



SINTEF



Utdanningsforbundet kurs - 4.12.23

Lys og belysning i skoler og barnehager

Claudia Moscoso, PhD
Forskningsleder

Innhold

1

Lys og mennesker

2

Dagslys vs Kunstig lys

3

Lysforholdene i Norge

4

Dagslys design

5

Belysning i læringsmiljø

6

Effekt av dagslys på skoleelever

7

Effekt av kunstig lys på skoleelever

8

Effekt av lys på barnehagebarn

9

Kan vi nok om lys i bygninger?

10

Konklusjoner

Hva er viktig for skoler og barnehager mtp lys?



SINTEF

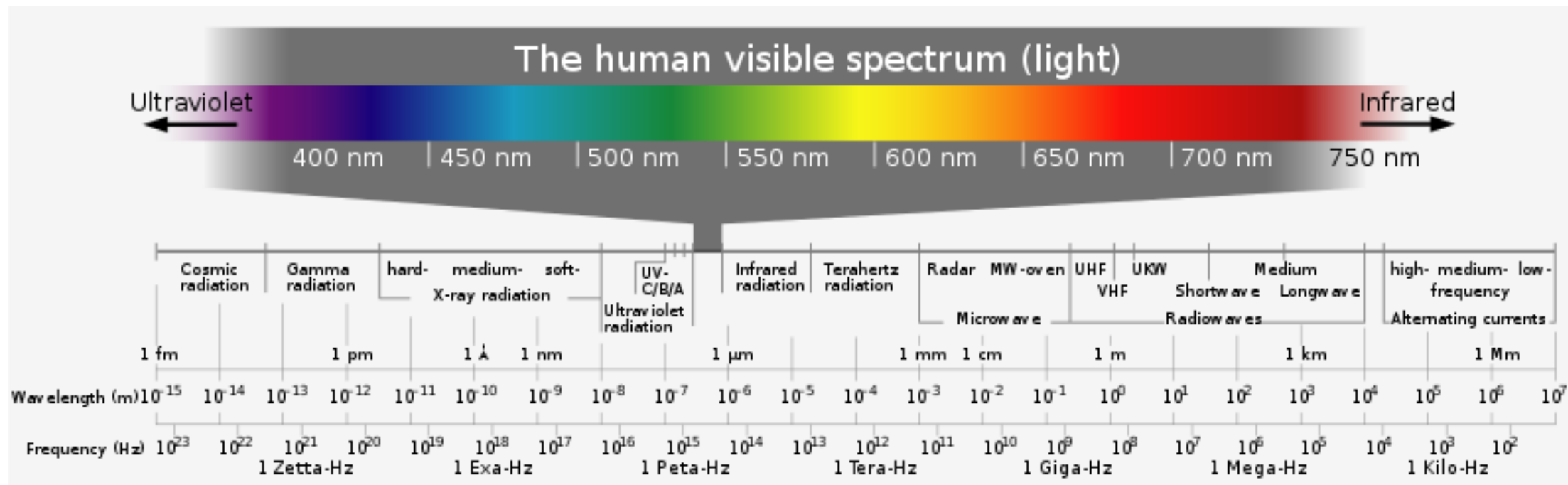
Lys og mennesker





SINTEF

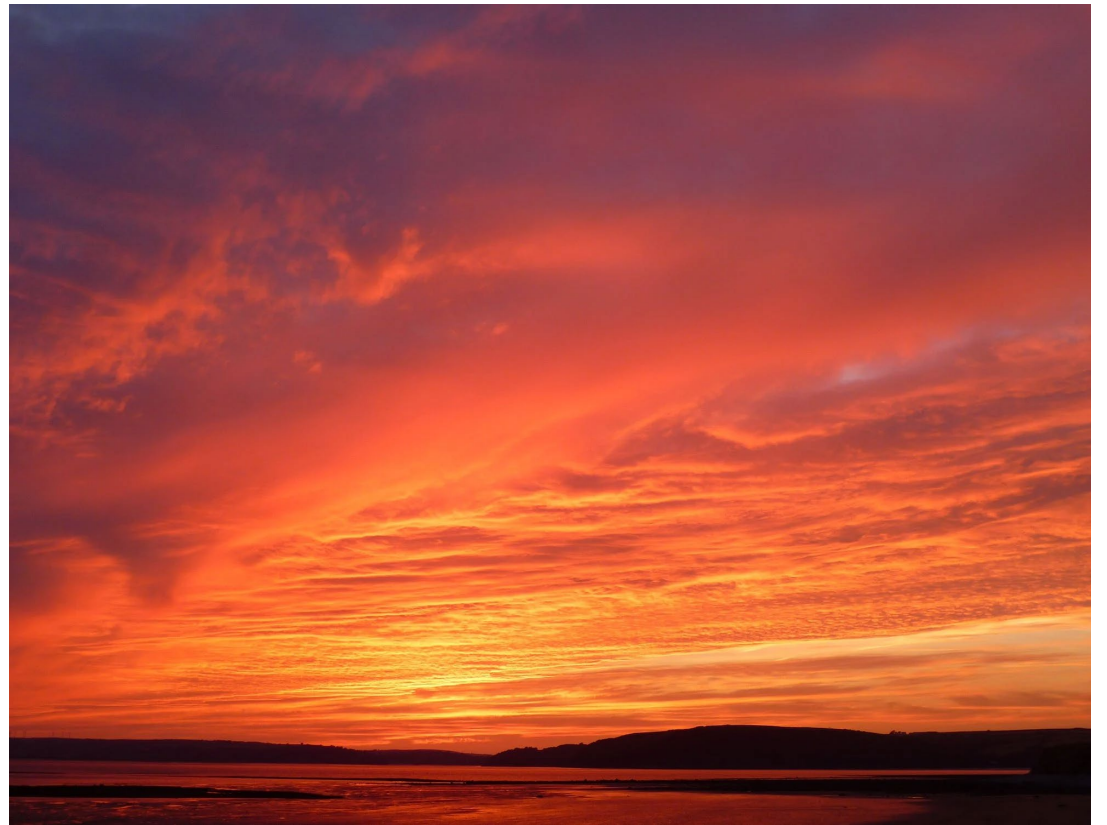
Hva er lys?





SINTEF







SINTEF

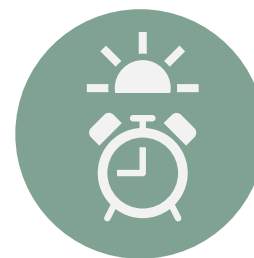
Hvordan virker lys på mennesker?



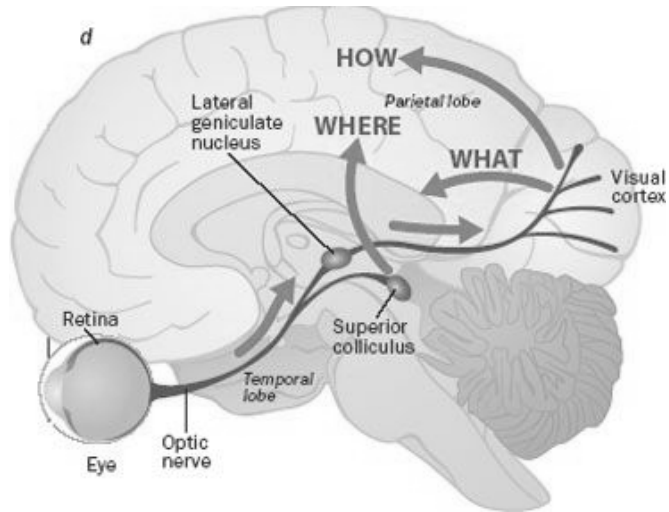
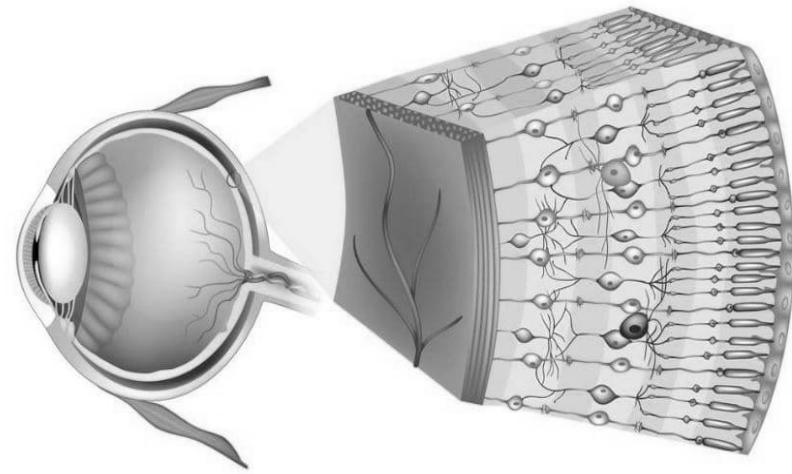
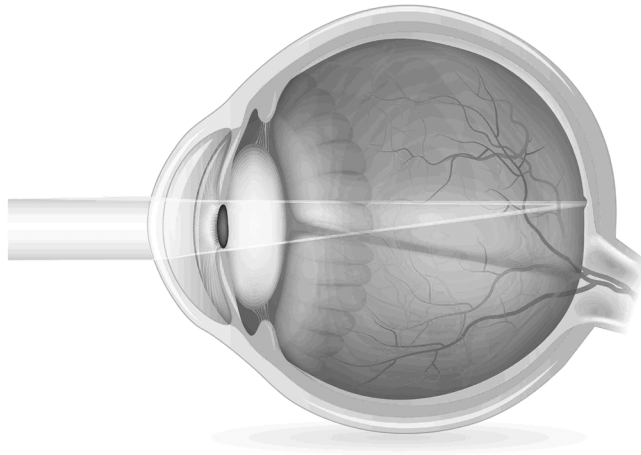
Visuelt system

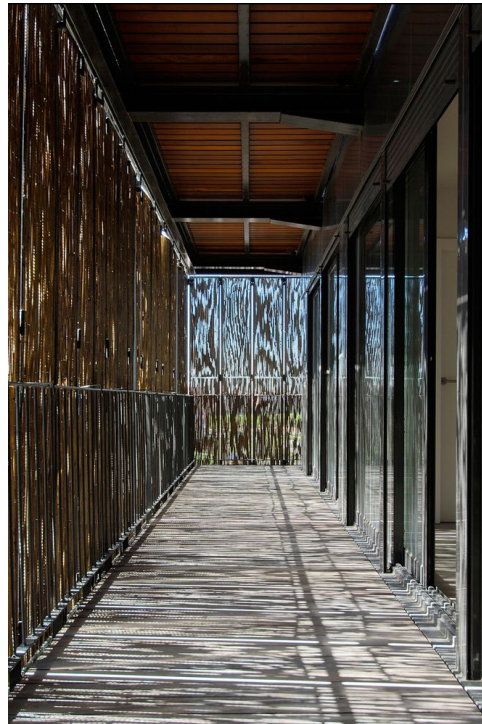


Perseptivt/kognitivt system



Døgnrhythme
(det sirkadiske systemet)



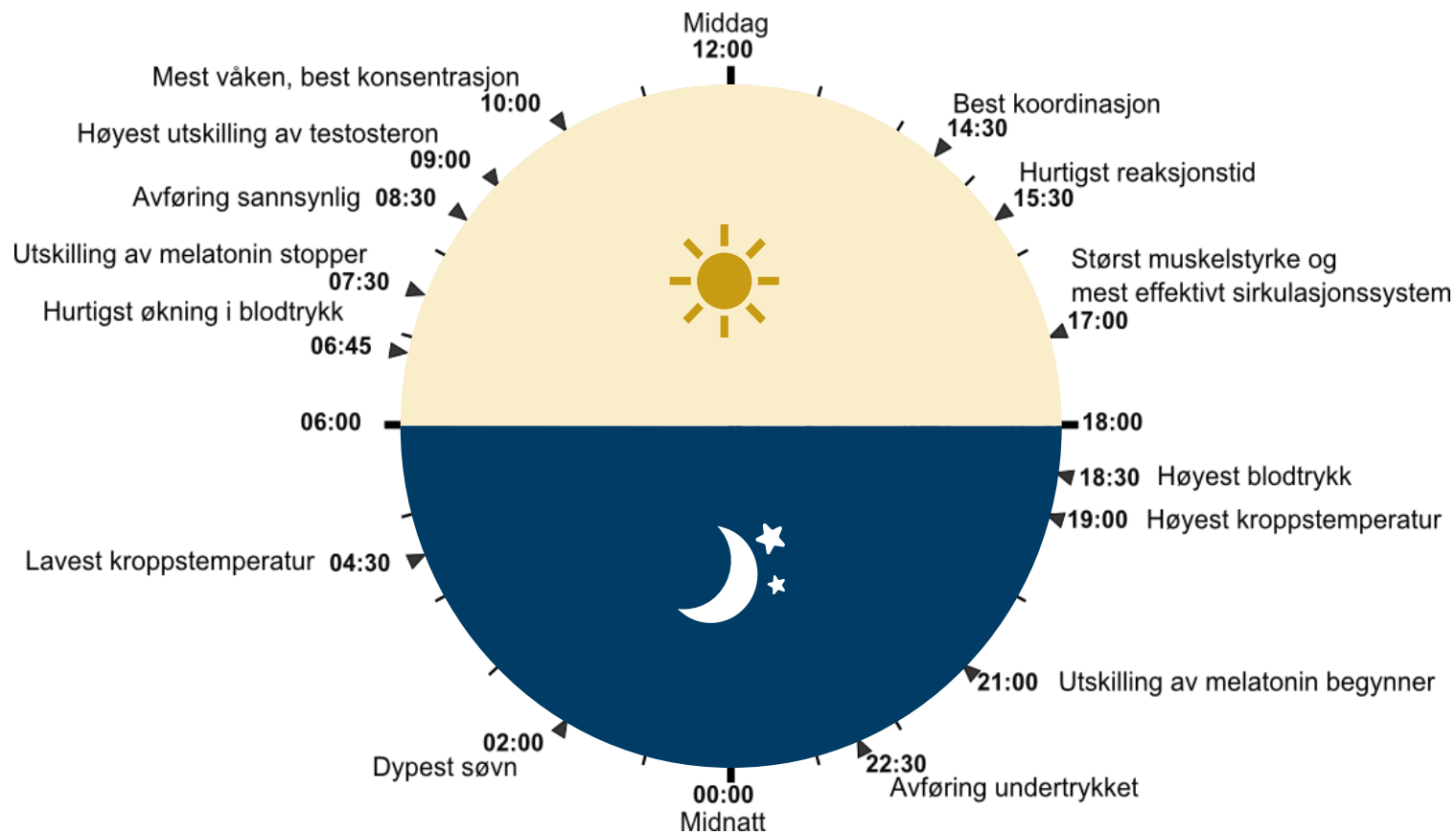


Lys

Mørk



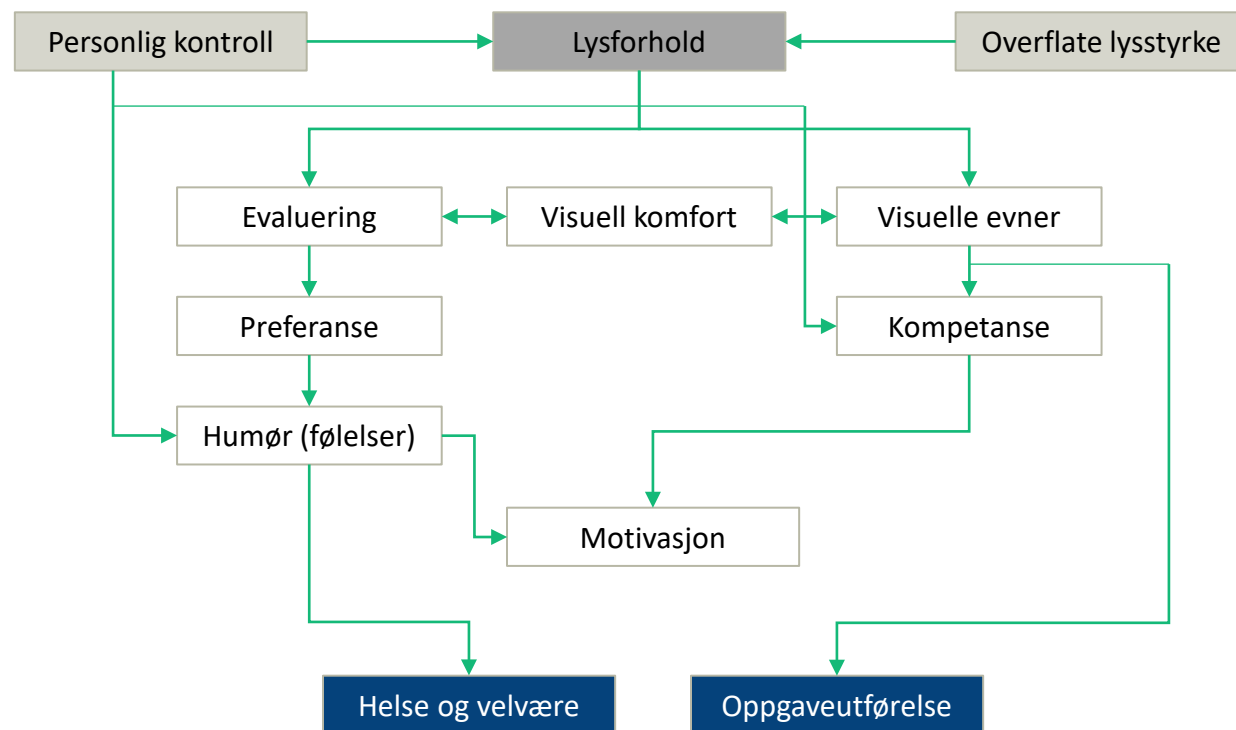
SINTEF





SINTEF

Lys og mennesker





SINTEF

Dagslys vs Kunstig lys



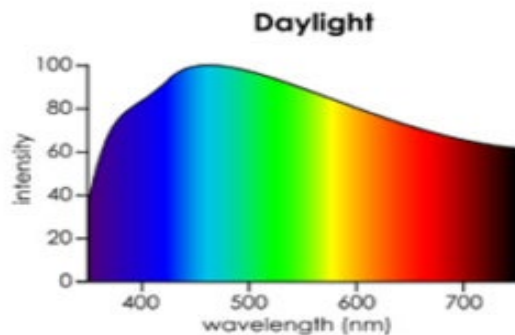


SINTEF

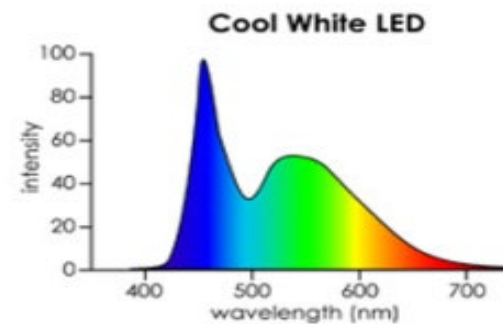
Dagslys vs Kunstig lys



Sollys 20,000 - 100,000 lx
Diffust himmellys 3,000 – 18,000 lx



~ 200 - 500 lx innendørs





SINTEF

Dagslys



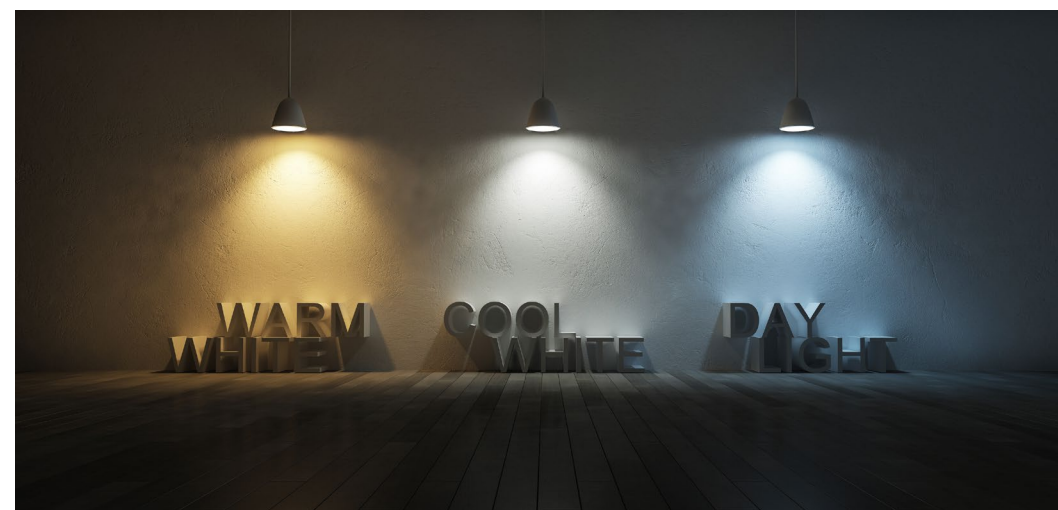
- **Egenskaper:**
 - Lysintensitet
 - Fargetemperatur
 - Variabel retning
 - Spektralfordeling: meget høy fargegjengivelse og fargediskriminering
- **Ulemper:**
 - Ukontrollerbar natur
 - Ujevn luminansfordeling og kontrast i perioder med lav solhøyde i vintermånedene (blending)
 - Direkte solstråling kan absorberes av rommets flater og forårsake overvarming



Kunstig lys



- Egenskaper:
 - Aktivere vårt visuelle system når det ikke er dagslys
 - Kontrollerbart
 - Konstant belysningsstyrke, lysfarge og lysfordeling*
 - Noen etterligner dagslysets egenskaper: variabel belysning (belysningsstyrke og fargetemperatur)
- Ulemper:
 - Konstant belysningsstyrke, lysfarge og lysfordeling*
 - Flimmer
 - Overforbruk av kunstig lys – unødvendig energibruk og høyere driftskostnader





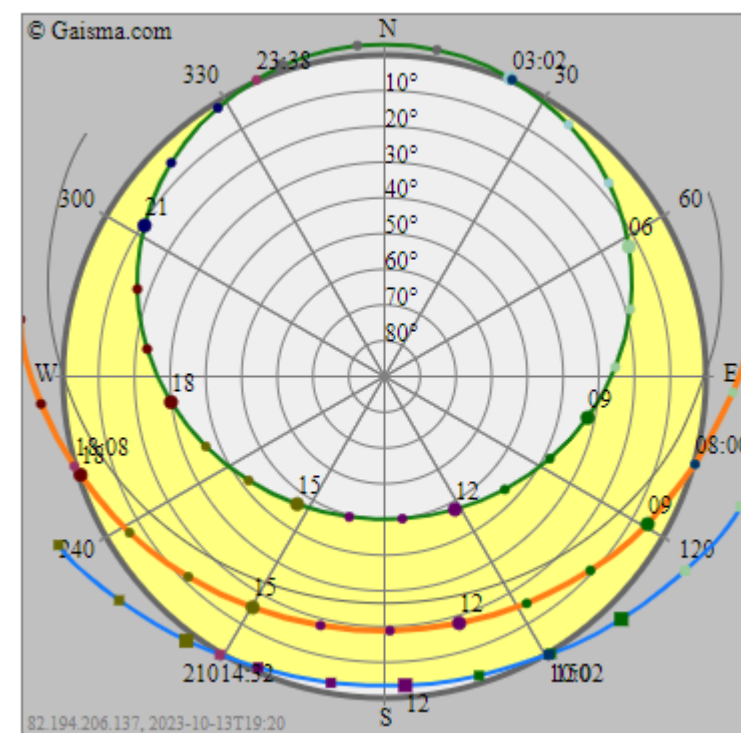
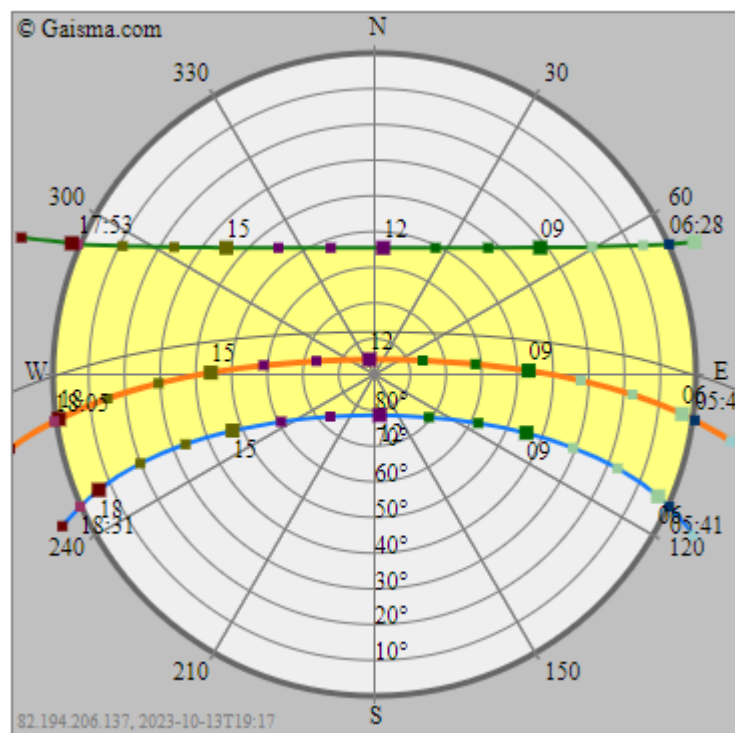
SINTEF

Lysforholdene i Norge





SINTEF



Lysforholdene i Norge

- Dagslys i Norge:
 - Lave solhøyder – maks 55°
 - Tett skydekke (himmellyset dominerer over sollyset: diffust lys)
 - Lyse netter om sommeren, mørke dager om vinteren
 - Store forskjeller mellom nord og sør

Daglig solstråling i Norge.

Hagos m.fl. (2014). Solar Water Heating as a Potential Source for Inland Norway Energy Mix. *Journal of Renewable Energy*.

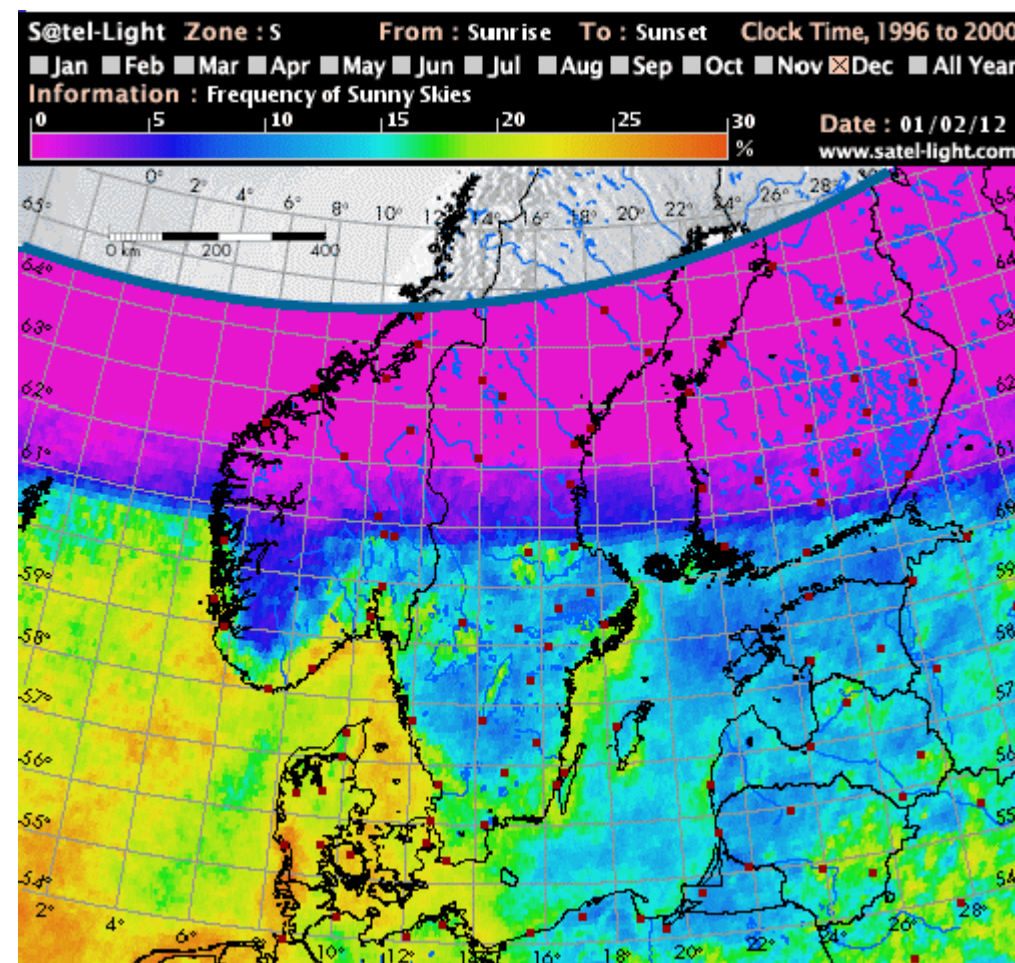
Rindal og Salvesen (2008). Solar energy for heating purposes. NVE.



SINTEF

Lysforholdene i Norge

- Lange og mørke vintermånedder:
 - Begrenset antall timer med dagslys
 - Noen norske byer i høye breddegrader – sol er ikke synlig og dagslysnivået er lavere
 - Mangel av blått-lys på morgenen





SINTEF

Dagslys design





SINTEF

Vinduer og deres rolle i arkitektur

- Vinduers rolle i bygge konvolutter, etter Reinhartz og Selkowitz (2006):
 - Grunnleggende element for å samle dagslys i et rom
 - Dagslys som en arkitektonisk formgiver
 - 1900-tallet – dagslys avvist til fordel for kunstig lys
 - Vinduer – sak om fasadedesign
 - Vinduer i seg selv relatert til **energieffektiviseringstiltak**
- Dagslysdesign kan føles som en begrensning på det arkitektoniske uttrykket på grunn av de pålagte standardene og kodene som finnes...



SINTEF

Men vinduer gir oss mye mer...





SINTEF

Planlegging av opplyste miljøer – TEK17

V Lys og utsyn

§ 13-7. Lys

(1) Byggverk skal ha tilfredsstillende tilgang på lys.

Veiledning til første ledd ▾

(2) Rom for varig opphold skal ha tilfredsstillende tilgang på dagslys.

(3) Annet ledd gjelder ikke for rom i arbeidsbygning og bygg forutsatte bruken tilsier noe annet.

Mengden dagslys i rommet bestemmes vanligvis av følgende faktorer: vinduenes areal og plassering, skjerming fra terrenget, skjerming fra andre byggverk, rommets høyde og dybde, samt refleksjonsegenskapene til de ulike overflatene i rommet.

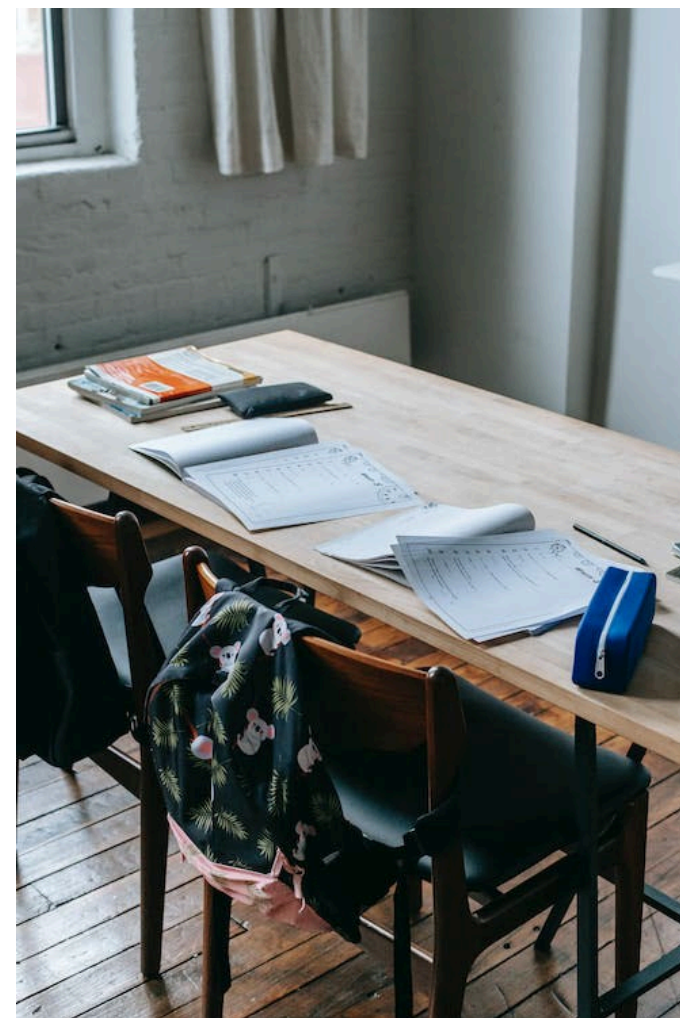
Preaksepterte ytelser

1. Krav til dagslys kan oppfylles slik:

a. Gjennomsnittlig dagslysfaktor i rommet må være minimum 2,0 %. Samsvar dokumenteres med beregninger av mest kritiske rom i forhold til dagslysforhold. Beregninger utføres med simuleringsverktøy validert etter [CIE 171:2006](#) og forutsetninger gitt i [NS-EN 12464-1:2011 kapittel 4.4](#). [↗](#)

Flere variabler spiller inn

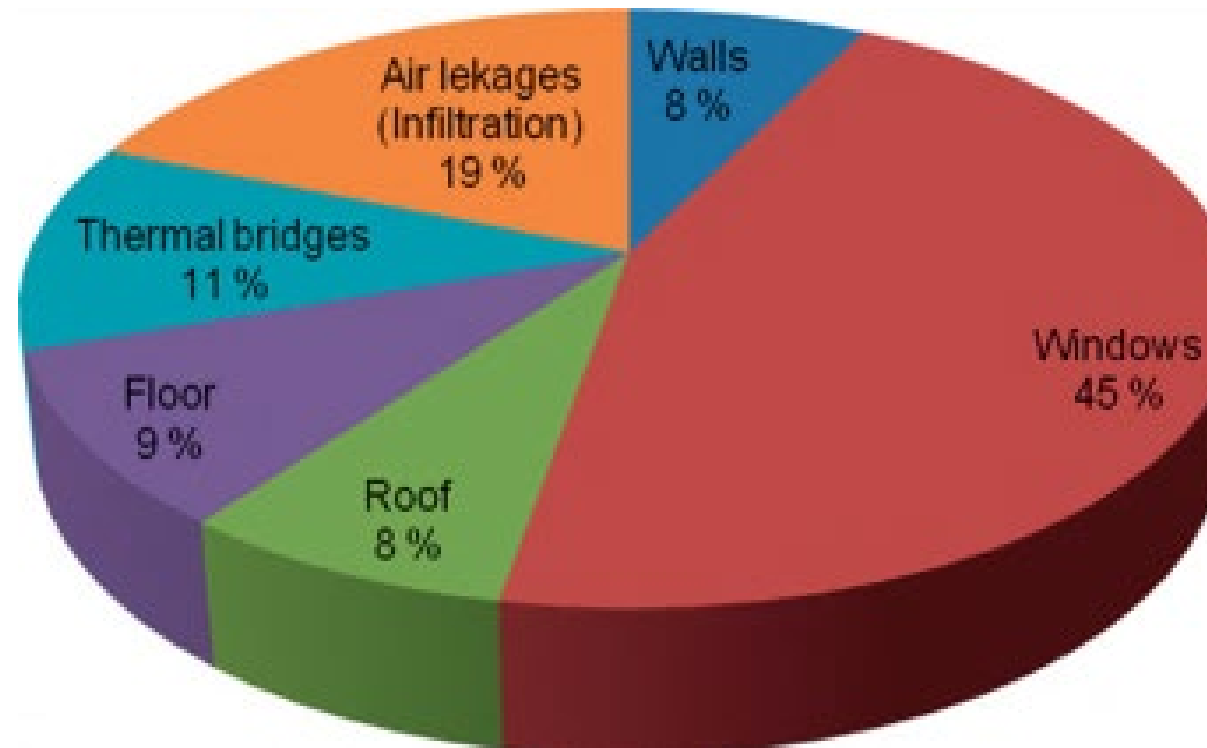
- Vinduer
 - Størrelse og form
 - Glasstype
 - Orientering
- Overflater
 - Høy luminans, reflektanser
 - Store kontraster
 - Blendende kilder
 - Farger
- Solskjermings- og dagslyssystemer
- Møbelplassering (tavle, skjerm, lærerbord)
- Utsyn
- Andre – (avhengig av behov og bruk)





SINTEF

Vinduer: energivinnere eller energi tapere?





SINTEF

Belysning i læringsmiljøer





SINTEF

Belysning i læringsmiljøer

- Mennesker tilbringer mesteparten av sin våkne tid innendørs
- Skolebarn bruker mer tid på skolen enn andre steder
- Faktatall i Norge (2020):
 - Over 635 000 elever fordelt på 2776 grunnskoler over hele Norge
 - Et skoleår i Norge: 190 skoledager, hvorav rundt 70% av tiden blir brukt inne i klasserom

Viktig å sikre klasserom med tilfredsstillende design som kan bidra til helse, trivsel, akademiske ferdigheter og personlig utvikling hos dagens barn og for fremtidige generasjoner.

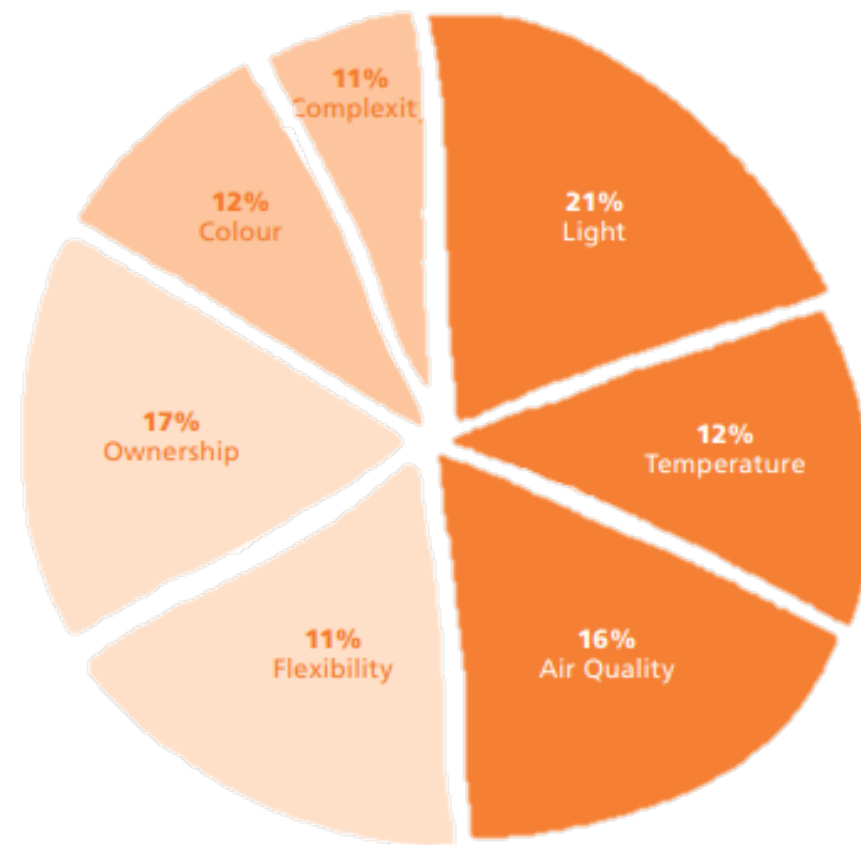




SINTEF

Belysning i læringsmiljøer

- HEAD Prosjekt, 3766 skoleelever, 27 skoler, Storbritannia
- Godt utformede barneskoler øker barnas prestasjoner innen lesing, skriving og matematikk
- Klar evidens: 16% av variasjonen i læringsutvikling over ett år var forklart av den fysiske utformingen av klasserom
- Lys, luftkvalitet og temperatur sto for nesten halvparten av læringseffekten.



► Barrett m.fl. (2015). *Clever Classrooms. HEAD Project Summary report.*

HEAD Prosjekt: 'Of all the design parameters considered, lighting has the strongest individual impact'.



SINTEF

Nordiske skoler i mørketiden





SINTEF

Effekt av dagslys på skoleelever





SINTEF

Effekter av dagslys på skoleelever



- Omfattende bevis for at dagslys har effekt på skolebarn
- Klar lenke mellom tilfredsstillende dagslys og:
 - Forbedring av akademiske ferdigheter: 15-23% forbedring av eksamensresultater
 - Lavere elevfravær
 - Læringsmiljø og læringsevne
- Utilstrekkelig lysdesign assosiert med:
 - Klasserom uten vinduer: kortisol-nivå hos barn, mental helse og konsentrasjon
 - Lav spektralkvalitet: barnas øyesystem – tilgang til visuell informasjon og læringsevne
 - Begrenset dagslys: Økende nivå av nærsynthet hos skolebarn
- Nordiske forhold: Mangel av kortbølget lys (blått-lys) – den biologiske klokken. 8.trinn elever – døgnrytme forsinket ca. 30 min





SINTEF

Effekter av mangel på dagslys (R. Hobday)



- Myopi blant barn – starter fra 4 til 6 år
 - Mørke klasserom øker utbredelse av myopi (studier fra 1967)
 - Arvelig nærsynthet?
 - 60-tallet – lysstoffrør fremmet som like sunt som dagslys: klasserom uten vinduer i mange land (spesielt i USA)
 - Briller kan hjelpe synet, men kan ikke stoppe progresjon av myopi
 - Myopi-epidemi, ledende årsak til blindhet
 - Eksponering til dagslys er påvist å beskytte mot myopi – 2-3 timer daglig utendørs resulterer i mindre nærsynthet, aktiviteter under lave lysforhold (gjerne med pauser)



Effekter av mangel på dagslys



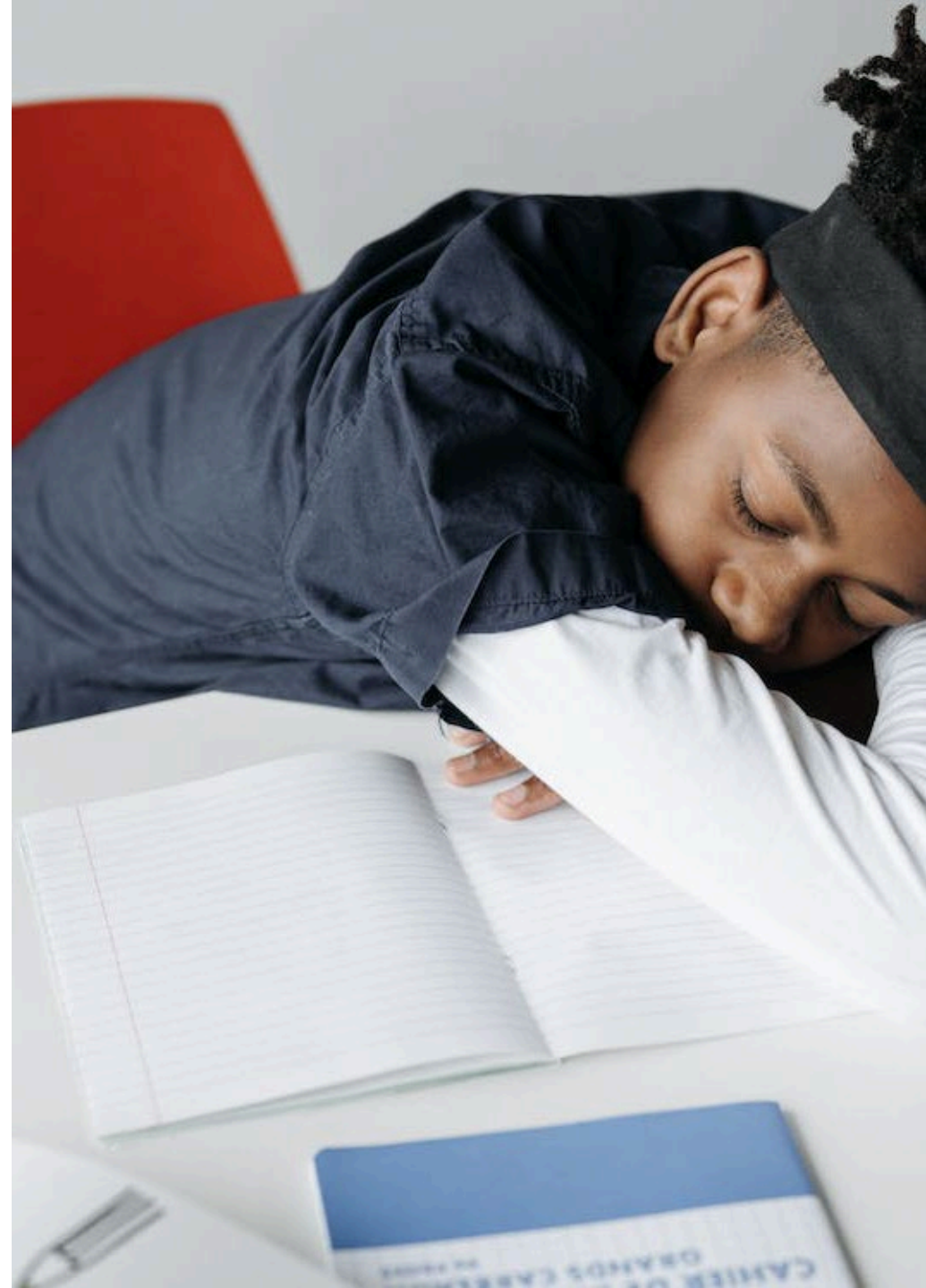
- Mindre eksponering for dagslys øker risiko for:
 - Fysiologiske lidelser: søvn, hodepiner, fedme
 - Psykologiske lidelser: depresjon, angst
 - Kognitiv svikt: motivasjon, oppmerksomhet
 - Mangel av vitamin D: beinutvikling og helse



SINTEF

Søvn mønster og lys

- Ikke bare mørke (fravær av lys) stimulerer søvnen
- God søvn – eksponering for høyt lysnivå på dagtid, og variasjon i spektralfordeling (blå lys på morgenen og rødlig kveldshimmel på slutten av dagen)
- Nordisk himmel – mennesker kan tilpasse seg variasjoner i intensitet og farge, men vi må gi dem muligheten!
- **Dagslysnivå:** skoleelever eksponert til betydelige høye dagslysnivåer hadde høyere antall søvnminutter (rundt 30 min) enn elever som ikke hadde fått nok dagslys
- **Vindusorientering:** elever i sørvendt klasserom hadde 37 min mer søvn pr natt enn elever i vestvendt klasserom.
- **Dagslysdesign** (innovativt system som fanget mer dagslys uten oppvarming): reduksjon i kortisolnivåer, og reduksjon i søvnighet på dagtid for skoleelever.





SINTEF

Effekt av kunstig lys på skoleelever



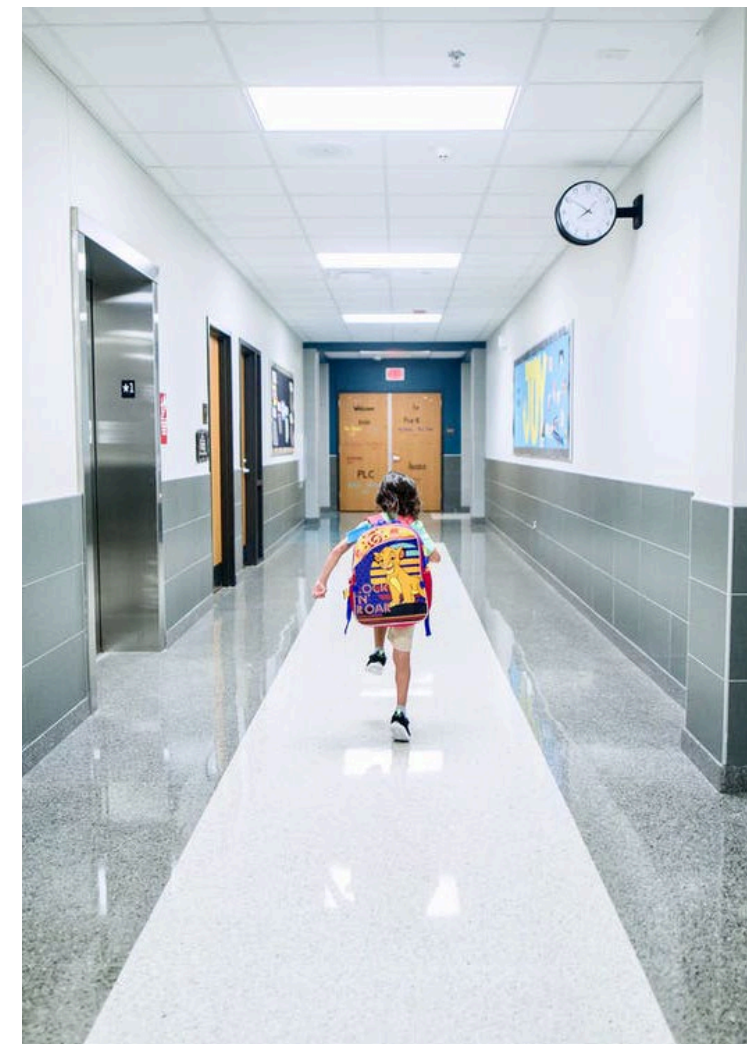


SINTEF

Effekt av kunstig lys på skoleelever



- Blått-beriket hvitt lys sammenlignet med standard lys: raskere kognitiv prosesseringshastighet og bedre konsentrasjon
- Utilstrekkelig kunstig lys
 - Lysrør med 100Hz flimrer: hodepiner og hindring av visuell komfort
 - Overbelyste rom (både dagslys og kunstig lys) og lysflekker med høye luminansverdier på hvit tavle: visuelt ubehag
- Nordiske forhold: LED støtter kortisolnivå bedre enn lysrør i vintermånedene i Sverige





Effekt av kunstig lys på skoleelever

- Variabel (dynamisk) belysning – variasjon i belysningsstyrke (lx) og fargetemperatur (K)
 - Bedre akademiske ferdigheter (lesehastighet og leseforståelse)
 - Ferdigheter innen høytlesing økte for 38% blant elevene med variabel belysning, kun 18% for normal belysning
 - Reduserer rastløshet og aggressiv atferd, øker prososial atferd (oppretholde kontroll under raseri)



Standard 300 lx, 4000 K	Fokus på tavla 1000 lx, 4000 K	Kun tavla 1000 lx – 4000 K	Konsentrasjon 600 lx, 5800 K	Aktivering 675 lx, 11000 K	Avslappet 325 lx, 3500 K	Ekstrem avslapp. 275 lx, 3500 K
Konvensjonell Belysning	Lys på tavlen, nedtonet belysning i resten av klasserommet	Kun tavlen er belyst, ikke resten av klasserommet	Høyt lysnivå, hvitt lys for individuelt arbeid	Høyt lysnivå og høyere nivå av blått lys	Varmere lysfarge enn 'Standard'	For bruk når det ikke skal leses eller skrives



SINTEF

Effekt av (dags)lys på barnehagebarn





SINTEF

Effekter av lys på barnehagebarn

- Preferanse for dagslys over kunstig lys... allerede i barnehagealder (Giraldo Vasquez et al., 2019)
- Preferanse for vinduer for utsyn
- Bedre visuelle evner og synskomfort med variasjon i fargetemperatur (Samiou, 2022)
- Blendede kilder bør unngås, fargeutseende under kunstig belysning er spesielt viktig i barnehager (Samiou, 2022)





SINTEF

Lys påvirker kognitive ferdigheter

- Studie av Harstein et al., 2018
- Barnehagebarn viste en økning av 15,2% i nøyaktighet for oppgavebytte under **lys ved en høyere fargetemperatur** sammenlignet med barn som ble eksponert til et lavere fargetemperatur og som hadde kun 6,5% økning i oppgavebytte nøyaktighet.
- Forholdet mellom **kraftfordeling av lys og kognitive prosesser** kan ses allerede i barnehagebarn.





SINTEF

Fargetemperatur og oppgavebyttelse hos barnehagebarn

- Pilot studie med 38 barn, alder 4-5 år, uten kjent psykologiske eller nevrologiske problemer
- Bilder på en PC, under kunstig lys med ulike fargetemperatur (3500K vs 5000K)
- Hjerter – trykk på museknappen på samme side av hjerte
- Blomst - trykk på museknappen på motsatt side av blomsten
- Tester:
 - 1. øvelse test – kun hjerter
 - 2. øvelse test – kun blomster
 - 3. hovedtest – kombinasjon "switch trial"
- Bedre oppgavebyttelse med høyere fargetemperatur (5000K)
- Noe med våkenhet og søvn?



SINTEF

Dagslys påvirker atferd

- 48 barn i 5 barnehager i Australia
- Sammenheng mellom hvor mye tid barn i barnehagen tilbringer utendørs og høyere konsentrasjonsnivå og mindre hyperaktivitet på skolen.
- Sammenheng mellom mindre lyseksponering og symptomer på hyperaktivitet som rastløshet.
- Barn som ble eksponert for mye lys hadde lavere nivåer av hyperaktive symptomer enn de andre barna.
- Lys kan virke som ADHD-medisiner.

scienzenorway.no

Health Society Environment Natural Sciences Researchers' Zone



In a recent study, children who were exposed to a lot of daylight were less restless and inattentive, according to the study. Picture is from Volsentoppen ski and outdoor kindergarten. (Photo: Thomas Brun / NTB)

Children who spent a lot of time in daylight were calmer

Kindergarten children were equipped with bracelets that measure light exposure. A study found a link between lots of daylight and low hyperactivity in the children.

Dagslys påvirker sosial atferd

- 69 barnehagebarn (30 gutter, 39 jenter), 4-5 år gamle
- Rom med og uten vinduer
- Sosial oppførsel og kognitive ferdigheter
- Barn i rom med vinduer hadde bedre sosiale ferdigheter enn barn i rom uten vinduer:
 - Bedre forhold med jevnaldrende
 - Selvstyrende atferd





SINTEF

Kan vi egentlig nok om dagslys og
dagslysdesign?





SINTEF

- Munger hall, Santa Barbara, CA for 4600 studenter
- 94% av rommene har ikke vinduer



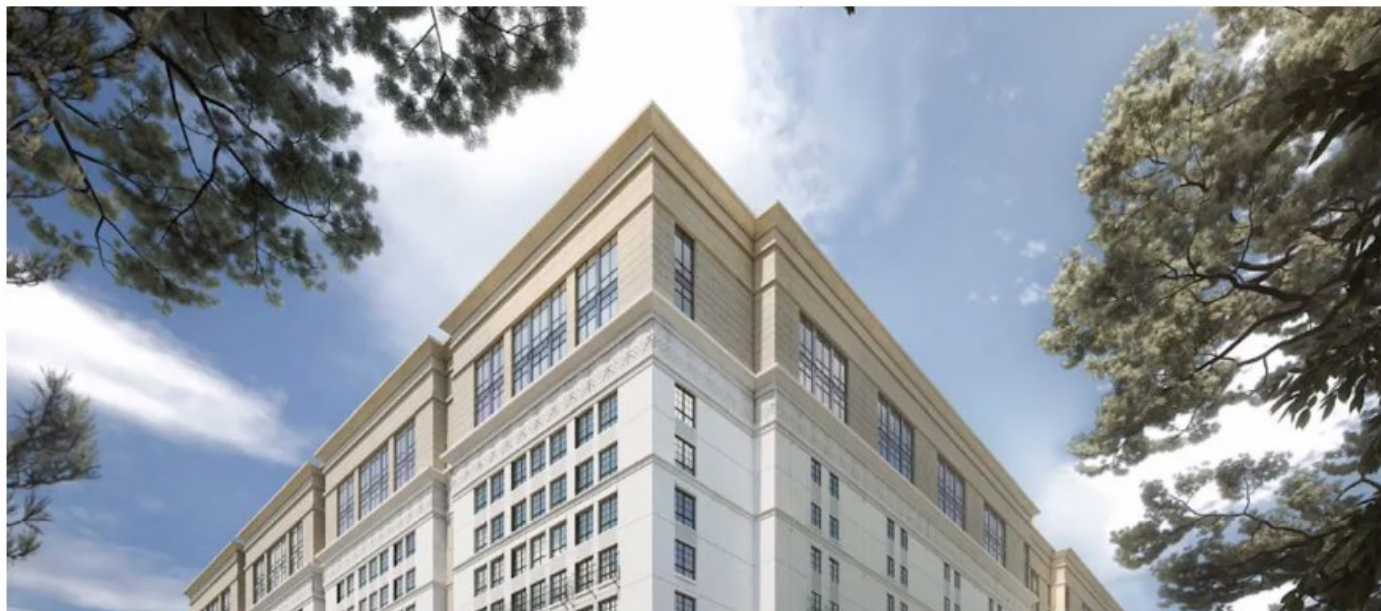


SINTEF

Munger Dorm

Architect Resigns in Protest over UCSB Mega-Dorm

Criticizes Munger Hall as 'Social and Psychological Experiment'
with Unknown Consequences



A consulting architect on UCSB's Design Review Committee has quit his post in protest over the university's **proposed Munger Hall project**, calling the massive, mostly-windowless dormitory plan "unsupportable from my perspective as an architect, a parent, and a human being."

Teknologi for et bedre samfunn



SINTEF

Konklusjoner





SINTEF

Konklusjoner

- Omfattende bevis på effekten av lys på mennesker, både visuelle og ikke-visuelle effekter
- Lys handler ikke bare om å se, det påvirker persepsjon, og aktiverer døgnrytmen hos skolebarn – søvn, årvåkenhet, kortisolnivå, kognitive ferdigheter, atferd, m.m.
- Fint å være "grønt", men la oss ikke glemme å være "mennesker"
- Det er flere variabler som spiller inn, ikke bare lysnivå
- Spesielle nordiske forhold kan påvirke eksponering til blått-lys
- Lysforhold i skoler studert i ulike steder i verden, men lite i nordiske land... Vi trenger å vite mer
- Studier om skoleelever og barnehagebarn, men lys påvirker alle (lærere)

Innhold

1

Lys og mennesker

2

Dagslys vs Kunstig lys

3

Lysforholdene i Norge

4

Dagslys design

5

Belysning i læringsmiljø

6

Effekt av dagslys på skoleelever

7

Effekt av kunstig lys på skoleelever

8

Effekt av lys på barnehagebarn

9

Kan vi nok om lys i bygninger?

10

Konklusjoner

Hva er viktig for skoler og barnehager mtp lys?

Konklusjoner

- Omfattende bevis på effekten av lys på mennesker, både visuelle og ikke-visuelle effekter
- Lys handler ikke bare om å se, det påvirker persepsjon, og aktiverer døgnrytmen hos skolebarn – søvn, årvåkenhet, kortisolnivå, kognitive ferdigheter, atferd, m.m.
- Fint å være "grønt", men la oss ikke glemme å være "mennesker"
- Det er flere variabler som spiller inn, ikke bare lysnivå
- Spesielle nordiske forhold kan påvirke eksponering til blått-lys
- Lysforhold i skoler studert i ulike steder i verden, men lite i nordiske land... Vi trenger å vite mer
- Studier om skoleelever og barnehagebarn, men lys påvirker alle (lærere)

Viktig å sikre klasserom/barnehage areal med tilfredsstillende dagslys/kunstig lys design som kan bidra til helse, trivsel, akademiske ferdigheter og personlig utvikling hos dagens barn og for fremtidige generasjoner.



SINTEF

Men vi trenger ikke å vente til å få skoler/barnehager som har tilstrekkelig lysdesign...

...la oss komme oss ut! Og la oss ta barna ut for å få dagslys! ☺



SINTEF

Lyst til å lese mer?



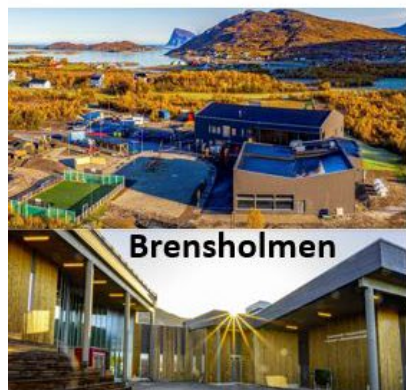
<https://www.sintefbok.no>



SINTEF

Morgendagens skoler – SINTEF prosjekt

TROMSØ



Brensholmen



Fagereng



NORDRE FOLLO



TRONDHEIM



Huseby



En kikk ned i 1 etasje....



Hebekk



Holen



BERGEN



Ulsmåg

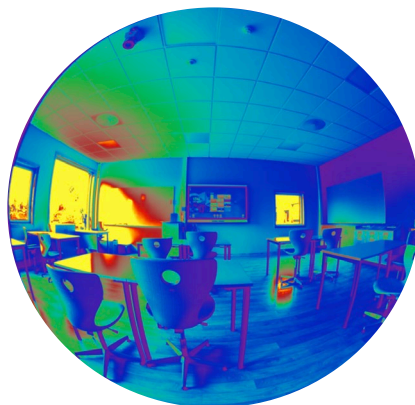


Lysmålinger (en liten forhåndsvisning)

Kvalitative observasjoner
(dagslys og kunstig lys)



Kvantitativ registrering
(Lysnivå, luminans fordeling)



Fargeregistrering
(Overflater og møblement)

	[10]	[11]	[12]
NCS kode	S 1000 - N	S 4010 - Y30R	S 2005 - Y30R
Element	Tavle (Hvit)	Tavle (Beige)	Bord
LRV	74	31	55
	[13]	[14]	[15]
NCS kode	S 0540 - R90B	S 1515 - Y30R	S 7500 - N
Element	Stoler	Møbler 1	Møbler 2
LRV	52	58	11
	[16]	[17]	[18]
NCS kode	S 3020 - G50Y	S 6030 - Y90R	S 2070 - Y90R
Element	Seppelbette	Stolben	Stol (lærer)
LRV	39	8	14

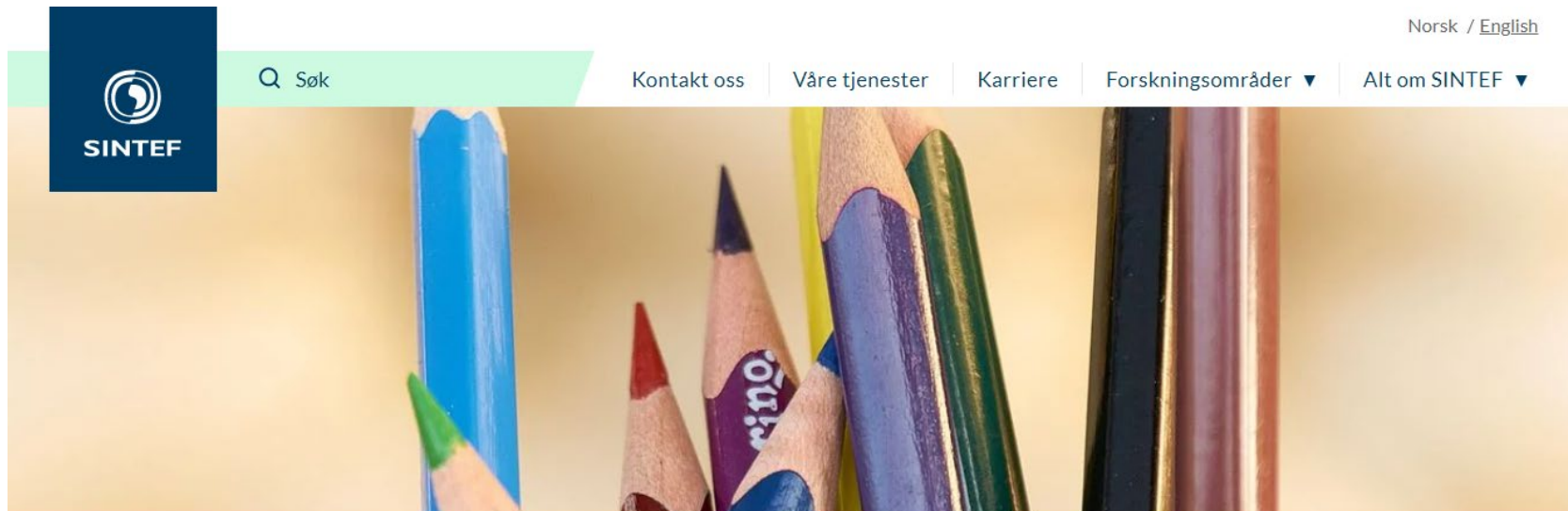


Utsyn
(fra plass, ulike lag)





Følg gjerne prosjektet på web



Morgendagens skoler

<https://www.sintef.no/prosjekter/2021/morgendagens-skoler-et-samspill-mellom-arkitektur-pedagogikk-og-laring/skolecase/>



SINTEF

Takk for oppmerksomheten!

Teknologi for et
bedre samfunn