar for seg dagslysforhold i skolebygg med ulik type solskjerming. Dagslys er en viktig faktor som påvirker blant annet helse, trivsel og elevenes progresjon i skolen. Flere omfattende studier bekrefter dette. I en tidligere masteroppgave ble dagslysforholdene på Siggerud skole, en skole med bevegelige screens, undersøkt. Resultatene viste at dagslyskravene ikke var tilfredsstillt når bevegelige screens var nede. Fordi denne type solskjerming også er vanskelig å styre for brukeren, har det vært ønskelig å undersøke en skole med fast solskjerming, for å finne ut om det vil være et bedre valg i fremtidige prosjekter.

For å undersøke dette ble det valgt å gjennomføre en sammenligningsstudie av dagslysforholdene på Siggerud skole, og en annen skole med fast solskjerming. Bjørlien skole ble valgt som case i denne oppgaven, først og fremst på grunn av den faste solskjermingen. For å kartlegge dagslysforholdene ble det gjennomført en rekke dagslysmålinger i fire ulike klasserom. To av disse ble ansett som sammenlignbare med to av klasserommene som ble undersøkt på Siggerud. Videre ble disse klasserommene vurdert opp mot hverandre, og ulikheter og sammenhenger ble kartlagt. I tillegg ble det sett på om kravet om gjennomsnittlig dagslysfaktor (DF) på 2% er oppfylt, om 10%-regelen er innfridd, samt om SINTEF sine anbefalte verdier er tilfredsstillt.

Resultatene i oppgaven viser at gjennomsnittlig DF i samtlige av de undersøkte klasserommene på Bjørlien skole er godt innenfor kravet. Selv om dette kravet er tilfredsstillt er derimot belysningsstyrken på flere av pultene lavere enn anbefalt. Særlig i nord-østvendt klasserom var dette tydelig. På Siggerud skole ble samme fenomen kartlagt i enkelte klasserom, bare motsatt. Her ble kravet om DF sjeldent oppfylt, mens lux-verdiene ofte var innenfor anbefalingene til SINTEF. En mulig grunn for dette kan være himmelretningen klasserommet er vendt mot, eller ulik refleksjon fra både terrenget rundt skolen og møblement inne i klasserommene. Resultatene ga heller ikke et entydig svar på om fast solskjerming bør velges over screens i fremtidige prosjekter. Men det skal sies at Bjørlien har mer stabilt gode forhold, enn Siggerud. Brukergrensesnitt for solskjermingen på Bjørlien skole er også betraktelig bedre enn solskjermingen på Siggerud. Dette er argumenter som taler for løsningen som er valgt på Bjørlien skole.

ABSTRACT

This master thesis reviews daylight conditions in schools with different types of sun shielding. Daylight affects several factors in a student's everyday life. This includes both the student's health and well-being as well as their general progression in school. Several comprehensive studies confirm this. A former master thesis presented the daylight conditions at Siggerud School, a school with mechanical screens. The results showed that the requirements were not satisfied, when sunscreens were deployed. As this type of sun shielding also can be difficult to control, it was desirable to examine a school with fixed sun shielding, to find if one of the two is a better choice in future projects.

To examine this, a study has been done to compare the daylight conditions at Siggerud School with the conditions at another school that in contrast to Siggerud, has fixed sun shielding. The second school, Bjørlien School, was chosen as a case-study in this thesis, primarily because of the fixed sun shielding. To map out the daylight conditions, a number of measurements were carried out in four different classrooms. Furthermore, two of these were considered comparable with two of the classrooms that were examined at Siggerud. These classrooms are evaluated and compared to each other. In addition, the requirements of an average daylight factor (DF) of 2% has been evaluated, as well as the 10%-rule, and at last if SINTEF's recommended illuminance levels are fulfilled.

The results show that the average DF, in all the four classrooms considered at Bjørlien School, were satisfied. However, the recommended illuminance levels were too low on several desks. This was particularly evident in the classroom facing north-east. The opposite phenomena were found at Siggerud School. The requirements of average DF were rarely fulfilled in any classrooms. On the opposite hand, the recommended illuminance levels in the same classrooms, were satisfied. A possible reason for this, may be the orientation of the classroom, or a changing reflection from both the terrain around the schools, and the furniture inside the classrooms. The results did not give an unambiguous answer to whether fixed sun shielding should be chosen over screens in future projects. However, the daylight conditions at Bjørlien are more stable than at Siggerud. Also, the user interface for the sun shielding at Bjørlien is considerably better than the sun shielding at Siggerud. These are both arguments in favor of the solution chosen at Bjørlien.

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD.....	I
SAMMENDRAG	III
ABSTRACT.....	V
INNHOLDSFORTEGNELSE	VII
FIGURLISTE	XI
TABELLISTE	XII
1 INNLEDNING	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven.....	1
1.2 Problemstilling.....	1
1.3 Avgrensning	2
1.4 Forkortelser	2
1.5 Oppgavens struktur	2
2 TEORI.....	3
2.1 Litteratursøk	3
2.2 Utforming av klasserom	3
2.3 Læringsmiljø i skolen.....	3
2.3.1 Fysisk miljø	3
2.3.2 Psykososialt miljø.....	4
2.4 Dagslys.....	5
2.4.1 Hva er dagslys?	5
2.4.2 Dagslysfaktor	5

2.4.3	Dagslysets påvirkning på menneskets helse og elevers læringsmiljø.....	7
2.5	Krav til dagslys og utsyn.....	9
2.5.1	Forskrift om krav til byggverk (Byggteknisk forskrift).....	9
2.5.2	Direktoratet for byggkvalitet (DIBK).....	9
2.5.3	SINTEF Byggforsk.....	10
2.6	Teori om skolebyggene	11
2.6.1	Bjørlien skole	11
2.6.2	Solforhold, Bjørlien skole.....	12
2.6.3	Siggerud skole.....	12
2.7	Solskjerming	12
2.7.1	Fast solskjerming.....	13
2.7.2	Utvendige duker – screens	13
3	METODE	15
3.1	Kvalitativ og kvantitativ metode	15
3.2	Valgt metode	15
3.3	Valgt skolebygg: Bjørlien skole, Vestby	16
3.4	Klasserom	16
3.4.1	Øst.....	16
3.4.2	Sør	17
3.4.3	Nord-øst	17
3.4.4	Sør-vest	18
3.5	Solskjerming og vinduer.....	18
3.5.1	Vinduer, Bjørlien skole	18
3.5.2	Utvendig solskjerming, Bjørlien skole	19
3.5.3	Innvendig solskjerming, Bjørlien skole	19
3.5.4	Solskjerming og vinduer, Siggerud skole	20
3.6	Lysmålinger.....	20
3.7	Dagslyssimulering	22
3.8	Validitet og reliabilitet	22

4	RESULTATER.....	25
4.1	Dagslyssimuleringer.....	25
4.1.1	Øst.....	25
4.1.2	Sør.....	26
4.1.3	Nord-øst.....	27
4.1.4	Sør-vest.....	28
4.2	Dagslysmålinger.....	29
4.2.1	Øst.....	29
4.2.2	Sør.....	30
4.2.3	Nord-øst.....	31
4.2.4	Sør-vest.....	32
4.3	Korrigert dagslysfaktor.....	33
4.3.1	Øst.....	33
4.3.2	Sør.....	33
4.3.3	Nord-øst.....	34
4.3.4	Sør-vest.....	34
4.4	10%-regelen.....	35
4.4.1	Øst.....	35
4.4.2	Sør.....	35
4.4.3	Nord-øst.....	35
4.4.4	Sør-vest.....	35
4.5	Sammenligning: Klasserom på Bjørlien skole.....	36
4.6	Sammenligning: Klasserom på Siggerud skole og Bjørlien skole.....	37
4.6.1	Øst.....	38
4.6.2	Sør.....	40
5	DISKUSJON.....	43
5.1	Innsamling av data og metodevalg.....	43
5.2	Dagslysmålinger.....	45
5.2.1	Værforhold.....	45
5.2.2	Øst.....	46
5.2.3	Sør.....	46

5.2.4	Nord-øst	47
5.2.5	Sør-vest	48
5.2.6	Sammenligning: Klasserom på Bjørlien skole	49
5.3	Sammenligning: Klasserom på Siggerud skole og Bjørlien skole	49
5.3.1	Øst.....	49
5.3.2	Sør	50
5.3.3	Oppsummering: Screens eller fast solskjerming?	52
5.4	Krav og anbefalinger	52
6	KONKLUSJON	55
6.1	Veien videre.....	56
7	REFERANSELISTE	57
8	VEDLEGG	61

FIGURLISTE

FIGUR 1: DAGSLYSFAKTOR - PRINSIPP. ILLUSTRERT ETTER MATUSIAK OG NIELSEN (2014).	5
FIGUR 2: ANBEFALT BELYSNINGSSTYRKE I ULIKE ARBEIDSSITUASJONER (SINTEF BYGGFORSK, 1997).....	10
FIGUR 3: SITUASJONSPLAN (LINK ARKITEKTUR).....	11
FIGUR 4: SKYGGEDIAGRAM KL. 10 OG KL. 13.....	12
FIGUR 5: PLASSERING AV ØSTVENDT KLASSEROM (LINK ARKITEKTUR).	16
FIGUR 6: PLASSERING AV SØRVENDT KLASSEROM (LINK ARKITEKTUR).	17
FIGUR 7: PLASSERING AV NORD-ØSTVENDT KLASSESOM (LINK ARKITEKTUR).	17
FIGUR 8: PLASSERING AV SØR-VESTVENDT KLASSEROM (LINK ARKITEKTUR).....	18
FIGUR 9: VINDUER, BJØRLIEN SKOLE. FOTO: INGVILD SØNSTEBY MOE.	19
FIGUR 10: FAST SOLSKJERMING, BJØRLIEN SKOLE. FOTO: INGVILD SØNSTEBY MOE.....	19
FIGUR 11: INNVENDIG SOLSKJERMING, BJØRLIEN SKOLE. FOTO: INGVILD SØNSTEBY MOE.	20
FIGUR 12: KONICA MINOLTA T-10A. FOTO: INGVILD SØNSTEBY MOE.	21
FIGUR 13: LYSMÅLING. FOTO: INGVILD SØNSTEBY MOE.....	21
FIGUR 14: SIMULERT DAGSLYSFAKTOR FOR ØSTVENDT KLASSEROM.....	25
FIGUR 15: SIMULERT DAGSLYSFAKTOR FOR SØRVENDT KLASSEROM VENDT.	26
FIGUR 16: SIMULERT DAGSLYSFAKTOR FOR NORD-ØSTVENDT KLASSEROM.	27
FIGUR 17: SIMULERT DAGSLYSFAKTOR FOR SØR-VESTVENDT KLASSEROM.....	28
FIGUR 18: DAGSLYSMÅLINGER UTFØRT I ØSTVENDT KLASSEROM KL. 10.	29
FIGUR 19: DAGSLYSMÅLINGER UTFØRT I ØSTVENDT KLASSEROM KL. 13.	29
FIGUR 20: DAGSLYSMÅLINGER UTFØRT I SØRVENDT KLASSEROM KL. 10.....	30
FIGUR 21: DAGSLYSMÅLINGER UTFØRT I SØRVENDT KLASSEROM KL. 13.....	30
FIGUR 22: DAGSLYSMÅLINGER UTFØRT I NORD-ØSTVENDT KLASSEROM KL. 10.....	31
FIGUR 23: DAGSLYSMÅLINGER UTFØRT I NORD-ØSTVENDTE KLASSEROM KL. 13.....	31
FIGUR 24: DAGSLYSMÅLINGER UTFØRT I SØR-VESTVENDT KLASSEROM KL. 10.	32
FIGUR 25: DAGSLYSMÅLINGER UTFØRT I SØR-VESTVENDT KLASSEROM KL. 13.	32
FIGUR 26: KORRIGERT GJENNOMSNIITTLIG DF FOR KLASSEROM VENDT MOT ØST.....	33
FIGUR 27: KORRIGERT GJENNOMSNIITTLIG DF FOR KLASSEROM VENDT MOT SØR.....	33
FIGUR 28: KORRIGERT GJENNOMSNIITTLIG DF FOR KLASSEROM VENDT MOT NORD-ØST.	34
FIGUR 29: KORRIGERT GJENNOMSNIITTLIG DF FOR KLASSEROM VENDT MOT SØR-VEST.....	34
FIGUR 30: MÅLINGER FRA ALLE KLASSEROM KL. 10.....	36
FIGUR 31: MÅLINGER FRA ALLE KLASSEROM KL. 13.....	36
FIGUR 32: DAGSLYSMÅLINGER - ØSTVENDTE KLASSEROM KL. 10.	38
FIGUR 33: DAGSLYSMÅLINGER - ØSTVENDTE KLASSEROM KL. 13.	38
FIGUR 34: MÅLT INNVENDIG LUX – ØST.....	39
FIGUR 35: GJENNOMSNIITTLIG DF – ØST.....	39
FIGUR 36: DAGSLYSMÅLINGER - SØRVENDTE KLASSEROM KL. 10.....	40
FIGUR 37: DAGSLYSMÅLINGER - SØRVENDTE KLASSEROM KL. 13.....	40

FIGUR 38: MÅLT INNVENDIG LUX – SØR.....	41
FIGUR 39: GJENNOMSNIITTLIG DF – SØR.....	41
FIGUR 40: ILLUSTRASJON AV PUNKTMÅLINGENE UTFØRT I VRIDD KLASSEROM (T.V.) OG TRADISJONELT KLASSEROM (T.H.) (EGEN FIGUR).....	53

TABELLISTE

TABELL 1: OPPGAVENS STRUKTUR.....	2
TABELL 2: EGENSKAPER VINDUER.....	19
TABELL 3: UTREGNING AV KORRELASJONSFAKTOR FOR KLASSEROM VENDT MOT ØST.....	25
TABELL 4: UTREGNING AV KORRELASJONSFAKTOR FOR KLASSEROM VENDT MOT SØR.....	26
TABELL 5: UTREGNING AV KORRELASJONSFAKTOR FOR KLASSEROM VENDT MOT NORD-ØST.....	27
TABELL 6: UTREGNING AV KORRELASJONSFAKTOR FOR KLASSEROM VENDT MOT SØR-VEST.....	28
TABELL 7: FORHOLD MELLOM BRA OG VINDUSAREAL FOR ØSTVENDT KLASSEROM.....	35
TABELL 8: FORHOLD MELLOM BRA OG VINDUSAREAL FOR SØRVENDT KLASSEROM.....	35
TABELL 9: FORHOLD MELLOM BRA OG VINDUSAREAL, NORD-ØSTVENDT KLASSEROM.....	35
TABELL 10: FORHOLD MELLOM BRA OG VINDUSAREAL, SØR-VESTVENDT KLASSEROM.....	35
TABELL 11: OPPSUMMERING AV KRAV OG ANBEFALINGER.....	37

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Det stilles krav til tilstrekkelig dagslys i alle rom for varig opphold. Samtidig skal det være solskjerming foran alle vinduer direkte utsatt for sollys, for å sikre termisk komfort og hindre uønsket blanding. Det er viktig å finne en balanse mellom disse faktorene, slik at dagslyskravet blir ivarettatt uten å gå på bekostning av komfort.

Det er gjennom flere omfattende studier blitt kjent at dagslys påvirker menneskelig adferd, trivsel, helse og læringsevner. Videre hevder Houck (2012) i en rapport at dagens strenge energikrav legger press på dagslystilgangen. Tykkere vegger, 3-lags glass i vinduer og utenpåliggende solskjerming blir blant annet benyttet for å tilfredsstillere energikravene. Disse tiltakene fører ikke bare med seg gode energirammer for bygningen, men ofte også mindre innslipp av dagslys.

I en tidligere masteroppgave, av Fredrik Andersen (2018), kom det frem at dagslyskravet på Siggerud skole ikke var tilfredsstillt da den bevegelig solskjermingen var nede. Dette er særlig et problem fordi denne typen solskjerming er vanskelig å styre for brukeren. Dette kan gå utover både elevenes læring, helse og trivsel. På grunnlag av dette var det ønskelig å undersøke dagslysforholdene på en skole med fast solskjerming, samt kartlegge om det er fordelaktig å velge en slik løsning, fremfor den bevegelig solskjerming som finnes på Siggerud skole.

1.2 Problemstilling

Denne masteroppgaven er en sammenligningsstudie av dagslysforhold på skoler med ulik type solskjerming. Dagslysforhold på en skole med fast solskjerming vil bli kartlagt, samt sammenlignet med tidligere resultater fra en annen skole med bevegelige screens som solskjerming.

For å konkretisere sammenligningsstudien er det ønskelig å besvare følgende forskningsspørsmål:

- Er forskriftskravet for dagslys (2% gjennomsnittlig DF) tilfredsstillt på Bjørlien skole?
- Hvilke sammenhenger og ulikheter er det mellom dagslysforholdene på Bjørlien skole og Siggerud skole?
- Bør fast solskjerming velges fremfor bevegelige screens i fremtidige prosjekter?

1.3 Avgrensning

For at oppgavens problemstilling skal kunne besvares på best mulig måte, innenfor den tidsbegrensede perioden januar-mai 2019, er det blitt gjort enkelte avgrensinger. Det er valgt å undersøke dagslysforhold på *en* barneskole. Det er også valgt å redegjøre for dagslysforholdene ved å gjennomføre kvantitative dagslysmålinger, heller enn å se på faktorer som angår elevenes helse og trivsel i forhold til dagslys.

1.4 Forkortelser

BIM – bygningsinformasjonsmodell

BRA – bruksareal

DF – dagslysfaktor

DIBK – direktoratet for byggkvalitet

DVIZ – Velux Daylight Visualizer

LT – lystransmisjon

RF – relativ fuktighet

TEK – teknisk forskrift

UU – universell utforming

1.5 Oppgavens struktur

En oversikt over oppgavens struktur blir presentert i tabell 1.

Tabell 1: Oppgavens struktur.

Kapittel	Tittel	Innhold
1	Innledning	Kapittel 1 gir en oversikt over oppgavens innhold og bakgrunn. Problemstillingen og forskningsspørsmålene blir presentert, og oppgavens avgrensninger blir forklart.
2	Teori	I kapittel 2 redegjøres det for relevant teori knyttet til oppgavens tema og problemstilling.
3	Metode	I kapittel 3 presenteres oppgavens metode. Valgt metode begrunnes og den praktiske gjennomføringen forklares.
4	Resultater	I kapittel 4 presenteres resultatene fra dagslysmålingene utført på Bjørlien skole. Resultatene blir deretter satt opp mot tidligere resultater fra Siggerud skole.
5	Diskusjon	I kapittel 5 diskuteres resultatene, og dagslysforholdene på de to skolene blir sammenlignet. Kvaliteten på innsamlet data vil også bli belyst i dette kapittelet.
6	Konklusjon	I kapittel 6 blir oppgaven oppsummert, og avsluttet med en konklusjon. I tillegg vil videre arbeid presenteres.

2 TEORI

2.1 Litteratursøk

For å forklare oppgavens tema og besvare de ulike forskningsspørsmålene er det blitt utført et litteratursøk. I dette underkapittelet redegjøres det for hvilke søkemotorer og nøkkelord som er tatt i bruk ved innhenting av den aktuelle teorien.

Søkemotorene Oria, Web og Science og Google Scholar er blitt flittig brukt. Disse søker alle i flere digitale databaser. Bøker, samt nettsider som BIBSYS brage, lovdata.no og SINTEF Byggforsk er også benyttet.

Nøkkelord anvendt under litteratursøket:

Dagslys, dagslys + skole, læringsmiljø + skole, solskjerming, daylight, daylight + school

2.2 Utforming av klasserom

Det *tradisjonelle klasserommet* er formet som et rektangel med vinduer langs minst en langside. Tavlen er plassert på en av kortsidene slik at læreren kan skrive med høyre hånd uten å skygge for seg selv (Houck, 2012). Med *det «vridde» klasserommet* menes klasserom som er dypere enn det er bredt, med vinduer plassert langs en av kortsidene (Houck, 2013). Det vridde klasserommet er i følge Houck (2013) en ny trend i de vinnende bidragene i arkitektkonkurranser.

2.3 Læringsmiljø i skolen

I Opplæringslova (1998) kommer det frem i § 9A-2 at alle elever har rett til et trygt og godt skolemiljø som fremmer helse, trivsel og læring. Skolemiljøet til elevene kan deles inn i fysisk- og psykososialt miljø. § 9A-7 tar for seg det fysiske miljøet, og presiserer at skolene skal planlegges, bygges, tilrettelegges og drives slik at det blir tatt hensyn til trygghet, helse, læring og trivsel. Det fysiske miljøet i skolen skal også til en hver tid samsvare med de gjeldende normene fra fagmyndighetene. I § 9A-4 stilles det krav til et trygt og godt psykososialt skolemiljø (Opplæringslova, 1998).

2.3.1 Fysisk miljø

En viktig del av elevenes læringsmiljø er skolens fysiske miljø. Med det menes hvordan skolens utforming er utført og fungerer, samt en rekke faktorer som omhandler inneklima.

Inneklima påvirker menneskets helse, trivsel og ytelse. Inneklima omfatter i hovedsak fem punkter: *temperatur, luft, lyd, lys og mekaniske forhold*. Hvordan disse faktorene oppfattes er individuelt, avhengig av blant annet aktivitetsnivå og bekledding. Det er

svært vanskelig å tilfredsstillende alle i et rom samtidig. Kvaliteten på innemiljø uttrykkes ofte som prosentandel personer som synes en innemiljøfaktor er uakseptabel. Denne prosentandelen forkortes til PPD (predicted percentage dissatisfied) (SINTEF Byggforsk, 2017a).

Byggteknisk forskrift stiller også krav til at det skal tilrettelegges for et sunt og komfortabelt innemiljø i alle rom for varig opphold i yrkesbygg (SINTEF Byggforsk, 2017a). Termisk komfort er kanskje en av de viktigste faktorene for å oppnå et godt innemiljø. I følge SINTEF Byggforsk (2017a) anbefaler byggteknisk forskrift en innetemperatur på 19-26° ved lett arbeid, mens Norges astma- og allergiforbund (2019) er noe strengere. De anbefaler at innetemperaturen ligger mellom 20 og 22°, og presiserer at minst et vindu eller en dør skal kunne åpnes ut mot det fri i et arbeidsrom.

Skolens utforming er en annen del av det fysiske miljøet. Skolens utforming omfatter både utforming av skolebygningen og uteområdet rundt skolen. For å oppnå en tilfredsstillende utforming er universell utforming (UU) en viktig faktor. I korte trekk er UU et prinsipp som skal sørge for at omgivelser er tilpasset og tilgjengelig for alle. For å gi en mer nøyaktig definisjon av begrepet siteres Miljøverndepartementet (2007):

«Universell utforming er utforming av produkter og omgivelser på en slik måte at de kan brukes av alle mennesker, i så stor utstrekning som mulig, uten behov for tilpassing og en spesiell utforming» (s. 6).

Universell utforming i skolen angår først og fremst elevene, og er kanskje spesielt viktig for elever med funksjonsnedsettelse. Skolen brukes likevel av flere enn elevene, og skal i tillegg tilrettelegges for ansatte, foresatte og andre besøkende. Det skal i følge SINTEF Byggforsk (2002) velges løsninger som gir alle de ulike brukergruppene samme muligheter. I stedet for å velge spesiell løsning tilpasset en bestemt gruppe, skal hovedløsningen i utgangspunktet være tilpasset alle brukerne (SINTEF Byggforsk, 2002).

2.3.2 Psykososialt miljø

Utdanningsdirektoratet (2010) beskriver i korte trekk det psykososiale miljøet i skolen som lærere og elevers oppførsel ovenfor hverandre. De hevder videre at elever heller ikke skal utsettes for mobbing, vold, rasisme, diskriminering eller utestengning. Elevenes opplevelse avgjør hvorvidt skolen har klart å ivareta et godt psykososialt miljø eller ikke (Utdanningsdirektoratet, 2017). Ansatte ved skolen er pliktig å ivareta og følge opp dette. Det skal være gode rutiner ved skolen som sørger for raske tiltak dersom slike situasjoner skulle oppstå (Utdanningsdirektoratet, 2010).

2.4 Dagslys

2.4.1 Hva er dagslys?

I store norske leksikon definerer Holtebekk (2017) dagslys som lyset som når jordoverflata når sola står over horisonten. Videre utdyper han at dagslys kan oppfattes i tre ulike former:

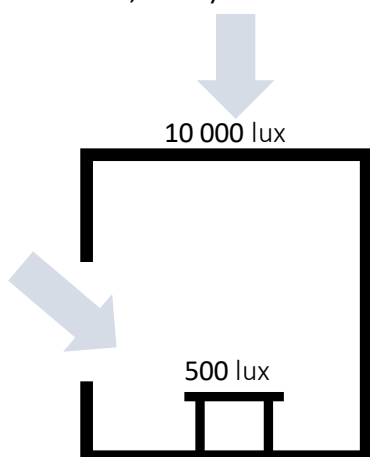
- Direkte sollys, uten noen form for hindringer
- Indirekte sollys, der lyset reflekteres via et eller flere objekt(er)
- Sollys reflektert via overskyet himmel

Illuminans eller *belysningsstyrke* forklarer hvor godt en flate er belyst, og er lysfluksen, målt i lumen (lm), dividert med flate-arealet som blir belyst (Matusiak & Nielsen, 2014). SI-enheten for illuminans er lux (lx), $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$ (Rosvold & Hofstad, 2018). Praktisk kan belysningsstyrke måles med et illuminansmeter, teoretisk kan det beregnes en dagslysfaktor ved å dividere intern belysningsstyrke på ekstern belysningsstyrke (Matusiak & Nielsen, 2014).

Et annet begrep for å beskrive lys er *lysstyrke*. Det er et mål å på hvordan lysfluksen fordeler seg ut fra lyskilden. Benevningen for lysstyrke er candela (cd). Videre brukes *luminans* til å beskrive hvor lys en flate er, og defineres som lysstyrken dividert på flatens areal, med benevningen cd/m^2 (Lyskultur, 1996).

2.4.2 Dagslysfaktor

Dagslysfaktor (DF) defineres som forholdet mellom horisontal belysningsstyrke innendørs og horisontal belysningsstyrke utendørs, og oppgis gjerne i prosent (Matusiak & Nielsen, 2014). En illustrasjon over prinsippet bak DF er vist i figur 1.



$$\text{Dagslysfaktor} = \frac{500}{10000} * 100 = 5\%$$

Figur 1: Dagslysfaktor - prinsipp. Illustrert etter Matusiak og Nielsen (2014).

I byggforskblad 421.626 forklarer SINTEF Byggforsk (2004) at DF består av tre ulike elementer:

- Diffus stråling – direkte lys fra uskjermet himmel
- Utereflektert komponent – lys reflektert av omgivelsene
- Innereflektert komponent – lys reflektert fra tak, vegger og golv

Videre hevder SINTEF Byggforsk (2004) at ved diffus stråling fra himmelen eller utereflekterte komponenter skal det korrigeres for transmisjonstap i glasset. Lystransmisjon defineres som prosentandel lys som slipper inn gjennom et vindu eller et annet distribusjonssystem for lys. Ved beregning av DF antas det vinduer av tolags energiglass med en lystransmisjon på 80%. Dersom vinduet skulle ha en annen lystransmisjon må dette korrigeres. Dette kan ses på som en begrensning eller ulempe ved metoden. Byggteknisk forskrift anbefaler å bruke et dataprogram ved gjennomføring av dagslysberegninger som går utover tidligere nevnte begrensninger (SINTEF Byggforsk, 2004).

Ofte er det den gjennomsnittlige DF som blir omtalt. Det er også gjennomsnittlig DF forskriftene stiller krav til (DIBK, 2016). Matusiak og Nielsen (2014) hevder at grunnen til at et gjennomsnittlig mål blir brukt er for å få en mer korrekt og realistisk verdi. DF lengst unna et vindu vil åpenbart være lavere enn nærmere vinduet. Å gjøre målinger på et punkt i et rom vil kun gi DF på akkurat det punktet, og vil si oss svært lite om hvordan lyset er i resten av rommet. Et gjennomsnitt av flere målinger, utført flere steder i rommet, vil derimot gi et mer beskrivende mål (Matusiak & Nielsen, 2014).

Dagslys vil også variere etter årstid, tid på døgnet og værtype. Dagslysmengden fra en klar, skyfri himmel vil være større enn fra en overskyet himmel. I følge Matusiak og Nielsen (2014) vil målinger gjort ved overskyet himmel derfor egne seg best for å sette et minimumskrav til dagslysmengde. Dersom kravet innfris ved overskyet himmel, vil det også være sannsynlig at det er oppfylt ved klar himmel (Matusiak & Nielsen, 2014).

Andre faktorer som påvirker DF er rommets refleksjonsevne. Alle rommets flater har en refleksjonsfaktor. Den sier noe om hvor mye av lyset som blir reflektert tilbake fra en belyst flate. Refleksjonsfaktoren måles i prosent, vanligvis 20-30% refleksjon fra gulv, 50% fra vegger og 70% fra tak (SINTEF Byggforsk, 2001b)

Ved måling av DF skal himmelen altså være overskyet. I Byggforskblad 421.626 anbefaler SINTEF Byggforsk (2004) at belyningsstyrke innendørs måles 0,8 meter over golv. Videre forklares det at glassareal lavere enn 0,8 meter gir et ubetydelig tilskudd til

dagslysnivået i rommet, men at det likevel kan bidra til økt romfølelse og utsyn. Utendørsmålinger skal utføres med uavskjermet horisont (SINTEF Byggforsk, 2004).

2.4.3 Dagslysets påvirkning på menneskets helse og elevers læringsmiljø

Lys, da særlig naturlig lys eller dagslys, har en betydelig påvirkning på menneskets helse, trivsel, prestasjonsevner og effektivitet i en arbeidsprosess (DIBK, 2016).

Et godt naturlig lys skaper en mental og fysisk komfort, ikke bare med tanke på synliggjøring. At det naturlige lyset endrer både styrke og farge gjennom dagen er en viktig forskjell fra elektrisk belysning (Barrett et al., 2015). SINTEF Byggforsk (1997) utdyper at grunnen for at vi mennesker trenger variasjon, skyldes at hjernen vår er svært opptatt av nyheter, og ofte undertrykker gamle kontraster. Stirrer man for eksempel lenge på samme punkt, vil synsbilde etter hvert bli mer uklart. Men selv om naturlig lys alltid skal være hovedkilden til belysning i skolen, er kunstig belysning ofte et nødvendig supplement (Barrett et al., 2015).

For mennesket er dagslys rytmeregulerende. Det er en sammenheng mellom kroppens biologiske klokke og naturens rytme, som er med og styrer års-, måneds- og døgnrytmen. Søvnhormonet melatonin er et av flere viktige hormoner i menneskekroppen som stimuleres av dagslys (SINTEF Byggforsk, 2001a). Jo mer lys mennesket utsettes for, jo mindre melatonin produserer epifysen. Fordi melatoninproduksjonen påvirkes i så stor grad av lys, vil den variere gjennom døgnet. Produksjonen vil fortsette, også på dagtid, dersom det ikke er tilstrekkelig med dagslys. En konsekvens av dette er trøtthet på dagtid, samt dårligere søvnkvalitet på natten (SINTEF Byggforsk, 2001a). Særlig vinterstid vil dette være problematisk, og mange føler på et lavere energinivå og et større søvnbehov enn normalt. Det er kun 8-9% av befolkningen som sier de ikke reagerer negativt på mørkere tider (SINTEF Byggforsk, 2001a). Dårlig eller lite søvn over tid fører gjerne med seg andre negative aspekter. Blant annet påvirker det skoleprestasjoner, hukommelse og læring i negativ retning (Dewald et al., 2010).

Flere grundige studier legger frem resultater som bekrefter at dagslys påvirker både menneskets helse og elevers progresjon i skolen:

Barrett et al. (2015) står bak HEAD-project (Holistic Evidence and Design). En omfattende britisk rapport, som gjennom lengre tid har sett på påvirkningsevnen til skolens design. I rapporten legges det frem klare bevis på at det er en sammenheng mellom skolens utforming og elevenes prestasjoner i skolen. Bevisgrunnlaget er hentet inn over et år, der totalt 3766 elever, fordelt på 153 klasserom på 27 ulike skoler, deltok. Data er hentet inn ved bruk av en ny kombinasjon av det brede SIN-systemet

(stimulering, individualisering og naturlighet) og multivariabel analyse (en analyse av virkeligheten som kan ta for seg mange variabler samtidig). Denne kombinasjonen har gjort det mulig å identifisere og isolere faktorer ved det fysiske miljøet som påvirker læringsutviklingen blant grunnskoleelever. En rekke faktorer ble vurdert i studien, både funksjoner i klasserom og de individuelle egenskapene til elevene. Naturlige faktorer som lys, temperatur og luftkvalitet viste seg å ha den største påvirkningen, med ca. 50% av påvirkningen. Stimulering, herunder kompleksitet og farge, og individualisering, eierskap og eksistens sto for ca. 25% hver. 16 % av variasjonen i læring kan forklares ved SIN-prinsippene. Ut av alle designparameterne var lys faktoren som utgjorde sterkest individuell påvirkning. Det viste seg at klasserom med vinduer vendt mot vest og øst ville få gode lysforhold med liten forekomst av blanding (Barrett et al., 2015).

En annen studie, utført av Heschong et al. (2002), identifiserte, gjennom en statistisk multivariabel regresjonsanalyse, en signifikant sammenheng mellom dagslys og menneskets adferd. Studien tar for seg tre distrikter i USA og kartlegger hvorvidt de akademiske resultatene til elevene forbedres, eller ikke, med tilgang til mer dagslys i klasserommene. Hvert distrikt hadde 6000-8000 barneskoleelever. I distriktet med best data viste studien at elevene i klasserommene med best dagslystilgang forbedret resultatene sine i matematikk med 15% og leseferdighetene med 23%, sammenlignet med elevene i klasserom med dårligst tilgang på dagslys. De to andre distriktene viser også til resultater der elever i klasserom med best tilgang til dagslys forbedret resultatene betraktelig i forhold til resterende (Heschong et al., 2002).

Govén et al. (2011) utførte undersøkelser der omgivelseslysets påvirkning på barns følelser, prestasjonsevner og trivsel ble kartlagt. I omgivelseslys inngår både kunstig og naturlig lys. Undersøkelsen ble utført ved en barneskole sør i London, der totalt 56 elever i alderen 6-9 år deltok. Alle elevene var en del av samme studieprogram. Melatoninnivået til barna var blant faktorene som ble testet. Resultatene viste, som forventet, at verdiene varierte med årstidene. Gjennom vintermånedene viste resultatene at elevene i klasserom med høyest belyningsstyrke (500 lx) hadde et lavere melatoninnivå enn elevene i klasserom med lavere belyningsstyrke (300lx). De akademiske prestasjonene pekte i samme retning. Elevene med lavt melatoninnivå, var de samme elevene som gjorde den største akademiske fremgangen (Govén et al., 2011).

2.5 Krav til dagslys og utsyn

2.5.1 Forskrift om krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)

Plan og bygningsloven (PBL) stiller krav til blant annet tilgang på dagslys. Videre er kravene regulert i Byggteknisk forskrift til PBL. Byggteknisk forskrift (TEK17) (2017) er det overordnede lovverket, og sier følgende om lys og utsyn i bygninger:

«§ 8-10 Plassering av byggverk

- (1) Byggverk skal ha god terrengmessig tilpasning ut fra hensyn til god arkitektonisk utforming, visuell kvalitet, naturgitte forutsetninger, sikkerhet, helse, miljø, tilgjengelighet, brukbarhet og energibehov.*
- (2) Byggverk skal plasseres slik at det tas hensyn til lys- og solforhold, samt lyd- og vibrasjonsforhold.*

§ 13-7 Lys (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017)

- (1) Byggverk skal ha tilfredsstillende tilgang på lys.*
- (2) Rom for varig opphold skal ha tilfredsstillende tilgang på dagslys.*
- (3) Annet ledd gjelder ikke for rom i arbeidsbygning og byggverk for publikum der den forutsatte bruken tilsier noe annet.*

§ 13-8 Utsyn

- (1) Rom for varig opphold skal ha vindu som gir tilfredsstillende utsyn.*
- (2) Første ledd gjelder ikke for rom i arbeidsbygning og byggverk for publikum der den forutsatte bruken tilsier noe annet.»*

2.5.2 Direktoratet for byggkvalitet (DIBK)

DIBK har utarbeidet preaksepterte ytelser knyttet til forskriften. Hensikten med preaksepterte ytelser er å oppfylle eller bidra til å oppfylle funksjonskrav i forskriften (DIBK, 2017).

DIBK (2016) har utarbeidet følgende preakseptert ytelse til byggteknisk forskrift (TEK10) som gjelder lys:

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

Det vil altså si at, i følge TEK10, er det to ulike måter å oppfylle minstekravet til dagslys i rom for varig opphold på:

- Minimum 2% gjennomsnittlig DF
- Minimum 10% glassareal i forhold til gulvareal

10%-regelen er enkel, men tar sjelden hensyn til at omgivelser som for eksempel trær, bebyggelse eller solskjerming kan påvirke lysets vei fra himmel og inn gjennom vinduet (Nersveen, 2004b). Kravet om gjennomsnittlig DF tar hensyn til disse faktorene, men måler likevel kun et gjennomsnitt og vil kunne avvike noe fra virkeligheten. 10%-regelen er fjernet i de nyere forskriftene (TEK17) (SINTEF Byggforsk, 2004).

2.5.3 SINTEF Byggforsk

I tillegg til loverket og de preaksepterte ytelsene har også SINTEF Byggforsk kommet med sine anbefalinger om gjennomsnittlig DF, og belysningsstyrke i blant annet ulike arbeidssituasjoner, som vist under i figur 2.

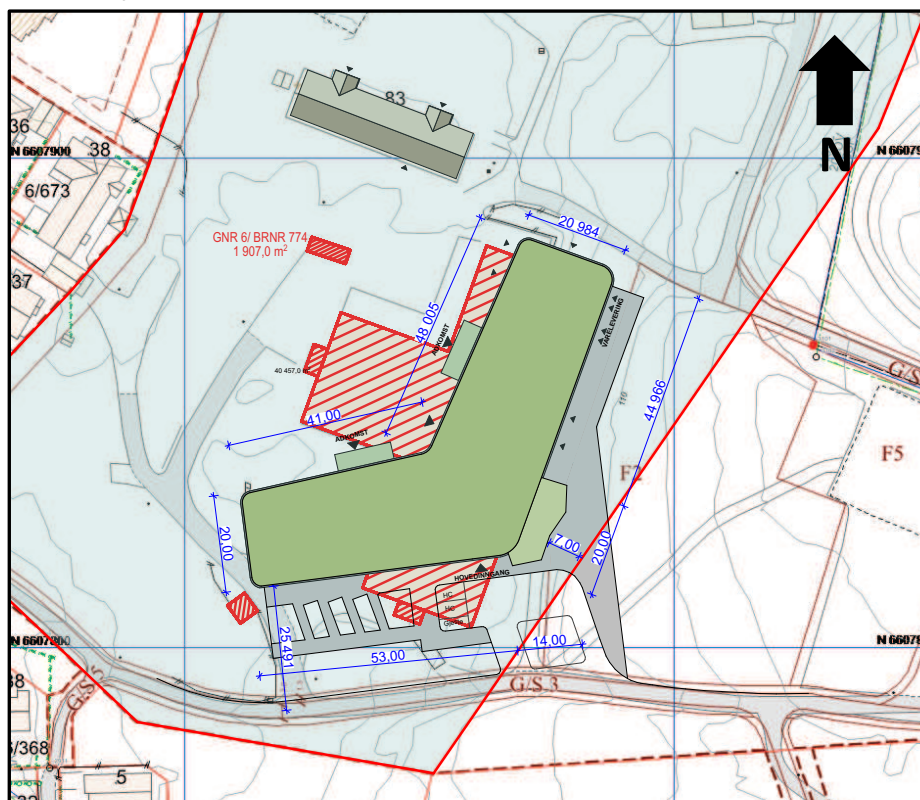
Belysningsstyrke i lux			Arbeidsoppgave
Lavt nivå	Nor-malt	Høyt nivå	
1	3	5	Utebelysning, gangtrafikk, nødlys
15	20	30	Oppbevaringsrom, inngangsparti, arbeidsplasser ute
30	50	75	Oppholdsrom uten spesiell virksomhet, allmennbelysning
50	75	100	Områder for korte tilfeldige besøk og rekreasjon, vranglearealer
75	100	150	Trafikksoner m.v. i bygninger
100	150	200	Områder som bare i kortvarige perioder benyttes til arbeidsformål (lagerlokaler, vestibyler)
150	200	300	Allmennbelysning og arealer for grovarbeid
200	300	500	Områder eller arbeidsfelt med enkle synsoppgaver (grovere verkstedsarbeid, auditorier)
300	500	750	Områder eller arbeidsfelt med normale krav til synsbetingelsene (vanlig verkstedsarbeid, kontorarbeid, enklere kontrollarbeid)
500	750	1000	Arbeidsfelt med betydelige krav til synsbetingelsene (søm, inspeksjon, testing, krevende kontrollarbeid, tegnekontor)
750	1000	1500	Arbeidsfelt med vanskelige synsoppgaver (finere verkstedsarbeid, montasjearbeid)
1000	1500	2000	Arbeidsfelt med spesielle krav til synsbetingelsene (graving, inspeksjon av svært fine arbeider)
	2000		Arbeidsfelt for svært nøyaktige synsoppgaver (montasje av elektronikkkomponenter, urmakerarbeid, kirurgiske operasjoner)

Figur 2: Anbefalt belysningsstyrke i ulike arbeidssituasjoner (SINTEF Byggforsk, 1997).

Krav til gjennomsnittlig DF er 2% i rom for varig opphold, men SINTEF Byggforsk anbefaler imidlertid at denne grensen settes til minimum 2,5%. Dersom en arbeidsplass kun skal belyses av dagslys, bør den ha en gjennomsnittlig DF på 5% (SINTEF Byggforsk, 2004). Fra figur 2 kan det også leses at anbefalt belyningsstyrke bør ligge mellom 300 og 750 lux ved «områder og arbeidsfelt med normale krav til synsbetingelser».

2.6 Teori om skolebyggene

2.6.1 Bjørlien skole



Figur 3: Situasjonsplan (LINK Arkitektur).

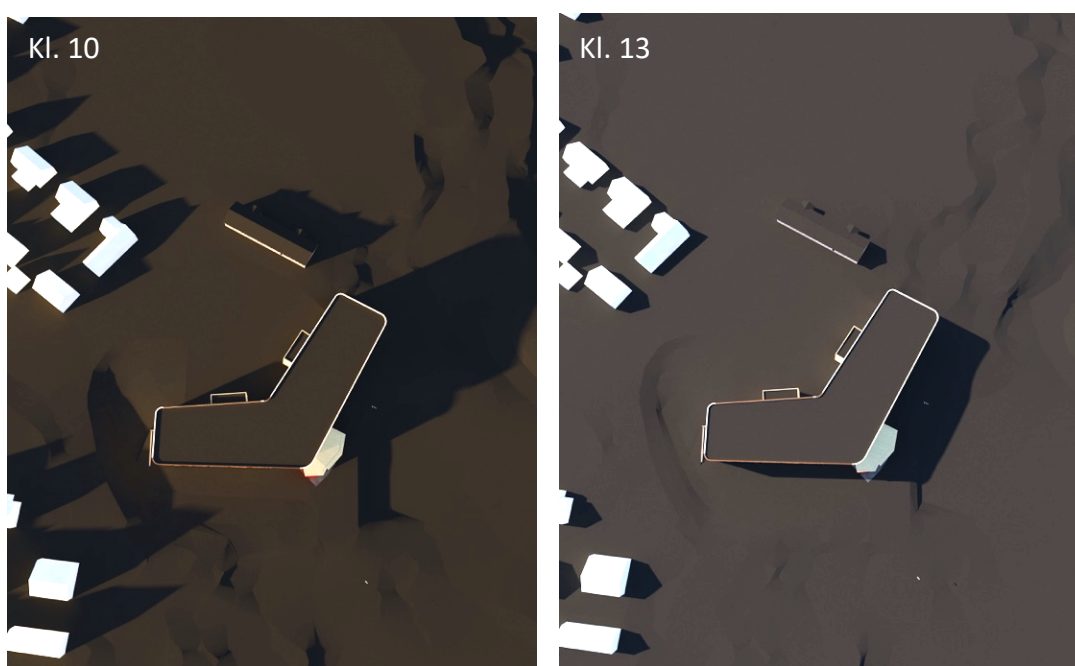
Bjørlien skole ligger i Vestby kommune og er en tre-parallell barneskole, med elever fra 1.-7. klasse. Den er oppført etter forskriftene til TEK10, og har i tillegg passivhusstandard. SINTEF Byggforsk (2013) beskriver passivhus som en bygning med lavt energibehov og godt inn klima. På området til skolen ligger også et eldre bygg der skolefritidsordningen (SFO) holder til på området. I denne oppgaven vil fokuset ligge på hovedbygget, som ble påbegynt i 2017, og tatt i bruk i januar 2019. Skolen har et BRA på 7199 m² og har plass til ca. 600 elever (AF gruppen, 2017).

Skolen er bumerangformet og har en planløsning over tre etasjer. I første og andre etasje ligger i hovedsak klasserom, grupperom og garderober. I underetasjen ligger kontorer og rom for ansatte, samt kjøkken, musikkrom og kunst- og håndverkssal. Alle klasserommene er såkalte «vridde» klasserom. Klasserommene ligger vendt mot sør- og

østvendt fasade. Klasserommene plassert mot den østlige fasaden er vridd ca. 110° , mens klasserommene mot sør har en vinkel på ca. 170° . En oversikt over skolens form og plassering vises i figur 3, ytterligere beskrivelse av klasserommene finnes i 3.5.

2.6.2 Solforhold, Bjørlien skole

Det er hentet inn data fra Timeanddate (2019) for å kartlegge solforholdene på Bjørlien skole. Solforholdene har blitt analysert med utgangspunkt i 21. februar, som er ca. midt i måleperioden. Klokka 10 er solas posisjon på himmelen 14° , mens klokka 13 står sola noe høyere, 30° på himmelen. Sola vil være på sitt høyeste kl. 12.24 denne dagen. I figur 4 vises et skyggediagram, henholdsvis kl. 10 og kl. 13.



Figur 4: Skyggediagram kl. 10 og kl. 13.

2.6.3 Siggerud skole

Siggerud skole ligger i Ski kommune, og har elever fra 1. – 10. klasse. Skolen består av en eldre del, og et nytt bygg som sto ferdig i 2013. Den eldre delen ble også omgjort under byggingen av den nye skolen. Begge følger TEK10. Videre har skolen bevegelig solskjerming i form av screens (Ski Kommune, u.å.). Andersen (2018) utførte i sin masteroppgave dagslysmålinger på denne skolen. Resultatene vil bli brukt i sammenligningsstudien i denne oppgaven.

2.7 Solskjerming

Det er vel så viktig å ivareta et godt termisk innneklima, som å tilfredsstille dagslyskravet. Med økt bruk av glass i fasader, og strengere energikrav, er solskjerming helt nødvendig for å opprettholde dette (SINTEF Byggforsk, 2017b).

Det finnes flere ulike løsninger for solskjerming, men det er vanlig å skille mellom innvendig og utvendig varianter. Det finnes i tillegg ulike belegg og mellomliggende solskjermingstyper. Utvendig solskjerming er en god løsning dersom målet er å hindre solvarmen i å slippe inn i rommet. Persienner, duker, markiser, skodder og fast solskjerminger er eksempler på utvendig solskjerming. Innvendig solskjerming har derimot ingen effekt på mengde solvarme som slipper inn, men fungerer effektivt for å regulere dagslysnivå og blending. Persienner, plisseer, rullgardiner eller gardiner er vanlige former for innvendig solskjerming. Utover dette kan det også være gunstig og kombinere utvendig og innvendig skjerming for å kontrollere innslipp av solvarme, dagslysnivå og blending (SINTEF Byggforsk, 2017b).

2.7.1 Fast solskjerming

Fast, utvendig solskjerming består gjerne av vertikale eller horisontale utspring, lameller eller profiler (SINTEF Byggforsk, 2017b). Ved riktig tilpassing og planlegging kan en fast solskjerming i tillegg til å skjerme for solen, også fungere som et arkitektonisk element som bidrar til den estetiske utformingen av bygningen. Bryn et al. (2014) presiserer at fordi fast solskjerming ikke kan styres, vil det derfor være essensielt med god planlegging og nøye beregninger for å oppnå ønsket effekt. For å kunne kontrollere dagslysinnslipp og hindre blending, vil det ofte være nødvendig med en tilleggsskjerming. En form for innvendig solskjerming vil være et godt supplement (Bryn et al., 2014).

2.7.2 Utvendige duker – screens

Screens er en annen form for utvendig solskjerming. Det er en type duk eller en kraftig rullgardin, som både hindrer blending og strålingsvarme, samtidig som utsyn blir opprettholdt (Fasadeprodukter, 2017). I hvor stor grad screensene gir utsyn, hindrer blending og slipper inn lys avhenger av duktykkelsen og perforeringsgraden (SINTEF Byggforsk, 2017b)

Fasadeprodukter (2017) hevder at screens bidrar til reduksjon av energiforbruk i hus med store glassfasader, og at det kan være en energiøkonomisk investering. Undersøkelser utført av Andersen (2018) viser imidlertid at dagslysforholdene på Siggerud skole ikke er tilfredsstillende når screens dekker for vinduene.

3 METODE

3.1 Kvalitativ og kvantitativ metode

Sosiologen Vilhelm Aubert beskriver metode på følgende måte (Dalland 2017, s. 51):

«En metode er en fremgangsmåte, et middel til å løse problemer og komme frem til ny kunnskap. Et hvilket som helst middel som tjener formålet hører med i arsenalet av metoder»

En metode kan altså beskrives som et redskap som benyttes for å samle inn data. Valg av metode avhenger i stor grad av problemstillingen og hva slags type data som skal samles inn. Valgt metode bør belyse problemstillingen på en relevant måte, og samtidig være praktisk gjennomførbar. I hovedsak skiller det mellom kvalitativ og kvantitativ metode (Dalland, 2017; Halvorsen, 2003).

En *kvalitativ* orientert metode omfatter, i følge Dalland (2017) data som ikke kan tallfestes, men heller fanger opp meninger og opplevelser (s.52). En *kvantitativ* orientert metode er en systematisk metode som får frem det som er felles, altså det representative. Et kjennetegn med kvantitativ metode er at det gir målbare data, eller data som kan tallfestes (Dalland, 2017). For å oppsummere er det som i hovedsak skiller de to metodene fra hverandre om de aktuelle datamaterialene kan tallfestes eller ei.

3.2 Valgt metode

For å redegjøre for dagslysforhold ved skoler med ulik type solskjerming kunne flere metoder blitt benyttet. Det kunne blitt utført færre målinger på mange skoler, for så å dra sammenhenger ut i fra disse målingene. Det er også vist at dagslys påvirker elevene på ulike måter, der både fysiske og psykiske faktorer spiller inn. Det finnes derfor flere ulike perspektiver som kunne blitt belyst. I denne oppgaven er det likevel valgt å gjøre et case-studie, og gå dypere inn på en spesifikk skole, og innhente grundig data for denne. Det er valgt en kvantitativ orientert metode, med fokus på dagslysmålinger, og kartlegging av hvorvidt kravene er oppfylt i de ulike klasserommene.

Andersen (2018) har utført dagslysmålinger ved en skole med bevegelige screens som solskjerming. Hans metode har fungert som utgangspunkt for målingene utført i casestudiet i denne oppgaven. Videre er det blitt utført en sammenligning av resultatene fra denne oppgaven og resultatene Andersen fikk i 2018.

3.3 Valgt skolebygg: Bjørlien skole, Vestby

Det var ønskelig å sammenligne dagslysforholdene på Siggerud skole mot en skole med fast solskjerming. Det var positivt om skolen var bygget etter samme forskrift og lå i det samme geografiske området, slik at dagslysforholdene hadde omtrent samme utgangspunkt.

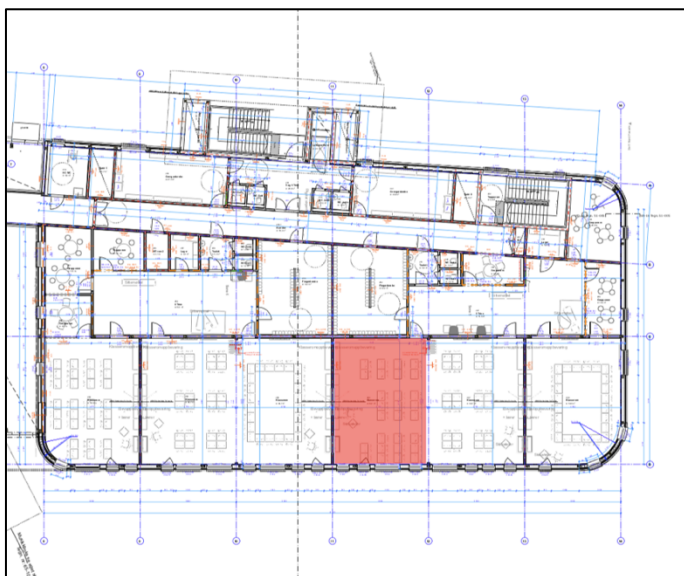
Bjørlien skole ble valgt som case. Hovedgrunnen til valget er skolens faste solskjerming. At skolen ligger såpass nærme NMBU og Ås har også påvirket valget. Det gjorde prosessen med utføring av dagslysmålinger mer effektiv, samtidig som det var enklere å være fleksibel med når målingene skulle gjennomføres. Det ga muligheten til å utføre flere målinger, og dermed også en mer nøyaktig studie.

En vesentlig forskjell mellom Bjørlien og Siggerud er utforming av klasserommene geometri. På Bjørlien har klasserommene vinduer på kortsiden, altså «vridde» klasserom, mens Siggerud skole har «tradisjonelle» klasserom med vinduer på en langside. Begge skolene er imidlertid oppført etter TEK10. I tillegg har Bjørlien passivhusstandard. Dette betyr at veggene på Bjørlien er tykkere, vinduene har lavere U-verdi og energikravene generelt har vært mer i fokus ved Bjørlien.

3.4 Klasserom

3.4.1 Øst

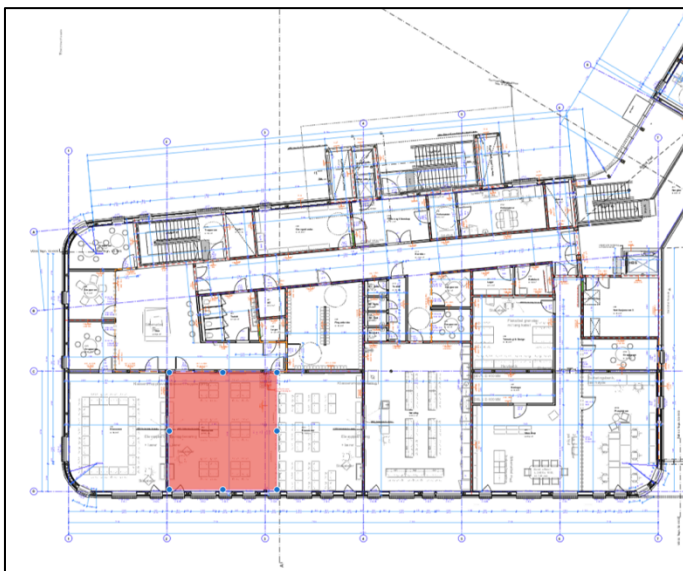
Det østvendte klasserommet ligger plassert i 2. etasje, med et BRA på 60,7 m². Klasserommet har tilsammen fire vinduer, plassert langs en kortside. Plassering av klasserom er illustrert i figur 5.



Figur 5: Plassering av østvendt klasserom (LINK Arkitektur).

3.4.2 Sør

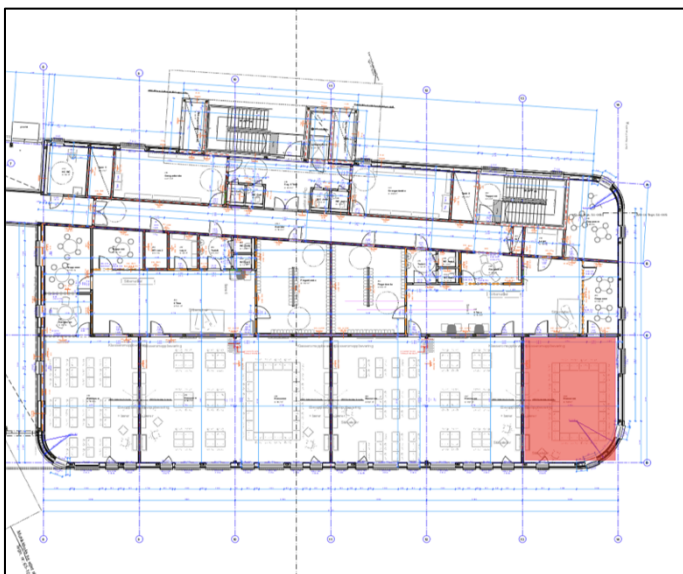
Det sørvendte klasserommet ligger plassert i 2. etasje, med et BRA på 59,1 m². Klasserommet har tilsammen fire vinduer, plassert langs en kortside. Plassering av klasserom er illustrert i figur 6.



Figur 6: Plassering av sørvendt klasserom (LINK Arkitektur).

3.4.3 Nord-øst

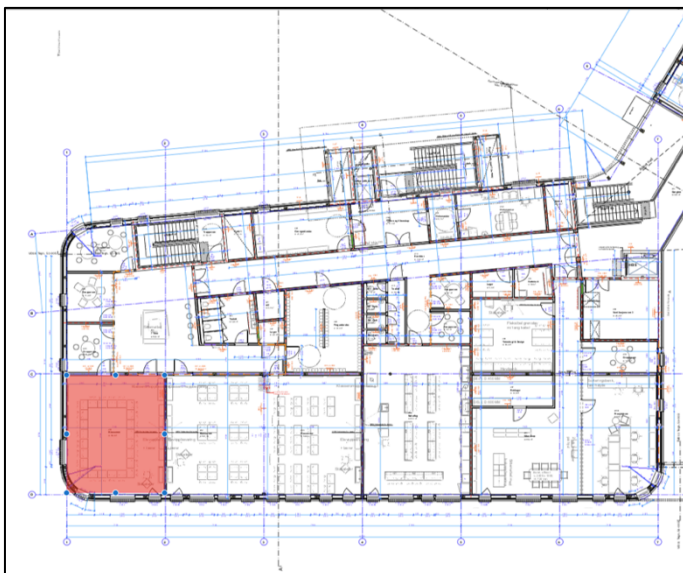
Det nord-østvendte klasserommet ligger plassert i 2. etasje, med et BRA på 59,5 m². Klasserommet er et hjørneklasserom, og har tilsammen fire vinduer. Vinduene ligger plassert langs øst- og nordvendt fasade. Plassering av klasserom er illustrert i figur 7.



Figur 7: Plassering av nord-østvendt klasserom (LINK Arkitektur).

3.4.4 Sør-vest

Det sør-vestvendte klasserommet ligger plassert i 2. etasje, med et BRA på 58,9 m². Klasserommet er et hjørneklasserom, og har tilsammen fire vinduer. Vinduene ligger plassert langs sør- og vestvendt fasade. Plassering av klasserom er illustrert i figur 8.



Figur 8: Plassering av sør-vestvendt klasserom (LINK Arkitektur).

3.5 Solskjerming og vinduer

3.5.1 Vinduer, Bjørlien skole

I de aktuelle klasserommene på Bjørlien skole er det i hovedsak vinduer i to ulike størrelser: 1788x2088 og 888x2088. Vinduene er vist i figur 9, samt i vedlegg D. Den minste varianten kommer i to ulike typer, en som kan åpnes og en som ikke kan åpnes. Vinduene har utvendig ramme med ulike farger. Blå-, grønn- og gultoner på den østre delen, rød-, oransje- og gultoner på den søndre delen. Innvendig har alle vindusrammene samme farge: NCS S 2000-N. Dokumentasjon på vinduene er blitt tilsendt fra entreprenør, AF Gruppen. Der kommer det frem at de største vinduene har en u-verdi på 0,68 W/m²K, de minste vinduene som ikke kan åpnes har en u-verdi på 0,75 W/m²K., mens de som kan åpnes har en u-verdi på 0,82 W/m²K. Den gjennomsnittlige u-verdien til alle vinduene på skolen er 0,73 W/m²K. G-verdien til vinduene ligger på 0,36, og sier noe om hvor mye solenergi som slipper inn i et rom (Bryn et al., 2014). Vinduenes LT-verdi er på 57%. Det vil si at 57% av sollyset slipper inn gjennom glasset (Bryn et al., 2014). Tabell 2 oppsummerer vinduenes ulike egenskaper.



Figur 9: Vinduer, Bjørlien skole. Foto: Ingvild Sønsteby Moe.

Tabell 2: Egenskaper vinduer

U-verdi [W/m^2K]	g-verdi	LT-verdi [%]
0,73	0,36	57

3.5.2 Utvendig solskjerming, Bjørlien skole

Solskjermingen på Bjørlien skole består i hovedsak av fast, utvendig solskjerming, som vist i figur 10. Den består av tre horisontale profiler, der første profil er plassert ca. 600 mm fra øvre karm på vinduet. Videre er de to neste profilene plassert med ca. 150 mm mellomrom. Alle vinduer i de aktuelle klasserom har slik solskjerming. En mer detaljert skisse av solskjermingen finnes i vedlegg E, sist i oppgaven.



Figur 10: Fast solskjerming, Bjørlien skole. Foto: Ingvild Sønsteby Moe.

3.5.3 Innvendig solskjerming, Bjørlien skole

Som et supplement til den faste solskjermingen, er også innvendig skjerming benyttet, vist i figur 11. Vinduene som kan åpnes har en plissegardin, mens resterende har

bevegelige duker. Begge typene styres manuelt. Dette gjør at brukerne av klasserommet selv kan styre solskjermingen etter behov, og slik hindre blinding eller gjenskin i skjermer og lignende. Under målingene har innvendige duker alltid vært trukket helt opp.



Figur 11: Innvendig solskjerming, Bjørlien skole. Foto: Ingvild Sønsteby Moe.

3.5.4 Solskjerming og vinduer, Siggerud skole

For å formidle egenskapene til vinduer og solskjerming på Siggerud skole er det valgt å sitere Andersen (2018):

«Alle vinduene til skolen er utstyrt med solskjerming av typen screens, bortsett fra på den nordvendte fasaden. Øst og vest er styrt automatisk av Somfy – Anemo Solo, mens sør er styrt manuelt.

Automatikken er styrt av både lys- og temperatursensorer som sitter i hvert klasserom.

Vinduene benyttet i skolen har alle U-verdi på $0,7W/m^2K$, og LT-verdi på 56%.»

3.6 Lysmålinger

Lysmålingene er utført etter metoden beskrevet av Andersen (2018). I tillegg er forskriftsmessige krav og anbefalinger tatt hensyn til. Været har vært stabilt og helt overskyet under alle målingene. Terrenget har vært delvis eller helt tildekket av snø. Videre har alltid kunstig belysning vært avslått under målingene. For at resultatene skal være enkelt sammenlignbare med målingene gjort på Siggerud skole har det vært viktig å utføre målingene under så like forhold som mulig.

Utstyret benyttet, både innendørs og utendørs, er Konica Minolta T-10A, vist i figur 12. Dette er et avansert luxmeter som raskt oppgir både belysningsstyrke og

gjennomsnittsverdier på en LCD-skjerm. Måleren kalibreres automatisk når den slås på (Konica Minolta, u.å.).



Figur 12: Konica Minolta T-10A. Foto: Ingvild Sønsteby Moe.

Fordi det er gjennomsnittlig DF som skal undersøkes, var det nødvendig å utføre målinger flere steder i hvert klasserom. Det ble derfor tatt i bruk fire tilleggsenheter ved innendørsmålinger. En illustrasjon av plasseringen av tilleggsenhetene kommer frem fra figur 13. Første enhet ble plassert en meter fra vindusfasaden, på en arbeidsflate mellom 0,6-0,8 meter over golvnivå. Enhetene ble deretter plassert med en meters mellomrom innover i klasserommet. De målte verdiene ble registrert, og senere korrigert og omgjort til gjennomsnittlig DF med hjelp av et simuleringsprogram.



Figur 13: Lysmåling. Foto: Ingvild Sønsteby Moe.

Ved hver innendørs måling, ble det også utført en måling utendørs. Denne målingen ble utført som et gjennomsnitt over et minutt, ca. 1,8 m over bakkenivå i åpent terreng med uavskjermet horisont.

Det ble notert ned lysstyrke, dato, tid, værtype, type klasserom og andre merknader ved hver måling.

3.7 Dagslyssimulering

Det er utført en dagslyssimulering av hvert av de aktuelle klasserommene. I tillegg til å simulere gjennomsnittlig DF for hele rommet, ble det plassert ut fire punktmålinger, tilsvarende de reelle målingene av DF. Ut i fra disse målingene ble det utarbeidet en korrelasjonsfaktor for å finne gjennomsnittlig DF for hele rommet ut i fra de faktiske målingene.

For å modellere klasserommene ble det tatt utgangspunkt i en BIM-modell hentet inn fra arkitekten bak skolen, LINK Arkitektur. I denne modellen lå blant annet vindustype, vindusstørrelser og solskjerming inne. Andre parametere, som u-verdi, g-verdi og LT-verdi, for vinduene er hentet inn fra AF-gruppen, entreprenør ved prosjektet. Med all nødvendig informasjon på plass, ble klasserommene modellert og utarbeidet i ARCHICAD 22. ARCHICAD er utviklet av Graphisoft, og er i følge Graphisoft (u.å.) et komplett BIM-verktøy som også er tilpasset norske maler. Etter å ha modellert opp klasserommene ble filen konvertert til en Google SketchUp-fil, for å tilpasse programvaren som ble brukt i simuleringen.

Det finnes flere ulike simuleringsprogram for dagslys, her har Velux Daylight Visualizer (DVIZ) blitt benyttet. Programmet tillater generering av 3D-modeller der tak- og fasadevinduer er fritt innført. Programvaren tar hensyn til blant annet plassering og orientering av modell, dato, klokkeslett, samt værtype. Det som skiller DVIZ fra andre 3D-simuleringsprogrammer er at det tillater deg å simulere nøyaktig og kvantifisere dagslys i interiøret, samt sier mer om mengde og kvalitet på lyset på gitte plasser (Labayrade et al., 2009). Programmets output inkluderer illuminans, luminans og DF.

3.8 Validitet og reliabilitet

For å kvalitetssikre innsamlet data og metodevalg stilles det to krav: validitet og reliabilitet (Halvorsen, 2003). Høy reliabilitet kjennetegnes ved at data er hentet inn på pålitelige måte og er frie for unøyaktigheter (Dalland, 2017). Ringdal (2007) forklarer at reliabiliteten styrkes dersom alle målingene er utført med samme måleinstrument, og gjentatte målinger gir samme resultat. Høy validitet oppnås ved at innsamlede data har

relevans for problemstillingen. Videre ses det på hvorvidt målingene som er utført faktisk gir svar på det oppgaven ønsker å finne ut av (Dalland, 2017).

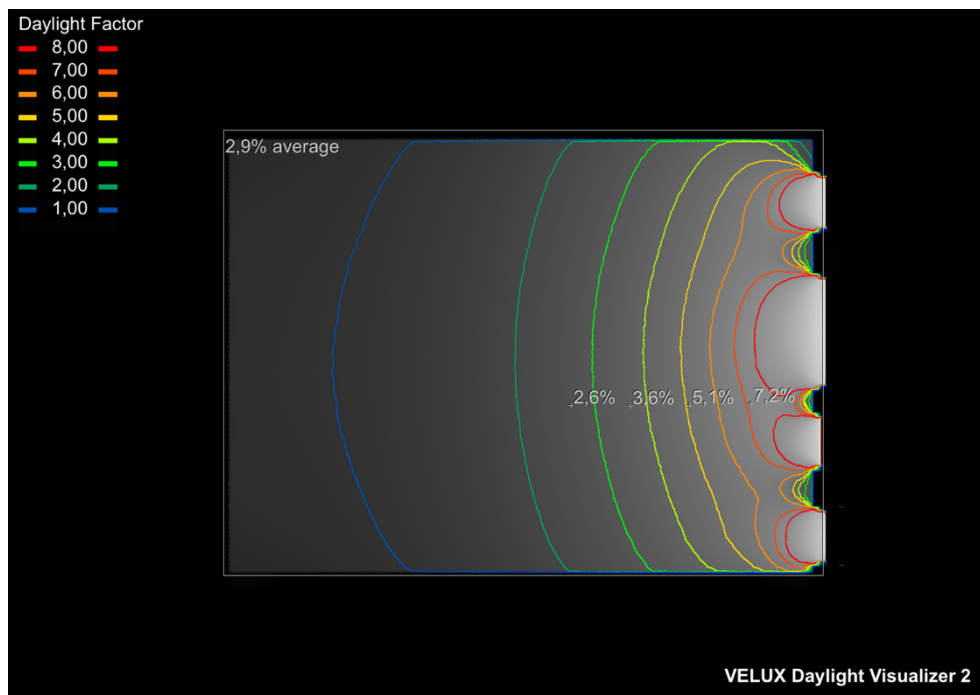
Ringdal (2007) utdyper begrepet validitet, for forklarer at det ofte skilles mellom indre og ytre validitet. Kan resultatene generaliseres, og også gjelde et større omfang enn det studien undersøkte, vil den ytre validiteten øke. Høy indre validitet oppnås ved å ha god kontroll på mulige feilkilder og unøyaktigheter i målingene. Den indre validiteten er for eksempel høyere dersom målinger utføres i laboratorium, enn i felt. Dette fordi kontrollen på feilkilder og unøyaktigheter er større her. Feltmålinger vil være utført i mer varierte forhold, og vil ha større risiko for ulike feilkilder. Samtidig vil dette være en mer realistisk situasjon, og ha en høyere ytre validitet enn et laboratorieforsøk (Ringdal, 2007).

4 RESULTATER

4.1 Dagslyssimuleringer

Dette delkapittelet omhandler dagslyssimuleringene, utført i DVIZ. Hver av simuleringene viser gjennomsnittlig DF for hele klasserommet, samt en simulering av de fire punktmålingene. Ut i fra de simulerte verdiene berregnes også en korrelasjonsfaktor.

4.1.1 Øst



Figur 14: Simulert dagslysfaktor for østvendt klasserom.

Figur 14 viser at simulert gjennomsnittlig DF for klasserom vendt mot øst er 2,9%. Videre viser figuren simulert verdi for de fire punktmålingene: 7,2%, 5,1%, 3,6% og 2,6% (fra vindu og innover).

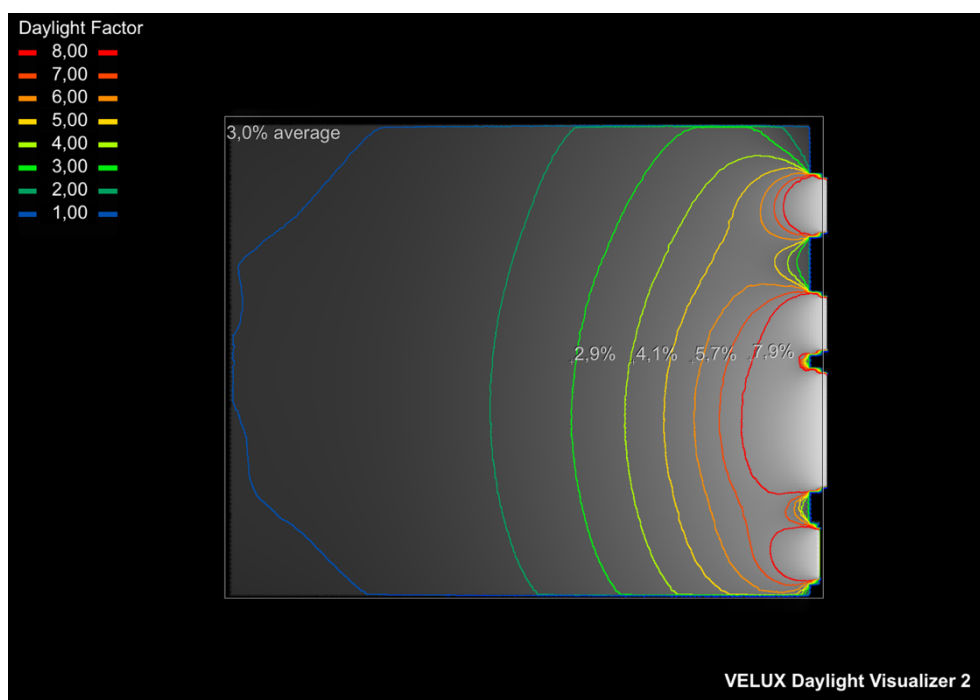
Et gjennomsnitt av de fire simulerte punktmålingene og simulert gjennomsnittlig DF for hele rommet er brukt til å finne en korrelasjonsfaktor, vist i tabell 3.

Tabell 3: Utregning av korrelasjonsfaktor for klasserom vendt mot øst

Gjennomsnittlig hele rommet	Gjennomsnitt sensorpunkter	Korrelasjonsfaktor
2,9%	4,6%	$2,9/4,6=0,63$

Korrelasjonsfaktor en for klasserom vendt mot øst er 0,63, og vil bli brukt videre i oppgaven.

4.1.2 Sør



Figur 15: Simulert dagslysfaktor for sørvendt klasserom vendt.

Figur 15 viser at simulert gjennomsnittlig DF for klasserom vendt mot sør er 3,0%. Videre viser figuren simulert verdi for de fire punktmålingene: 7,9 %, 5,7%, 4,1% og 2,9% (fra vindu og innover).

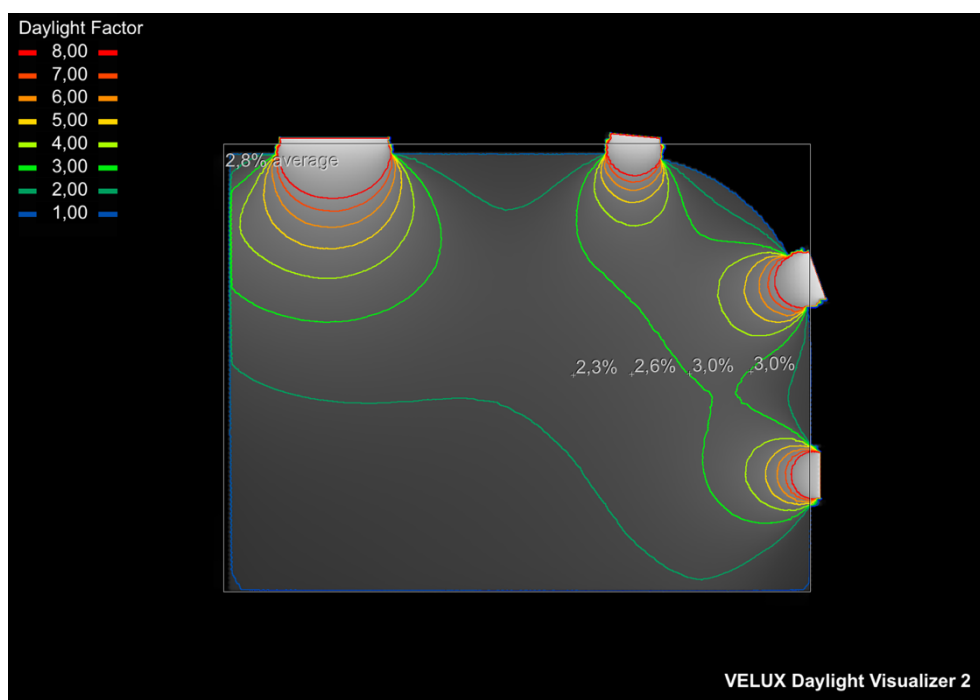
Et gjennomsnitt av de fire simulerte punktmålingene og simulert gjennomsnittlig DF for hele rommet er brukt til å finne en korrelasjonsfaktor, vist i tabell 4.

Tabell 4: Utregning av korrelasjonsfaktor for klasserom vendt mot sør

Gjennomsnittlig hele rommet	Gjennomsnitt sensorpunkter	Korrelasjonsfaktor
3,0%	5,2%	$3,0/5,2=0,58$

Korrelasjonsfaktor en for klasserom vendt mot sør er 0,58, og vil bli brukt videre i oppgaven.

4.1.3 Nord-øst



Figur 16: Simulert dagslysfaktor for nord-østvendt klasserom.

Figur 16 viser at simulert gjennomsnittlig DF for hjørneklasserom vendt mot nord-øst er 2,8%. Videre viser figuren simulert verdi for de fire punktmålingene: 3,0 %, 3,0%, 2,6% og 2,3% (fra vindu og innover).

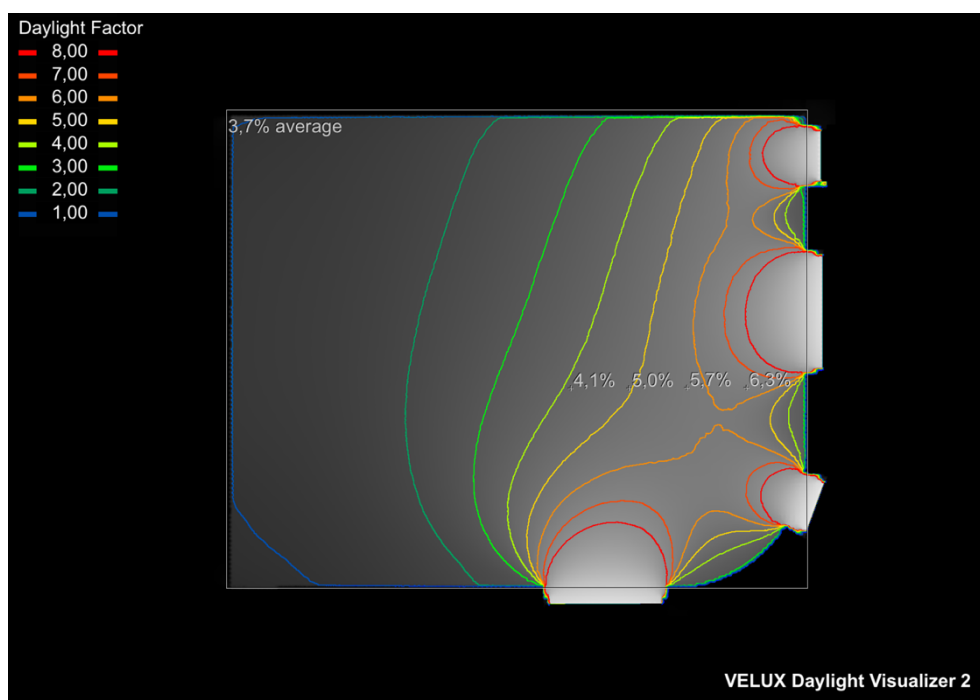
Et gjennomsnitt av de fire simulerte punktmålingene og simulert gjennomsnittlig DF for hele rommet er brukt til å finne en korrelasjonsfaktor, vist i tabell 5.

Tabell 5: Utregning av korrelasjonsfaktor for klasserom vendt mot nord-øst.

Gjennomsnitt hele rommet	Gjennomsnitt sensorpunkter	Korrelasjonsfaktor
2,8%	2,7%	$2,8/2,7=1,03$

Korrelasjonsfaktor en for klasserom vendt mot nord-øst er 1,03, og vil bli brukt videre i oppgaven.

4.1.4 Sør-vest



Figur 17: Simulert dagslysfaktor for sør-vestvendt klasserom.

Figur 17 viser at simulert gjennomsnittlig DF for hjørneklasserom vendt mot sør-vest er 3,7%. Videre viser figuren simulert verdi for de fire punktmålingene: 6,3%, 5,7%, 5,0% og 4,1% (fra vindu og innover).

Et gjennomsnitt av de fire simulerte punktmålingene og simulert gjennomsnittlig DF for hele rommet er brukt til å finne en korrelasjonsfaktor, vist i tabell 6.

Tabell 6: Utregning av korrelasjonsfaktor for klasserom vendt mot sør-vest.

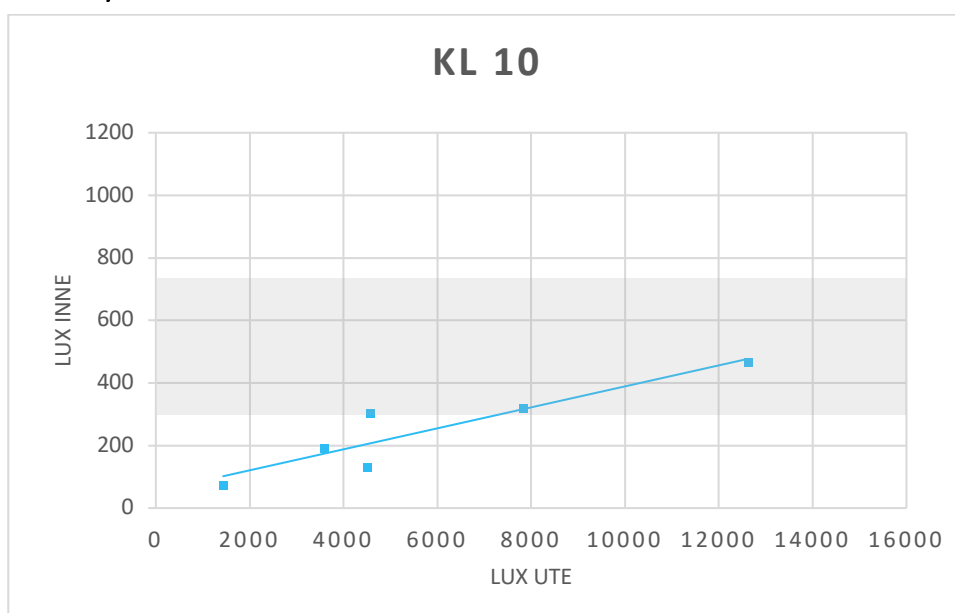
Gjennomsnittlig hele rommet	Gjennomsnitt sensorpunkter	Korrelasjonsfaktor
3,7%	5,3%	$3,7/5,3=0,70$

Korrelasjonsfaktor en for klasserom vendt mot øst er 0,70, og vil bli brukt videre i oppgaven.

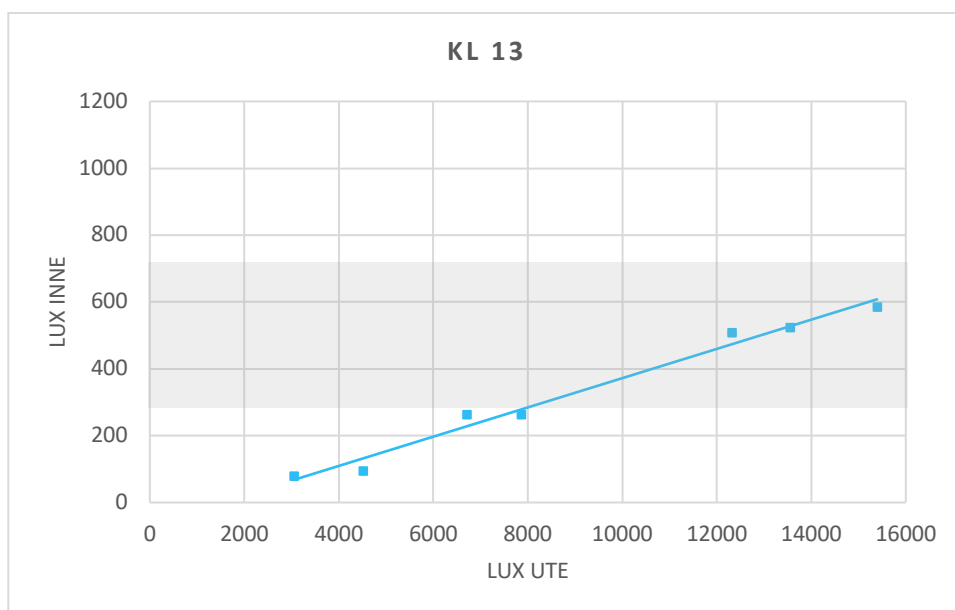
4.2 Dagslysmålinger

I dette delkapittelet blir resultatene fra dagslysmålingene presentert i form av grafer, der de ulike kravene og anbefalingene er markert, enten med et grått felt eller en mørk linje. Det grå feltet markerer området som er innenfor SINTEF sine anbefalinger på 300-750 lux. Den mørke linjen indikerer DF-kravet på 2% eller 300 lux, som er minimum belysningsstyrke i følge SINTEF sine anbefalinger. En fullstendig oversikt over de ulike målingene finnes i vedlegg A, sist i oppgaven.

4.2.1 Øst

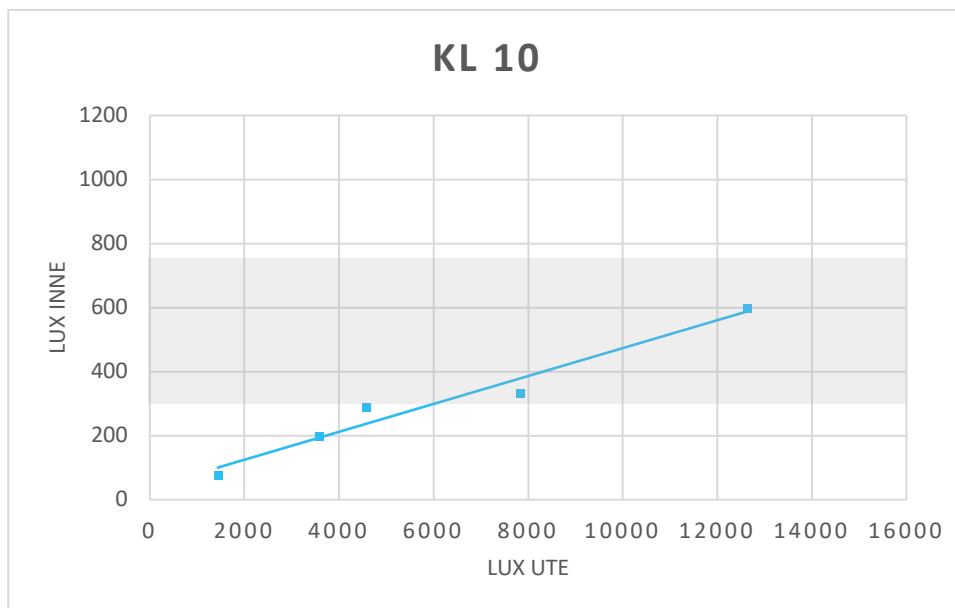


Figur 18: Dagslysmålinger utført i østvendt klasserom kl. 10.

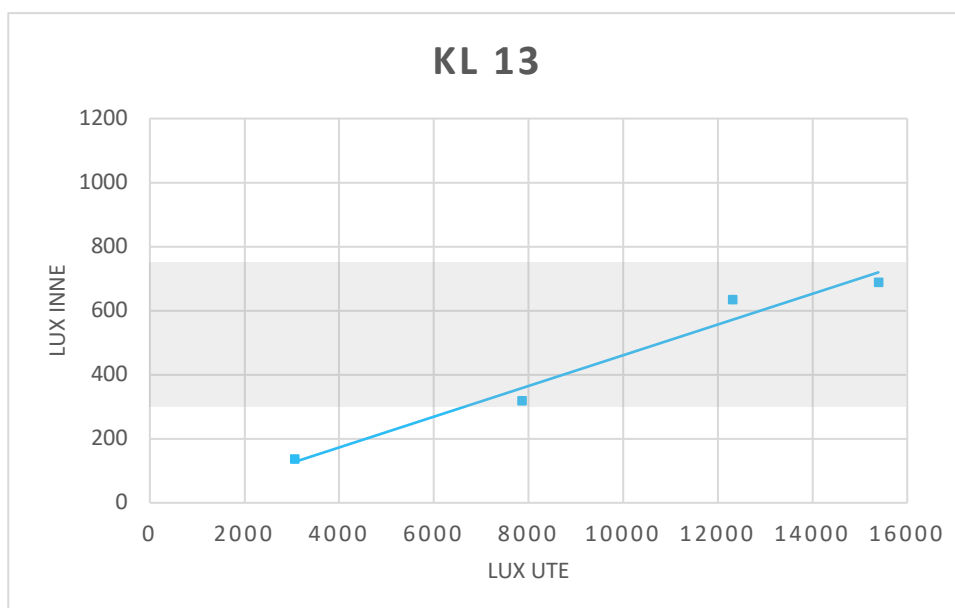


Figur 19: Dagslysmålinger utført i østvendt klasserom kl. 13.

4.2.2 Sør

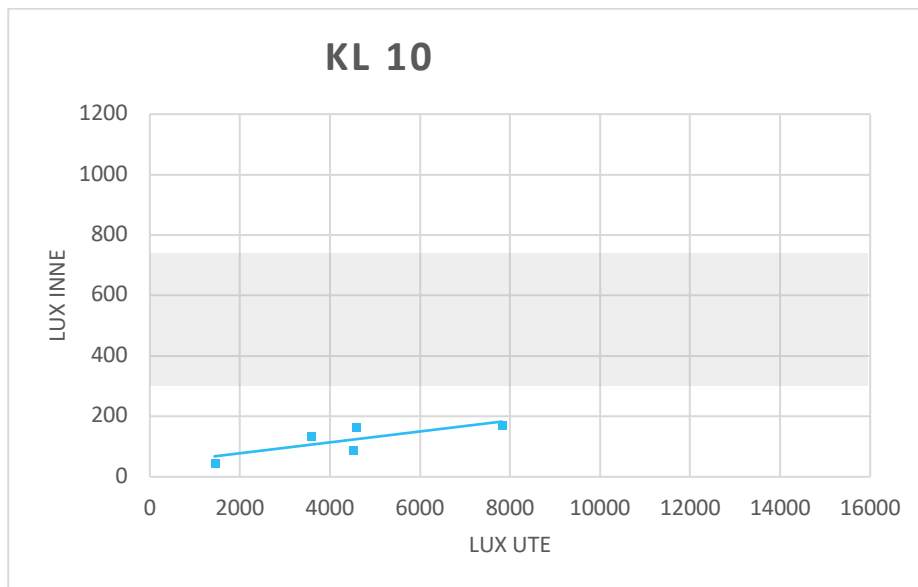


Figur 20: Dagslysmålinger utført i sørvendt klasserom kl. 10.

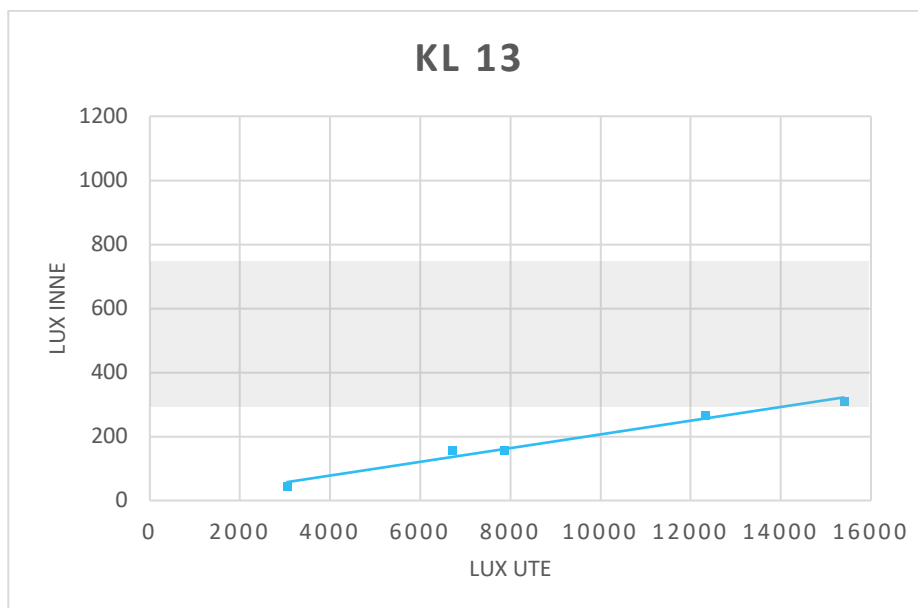


Figur 21: Dagslysmålinger utført i sørvendt klasserom kl. 13.

4.2.3 Nord-øst

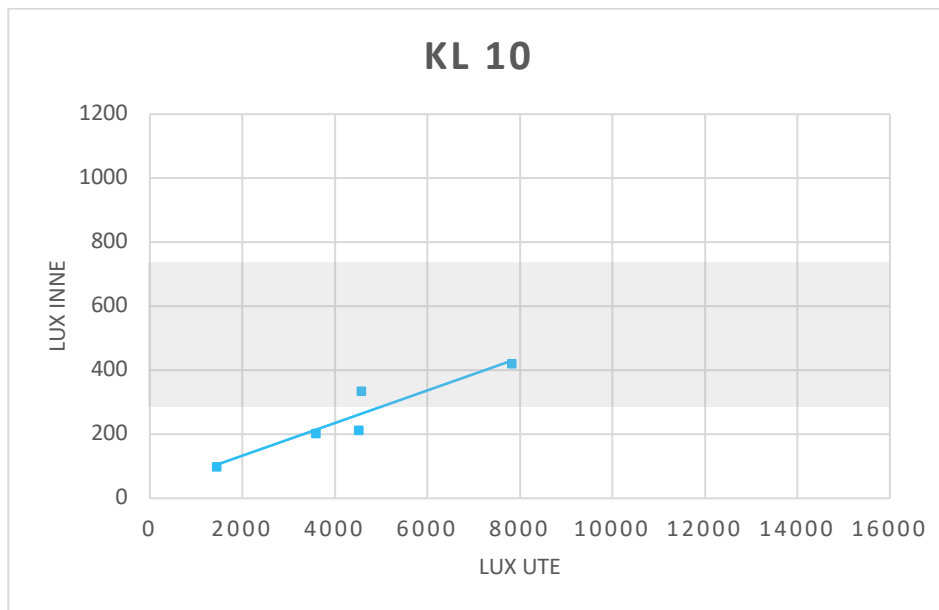


Figur 22: Dagslysmålinger utført i nord-østvendt klasserom kl. 10.

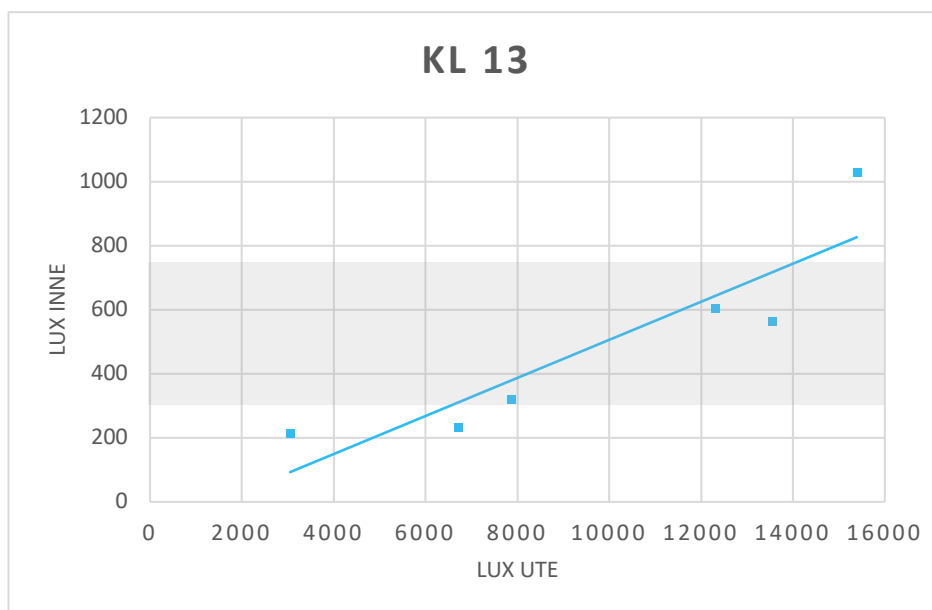


Figur 23: Dagslysmålinger utført i nord-østvendte klasserom kl. 13.

4.2.4 Sør-vest



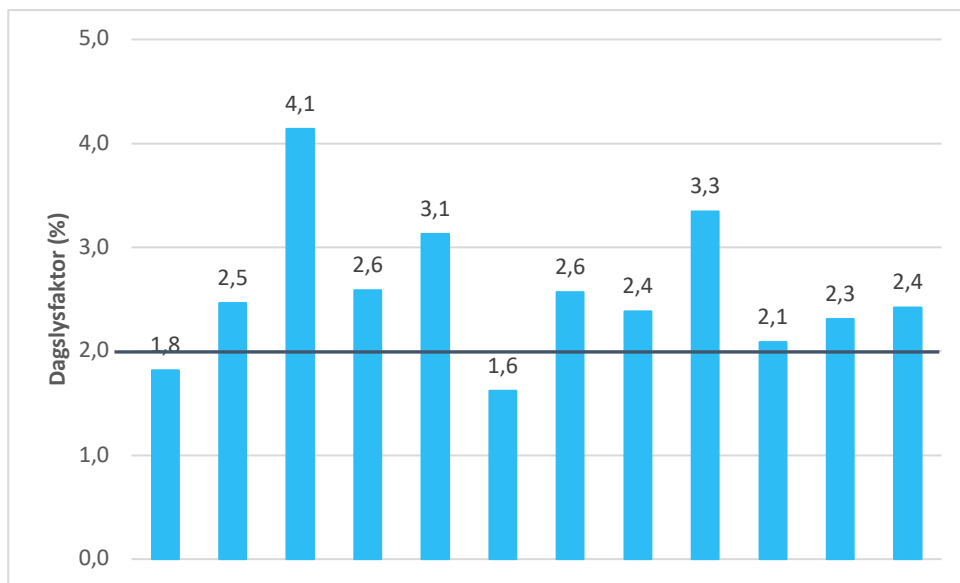
Figur 24: Dagslysmålinger utført i sør-vestvendt klasserom kl. 10.



Figur 25: Dagslysmålinger utført i sør-vestvendt klasserom kl. 13.

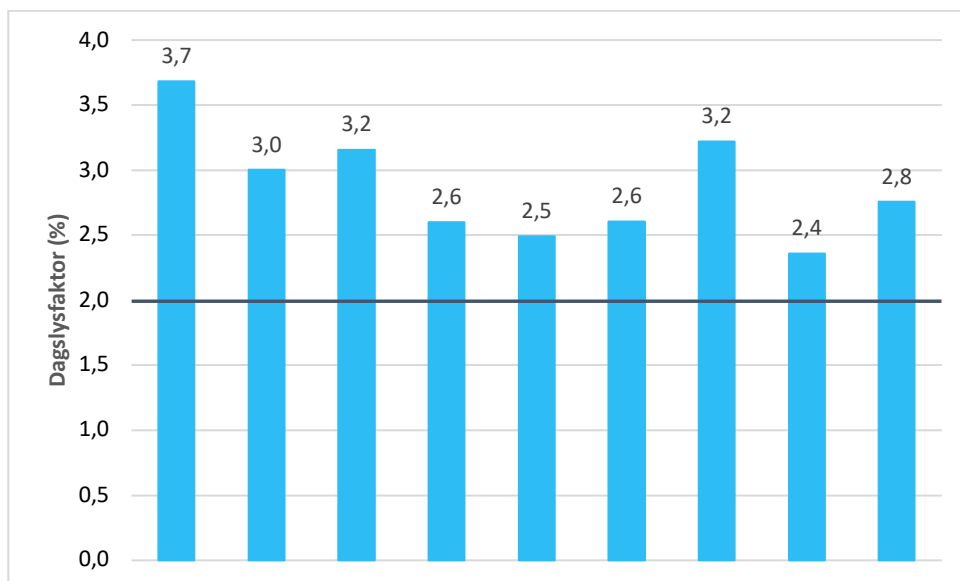
4.3 Korrigert dagslysfaktor

4.3.1 Øst



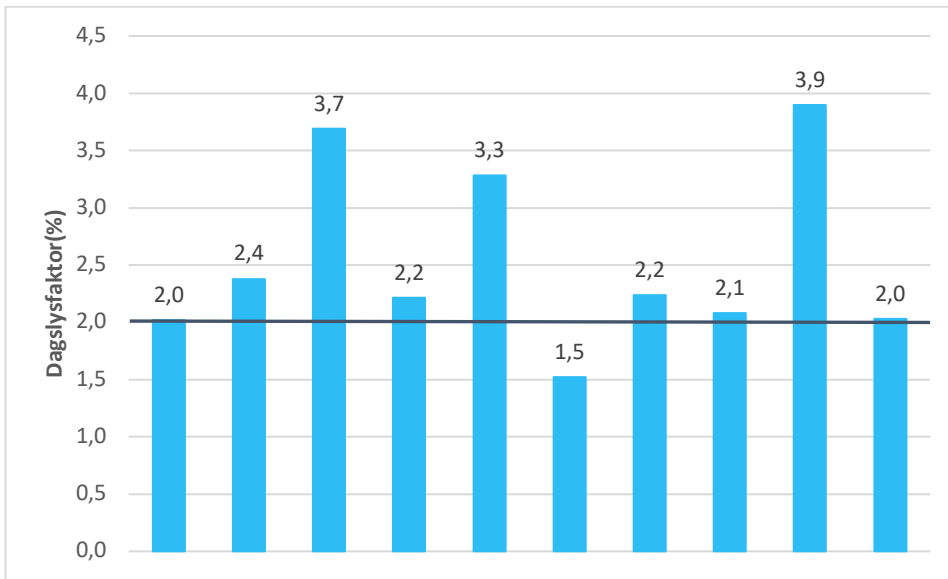
Figur 26: Korrigert gjennomsnittlig DF for klasserom vendt mot øst.

4.3.2 Sør



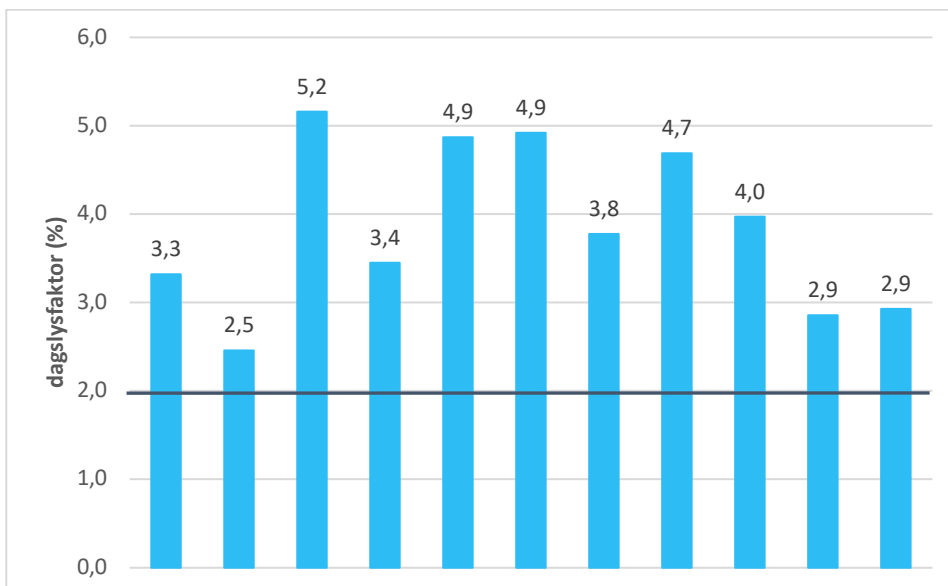
Figur 27: Korrigert gjennomsnittlig DF for klasserom vendt mot sør.

4.3.3 Nord-øst



Figur 28: Korrigert gjennomsnittlig DF for klasserom vendt mot nord-øst.

4.3.4 Sør-vest



Figur 29: Korrigert gjennomsnittlig DF for klasserom vendt mot sør-vest.

4.4 10%-regelen

I dette delkapittelet beregnes forholdet mellom vindusareal og BRA i de fire klasserommene. 10%-regelen går ut på at forholdet skal være minimum 10%. Hvorvidt dette oppfylles kommer frem i tabell 7, 8, 9 og 10 under.

4.4.1 Øst

Tabell 7: Forhold mellom BRA og vindusareal for østvendt klasserom.

Type	Areal [m ²]
Klasserom	60,7 m ²
Vinduer	9,3 m ²
Vinduer/Klasserom *100	15%

4.4.2 Sør

Tabell 8: Forhold mellom BRA og vindusareal for sørvendt klasserom.

Type	Areal [m ²]
Klasserom	59,1 m ²
Vinduer	9,3 m ²
Vinduer/Klasserom*100	16%

4.4.3 Nord-øst

Tabell 9: Forhold mellom BRA og vindusareal, nord-østvendt klasserom.

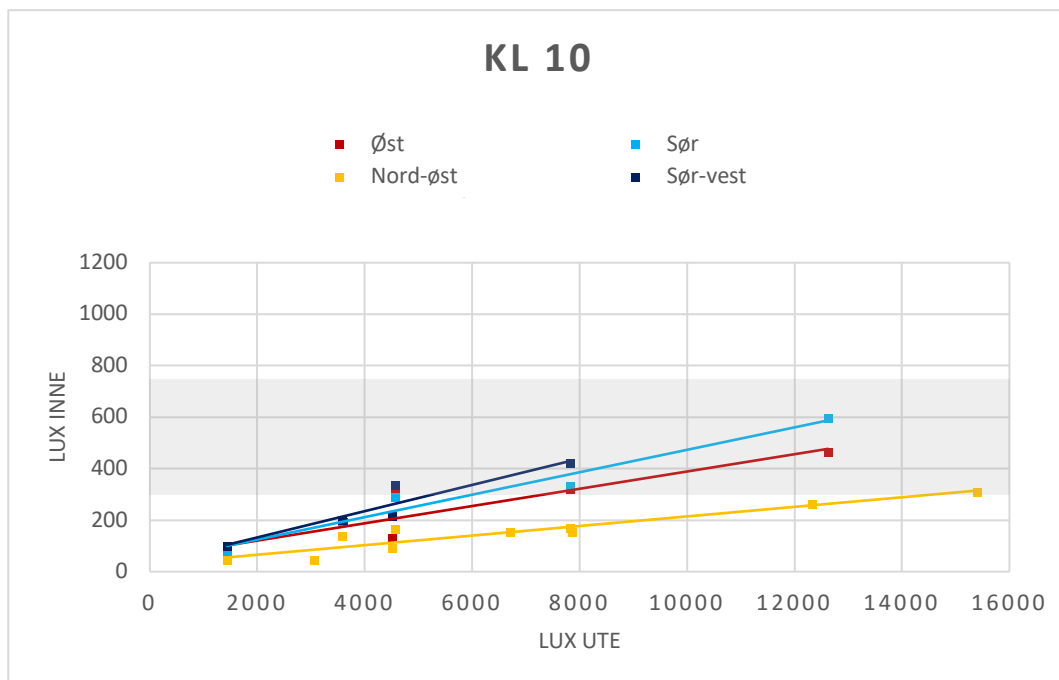
Type	Areal [m ²]
Klasserom	59,5 m ²
Vinduer	9,3 m ²
Vinduer/Klasserom*100	16%

4.4.4 Sør-vest

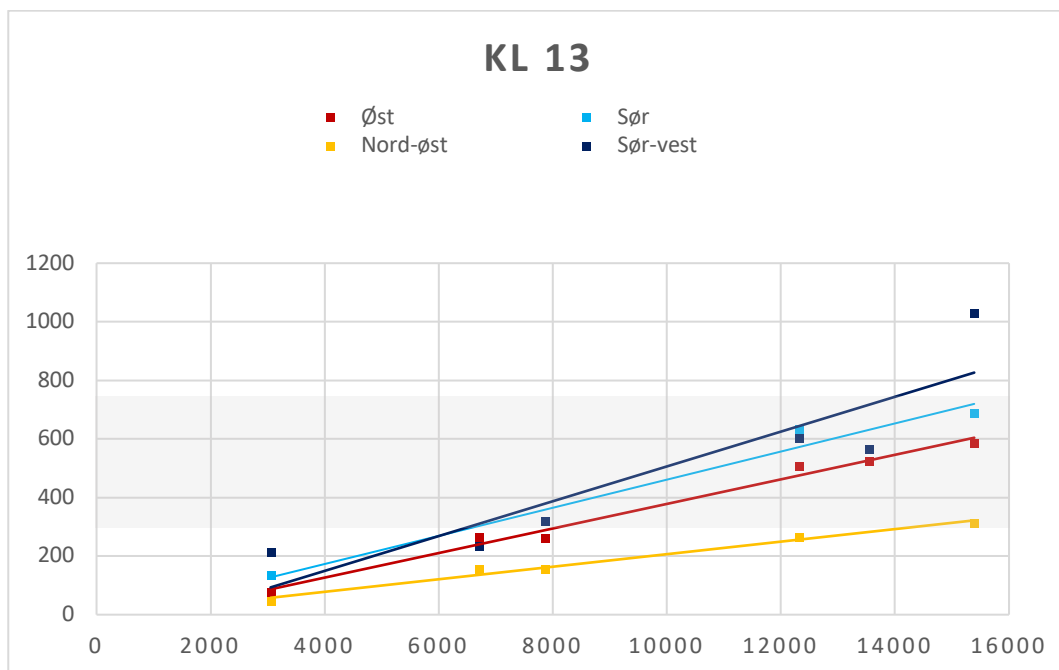
Tabell 10: Forhold mellom BRA og vindusareal, sør-vestvendt klasserom.

Type	Areal [m ²]
Klasserom	58,9 m ²
Vinduer	11,2 m ²
Vinduer/Klasserom*100	19%

4.5 Sammenligning: Klasserom på Bjørlien skole



Figur 30: Målinger fra alle klasserom kl. 10.



Figur 31: Målinger fra alle klasserom kl. 13.

Tabell 11 viser en oppsummering av krav og anbefalinger for de ulike klasserommene. Kolonnene for «korrigert DF» og «lux inne» representerer et gjennomsnitt av alle målingene som ble ansett som gyldige for hvert klasserom. Målinger utført i tåke eller under forhold som ga dugg på rutene er sett på som avvik, og er derfor utelatt fra denne oppsummeringen. En fullstendig oversikt over hvilke målinger dette gjelder finnes i vedlegg A, sist i oppgaven. Dette vil også bli diskutert nærmere i diskusjonskapittelet. Verdier i rødt er ikke innenfor gjeldende krav eller anbefalinger.

Tabell 11: Oppsummering av krav og anbefalinger.

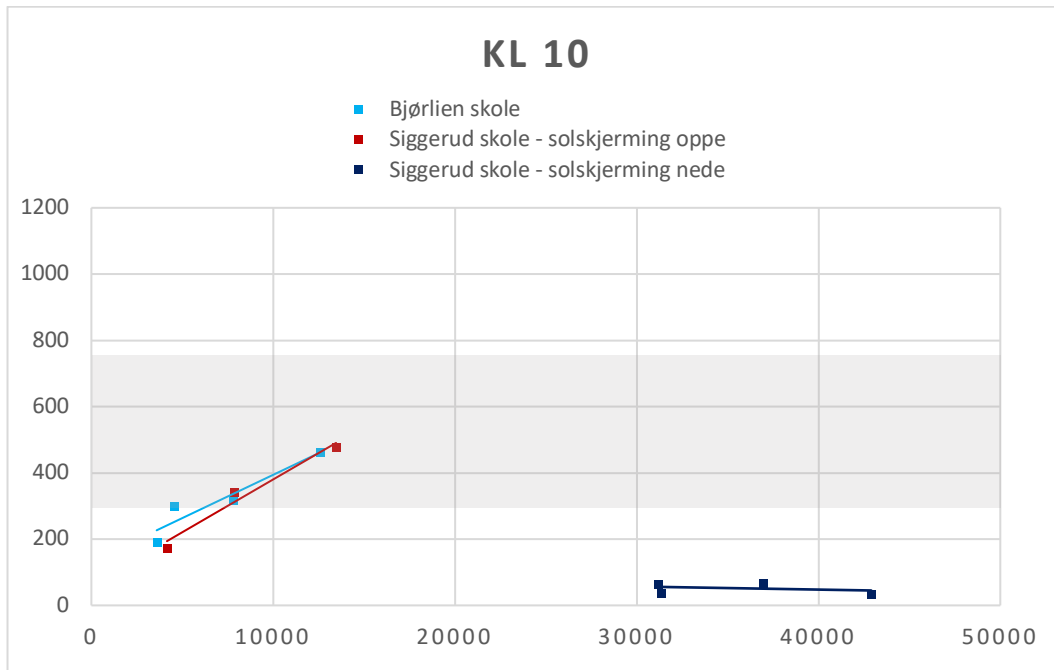
Tid	Klasserom	Korrigert DF [%]	Lux inne	10%-regelen [%]
10	Øst	3,1	320	15
10	Sør	3,0	355	16
10	Nord-øst	3,3	157	16
10	Sør-vest	4,3	381	19
13	Øst	2,4	470	15
13	Sør	2,7	547	16
13	Nord-øst	2,1	222	16
13	Sør-vest	3,5	630	19

4.6 Sammenligning: Klasserom på Siggerud skole og Bjørlien skole

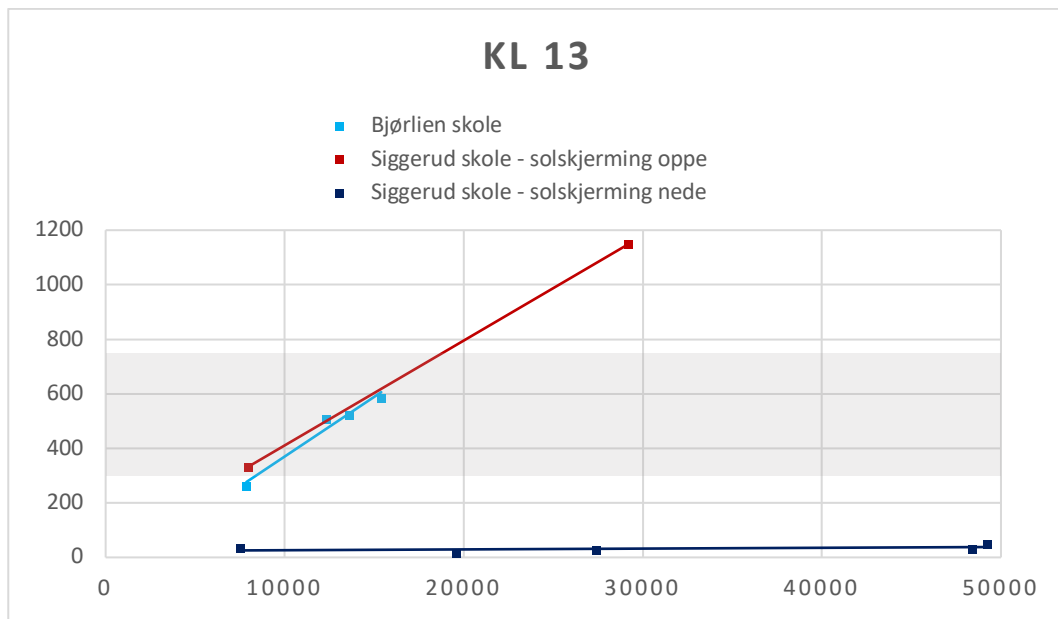
Ved sammenligning av dagslysforhold på Bjørlien skole og Siggerud skole, er det kun valgt å se på klasserom vendt mot sør og øst, da ingen av klasserommene på Siggerud ses på som sammenlignbare med hjørneklasserommene på Bjørlien skole. De to klasserommene som blir sammenlignet er heller ikke helt like. På Bjørlien er det «vridde» klasserom med vinduer langs en kortsida, mens Siggerud har mer tradisjonelle klasserom med vinduer langs en langside.

Enkelte av målingene utført på Bjørlien ble i 4.5 omtalt som avvik fordi de enten ble utført ved tåke eller forhold som ga dugg på rutene, disse er også sett bort i fra i denne delen. Det er videre valgt å utelate enkelte målinger fra Siggerud skole. Dette fordi de ikke anses som gyldige. Alle målingene som ble utført på Siggerud ligger vedlagt i vedlegg B. De målingene som ble ansett som gyldige og brukt i denne studien ligger i tillegg vedlagt i vedlegg C.

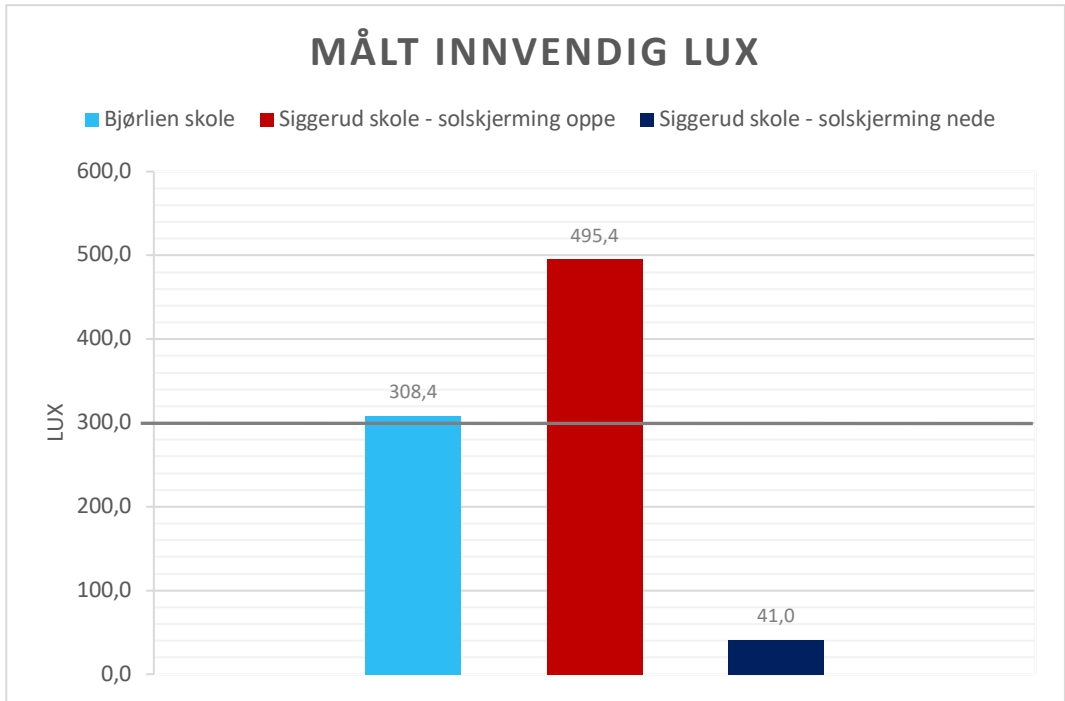
4.6.1 Øst



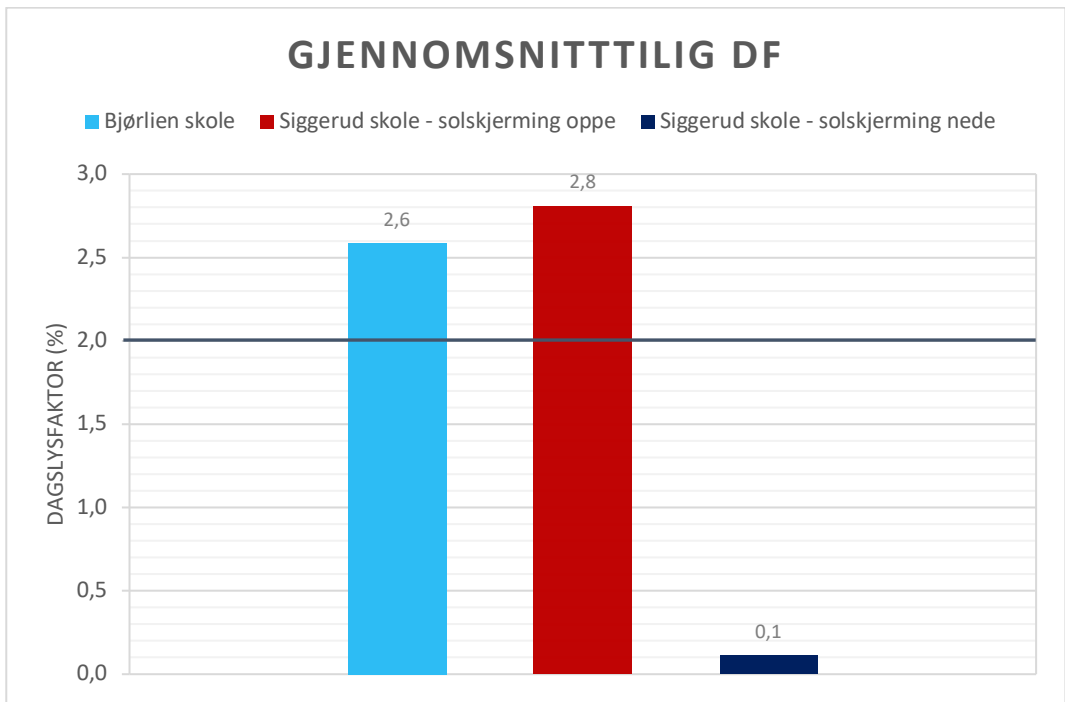
Figur 32: Dagslysmålinger - østvendte klasserom kl. 10.



Figur 33: Dagslysmålinger - østvendte klasserom kl. 13.

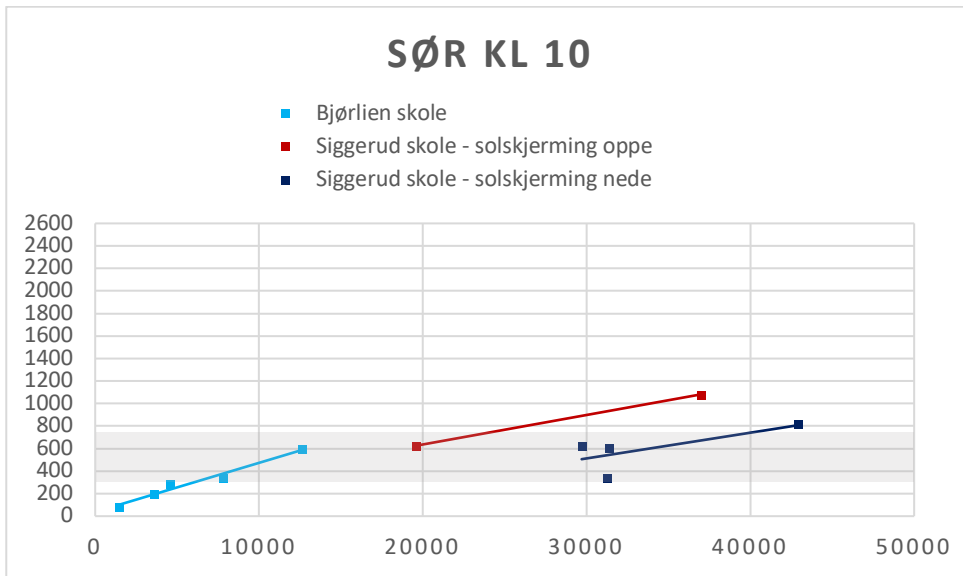


Figur 34: Målt innvendig lux – øst.

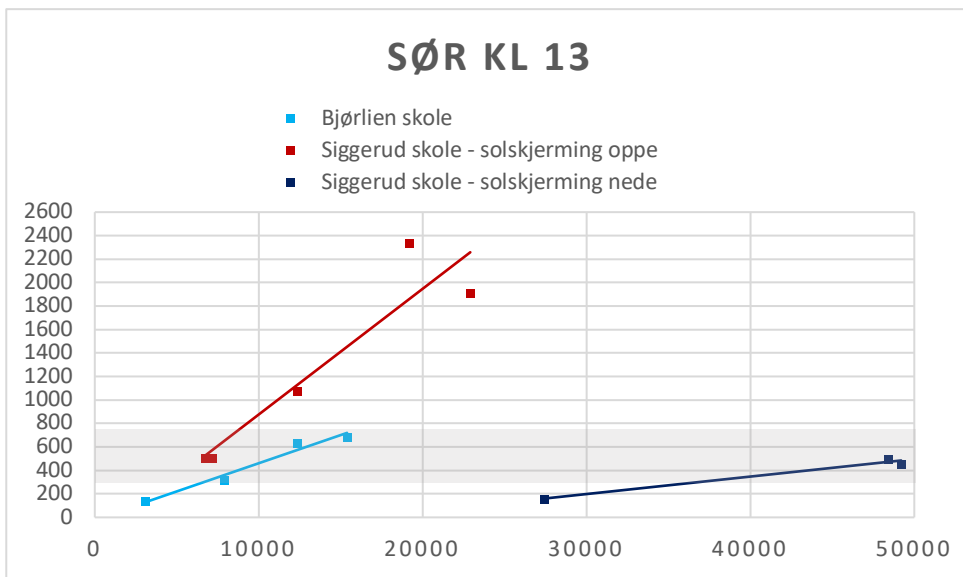


Figur 35: Gjennomsnittlig DF – øst.

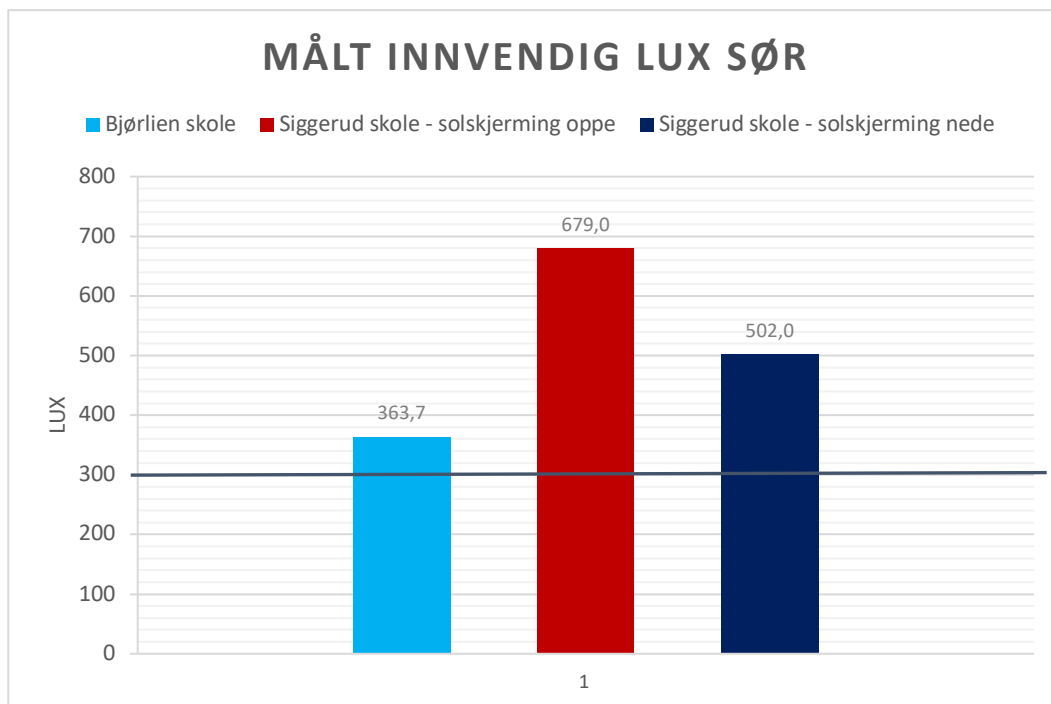
4.6.2 Sør



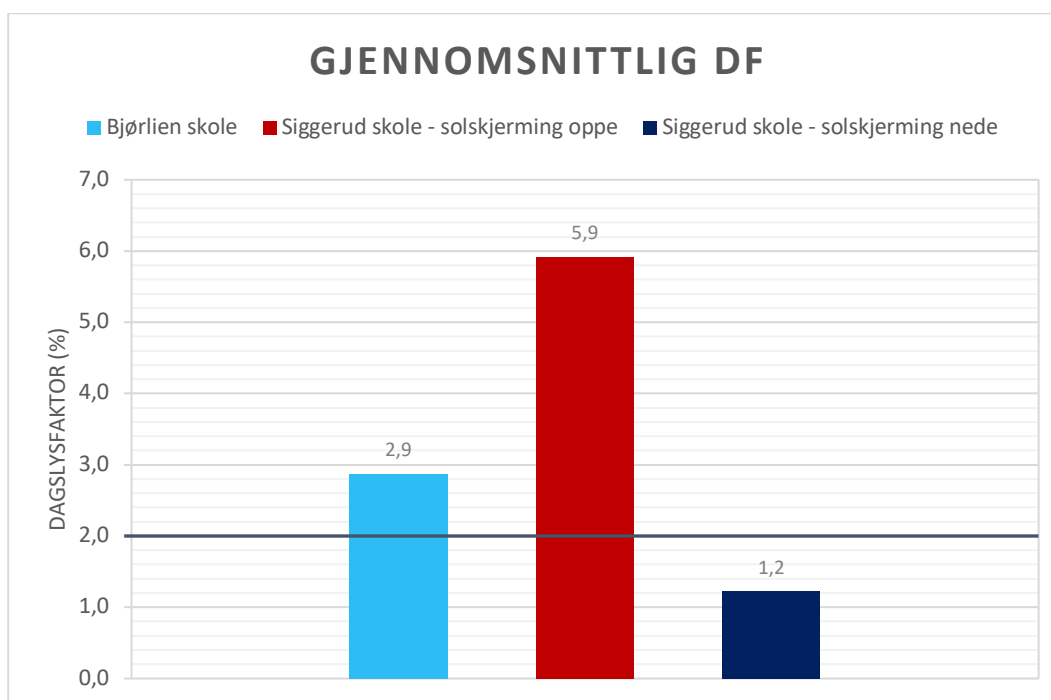
Figur 36: Dagslysmålinger - sørvendte klasserom kl. 10.



Figur 37: Dagslysmålinger - sørvendte klasserom kl. 13.



Figur 38: Målt innvendig lux – sør.



Figur 39: Gjennomsnittlig DF – sør.

5 DISKUSJON

5.1 Innsamling av data og metodevalg

For å besvare problemstillingen og redegjøre for dagslysforholdene på en skole med fast solskjerming, er det valgt å utføre kvantitative målinger. Målingene er relevante for problemstillingen i den forstand at de vil gi svar på om forskriftskravene faktisk er etterfulgt. Det var også ønskelig at resultatene skulle sammenlignes med tidligere, tilsvarende målinger utført på en annen skole, med bevegelige screens. Det ble derfor ansett som hensiktsmessig å velge samme metode som Andersen (2018) brukte i sin masteroppgave. Data vil da være mer overførbare og enklere å sammenligne. Metoden ble i følge Andersen (2018) utarbeidet i samtaler med førsteamanuensis ved Norges miljø og biovitenskapelige universitet, Leif Daniel Houck. Anvendt metode har også blitt diskutert i samtaler med veileder og førsteamanuensis, Martin Ebert, som støtter opp under fremgangsmåten.

Det er utført målinger i flere klasserom på den aktuelle skolen. At målingene er utført «i felt» og ikke i et laboratorium, vil gi mer realistiske målinger. Det kan derfor sies at metoden har god ytre validiteten. Samtidig vil det være økt sannsynlighet for unøyaktigheter i målinger som er utført i felt, noe som svekker den indre validiteten. Den indre validiteten avhenger også av i hvilken grad resultatene er generaliserbare. Å anta at resultatene for Bjørlien skole vil gjelde alle andre skoler med fast solskjerming blir feil. Da må i så fall flere forutsetninger være innfridd. Resultatene avhenger av flere faktorer. Blant annet himmelretning, romgeometri, refleksjon fra overflater, solforhold og solskjermingstype. Det kan derfor sies at den indre validitet er mindre god.

Ved måling av DF finnes det flere faktorer som kan begrense målingene i større eller mindre grad. Dagslysmålinger kan i utgangspunktet utføres av hvem som helst, så lenge utstyr eller programvare er tilgjengelig. Reliabiliteten vil derimot øke jo større kompetanse personen har på område som skal undersøkes. Fra før av har forfatteren lite kunnskap om temaet og ingen erfaring med det aktuelle måleutstyret. For å styrke reliabiliteten og øke kunnskapen før målingene skulle utføres har undertegnede satt seg inn i krav og anbefalinger om hvordan DF skal måles, samt satt seg inn i relevant teori og tidligere forskning knyttet til emnet. Utover dette ble også brukermanual for måleutstyret lest og testmålinger ble gjennomført. På tross av dette, vil undertegnede være en potensiell feilkilde, da unøyaktigheter kan forekomme.

Alle målinger er blitt utført ved overskyet himmel. Overskyet himmel kan likevel innebære flere avvik, som snøvær, regn eller tåke. Det har blitt unngått å gjøre målinger ved ustabile værforhold eller ved klar himmel. Forhold som ikke er blitt hensyntatt er derimot mengden snø som har ligget i terrenget under målingene. Det har under alle

målingene vært snødekt terreng omkring skolen. Men mengden har variert. Fordi snø reflekterer mer lys enn bar bakke ville gjort, vil variasjoner i mengde snø kunne gi noen unøyaktigheter i målingene. Det er heller ikke tatt hensyn til om møbler og lignende er blitt flyttet på mellom hver måling. Heller ikke tegninger og andre ting som blir hengt opp på veggene er hensyntatt. Refleksjonen i rommet kan dermed også påvirkes av disse faktorene.

Det har blitt tatt bevisste valg for å øke reliabiliteten og sikre gode og pålitelige resultater. Målingene ble utført med utstyr av høy kvalitet, som også ble kalibrert før hver måling. Målingene ble utført over en lengre periode, men samtidig alltid på samme sted og tidspunkt i de aktuelle klasserommene. Stoler og andre gjenstander ble alltid tatt ned fra pultene. Innvendig solskjerming ble alltid trukket helt opp, og all kunstig belysning i klasserommet har vært avslått under alle målingene.

Det har også vært viktig å gjennomføre dagslyssimuleringen på en god måte, og modellere klasserommene så virkelighetsnært som mulig. Sentrale faktorer for å oppnå dette har vært geometri og vindusplassering. Videre var materialer, overflater og vindustyper av betydning. For å sikre dette og øke oppgavens reliabilitet, ble det hentet inn dokumentasjon på vinduer fra AF Gruppen, som var entreprenør under bygging av skolen. Videre ble en BIM-modell av skolen hentet fra arkitekten, LINK Arkitektur. Modellen inneholder informasjon om hvordan skolen faktisk er bygget. Farger, størrelser og form på ulike bygningsdeler, vindustyper og andre faktorer i simuleringen ses derfor på som svært realistiske og viser en god reliabilitet. For at simuleringen skulle bli utført riktig i DVIZ ble det også opprettet kontakt med Velux, som står bak programvaren. Dersom noe var uklart, ble dette diskutert, for å sikre høy kvalitet på simuleringen.

Resultatene fra målingene på Bjørlien skole viser klare tendenser. Innvendig lux øker proporsjonalt med at utvendig lux øker, noe som tyder på at resultatene har høy gyldighet. At flere målinger, utført under de samme forutsetningene, gir tilnærmet like resultater, øker validiteten.

Resultater fra dagslysmålinger ved Siggerud skole er også en viktig kilde i denne studien. Det vil derfor være vel så viktig å vurdere kvaliteten på disse dataene. Målingene er utført ved varierende værforhold, alt fra klar blå himmel til helt overskyet. Dette svekker reliabiliteten, fordi DF kun bør måles ved helt overskyet himmel. Flere av målingene gjort på Siggerud skole vil derfor ha høy grad av unøyaktighet. Målinger som ses på som ikke-sammenlignbare eller ugyldige er derfor blitt sett bort i fra i denne studien. Ingen av resultatene som fremkommer da solskjermingen var nede er derimot sett bort fra, fordi sol var en forutsetning for at solskjermingen faktisk var nede.

5.2 Dagslysmålinger

5.2.1 Værforhold

Gjennom prosessen med dagslysmålingene har det til tider vært ustabil vær. Målingene har derfor blitt utsatt ved enkelte anledninger, for å oppnå de mest optimale resultatene. Det har vært viktig å utføre målingene under så stabile forhold som mulig. Det har også blitt notert ned dersom det er noe utenom det vanlige. To faktorer som har vist seg å gi utslag på målingene er *dugg på utsiden av vindusrutene* og *tåke*.

Kondens, eller dugg, på utsiden av vindusrutene ble observert under enkelte av målingene. Resultatene viste at slike forhold gir en lavere DF og lavere belyningsstyrke på pultene i klasserommet. Hvilke målinger dette gjelder kommer frem i vedlegg A og i enkelte av figurene i 4.2. Dugg på utsiden av rutene er et vanlig fenomen, særlig i nyere og tettere bygg. Dør- og vindusprodusenten NorDan (u.å.) forklarer på sin hjemmeside ulike grunner for hvorfor kondens oppstår. Høy relativ fuktighet (RF) og vinduer med lave u-verdier er faktorer som kan forårsake dette. Vinduer med god isolasjonsevne fører gjerne til store forskjeller mellom inne- og utetemperatur, som igjen kan bidra til utvendig kondens på rutene. Bjørlien skole har som kjent passivhusstandard og vinduer med nettopp lav u-verdi. Det var også kaldt ute den dagen det var dugg på rutene. At Bjørlien tilfredsstillere strenge energikrav er i og for seg positivt. Men målingene som er utført viser også at det kan, ved kaldere dager, gå utover innvendig belyningsstyrke fordi dagslys hindres i å slippe inn på grunn av kondensen.

Tåke var en annen faktor som trolig påvirker dagslysforholdene. Ved enkelte målinger kom det frem at DF ikke er oppfylt. Denne dagen var det tåke, ved målingene utført kl. 13 var tåken ekstra tykk. Hvilke målinger dette gjelder kommer frem i vedlegg A, samt i grafer vist i 4.2. Dette er trolig grunnen til at disse målingene skiller seg ut fra resterende.

Selv om målingene i utgangspunktet er utført under stabile værforhold med helt overskyet himmel, er det likevel flere forhold som kan påvirke og føre til avvik. Helt overskyet himmel og helt overskyet himmel med regn, tåke eller snøvær kan gi helt ulike utslag på resultatene. De største avvikene oppsto som nevnt når det enten var tåke, eller ekstra kaldt slik at det oppsto dugg på rutene. I videre diskusjon er det derfor valgt å se bort i fra målingene som ble utført under disse forholdene. Målingene avviker i så stor grad fra de resterende, at de verken på som gyldige eller særlig representative for å beskrive dagslysforholdene på skolen.

5.2.2 Øst

Figur 18 og figur 19 viser forholdet mellom lux inne og lux ute i klasserom vendt mot øst, henholdsvis kl. 10 og 13. Hovedsakelig viser grafene at målingene ligger tett på tendenslinjen. Dette tilsier at lysmengden inne og ute er tilnærmet proporsjonale, altså at innvendig lysmengde øker proporsjonalt med at utvendig lysmengde øker. Dette er forventede resultater. Det er likevel to av målingene utført kl. 10 som skiller seg ut fra de resterende, og avviker i noe grad fra tendenslinjen. Målingen som ligger under tendenslinjen ble utført mens det var dugg på utsiden av rutene, i tillegg snødde det denne dagen. Målinger utført under slike forhold er som nevnt, i 5.2.1, valgt å ses bort i fra. Målingen som ligger over tendenslinjen har ingen spesielle merknader, annet enn at terrenget var snødekt. Det er trolig en unøyaktighet i målingen eller faktorer som møblering av klasserom eller snømengde som kan ha ført til dette avviket.

Fra figur 18 og figur 19 kommer det også frem at kun seks av tolv målinger er innenfor SINTEF sin anbefalte belysningsstyrke på 300-750 lux. Ser man bort i fra målingene utført ved tåkete forhold og kondens på rutene, forsvinner fire av de utenforliggende målingene. Altså kan det korrigeres til at seks av åtte målinger er innenfor anbefalt område. Figur 26 viser, tross to målinger utenfor anbefalt område, at alle målingene oppfyller kravet om gjennomsnittlig DF på 2%. Tabell 7 viser at også 10%-regelen er oppfylt. Forholdet mellom vindusareal og BRA er 15%, altså godt innenfor kravet.

10%-reglen er oppfylt, det samme gjelder kravet om DF. Belysningsstyrken er derimot bare innenfor anbefalingene til SINTEF ved halvparten av tilfellene.

5.2.3 Sør

Figur 20 og figur 21 viser forholdet mellom lux inne og lux ute i klasserom vendt mot sør, henholdsvis kl. 10 og 13. Grafene viser klare tendenser, der målingene ligger jevnt langs tendenslinjen. Igjen, er dette forventede resultater. Figur 20 viser likevel at to av målingene utført kl. 10 ligger litt lengre fra tendenslinjen enn resterende målinger fra dette klasserommet. Det er ikke notert ned noen spesielle merknader denne dagen. Spredningen kan skyldes unøyaktigheter som møblering av klasserom eller varierende refleksjon og snømengde. Det er også mulig at målingene ble utført med noe unøyaktighet.

Videre kommer det frem fra figur 20 og 21 at kun fem av ni målinger er innenfor det anbefalte området, markert med grått. Enkelte av målingene viser svært lave lux-verdier. Laveste gjennomsnitt for de fire punktmålingene er nede i 78 lux, langt fra anbefalt verdi på minimum 300 lux. Når målingene utført under tåkete forhold utelates, er fem av sju målinger innenfor kravet, og de laveste lux-verdiene forsvinner. Grunnen

for at det fremdeles ligger to målinger utenfor anbefalt området kan skyldes unøyaktigheter, ommøblering eller varierende snømengde. Under den ene målingen var det også regn, noe som kan være med å påvirke resultatene. Den siste målingen, vist i figur 20, har også en målt gjennomsnittlig lux-verdi på 289 inne. Denne målingen har ingen spesielle noteringer, men er heller ikke langt fra anbefalt verdi. Unøyaktigheter, ommøblering eller snømengden kan ha påvirket målingen. Utover dette er det ingen nevneverdig grunn for at denne målingen ikke tilfredsstillter SINTEF sine anbefalinger.

Samtidig som flere av målingene både kl. 10 og kl. 13 ikke er innenfor SINTEF sine anbefalinger, viser figur 27 at samtlige målinger oppfyller DF-kravet. Fra tabell 8 kommer det også frem at forholdet mellom vindusareal og BRA er 16%. Dette er godt innenfor minimumskravet på 10%.

Begge kravene er altså oppfylt, mens belyningsstyrken bare er innenfor anbefalingene til SINTEF ved fem av sju tilfeller.

5.2.4 Nord-øst

Figur 22 viser målinger utført i hjørneklasserommet med vinduer mot nord og øst kl. 10. Disse målingene ligger ikke like tett langs tendenslinjen, som for klasserom vendt mot sør og øst gjorde. De to målingene som ligger over tendenslinjen er begge utført ved overskyet vær, uten noen spesielle merknader, annet enn at en av målingene ble utført mens det regnet. Regnet kan være noe av grunnen for spredningen til den ene målingen. Ommøblering av klasserom eller andre unøyaktigheter i målingene, beskrevet i 7.1, kan også påvirke.

Figur 23 viser målinger utført i samme klasserom kl. 13. Det er ingen målinger som avviker særlig fra tendenslinjen. Dette bekrefter igjen teorien om at lux inne øker proporsjonalt med at lux ute øker.

Minimumskravet til SINTEF på 300 lux er ikke tilfredsstillt ved noen av målingene kl. 10, og kun ved et tilfelle kl. 13. Figur 28 viser imidlertid at gjennomsnittlig DF er innenfor kravet ved alle målingene, med et unntak. Ser man bort fra målinger utført ved enten tåke eller forhold som ga dugg på rutene, er samtlige sju målinger innenfor kravet om 2% gjennomsnittlige DF. Fra tabell 9 kommer det også frem at forholdet mellom vindusareal og BRA er 16%. Dette er godt innenfor minimumskravet på 10%.

At alle utenom en måling er utenfor anbefalt området kan skyldes at punktmålingene ikke ble utført i hele klasserommet, men kun fire punkter 1 meter fra vindusrekka mot øst. I klasserom med vinduer langs en fasade vil disse punktmålingene utgjøre området i klasserommet med mest lys. I dette klasserommet er derimot området langs

vindusrekka mot øst ikke nødvendigvis det lyseste området. Her er et av de store vinduene plassert langs nordveggen, et stykke inn i klasserommet. Dette er trolig noe av grunnen til de lave verdiene. En annen åpenbar grunn for den lave lysmengden er at klasserommet er plassert nord-øst i skolen. Fasaden mot nord vil være fasaden som får minst sollys. Fasaden mot øst får noe mer lys, men betraktelig mindre enn fasadene mot for eksempel sør og vest.

Kravet om DF er oppfylt ved samtlige sju målinger. Forholdet mellom vindusareal og BRA er også godt innenfor kravet. Belysningsstyrken er derimot bare innenfor anbefalingene til SINTEF i et av sju tilfeller.

5.2.5 Sør-vest

Figur 24 viser målinger utført i hjørneklasserommet med vinduer mot sør og vest kl. 10. Disse målingene er plassert proporsjonalt langs tendenslinjen, med unntak av to målinger som skiller seg ut. Målingen som ligger over tendenslinjen er innenfor SINTEF sine anbefalinger på minimum 300 lux, og har en DF på 5,2%, den høyeste av alle de målingene. Det er ikke notert ned noen spesielle merknader. Unøyaktigheter eller ommøblering kan ha vært med å påvirke denne spredningen. Målingen som ligger under tendenslinjen er ikke innenfor SINTEF sine anbefalinger, og ble utført mens det var dugg på utsiden av rutene, noe som trolig førte til at mindre dagslys slapp inn i klasserommet. Dette er også en av målingene som er valgt å utelates.

Figur 25 viser målinger utført i hjørneklasserommet med vinduer mot sør og vest kl. 13. Målingene ligger spredt, og er ikke særlig proporsjonale. En av målingene er utført med dugg på utsiden av rutene, samt at det snødde denne dagen. En annen måling ble utført mens det var tykk tåke ute, noe som kan ha medført mindre dagslysinnslipp i klasserommet. Begge disse tilfellene er valgt å utelates fra videre diskusjon, på tross av at de faktisk oppfyller både DF-krav og SINTEF sine anbefalinger. Når det gjelder den store spredningen, kan det være faktorer som varierende snømengde i terrenget, unøyaktigheter i målingene eller ommøblering av klasserom som har påvirket.

Når de nevnte målingene er utelatt, er seks av sju målinger innenfor eller over anbefalt området. At en av målingene ligger over anbefalt området, ses ikke på som negativt. Det er enklere å blokkere solen ved å bruke den innvendige solskjermingen dersom det skulle bli for lyst, enn motsatt. Målingen som ikke er innenfor anbefalingene er utført da det regnet, det er trolig også grunnen for den lave verdien. Videre kommer det i figur 29, igjen, frem at gjennomsnittlig DF er oppfylt ved samtlige målinger. Tabell 10 viser også at 10%-regelen er oppfylt. Forholdet mellom vindusareal og BRA er 19%, godt innenfor kravet.

For å oppsummere er både kravet om DF og 10%-regelen oppfylt. Belysningsstyrken er også generelt god, og innenfor anbefalingene til SINTEF i seks av sju tilfeller.

5.2.6 Sammenligning: Klasserom på Bjørlien skole

Figur 30 og figur 31 viser målingene i alle de fire klasserommene i samme graf. Fra dette plottet kan det leses at dagslysforholdene er best i klasserom vendt mot sør-vest. Dette er forventet, da fasadene mot sør og vest vil ha tilgang på mer sollys enn fasader mot nord og øst. Dette klasserommet har også vinduer mot to fasader, noe som bør føre til et større innslipp av dagslys. Klasserommet med minst dagslys, er også et av hjørneklasserommene. I teorien bør klasserom med vinduer langs to fasader ha bedre dagslysforhold enn et klasserom med vinduer kun langs en fasade. Så hvorfor er ikke klasserommet mot nord-øst bedre stilt enn f.eks. klasserom mot øst, som kun har vinduer langs en kortvegg? Mest sannsynlig skyldes det at klasserommet mot øst har større vindusareal mot en fasade som er mer eksponert for sol. Klasserommet mot nord-øst har omtrent like mye vindusareal i forhold til BRA, som klasserommet mot øst. Men mer av vindusarealet befinner seg på nord-fasaden, der det er mindre tilgang på sollys.

Generelt kan det virke som alle klasserommene har gode dagslysforhold. I alle fall om det ses på kravene fra TEK10: 2% gjennomsnittlig DF eller 10%-regelen. Tabell 11 oppsummerer resultatene fra Bjørlien skole, der korrigert DF er et gjennomsnitt av alle målingene utført i det gitte klasserommet, på det gitte tidspunkt. I følge dette gjennomsnittet oppfyller samtlige målinger både kravet om 2% gjennomsnittlig DF og 10%-regelen. Videre tar tabell 11 for seg SINTEF sin anbefalte belysningsstyrke på 300-750 lux. Verdien for «lux inne» er også et gjennomsnitt av de respektive målingene. Gjennomsnittet for de fire punktmålingene er kun oppfylt i seks av åtte tilfeller. De to tilfellene som ikke er innenfor anbefalingene er målinger fra klasserommet mot nord-øst. Det er bemerkelsesverdig at krav og anbefalinger avviker fra hverandre. At dette fenomenet oppstår i klasserommet mot nord-øst virker likevel logisk fordi dette er klasserommet med fasader mot himmelretningene med minst tilgang på sollys.

5.3 Sammenligning: Klasserom på Siggerud skole og Bjørlien skole

5.3.1 Øst

Figur 32 viser et plot der dagslysmålinger utført kl. 10 fra klasserom vendt mot øst på begge skolene er satt opp mot hverandre. Det skiller mellom når solskjerming er oppe og nede på Siggerud. Når solskjermingen er nede er tendenslinjen tilnærmet vannrett og resultatene er svært lave. Målingene for Bjørlien skole ligger ikke like tett på tendenslinjen. Tendenslinjen ligger omtrent helt likt med linjen for Siggerud skole når solskjermingen der er oppe. Dette kan indikere at dagslysforholdene er relativt like på

de to skolene når solskjerming der er oppe på Siggerud. Grunnen til spredningen for klasserom vendt mot øst på Bjørlien skole er diskutert i 5.2.1. Videre kommer det frem at de fleste målingene for både Bjørlien og Siggerud, når solskjerming er oppe, er innenfor SINTEF sitt anbefalte område markert med grått. Når solskjermingen er nede er målingene derimot langt utenfor dette området.

Figur 33 viser et tilsvarende plot for målinger utført kl. 13. Målingene har noe høyere verdi, men viser samtidig de samme tendensene som målingene utført kl. 10. Resultatene fra Siggerud ligger noe tettere på tendenslinjen, mens Bjørlien har enkelte målinger med mer spredning. Målingene som er utført når solskjermingen er nede er betraktelig lavere enn de resterende, og ligger tilnærmet vannrett også i dette plottet. Det kommer også frem at de fleste målingene for Bjørlien, og Siggerud, når solskjermingen er oppe, er innenfor SINTEF sine anbefalinger. Målingene som er utført når solskjermingen er nede er igjen, langt utenfor dette området.

Figur 34 viser en gjennomsnittsverdi av de målte lux-verdiene for begge de aktuelle tidspunktene. Bjørlien skole ligger rett innenfor minste anbefalte lux-verdi, med 308,4 lux. Siggerud skole har to søyler, der den første søylen beskriver lux-verdien når solskjermingen er oppe. Lux-verdien her er høy, på hele 495,4. Hvorfor denne er så mye høyere enn på Bjørlien, kan skyldes større refleksjon fra terrenget rundt skolen, eller fra møblelementet i klasserommene. Bjørlien har som kjent også fast solskjerming, som til en hver tid ligger foran vinduene. Dette medfører at noe dagslys blir utelatt, og kan være en annen forklaring på forskjellene. Den siste søylen viser lux-verdien når solskjermingen er nede på Siggerud. Den er nede på 41 lux, langt unna minstekravet på 300 lux.

Figur 35 viser en oversikt over gjennomsnittlig DF for klasserommene kl. 10 og 13. Bjørlien skole har en gjennomsnittlig DF på 2,6%, altså godt innenfor minstekravet på 2%. Siggerud skole er også her beskrevet med to søyler. Da solskjermingen var oppe viser grafen en god DF på hele 2,8%. Igjen er det logisk å forklare forskjellen her med de ulike formene for solskjerming. Solskjermingen på Bjørlien vil alltid være foran vinduene og sperre for deler av dagslyset, noe som ikke er tilfelle på Siggerud. Da solskjermingen var nede var derimot DF svært lav, helt nede på 0,1%, langt unna kravet. Hovedgrunnen for dette er at screens er nede og hindrer lyset i å slippe inn.

5.3.2 Sør

Figur 36 viser et plot der dagslysmålinger utført kl. 10 fra klasserom vendt mot sør på begge skolene er satt opp mot hverandre. Det skiller mellom når solskjerming er oppe og nede på Siggerud. Målingene ligger relativt tett på tendenslinjen for Bjørlien skole. Også målingene utført når solskjerming er oppe på Siggerud ligger tett. Men her er det

kun to målinger som ble ansett som gyldige, noe som ikke gir et særlig godt bilde på de faktiske dagslysf forholdene. Ideelt sett burde det vært noen flere resultater. Det ble likevel sett på som viktigst at gyldigheten til de målingene som ble vurdert var høy, heller enn å ha flere målinger. Da solskjermingen var nede ligger målingene også spredt, mer enn de gjorde for klasserommet vendt mot øst, og tendenslinjen er ikke lenger vannrett. Plottene for de tre skolene ligger nesten parallelt med hverandre i grafen. Videre kommer det også frem i figur 36 at kun to av tre målinger er innenfor SINTEFs anbefalte området på Bjørlien. På Siggerud er alle målingene enten innenfor området, eller over. Selv om solskjermingen er nede på Siggerud er de målte lux-verdiene høyere enn på Bjørlien.

Figur 37 viser et tilsvarende plot for målinger utført kl. 13. De målte lux-verdiene er også her noe høyere enn kl. 10. Plottet for Bjørlien har målinger som ligger tett på tendenslinjen. Det samme gjelder målingene for Siggerud når solskjermingen er nede. Når solskjermingen er oppe er det derimot mer spredning. Her ligger heller ikke de tre plottene like parallelt. I følge Andersen (2018) oppstår forskjellene fra plottene kl. 10 og 13 på grunn av de ulike solvinkelen som forekommer på disse tidspunktene. Dette virker som en logisk måte å forklare forskjellene på. Fra figur 37 kommer det også frem at de fleste målingene for Bjørlien ligger i området som er anbefalt av SINTEF, enkelte målinger er litt lavere. Når solskjermingen er nede er også flertallet av målingene innenfor dette område. Når solskjermingen oppe på Siggerud er flere målinger over dette området.

Et gjennomsnitt av de målte lux-verdiene for begge tidspunktene kommer frem i figur 38. Siggerud er godt innenfor anbefalingene både når somskjerming er oppe og nede. Bjørlien skole ligger igjen på grensen, men er likevel innenfor med en lux-verdi på 363,7. At målingene på Siggerud er innenfor anbefalt området, men i følge figur 39 ikke oppfyller kravet om 2% DF er svært motstridende.

Figur 39 viser en oversikt over gjennomsnittlig DF for klasserommene kl. 10 og 13. Bjørlien skole har en gjennomsnittlig DF på 2,9%, altså godt innenfor minstekravet, og logisk nok litt høyere enn samme målte verdi for klasserom vendt mot øst. Siggerud skole er nok en gang beskrevet med to søyler. Da solskjermingen var oppe viser grafen en god DF på hele 5.9%. Forskjellen mellom de to skolen er betraktelig større her, enn for klasserommene vendt mot øst. Igjen er det logisk å forklare noe av forskjellen med de ulike formene for solskjerming. Det er også mulig at stor refleksjon fra snø kan ha gitt Siggerud høyere verdier. Da solskjermingen var nede var derimot DF under kravet, på 1,2%. DF var likevel høyere enn for klasserom vendt mot øst, noe som også er logisk. Hovedgrunnen til den lave verdien skyldes trolig at screens er nede og hindrer lyset i å slippe inn.

5.3.3 Oppsummering: Screens eller fast solskjerming?

Det kan virke som om dagslysforholdene er gode på begge skolene, i alle fall når screens er oppe på Siggerud skole. Siggerud skole får en høyere DF enn Bjørlien i klasserom vendt mot både øst og sør, det samme gjelder gjennomsnittlig lux-verdier for de fire punktmålingene. Situasjonen er derimot en helt annen når screens er nede, i alle fall om man skal se på kravene fra TEK10. Verken DF eller belysningsstyrken er innenfor krav eller anbefalinger for klasserommet vendt mot øst. I klasserommet mot sør er DF langt fra kravet, mens belysningsstyrken er godt innenfor. Fast solskjerming kan virke som et mer stabilt valg, som overholder kravene uansett. Ved bruk av screens er dagslysforholdene inne i klasserommet avhengig av at været ikke er «for fint», slik at solskjermingen holder seg oppe. Likevel er de målte lux-verdiene høyere på Siggerud. Dette kan skyldes flere faktorer. Sett bort fra type solskjerming, er klasseromsform og refleksjonsstyrke fra omgivelsene både inne og ute faktorer som kan ha vært med å påvirke. Dette diskutertes nærmere i 5.4.

5.4 Krav og anbefalinger

Andersen (2018) stilte spørsmålstegn ved om DF var riktig måte fastsette om dagslysforholdet er tilfredsstillende på. Grunnen til at det ble stilt spørsmål ved dette var at selv om DF-kravet på Siggerud skole ikke ble oppfylt, var ofte målingene innenfor belysningsstyrken SINTEF anbefaler. På Bjørlien skole var alle klasserommene innenfor kravene til TEK10. Det kom derimot frem at enkelte målinger likevel lå utenfor SINTEF sitt anbefalte område, altså *motsatt* av hva som ble kartlagt på Siggerud. Dette var særlig tydelig i klasserommet vendt mot nord-øst. Det forekom også tilfeller i de andre klasserommene, men her var gjennomsnittet av målingene likevel innenfor anbefalingene.

I 5.1 diskuteres det flere potensielle feilkilder. For å grunngi de noe merkelige resultatene fra Bjørlien skole, som også strider i mot funn på Siggerud skole, finnes det flere potensielle forklaringer.

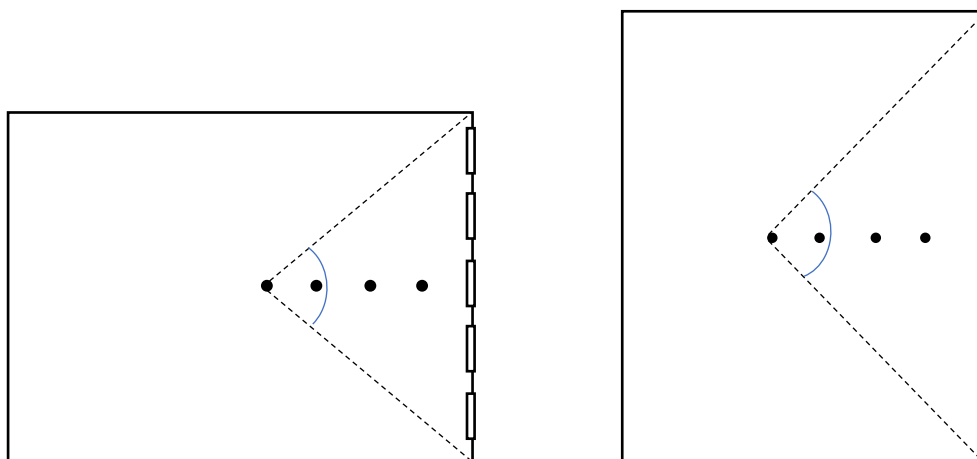
En av grunnene kan være variasjon av refleksjon både fra omgivelser utendørs, og inventar og møblement innendørs. Pultene på Bjørlien skole har en gråfarge som er relativt mørk. En mørkere farge på pultene vil gi en lavere refleksjon enn for eksempel hvite pulter ville gjort. Dette kan ha påvirket lux-verdiene innendørs, særlig lengst inn i rommet der tilgangen på dagslys er lavere. Som kjent avhenger også DF av den belysningsstyrken innendørs, noe som vil si at DF også ville blitt påvirket om dette var tilfelle. DF avhenger i tillegg av den utvendige lux-verdien, vist i formelen under.

$$\text{Dagslysfaktor} = \frac{\text{Lux inne}}{\text{Lux ute}} * 100$$

Dersom det forekommer lave lux-verdier innendørs, men lux-verdien ute minker tilsvarende vil DF fremdeles kunne være tilstrekkelig høy og innenfor kravene, samtidig som lux-verdiene er for lave for å innfri anbefalingene som SINTEF gir. Det er flere mulige grunner for at utendørsmålingene ga lavere verdier på Bjørlien, enn på Siggerud. De fleste målingene utført på Siggerud ble gjennomført i mars måned, mens målingene på Bjørlien ble utført i februar, som er en «mørkere» måned. Samtidig var mars 2018 en måned som var preget av store mengder snø. Selv om terrenget var delvis eller helt dekket av snø under alle målingene ved Bjørlien, var likevel snømengden betydelig mindre denne vinteren. Fordi snø reflekterer mer lys, enn bar bakk gjør, vil dette kunne påvirke de utvendige målingene.

Tilfellene med at lux-verdiene er utenfor anbefalt området, men fremdeles oppfyller forskriftskravene, er særlig tydelig i klasserom vendt mot nord-øst. Det er trolig ekstra tydelig her på grunn av himmelretningen. En nordvendt fasade er fasaden som er minst eksponert for sol. Skyggediagrammet i figur 4 illustrerer dette godt.

En annen grunn for at de to studiene gir forskjellige resultater, kan være at klasserommene har ulik geometri. På Siggerud er det tradisjonelle klasserom med vinduer langs en langside. Bjørlien har vridde klasserom, med vinduer langs en kortsida. Figur 40 viser en illustrasjon av de fire punktmålingene som ble utført på de to skolene. I figuren er det markert en vinkel. Vinkelen representerer lysdisposisjonen. Selv om vindusarealet er det samme i begge klasserommene, vil det tradisjonelle klasserommet ha en større disposisjonsvinkel og sannsynligvis bedre lys lenger inn i klasserommet.



Figur 40: Illustrasjon av punktmålingene utført i vridde klasserom (t.v.) og tradisjonelt klasserom (t.h.) (Egen figur).

6 KONKLUSJON

Kravet om gjennomsnittlig DF på 2% er oppfylt på Bjørlien skole. Det samme gjelder 10%-regelen i TEK10. Skolen oppfyller dermed forskriftskravene til TEK10. Det er likevel vist ved flere anledninger at målt belyningsstyrke på arbeidsflatene i klasserommene ikke er innenfor SINTEF sitt anbefalte område på 300-750 lux. I hjørneklasserommet vendt mot nord-øst var dette særlig tydelig. Dette kan skyldes flere faktorer. At det aktuelle klasserommet har vinduer mot nord og øst, som er fasadene med minst tilgang på sollys, er trolig hovedgrunnen.

Det er likhetstrekk mellom dagslysforholdene på Bjørlien og Siggerud når solskjerming er oppe. Siggerud har noe høyere DF og målt belyningsstyrke innendørs. Noe usikkerhet er det likevel, da både varierte værforhold og for få gyldige data på Siggerud kan ha påvirket dette. Det er også logisk at det slipper inn mindre lys på Bjørlien, dsolskjermingen alltid vil skjerme for lyset i noe grad. Når solskjermingen er nede på Siggerud, har Bjørlien klart bedre dagslysforhold. På Bjørlien er kravene oppfylt i samtlige klasserom, men ikke alltid innenfor SINTEF sine anbefalinger. På Siggerud er det i noen tilfeller motsatt. Dette er en klar ulikhet ved de to skolene, og grunn til å stille spørsmål ved måten dagslyskrav måles på.

Sammenligningen av dagslysforholdene på Bjørlien og Siggerud viser ikke et entydig svar på om fast- eller bevegelig solskjerming bør velges over den andre i fremtidige prosjekter. Det skal likevel nevnes at dagslysforholdene er mer stabile på Bjørlien. Brukergrensesnittet for den type screens som finnes på Siggerud er også betraktelig lavere, enn for den faste solskjermingen på Bjørlien. Fordi solskjermingen ikke styres av brukeren selv, er det heller ikke mulig å velge når man vil stenge eventuell sol eller annen refleksjon ute. Med fast solskjerming vil dette være annerledes. Der finnes en innvendig duk som brukeren selv styrer. Dette er argumenter som taler for fast solskjerming.

6.1 Veien videre

Det ville vært ideelt å gjennomføre en lignende studie der det fremkom flere gyldige resultater. Det ville gitt en mer nøyaktig sammenligningsstudie, samtidig som resultatene kunne bekrefte eller avkrefte resultatene som kommer frem i denne studien. Å gjøre undersøkelse på en skole med en annen form for fast solskjerming ville også vært interessant, dette for å se om resultatene i denne oppgaven også gjelder flere typer av fast solskjerming.

I teoridelen av denne oppgaven ble det lagt frem flere forskninger som viste at dagslys i skolen påvirker både elevers progresjon, helse og trivsel. Det ville vært vel så interessant å se på slike kvalitative mål, og undersøkt hvordan ulike dagslysforhold faktisk påvirker elevene.

Videre stilte Andersen (2018) spørsmålstegn ved bruken av DF som mål på dagslysforhold. Dette fordi SINTEF sine anbefalinger ofte var oppfylt, mens DF-kravet gjerne var langt unna minimum. I denne oppgaven oppsto det motsatte fenomenet. Det var ekstra tydelig i klasserom vendt mot nord-øst. Ved nesten alle målingene ble kravet om DF oppfylt, men likevel viste de målte lux-verdiene at belysningsstyrken var under anbefalt minsteverdi. Dette er noe som kunne vært interessant å undersøke nøyere i en senere studie.

7 REFERANSELISTE

- AF gruppen. (2017). *AF bygger ny skole for Vestby kommune*: AF gruppen Tilgjengelig fra: <https://afgruppen.no/nyheter/2017/022/af-bygger-ny-skole-for-vestby-kommune/> (lest 29.01.19).
- Andersen, F. M. (2018). *Dagslys i skolebygg ved bruk av screens som solskjerming: en case studie*: Norwegian University of Life Sciences, Ås.
- Barrett, P. S., Zhang, Y., Davies, F. & Barrett, L. (2015). *Clever classrooms: Summary report of the HEAD project*: University of Salford.
- Bryn, I., Bjørnulf, A., Gedsø, S. & Karlsen, L. (2014). *Glass i fasader og solskjerming* Erichsen & Horgen AS og Glass og Fasadeforeningen. Tilgjengelig fra: <http://glassportal.no/wp-content/uploads/2017/03/2016.04.18-Solskjerming.pdf> (lest 20.02.19).
- Byggteknisk forskrift (TEK17). (2017). *Forskrift om krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*.
- Dalland, O. (2017). *Metode og oppgaveskriving*. 6. Utg. utg. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Dewald, J. F., Meijer, A. M., Oort, F. J., Kerkhof, G. A. & Bögels, S. M. (2010). The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: a meta-analytic review. *Sleep medicine reviews*, 14 (3): 179-189.
- DIBK. (2016). *Byggteknisk forskrift (TEK10)* Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggeregler/tek/> (lest 22.01.19).
- DIBK. (2017). *Slik leser du TEK17*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/alt-om-tek/slik-leser-du-tek17/> (lest 11.01.19).
- Fasadeprodukter. (2017). *Screens*. Tilgjengelig fra: <https://www.fasadeprodukter.no/produkter-kategori/solskjerming/utvendig-solskjerming/screens/> (lest 20.02.19).
- Govén, T., Laike, T., Raynham, P. & Sansal, E. (2011). Influence of ambient light on the performance, mood, endocrine systems and other factors of school children. *the CIE 27th Session. South Africa: Sun City*.
- Graphisoft. (u.å.). *ARCHICAD*. Tilgjengelig fra: <https://graphisoft.no/archicad/oversikt/> (lest 25.04.19).
- Halvorsen, K. (2003). *Å forske på samfunnet - en innføring i samfunnsviteskapelig metode*. Oslo: Cappelen akademisk forlag.
- Heschong, L., Wright, R. L. & Okura, S. (2002). Daylighting impacts on human performance in school. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 31 (2): 101-114.
- Holtebekk, T. (2017). *Dagslys*: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/dagslys> (lest 11.01.19).
- Houck, L. D. (2012). Dagslysets kår blant vinner- og taperprosjekter i arkitektkonkurranser om nye skoler. *IMT-rapport nr 46/2012*: 59
- Houck, L. D. (2013). Skoler og dagslys. *Arkitektur N* (2/13): 31.
- Konica Minolta. (u.å.). *T-10A and T-10MA Illuminance Meters*. Tilgjengelig fra: <https://sensing.konicaminolta.us/products/t-10a-t-10ma-illuminance-meters/> (lest 15.03.19).

- Labayrade, R., Jensen, H. W. & Jensen, C. (2009). Validation of Velux Daylight Visualizer 2 against CIE 171:2006 test cases.
- Lyskultur. (1996). Hjembelysning (3).
- Matusiak, B. S. & Nielsen, T. K. (2014). Dagslysfaktor *Norsk lysteknsik komité*: 4. Miljøverndepartementet. (2007). *Universell utforming - begrepsavklaring*
- NorDan. (u.å.). *Dugg på utsiden av glass*. Tilgjengelig fra: <https://www.nordan.no/nordan/artikler/nyheter/149-dugg-p%C3%A5-utsiden-av-glass> (lest 20.03.19).
- Norges astma- og allergiforbund. (2019). *Temperatur: Norges astma- og allergiforbund* Tilgjengelig fra: <https://www.naaf.no/fokusomrader/inneklima/inneklima-i-skoler/temperatur/> (lest 19.02.19).
- Opplæringslova. (1998). *Lov om grunnskolen og den videregående opplæringa (LOV-1998-07-17-61)*.
- Ringdal, K. (2007). *Enhet og mangfold: samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode*. 2. utg. Bergen: Fagbokforlaget
- Rosvold, K. A. & Hofstad, K. (2018). *Belysningsstyrke* Tilgjengelig fra: <https://snl.no/belysningsstyrke> (lest 14.01.19).
- SINTEF Byggforsk. (1997). *421.610 Krav til lys og belysning* Byggforskserien Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/201/krav til lys og belysning](https://www.byggforsk.no/dokument/201/krav%20til%20lys%20og%20belysning) (lest 06.05.19).
- SINTEF Byggforsk. (2001a). *421.602 Dagslys. Egenskaper og betydning* Byggforskserien Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/200/dagslys egenskaper og betydning](https://www.byggforsk.no/dokument/200/dagslys%20egenskaper%20og%20betydning) (lest 16.01.19).
- SINTEF Byggforsk. (2001b). *421.621 Metoder for distribusjon av dagslys i bygninger*. Byggforskserien Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/3004/metoder for distribusjon av dagslys i bygninger](https://www.byggforsk.no/dokument/3004/metoder%20for%20distribusjon%20av%20dagslys%20i%20bygninger) (lest 05.01.19).
- SINTEF Byggforsk. (2002). *220.315 Universell utforming av skolebygninger*. Byggforskserien Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/3092/universell utforming av skolebygninger#tab53](https://www.byggforsk.no/dokument/3092/universell%20utforming%20av%20skolebygninger#tab53) (lest 14.03.19).
- SINTEF Byggforsk. (2004). *421.626 Beregning av gjennomsnittlig dagslysfaktor og glassareal*. Byggforskserien Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/3055/beregning av gjennomsnittlig dagslysfaktor og glassareal](https://www.byggforsk.no/dokument/3055/beregning%20av%20gjennomsnittlig%20dagslysfaktor%20og%20glassareal) (lest 11.01.19).
- SINTEF Byggforsk. (2013). *473.010 Generelt om passivhus. Valg og konsekvenser*. Byggforskserien. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/4108/generelt om passivhus valg og konsekvenser](https://www.byggforsk.no/dokument/4108/generelt%20om%20passivhus%20valg%20og%20konsekvenser) (lest 10.04.19).
- SINTEF Byggforsk. (2017a). *421.505 Godt inneklima i yrkesbygninger*. Byggforskserien Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/195/godt inneklima i yrkesbygninger](https://www.byggforsk.no/dokument/195/godt%20inneklima%20i%20yrkesbygninger) (lest 19.02.19).
- SINTEF Byggforsk. (2017b). *533.163 Solskjerming. Typer og hensyn ved valg* Byggforskserien Tilgjengelig fra:

[https://www.byggforsk.no/dokument/2930/solskjerming typer og hensyn ved valg](https://www.byggforsk.no/dokument/2930/solskjerming_typer_og_hensyn_ved_valg) (lest 20.02.19).

Ski Kommune. (u.å.). *Om skolen* Tilgjengelig fra:

<https://www.ski.kommune.no/skoler/siggerud/#heading-h3-2> (lest 09.05.19).

Timeanddate. (2019). *[digital værdata]*. Tilgjengelig fra:

<https://www.timeanddate.no/astronomi/sol/norge/vestby> (lest 06.03.19).

Utdanningsdirektoratet. (2010). Elevenes skolemiljø.

Utdanningsdirektoratet. (2017). Skolemiljø Udir-3-2017.

8 VEDLEGG

- Vedlegg A Dagslysmålinger Bjørlien skole
- Vedlegg B Dagslysmålinger Siggerud skole
- Vedlegg C Dagslysmålinger Siggerud skole, revidert
- Vedlegg D Dokumentasjon på vinduer
- Vedlegg E Dokumentasjon på solskjerming

Vedlegg A: Dagslysmålinger Bjørlien skole

Klasserom	Dato	Tid	Lux ute	Lux inne 1	Lux inne 2	Lux inne 3	Lux inne 4	Lux inne gj.	DF målt [%]	Korrelasjonsfaktor	DF korrigert [%]	Vær	Merknader
Øst	06.02.2019	10	4510	72,4	105,5	141,1	203,3	131	2,9	0,63	1,8	Helt overskyet	Snødekt terreng, dugg på utsiden av rutene, det snør
Øst	06.02.2019	13	6700	170,3	211,1	291	380	263	3,9	0,63	2,5	Helt overskyet	Snødekt terreng, dugg på utsiden av rutene, det snør
Øst	12.02.2019	10	4568	181,3	215,6	326	483	301	6,6	0,63	4,1	Helt overskyet	Snødekt terreng
Øst	12.02.2019	13	12310	274,8	394	573	791	508	4,1	0,63	2,6	Helt overskyet	Snødekt terreng
Øst	18.02.2019	10	1436	39,8	54,2	80,8	112	72	5,0	0,63	3,1	Helt overskyet	Delvis snødekt terreng, lett tåke
Øst	18.02.2019	13	3051	42,5	59,4	87,8	125	79	2,6	0,63	1,6	Helt overskyet	Delvis snødekt terreng, tåke
Øst	21.02.2019	10	7820	172,7	245,1	361	502	320	4,1	0,63	2,6	Helt overskyet	Snødekt terreng
Øst	21.02.2019	13	15390	324	462	660	895	585	3,8	0,63	2,4	Helt overskyet	Snødekt terreng
Øst	22.02.2019	10	3590	97,5	153,6	216,5	298,9	192	5,3	0,63	3,3	Helt overskyet	Snødekt terreng, yr/regn
Øst	22.02.2019	13	7860	132,2	203,4	301	410	262	3,3	0,63	2,1	Helt overskyet	Snødekt terreng
Øst	05.03.2019	10	12620	221,6	361	513	765	465	3,7	0,63	2,3	Helt overskyet	Delvis snødekt terreng, det snør
Øst	05.03.2019	13	13550	256	404	589	846	524	3,9	0,63	2,4	Helt overskyet	Delvis snødekt terreng, det snør
Klasserom	Dato	Tid	Lux ute	Lux inne 1	Lux inne 2	Lux inne 3	Lux inne 4	Lux inne gj.	DF målt [%]	Korrelasjonsfaktor	DF korrigert [%]	Vær	Merknader
Sør	12.02.2019	10	4568	150,5	213,4	321	471	289	6,3	0,58	3,7	Helt overskyet	Snødekt terreng
Sør	12.02.2019	13	12310	315	456	708	1058	634	5,2	0,58	3,0	Helt overskyet	Snødekt terreng
Sør	18.02.2019	10	1436	42,8	58,8	84,3	125,5	78	5,4	0,58	3,2	Helt overskyet	Delvis snødekt terreng, tåke
Sør	18.02.2019	13	3051	74,2	101,5	145,4	223,3	136	4,5	0,58	2,6	Helt overskyet	deslvis snødekt terreng, tåke
Sør	21.02.2019	10	7820	173,3	249,6	375	540	334	4,3	0,58	2,5	Helt overskyet	Snødekt terreng
Sør	21.02.2019	13	15390	360	502	762	1129	688	4,5	0,58	2,6	Helt overskyet	Snødekt terreng
Sør	22.02.2019	10	3580	105,3	149,3	220,1	317	198	5,5	0,58	3,2	Helt overskyet	Snødekt terreng, yr/regn
Sør	22.02.2019	13	7860	169	236,6	356	512	318	4,1	0,58	2,4	Helt overskyet	Snødekt terreng
Sør	05.03.2019	10	12620	237	483	724	944	597	4,7	0,58	2,8	Helt overskyet	Delvis snødekt terreng, det snør
Klasserom	Dato	Tid	Lux ute	Lux inne 1	Lux inne 2	Lux inne 3	Lux inne 4	Lux inne gj.	DF målt [%]	Korrelasjonsfaktor	DF korrigert [%]	Vær	Merknader
Hjørne Ø/N	06.02.2019	10	4510	61,2	75	97,1	121	89	1,96	1,03	2,0	Helt overskyet	Snødekt terreng, dugg på utsiden av rutene, det snør
Hjørne Ø/N	06.02.2019	13	6700	118,2	139,9	163,9	198,6	155	2,3	1,03	2,4	Helt overskyet	Det snør, snødekt terreng
Hjørne Ø/N	12.02.2019	10	4568	134,9	159,7	183,6	177,9	164	3,6	1,03	3,7	Helt overskyet	Snødekt terreng
Hjørne Ø/N	12.02.2019	13	12310	205,9	248,1	298,4	308	265	2,2	1,03	2,2	Helt overskyet	Snødekt terreng
Hjørne Ø/N	18.02.2019	10	1436	35	41,2	50,6	56,8	46	3,2	1,03	3,3	Helt overskyet	Delvis snødekt terreng, lett tåke
Hjørne Ø/N	18.02.2019	13	3051	32,4	40,2	49,2	58,8	45	1,5	1,03	1,5	Helt overskyet	Delvis snødekt terreng, tett tåke
Hjørne Ø/N	21.02.2019	10	7820	128,8	153	184,6	213,9	170	2,2	1,03	2,2	Helt overskyet	Snødekt terreng
Hjørne Ø/N	21.02.2019	13	15390	244,1	293	350	359	312	2,0	1,03	2,1	Helt overskyet	Snødekt terreng
Hjørne Ø/N	22.02.2019	10	3580	111	125,4	148,2	158,7	136	3,8	1,03	3,9	Helt overskyet	Snødekt terreng, yr/regn
Hjørne Ø/N	22.02.2019	13	7860	123,9	142,9	171,3	182,6	155	2,0	1,03	2,0	Helt overskyet	Snødekt terreng
Klasserom	Dato	Tid	Lux ute	Lux inne 1	Lux inne 2	Lux inne 3	Lux inne 4	Lux inne gj.	DF målt [%]	Korrelasjonsfaktor	DF korrigert [%]	Vær	Merknader
Hjørne S/V	06.02.2019	10	4510	160,2	191,9	224,9	276,9	213	4,7	0,70	3,3	Helt overskyet	Snødekt terreng, dugg på utsiden av rutene, det snør
Hjørne S/V	06.02.2019	13	6700	185,6	218,1	255	280	235	3,5	0,70	2,5	Helt overskyet	Snødekt terreng, dugg på utsiden av rutene, det snør
Hjørne S/V	12.02.2019	10	4568	224,6	275,1	346	498	336	7,4	0,70	5,2	Helt overskyet	Snødekt terreng
Hjørne S/V	12.02.2019	13	12310	425	553	630	813	605	6,9	0,70	3,4	Helt overskyet	Snødekt terreng
Hjørne S/V	18.02.2019	10	1436	67,6	83,8	90	92,7	100	6,9	0,70	4,9	Helt overskyet	Delvis snødekt terreng, lett tåke
Hjørne S/V	18.02.2019	13	3051	119,7	149,6	170,3	170,3	214	7,0	0,70	4,9	Helt overskyet	Delvis snødekt terreng, tett tåke
Hjørne S/V	21.02.2019	10	7820	310	396	473	505	421	5,4	0,70	3,8	Helt overskyet	Snødekt terreng
Hjørne S/V	21.02.2019	13	15390	791	982	1157	1186	1029	6,7	0,70	4,7	Helt overskyet	Snødekt terreng
Hjørne S/V	22.02.2019	10	3580	153,6	195,8	224,2	236,7	203	5,7	0,70	4,0	Helt overskyet	Snødekt terreng, yr/regn
Hjørne S/V	22.02.2019	13	7860	249,4	298	352	380	320	4,1	0,70	2,9	Helt overskyet	Snødekt terreng
Hjørne S/V	05.03.2019	13	13550	392	503	622	746	566	4,2	0,70	2,9	Helt overskyet	Delvis snødekt terreng, det snør

*Målinger markert med grått er ansett som avvik, og utelatt fra deler av oppgaven.

Vedlegg B: Dagslysmålinger Siggerud skole (Andersen, 2018)

Øst

Dato	Lux ute	Lux	DF målt	DF korr	Vær	Tid	Klasserom	Screens	Merknad
01.03.2018	19560	18	0,09 %	0,06 %	Sol	13	Øst	Nede	Snø på bakken
07.03.2018	4156	175	4,21 %	2,95 %	Helt skyet	10	Øst	Oppe	Snø på bakken
07.03.2018	7950	332	4,18 %	2,92 %	Helt skyet	13	Øst	Oppe	Snø på bakken
09.03.2018	7489	35	0,47 %	0,33 %	Helt skyet	14	Øst	Nede	Snø på bakken
13.03.2018	29200	1149	3,93 %	2,75 %	Overskyet	13	Øst	Oppe	Snø på bakken
15.03.2018	31200	64	0,21 %	0,14 %	Lett skyet	10	Øst	Nede	Snø på bakken
15.03.2018	22910	921	4,02 %	2,81 %	Lett skyet	13	Øst	Oppe	Snø på bakken
16.03.2018	7853	343	4,37 %	3,06 %	Snø	10	Øst	Oppe	Snø på bakken
19.03.2018	13460	478	3,55 %	2,49 %	Skyet	10	Øst	Oppe	Snø på bakken
20.03.2018	19190	731	3,81 %	2,67 %	Lett skyet	13	Øst	Oppe	Snø på bakken
22.03.2018	42900	36	0,08 %	0,06 %	Lett skyet	10	Øst	Nede	Snø på bakken
22.03.2018	49200	29	0,06 %	0,04 %	Sol	13	Øst	Nede	Snø på bakken
26.03.2018	37000	69	0,19 %	0,13 %	Lett skyet	10	Øst	Nede	Snø på bakken
26.03.2018	27400	49	0,18 %	0,13 %	Lett skyet	13	Øst	Nede	Snø på bakken
27.03.2018	31340	38	0,12 %	0,08 %	Sol	10	Øst	Nede	Snø på bakken
27.03.2018	48400	31	0,06 %	0,04 %	Sol	13	Øst	Nede	Snø på bakken

Sør

Dato	Lux ute	Lux	DF målt	DF korr	Vær	Tid	Klasserom	Screens	Merknad
28.02.2018	29700	626	2,11 %	1,88 %	Sol	10	Sør	Nede	Snø på bakken
01.03.2018	19560	625	3,20 %	2,84 %	Helt skyet	10	Sør	Oppe	Snø på bakken
05.03.2018	7149	508	7,11 %	6,32 %	Snø	13	Sør	Oppe	Snø på bakken
08.03.2018	12355	1077	8,72 %	7,76 %	Snø	13	Sør	Oppe	Snø på bakken
12.03.2018	6679	506	7,58 %	6,74 %	Snø	13	Sør	Oppe	Snø på bakken
15.03.2018	31200	337	1,08 %	0,96 %	Lett skyet	10	Sør	Nede	Snø på bakken
15.03.2018	22910	1913	8,35 %	7,43 %	Lett skyet	13	Sør	Oppe	Snø på bakken
20.03.2018	19190	2333	12,16 %	10,82 %	Lett skyet	13	Sør	Oppe	Snø på bakken
22.03.2018	42900	822	1,92 %	1,71 %	Lett skyet	10	Sør	Nede	Snø på bakken
22.03.2018	49200	460	0,93 %	0,83 %	Sol	13	Sør	Nede	Snø på bakken
26.03.2018	37000	1082	2,92 %	2,60 %	Lett skyet	10	Sør	Oppe	Snø på bakken
26.03.2018	27400	159	0,58 %	0,52 %	Lett skyet	13	Sør	Nede	Snø på bakken
27.03.2018	31340	612	1,95 %	1,74 %	Sol	10	Sør	Nede	Snø på bakken
27.03.2018	48400	498	1,03 %	0,92 %	Sol	13	Sør	Nede	Snø på bakken

Vedlegg C: Dagslysmålinger Siggerud skole, revidert

Øst – screens oppe

Dato	Lux ute	Lux inne	DF målt	DF korrigert	Vær	Tid	Screens	Merknad
07.03.2018	4156	175	4,21	2,95	helt skyet	10	oppe	Snø på bakken
07.03.2018	7950	332	4,18	2,92	helt skyet	13	oppe	Snø på bakken
13.03.2018	29200	1149	3,93	2,75	overskyet	13	oppe	Snø på bakken
16.03.2018	7853	343	4,37	3,06	snø	10	oppe	Snø på bakken
19.03.2018	13460	478	3,55	2,49	skyet	10	oppe	Snø på bakken

Øst – screens nede

Dato	Lux ute	Lux inne	DF målt	DF korrigert	Vær	Tid	Screens	Merknad
01.03.2018	19560	18	0,09	0,06	sol	13	nede	Snø på bakken
09.03.2018	7489	35	0,47	0,33	helt skyet	14	nede	Snø på bakken
15.03.2018	31200	64	0,21	0,14	lettskyet	10	nede	Snø på bakken
22.03.2018	42900	36	0,08	0,06	lettskyet	10	nede	Snø på bakken
26.03.2018	37000	69	0,19	0,13	lettskyet	10	nede	Snø på bakken
26.03.2018	49200	29	0,06	0,04	sol	13	nede	Snø på bakken
26.03.2018	27400	49	0,18	0,13	lettskyet	13	nede	Snø på bakken
27.03.2018	31340	38	0,12	0,08	sol	10	nede	Snø på bakken
27.03.2018	48400	31	0,06	0,04	sol	13	nede	Snø på bakken

Sør – screens oppe

Dato	Lux ute	Lux inne	DF målt	DF korrigert	Vær	Tid	Screens	Merknad
01.03.2018	19560	625	3,20	2,84	overskyet	10	oppe	Snø på bakken
05.03.2018	7149	508	7,11	6,32	snø	13	oppe	Snø på bakken
08.03.2018	12355	1077	8,72	7,76	snø	13	oppe	Snø på bakken
12.03.2018	6679	506	7,58	6,74	snø	13	oppe	Snø på bakken

Sør – screens nede

Dato	Lux ute	Lux inne	DF målt	DF korrigert	Vær	Tid	Screens	Merknad
28.02.2018	29700	626	2,11	1,88	sol	10	nede	Snø på bakken
15.03.2018	31200	337	1,08	0,96	lett skyet	10	nede	Snø på bakken
22.03.2018	42900	822	1,92	1,71	lett skyet	10	nede	Snø på bakken
22.03.2018	49200	460	0,93	0,83	sol	13	nede	Snø på bakken
26.03.2018	27400	159	0,58	0,52	lett skyet	13	nede	Snø på bakken
27.03.2018	31340	612	1,95	1,74	sol	10	nede	Snø på bakken
27.03.2018	48400	498	1,03	0,92	sol	13	nede	Snø på bakken

Vedlegg D: Dokumentasjon på vinduer (AF Gruppen)



ORDRE ▪ NO.1114863

Tegningene viser produktene sett utenfra

Lnr	Mrk	Ant	Beskrivelse	Bredde × Høyde	Netto enh. pris
185-200: V1					
185	V1.1	11	<p>ND NTech Fast karm</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,68W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 157 kg Mrk: V1.1</p> <p>Uten ventil Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 3000 matt Flame red, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje Uten foringsnot Palles etter palleliste Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	1788 × 2088mm	4 847
190	V1.2	13	<p>ND NTech Fast karm</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,68W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 157 kg Mrk: V1.2</p> <p>Uten ventil Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 3022 matt Salmon pink, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje Uten foringsnot Palles etter palleliste Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	1788 × 2088mm	4 847

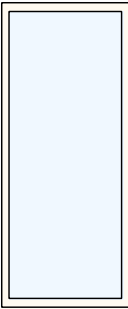
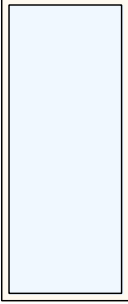
Tegningene viser produktene sett utenfra

Lnr	Mrk	Ant	Beskrivelse	Bredde × Høyde	Netto enh. pris
195	V1.3	12	<p>ND NTech Fast karm</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,68W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 157 kg Mrk: V1.3</p> <p>Uten ventil Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 6018 matt Yellow green, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje Uten foringsnot Palles etter palleliste Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	1788 × 2088mm	4 847
200	V1.4	11	<p>ND NTech Fast karm</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,68W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 157 kg Mrk: V1.4</p> <p>Uten ventil Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 5012 matt Light blue, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje Uten foringsnot Palles etter palleliste Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	1788 × 2088mm	4 847



Tegningene viser produktene sett utenfra

Lnr	Mrk	Ant	Beskrivelse	Bredde × Høyde	Netto enh. pris
205-235: V2					
205	V2.1	3	<p>ND NTech Fast karm</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,75W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 79 kg Mrk: V2.1</p> <p>Uten ventil Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 3000 matt Flame red, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje Uten foringsnot Palles etter palleliste Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	888 × 2088mm	3 119
210	V2.2	4	<p>ND NTech Fast karm</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,75W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 79 kg Mrk: V2.2</p> <p>Uten ventil Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 3022 matt Salmon pink, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje Uten foringsnot Palles etter palleliste Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	888 × 2088mm	3 119

Tegningene viser produktene sett utenfra

Lnr	Mrk	Ant	Beskrivelse	Bredde × Høyde	Netto enh. pris
215	V2.3	2	<p>ND NTech Fast karm</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,75W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 79 kg Mrk: V2.3</p> <p>Uten ventil Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 6018 matt Yellow green, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje Uten foringsnot Palles etter palleliste Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	888 × 2088mm 	3 119
220	V2.5	29	<p>ND NTech Fast karm</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,75W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 79 kg Mrk: V2.5</p> <p>Uten ventil Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 1018 matt Zinc yellow, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje Uten foringsnot Palles etter palleliste Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	888 × 2088mm 	3 119

Tegningene viser produktene sett utenfra

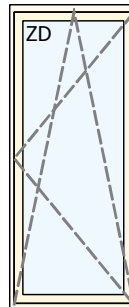
Lnr	Mrk	Ant	Beskrivelse	Bredde × Høyde	Netto enh. pris
225	V2.6	8	<p>ND NTech Fast karm</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,75W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 79 kg Mrk: V2.6</p> <p>Uten ventil Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 1028 matt Melon yellow, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje Uten foringsnot Palles etter palleliste Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	888 × 2088mm 	3 119
230	V2.7	10	<p>ND NTech Fast karm</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,75W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 79 kg Mrk: V2.7</p> <p>Uten ventil Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 5018 matt Turquoise blue, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje Uten foringsnot Palles etter palleliste Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	888 × 2088mm 	3 119

Tegningene viser produktene sett utenfra

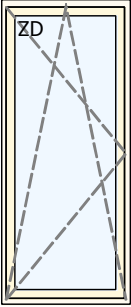
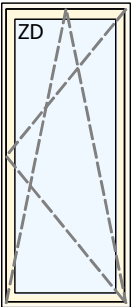
Lnr	Mrk	Ant	Beskrivelse	Bredde × Høyde	Netto enh. pris
235	V2.8	9	<p>ND NTech Fast karm</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,75W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 79 kg Mrk: V2.8</p> <p>Uten ventil Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 6019 matt Pastel green, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje Uten foringsnot Palles etter palleliste Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	888 × 2088mm	3 119


245-300: V4

245	V4...	2	<p>ND NTech One Toveissvingende</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,82W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 82 kg Mrk: V4.1L</p> <p>Venstrehengslet Uten ventil Innadslående toveissvingende ramme Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 3000 matt Flame red, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje HOPPE 0730S/U26, helt låsbar vrider Uten foringsnot Palles etter palleliste Magnet kontakt ROTO Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	888 × 2088mm	4 888
-----	-------	---	---	--------------	-------

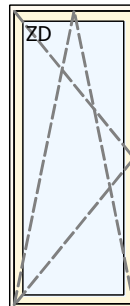
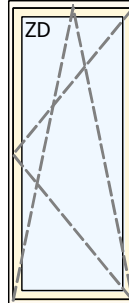


Tegningene viser produktene sett utenfra

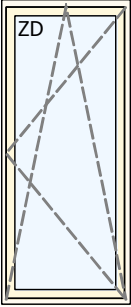
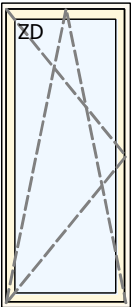
Lnr	Mrk	Ant	Beskrivelse	Bredde × Høyde	Netto enh. pris
250	V4...	3	<p>ND NTech One Toveissvingende</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,82W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 82 kg Mrk: V4.1R</p> <p>Høyrehengslet Uten ventil Innadslående toveissvingende ramme Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 3000 matt Flame red, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje HOPPE 0730S/U26, helt låsbar vrider Uten foringsnot Palles etter palleliste Magnet kontakt ROTO Festehull D-14, Adjuf. WM 38 monterter</p>	888 × 2088mm	4 888
					
252	V4...	3	<p>ND NTech One Toveissvingende</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,82W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 82 kg Mrk: V4.2L</p> <p>Venstrehengslet Uten ventil Innadslående toveissvingende ramme Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 3022 matt Salmon pink, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje HOPPE 0730S/U26, helt låsbar vrider Uten foringsnot Magnet kontakt ROTO Palles etter palleliste Festehull D-14, Adjuf. WM 38 monterter</p>	888 × 2088mm	4 888
					

Tegningene viser produktene sett utenfra

Lnr	Mrk	Ant	Beskrivelse	Bredde × Høyde	Netto enh. pris
255	V4...	1	<p>ND NTech One Toveissvingende</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,82W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 82 kg Mrk: V4.4L</p> <p>Venstrehengslet Uten ventil Innadslående toveissvingende ramme Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 5012 matt Light blue, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje HOPPE 0730S/U26, helt låsbar vrider Uten foringsnot Palles etter palleliste Magnet kontakt ROTO Festehull D-14, Adjuf. WM 38 monterter</p>	888 × 2088mm	4 888
260	V4...	2	<p>ND NTech One Toveissvingende</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,82W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 82 kg Mrk: V4.4R</p> <p>Høyrehengslet Uten ventil Innadslående toveissvingende ramme Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 5012 matt Light blue, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje HOPPE 0730S/U26, helt låsbar vrider Uten foringsnot Palles etter palleliste Magnet kontakt ROTO Festehull D-14, Adjuf. WM 38 monterter</p>	888 × 2088mm	4 888

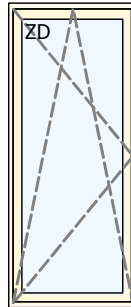
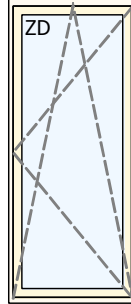


Tegningene viser produktene sett utenfra

Lnr	Mrk	Ant	Beskrivelse	Bredde × Høyde	Netto enh. pris
265	V4...	4	<p>ND NTech One Toveissvingende</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,82W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 82 kg Mrk: V4.5L</p> <p>Venstrehengslet Uten ventil Innadslående toveissvingende ramme Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 1018 matt Zinc yellow, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje HOPPE 0730S/U26, helt låsbar vrider Uten foringsnot Palles etter palleliste Magnet kontakt ROTO Festehull D-14, Adjuf. WM 38 monterter</p>	888 × 2088mm	4 888
					
270	V4...	7	<p>ND NTech One Toveissvingende</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,82W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 82 kg Mrk: V4.5R</p> <p>Høyrehengslet Uten ventil Innadslående toveissvingende ramme Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 1018 matt Zinc yellow, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje HOPPE 0730S/U26, helt låsbar vrider Uten foringsnot Palles etter palleliste Magnet kontakt ROTO Festehull D-14, Adjuf. WM 38 monterter</p>	888 × 2088mm	4 888
					

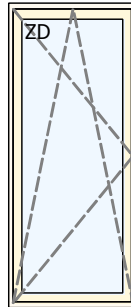
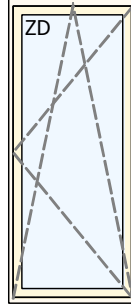
Tegningene viser produktene sett utenfra

Lnr	Mrk	Ant	Beskrivelse	Bredde × Høyde	Netto enh. pris
275	V4...	2	<p>ND NTech One Toveissvingende</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,82W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 82 kg Mrk: V4.6L</p> <p>Venstrehengslet Uten ventil Innadslående toveissvingende ramme Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 1028 matt Melon yellow, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje HOPPE 0730S/U26, helt låsbar vrider Uten foringsnot Palles etter palleliste Magnet kontakt ROTO Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	888 × 2088mm	4 888
280	V4...	6	<p>ND NTech One Toveissvingende</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,82W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 82 kg Mrk: V4.6R</p> <p>Høyrehengslet Uten ventil Innadslående toveissvingende ramme Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 1028 matt Melon yellow, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje HOPPE 0730S/U26, helt låsbar vrider Uten foringsnot Palles etter palleliste Magnet kontakt ROTO Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	888 × 2088mm	4 888

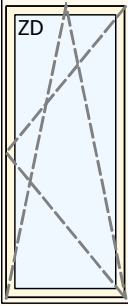
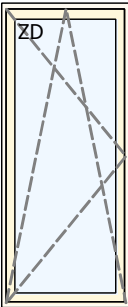


Tegningene viser produktene sett utenfra

Lnr	Mrk	Ant	Beskrivelse	Bredde × Høyde	Netto enh. pris
285	V4...	1	<p>ND NTech One Toveissvingende</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,82W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 82 kg Mrk: V4.7L</p> <p>Venstrehengslet Uten ventil Innadslående toveissvingende ramme Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 5018 matt Turquoise blue, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje HOPPE 0730S/U26, helt låsbar vrider Uten foringsnot Palles etter palleliste Magnet kontakt ROTO Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	888 × 2088mm	4 888
290	V4...	2	<p>ND NTech One Toveissvingende</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,82W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 82 kg Mrk: V4.7R</p> <p>Høyrehengslet Uten ventil Innadslående toveissvingende ramme Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 5018 matt Turquoise blue, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje HOPPE 0730S/U26, helt låsbar vrider Uten foringsnot Palles etter palleliste Magnet kontakt ROTO Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	888 × 2088mm	4 888



Tegningene viser produktene sett utenfra

Lnr	Mrk	Ant	Beskrivelse	Bredde × Høyde	Netto enh. pris
295	V4...	4	<p>ND NTech One Toveissvingende</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,82W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 82 kg Mrk: V4.8L</p> <p>Venstrehengslet Uten ventil Innadslående toveissvingende ramme Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 6019 matt Pastel green, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje HOPPE 0730S/U26, helt låsbar vrider Uten foringsnot Palles etter palleliste Magnet kontakt ROTO Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	888 × 2088mm	4 888
					
300	V4...	1	<p>ND NTech One Toveissvingende</p> <p>Utførelse 105/80, 113 mm karm inkl. 8 mm alum. U-verdi produkt: 0,82W/m²K Transmisjon Lt/Gg 57/0,36 Vekt 82 kg Mrk: V4.8R</p> <p>Høyrehengslet Uten ventil Innadslående toveissvingende ramme Lam Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6,38ES+16G+4+16G+ES6,38</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 6019 matt Pastel green, Pulver lakkert, tone 30</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S2000N Grå</p> <p>Detaljer: Forsterket Emballasje HOPPE 0730S/U26, helt låsbar vrider Uten foringsnot Palles etter palleliste Magnet kontakt ROTO Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	888 × 2088mm	4 888
					
980	15640		Frakt for sone 01 Leveringsadresse NO-1540 VESTBY		2,50
991		1	Ukurant farge på overflatebehandling, tillegg pr. avtalt levering		28 840,00
992		1	Ukurant overflatebehandling, tillegg pr. avtalt levering		1 942,00

Tegningene viser produktene sett utenfra

Lnr	Mrk	Ant	Beskrivelse	Bredde x Høyde	Netto enh. pris
996		150	Palle og ekspedisjonsgebyr		15,00
998		150	Miljøvederlag glassretur for 150 ruter		12,00

Gjennomsnitt U-verdi: 0,73W/m²K

Beregning av U-verdi er utført i henhold til NS-EN ISO 10077-1, 10077-2 og programmet "Therm".
Senter U-verdi for glasset er beregnet i henhold til NS-EN 673. Beregningsmetodikken er kvalitetsikret av SINTEF Byggforsk.

Lystransmisjon LT / Total solenergi transmisjon TST (g-verdi).

LT/TST er beregnet etter EN 410.
Noe avvik kan forekomme mellom forskjellige batcher og glassprodusenter.

Valuta	Sum eks. frakt, avgifter og mva.		Frakt og avgifter	Sum å betale eks. mva.	Merverdiavgift 25%	Totalsum å betale
NOK	647 100		+ 43 150	= 690 250	+ 172 562	862 812

Vi har salgspant i de leverte varer inntil kjøpesummen inklusive renter og omkostninger er fullt ut betalt jfr. Panteloven § 3-14 til 3-22.
Aksept anses ikke som betaling før den er innfridd i sin helhet. Alle priser er enhetspriser eks. MVA
garantier: www.nordan.no

Vedlegg E: Dokumentasjon på solskjerming (LINK Arkitektur)

ARCHICAD EDUCATION VERSION

Arkitekturprosjekt nr. 6102-10-101-101

Rev.	Dato	Beskrivelse/Endring	Utarbeidet av	Godkjent av	Godtatt
A	13.11.17	NY Solskjerming bue	NL	NL	med

Skjema vinduer 61-301

Prinsipp Solskjerming

Arbeidstegning

Tilbyrskrevet: **Vestby Kommune**

Entreprenør:

Prosjektnummer / Prosjektnavn:
62271-Bjørlien skole

Grunnlagstegning / Innlekk:

LINK ARKITEKTUR Team F
Borgerg. 35
1407 Oslo

Bufo nr.: 4757/124311
E-post: linka@linkarkitektur.no
Tlf: 22 09 00 00

Skjema vinduer
Prinsipp Solskjerming

Mål: 1:20, 1:5 Tegnet: bl Godkj.: meo
Dato: 26.10.2017 Kontr.: bl Ansvar: MEB

Tegnr.: **61-301**

Utvendig solavskjerming i bue
Vindu: 890/2090

Snitt og oppriss samme prinsipp

Farge + antall:
RAL 1028 (oransje) : 3 stk.
RAL 5018 (lyrke) : 2 stk.
RAL 6019 (lysgroenn) : 1 stk.
RAL 1018 (gul) : 5 stk.
RAL 3000 (rød) : 1 stk.
Totalt: 12 stk.

Utvendig solavskjerming
Vindu: 890/2090

Farge + antall:
RAL 1028 (oransje) : 13 stk.
RAL 5018 (lyrke) : 12 stk.
RAL 6019 (lysgroenn) : 13 stk.
RAL 1018 (gul) : 35 stk.
RAL 5012 (blå) : 3 stk.
RAL 3022 (rosa) : 7 stk.
RAL 3000 (rød) : 7 stk.
RAL 6018 (grønn) : 2 stk.
Totalt: 92 stk.

Utvendig solavskjerming
Vindu: 1790/2090

Farge + antall:
RAL 5012 (blå) : 11 stk.
RAL 3022 (rosa) : 13 stk.
RAL 3000 (rød) : 11 stk.
RAL 6018 (grønn) : 12 stk.
Totalt: 47 stk.

Detail A 1:5

Detail B 1:5



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway