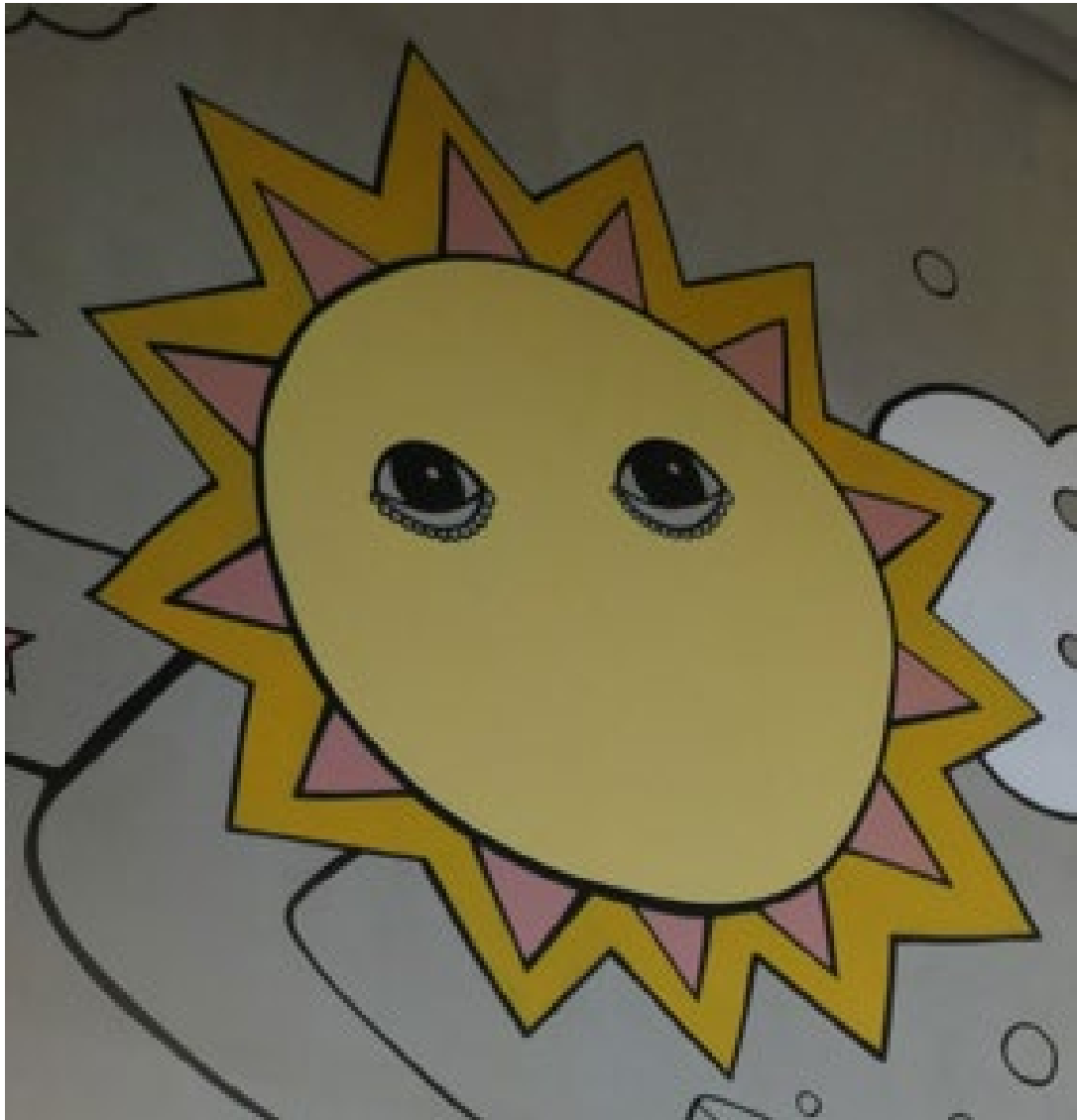


Ljus (dagsljus, solljus, utblick & belysning)

- en kunskapssammanställning



Helena Bülow-Hübe
Marie-Claude Dubois
Hillevi Hemphälä
Paul Rogers
Mikael Söderlund
Mats Persson

2022-12-30

Förord

Denna kunskapssammanställning om ljus (dagsljus, solljus, utblick och belysning) har tagits fram med stöd från Boverket. Rapporten har utformats och författats av en arbetsgrupp bestående av personer som tillsammans representerar både bred och djup kompetens och stor erfarenhet inom området.

Detta är första vända med inventering inom området. Synpunkter och förslag från denna utgåva samlas in för att kunna ingå i en uppföljande förbättrad utgåva om finansiering kan ordnas.

Mats Persson

Malmö universitet

Detta är en första vända med inventering inom området. Synpunkter och förslag från denna utgåva samlas in för att kunna ingå i en uppföljande förbättrad utgåva om finansiering kan ordnas. Synpunkter och förslag mottas via epost: mats.persson@mau.se

Denna rapport finns tillgänglig på <https://blogg.mah.se/bygglearn/projekt/> tillsammans med några fler kunskapssammanställningar

Där finns även listor över litteratur och länkar tillgängliga i en Excel-fil

Sammanfattning

Denna kunskapssammanställning över bland annat regelverk, vägledningar och frivilliga krav för ljus, dagsljus, solljus, utblick och belysning visar att det finns många verktyg att ta hjälp av för att styra kvaliteten inom området. Det är viktigt med robusta lösningar för sådant som inverkar på människors hälsa.

Vid stadsförtätning och maximering av markanvändning finns en risk att dagsljusnivåer i befintliga byggnader minskar kraftigt. Många nya stadsdelar byggs med så hög täthet att dagsljusstillgången inte lever upp till dagens krav i alla vistelserum. Kvantitativa dagsljuskraven fungerar som en garant för att trender att rationalisera bort tillgång till dagsljus och utblick inte drivs alltför långt.

Det finns inslag i moderna byggprojekt som bidrar till lägre energianvändning som samtidigt leder till lägre dagsljusinsläpp. Minskad fönsterarea ger som konsekvens minskad dagsljusnivå vilken i sin tur får följden att elektrisk belysning måste tändas oftare, särskilt på lägre våningar. Dagsljus är en fri/gratis ljus- och energikälla, som bidrar till resiliens vid elavbrott.

Elektrisk belysning är ett relativt nytt fenomen. Glödlamporna och lysrören uppfanns omkring 1880 respektive 1930 dvs. för mindre än 150 år sedan. Före dessa uppfinningar var alla byggnader belysta av dagsljus och byggplanerna och stadsplaneringen ritades noggrant för att säkerställa god tillgång till dagsljus.

Med dagens energi- och elkris är det värt att poängtera att en av de viktigaste energikällorna (dagsljus) och också styr tidsanpassning och påverkar utvecklingen av alla arter på jorden, inklusive människor, ända ner till cellnivå. Ny forskning publiceras varje månad som visar hur varje band av den elektromagnetiska strålningen - från UV till infraröd - är kopplad till dygnsrytmen och att dygnsrytmen är allmänt grundläggande för hälsa.

Det är viktigt att byggbranschen håller sig ajour med pågående medicinsk forskning om cirkadiska cykler och hur dagsljus, solljus, utblick och belysning påverkar hälsa. Nya rekommendationer kommer allt tätare.

Många av de byggtekniska åtgärder som används för att reducera buller påverkar dagsljusstillgång och till en viss del även utblick negativt. Vid tekniskt samråd är det inte ovanligt att akustikkraV väger tyngre än kraven på dagsljus samt utblick.

Några av de senaste trenderna i utformningen av nya byggprojekt har lett till reducerade dagsljusnivåer inomhus (t.ex. oregelbunden och asymmetrisk placering av fönster, mörka fasadmateriell, avskärmning via fasadelement).

Elektrisk belysning inomhus behöver utformas för att underlätta seendet, dvs. utan flimmar och bländning. En god visuell miljö minskar mängden ögonbesvär, huvudvärk, muskel och ledbesvär och kan påverka prestationsförmåga och produktivitet på ett positivt sätt.

I detaljplaner fastställs förutsättningarna för exploateringsgraden. Byggnaders möjligheter att uppfylla krav på ljus, dagsljus, solljus och utblick ska prövas. Vid framtagande av detaljplaner är det därför viktigt att se till att kraven är möjliga att uppfyllas. Idag finns många verktyg som också lämpar sig för tidiga skeden, men det är inte alltid som de tillämpas eller att exploateringsgraden anpassas till resultaten i de studier som görs. Vid hantering först vid startbesked är projekteringsarbetet långt framskridet och anmärkningar skulle få stora konsekvenser.

När alla rum i kritiska lägen kontrolleras i projekteringen är det vanligt med avvikelser från kraven på dagsljusfaktor. En del kan lösas på ritbordet men inte allt. Ibland är förutsättningarna för svåra och det går inte att hitta lösningar som tillgodoser alla krav. Djupa rum ger svårare förutsättningar än grunda rum, eftersom ljuset avtar kraftigt med avståndet från fönstret.

I en tätt byggd stad har inte alla samma möjlighet att välja boende – högst upp i huset eller i gathuset där dagsljuset flödar. Mycket få företrar mörkare bostäder men många är beredda att kompromissa bort dagsljusstillgången för att få tillgång till stadens puls. Dagsljus ska inte bara vara en lyx som privilegierade kan unna sig, det ska vara en tillgängligt för alla.

I tätbebyggda kvarter är det ofta en utmaning att efterleva regelverket. Dagsljuset i Sverige är relativt svagt, och lågt stående sol, dessutom ofta skydd av omgivande byggnader, ger långa skuggor. Historien visar att svenska städer kan förse alla boende med ljusa bostäder men om förtätandet fortsätter enligt samma mönster som tidigare så måste både lagstiftare och planaktörer ha verktyg att förstå dess begränsningar. Misslyckas planeringen av framtidens städer finns en risk att hälsa och välmående för de som bor i den attraktiva kvartersstaden i all mening äventyras.

Folkhälsomyndigheten och Arbetsmiljöverket utgår från att brist på dagsljus kan ge negativa effekter för hälsan. Uppskattningsvis 80 % av levnadstiden spenderas inomhus. Det är en av anledningarna att miniminivåer för dagsljus i vistelserum är nödvändiga i byggregler.

Dagsljusfaktorn är ett bra mått för att bedöma tillgången av dagsljus. Dagsljusfaktorn beskrivs i en nyare standard där den bedöms över en yta och inte i en punkt. BBR hänvisar till föråldrade metoder. Ett kvantitativt dagsljuskrav säkerställer att vistelserum erhåller tillräckligt med dagsljus för att inte riskera människors hälsa. Byggnadens gestaltning får inte riskera människors tillgång till ett hälsosamt dagsljusinsläpp.

Förkortningar

CRI	Colour Rendering Index (Index för färgåtergivning – mäts med 14 färger)
D, DF	Dagsljusfaktor (DF är en äldre beteckning)
D_{medel}	Medelvärde för dagsljusfaktor
D_{median}	Medianvärdet för dagsljusfaktor
D_p	Punktvärdet för dagsljusfaktor
DGP	Daylight Glare Probability (sannolikhet för bländning från dagsljus)
E (lx)	Belysningsstyrkan.
\bar{E}_m	Bibehållen belysningsstyrka (enligt EN 12655 är \bar{E}_m det värde som medelbelysningsstyrkan för ett angivet område inte ska understiga)
E_{medel} (lx)	Medelvärde för belysningsstyrkan
FVM	Flicker Visibility Measure
ipRGC	intrinsic photosensitive Retinal Ganglion Cells (Ljuskänsliga ganglionceller på ögonens näthinna)
LRV	Ljusreflektansvärde eller Reflektionsfaktor för (synligt) ljus
NIR	Near InfraRed
p_{stLM}	short term Perceptibility for Light Modulation (Synligt flimmer)
R_a	Färgåtergivning – mäts med 8 färger
R_{UG}	CIE:s bländningsindex (UGR- Unified Glare Rating)
R_{UGL}	R_{UG} -gränsvärde - Unified Glare Limit (Minsta bländtalet tillåtet för armaturer)
SCN	SupraChiasmatic Nucleus
SVM	Stroboscopic Visibility Measure (Stroboskopisk effekt)
TLA	Temporal Light Artefacts – (Flimmer - Temporär ljusartefakter (oönskad störning av ljus) (även ljusreflektansvärde förekommer)
TLM	Temporal Light Modulations (Temporal ljusmodulation)
U_0	Jämnhetsvärdet för belysningsstyrkan på arbetsytan (min/medel)
VDF	Vertical Daylight Factor
VSC	Vertical Sky Component

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	7
1.1	Bakgrund.....	7
1.2	Syfte och avgränsning.....	8
1.3	Genomförande	8
1.4	Till dig som läsare.....	8
2	Ljus och belysning – orientering	9
2.1	Om ljus och belysning	9
2.2	Krav relaterade till dagsljus genom tiderna	14
3	Ljus, synupplevelse och hälsa	19
3.1	Ljus- och belysningsrekommendationer	19
3.2	Ögats åldrande, ljuskänslighet, ögontrötthet och andra ögonbesvär	26
3.3	Belysning och prestationsförmåga.....	26
3.4	Mätning av ljusmiljö, belysningsstyrka och luminans.....	27
3.5	Dagsljus – syn och hälsa	27
3.6	Utblick	30
3.7	Preferens för fönster och dagsljus.....	30
4	Utveckling och utmaningar.....	32
4.1	Utmaningar för dagsljus.....	32
4.2	Utmaningar för belysning	43
5	Regelverk för ljusfrågor	44
5.1	Allmänt om lagar och regler	44
5.2	Ljus i BBR	45
5.3	Regler om ljus och utblick i annan lagstiftning	47
5.4	Nordisk jämförelse av dagsljuskrav	48
6	Branschregler, vägledningar och standarder – verktyg för att nå kvalitet	51
6.1	Officiella standarder	51
6.2	Branschregler och branschstandarder	52
6.3	Certifiering och auktorisation	52
6.4	Certifierings- och klassningssystem av hel byggnad	52
6.5	Vägledning för ljus och belysning	53
7	Beräkning av dagsljus och solljus	55
7.1	Dagens dagsljuskrav och metodhänvisningar har gamla rötter	55
7.2	Förenklad metod (AF-metoden) enligt SS 91 42 01	56
7.3	Handberäkning av dagsljusfaktorn (DF-Metoden)	57
7.4	Beräkning av dagsljusfaktor med datorstöd.....	58
7.5	Standarden SS-EN 17037 Dagsljus i byggnader	60
7.6	VSC som metod för tidig indikation på dagsljustillgång.....	62
7.7	Beräkning av soltimmar på mark och fasad.....	64
8	Branschens aktörer	68
8.1	Branschens aktörer i Sverige	68
8.2	Forskning och utveckling.....	71

9	Slutsatser och reflektioner	73
9.1	Gap, utvecklingsbehov, utmaningar	73
9.2	För olika aktörer i branschen	74
9.3	Slutsats	75

Referenser	76
-------------------------	-----------

Bilaga 1 – Sammanställning av förordningars förändringar

Bilaga 2 – Arbetsplatsen utformning - jämförelse mellan krav i AFS 2009:1 och AFS 2020:1 beträffande belysning, dagsljus och utblick

Bilaga 3 – Genomförande av ljusmätning

Bilaga 4 – Så kontrolleras den egna ljusmiljön

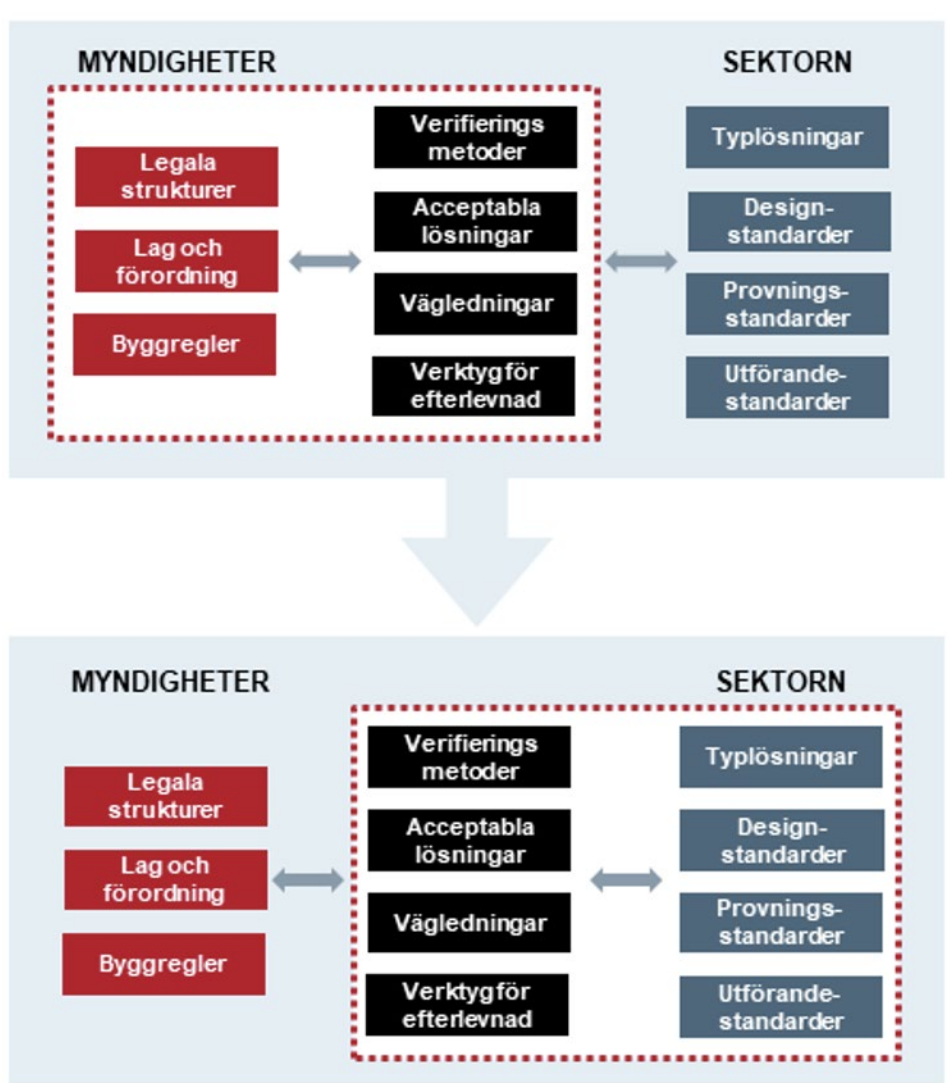
Bilaga 5 – Fönster - dimensionering för dagsljus

I Inledning

I.1 Bakgrund

Boverket har behov av en analys kring ljus inom regeringsuppdraget om en översyn av byggreglerna. I regeringsuppdraget Möjligheternas byggregler ska sektorns mognad och förmåga att ta ansvar för verifiering av regelverket utgöra underlag för reglernas preciseringsnivå. I samband med regelöversynen finns behov av en fördjupad analys för att öka kunskapen om området och förstå vilka effekter och konsekvenser översynen kan få i praktiken för olika berörda aktörer. Byggsektorns engagemang och förmåga att ta fram stödverktyg på området är avgörande för att de nya byggreglerna ska nå målen. För att få en bredare bild över området ljus beställer Boverket en kunskapssammanställning där branschföreträdare beskriver ljusfrågor.

I figur 1.1 visas schematiskt den möjliga förändringen där byggsektorn får större möjlighet att utveckla sina system och lösningar för byggnader i hela byggprocessen.



Figur 1.1 Beskrivning av den förändring av byggregler som kommer att genomföras närmaste år. Överst i figuren visas nuläget och i nedre bilden visas det planerade nya ansvarsfördelningen (Källa: Ny regelmodell - Boverket).

Den standard för dagsljusberäkning som nämns i ett allmänt råd i BBR har upphävts och ersatts med en ny standard. Frågan är om det behövs en översyn av reglerna för dagsljus även med anledning av denna förändring.

1.2 Syfte och avgränsning

Det finns ett behov av att göra en kunskapssammanställning för ljus i byggnader för att ge en bas till en bred förståelse inom branschen för vilka aktörer som finns, vilka regler som tillämpas, var det finns kunskap och vilka utvecklingsbehov som behöver stödjas för att underlätta för branschen att ta ett större ansvar för ljusfrågor.

Kunskapssammanställningen ska ge en klarare bild över t.ex.:

- vilka regelverk som styr och tillämpas,
- exempel på aktörer som på olika sätt arbetar med projektering, produktion, drift, kontroller och provning kopplat till ljus,
- exempel på litteratur, branschstandarder, och föreskrifter,
- exempel på utbildningar inom ljus och belysning, samt
- byggbranschen ska ha input i arbetet med att ta större ansvar för ljusfrågor när Boverket omarbetar byggreglerna.

Kunskapssammanställningen ska beskriva ljusfrågor utifrån vad som regleras i plan- och bygglagen, plan- och byggförordningen och Boverkets byggregler, dvs. de regelverk inom området som Boverket ansvarar för.

1.3 Genomförande

Arbetet har genomförts av en arbetsgrupp bestående av personer som tillsammans representerar både bred och djup kompetens inom området ljus och belysning i byggnader. Arbetsgruppens huvuduppgift har varit att sammanställa relevanta och aktuella kunskaper om ljusfrågor i byggnader i Sverige.

Arbetet har genomförts av en arbetsgrupp bestående av:

- Helena Bülow-Hübe, Fojab arkitekter
- Marie-Claude Dubois, Sveriges lantbruksuniversitet
- Hillevi Hemphälä, Lunds universitet
- Paul Rogers, ACC glas och fasadkonsult
- Mikael Söderlund, ACC glas och fasadkonsult
- Mats Persson, Malmö universitet

1.4 Till dig som läsare

Den här rapporten presenterar en översiktlig sammanställning av kunskap och erfarenheter. Rapporten är resultatet av författarnas analyser och utredningar. Boverket har inte tagit ställning till innehållet.

2 Ljus och belysning – orientering

Detta kapitel innehåller orienterande beskrivning av ljusfrågor i byggnader (underlag är delvis hämtat från Boverket). I kapitel 3–4 redovisas fördjupade kunskaper om ljus och belysning. Kapitel 7 innehåller en genomgång av beräkningar av dagsljus.

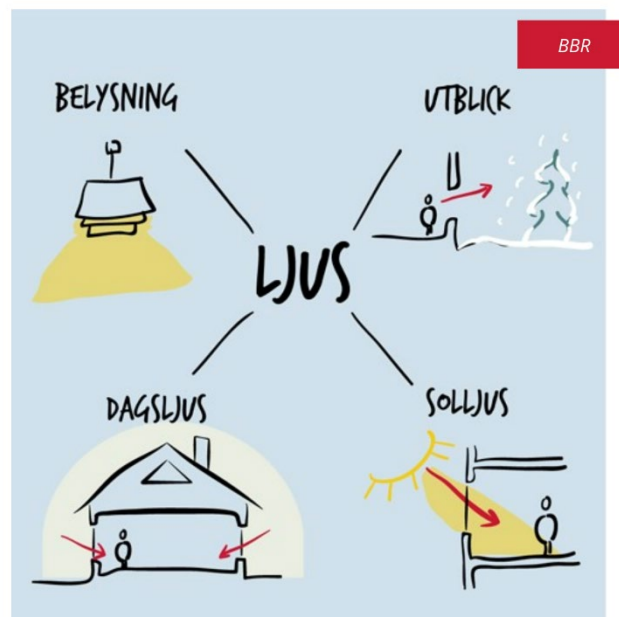
2.1 Om ljus och belysning

Krav om ljus har funnits med i bygglagstiftningen ända sedan den första gemensamma byggnadsstadgan för Sverige gavs ut 1874. Där går det att läsa om att stadsplaner bör upprättas för att bl.a. tillgodose ”sundhetens fordran på ljus” [1]. Byggnadsstadgorna levde kvar ända fram till 1987 då de ersattes av 1987 års plan- och bygglag samt plan- och byggförordning. Nu gällande plan- och bygglag infördes 2010. I byggnadsstadgorna reglerades till exempel avståndet mellan byggnader, vilket var ett sätt att tillgodose tillgång till solljus och dagsljus. Se mer under avsnitt 2.3.

Tolkningsföreskrifter till lagstiftningen har getts ut sedan 1946, då Kungliga byggnadsstyrelsen gav ut anvisningar till byggnadsstadgan, BABS. Den ersattes senare av svensk byggnorm (SBN) av statens planverk, nybyggnadsreglerna (NR) och de som gäller idag, Boverkets byggregler (BBR). En sammanställning av äldre tolkningsföreskrifter till dagens kan man hitta under äldre regler om byggande hos Boverket [2].

Ljus har betydelse för både hälsa och säkerhet och är viktigt i bostads- och arbetsmiljö. Goda synförhållanden är viktiga för att kunna röra sig säkert. Ljus är en grundläggande kvalitet i en byggnad och behandlas i BBR avsnitt 6:3 Ljus, med delrubrikerna: belysning, dagsljus, solljus och utblick (se figur 2.1). Första meningen under BBR avsnittet 6:31 Allmänt lyder:

Byggnader ska utformas så att tillfredsställande ljusförhållanden är möjliga att uppnå, utan att skaderisker och olägenheter för människors hälsa uppstår.



Figur 2.1 Ljus - belysning, dagsljus, solljus och utblick. (Källa: Boverket).

2.1.1 Belysning

Belysning är viktigt för att det ska vara möjligt att utföra sysslor på ett bra och säkert sätt. Till skillnad från de flesta andra länder överstiger arbetstiden i Sverige soltiden under flera månader av året, vilket innebär att elektrisk belysning är avgörande för att

upprätthålla 8-timmars arbetsdag och ekonomi. Belysning behövs också på kvällen hemma och för att belysa vägar. Därför behöver belysning anordnas och anpassas till den avsedda användningen.

Elektrisk belysning som flimrar kan orsaka negativa hälsoeffekter som migrän, huvudvärk, stress med mera. Växelström och dimrar får vissa LED-lampor att tändas och släckas i hög hastighet, vilket kan uppfattas som synligt respektive osynligt ”flimmar” eller temporal ljusmodulation (TLM) som är den tekniska benämningen. Det allmänna rådet i BBR 6:321 hänvisar till standarden SS-EN 12464-1 som anger att belysningen ska utformas så att flimmar undviks. Några gränsvärden för belysningens kvalitet finns inte i standarden, men det finns råd om hur belysning på arbetsplatser bör anordnas.

Det finns krav på belysning i fler avsnitt av BBR, för allmänbelysning, orientering och nödsituationer. Arbetsmiljöverket har föreskrifter och allmänna råd om arbetsplatsens utformning (AFS 2020:1) [3]. De kraven är mer detaljerade än BBR-kraven.

2.1.2 Dagsljus

Med dagsljus menas i vidare termer det naturliga ljuset som härstammar från solen och som når oss på dagen. Dagsljus avser strålning inom det våglängdsområde som kan upplevas med synsinnets, så kallat ”synligt ljus” (380–780 nm). Forskning visar att hälsan i flera avseenden gynnas av god tillgång till dagsljus. Dagsljus har till exempel en reglerande effekt på dygnsrytmen, vilket i sin tur påverkar sömnens längd och kvalitet.

En klar dag når en stor andel av solens strålar markytan som (direkt) solljus, medan en del av strålningen sprids via atmosfären och når oss via diffus strålning från det blå himlavalvet. En helmulen dag, när solen inte alls kan skönjas genom molntäcket, kommer allt dagsljus från den diffusa strålningen från det gråa himlavalvet. Solljus och dagsljus är inte samma sak. Med dagsljus avses endast det diffusa ljuset som sprids från himlavalvet.

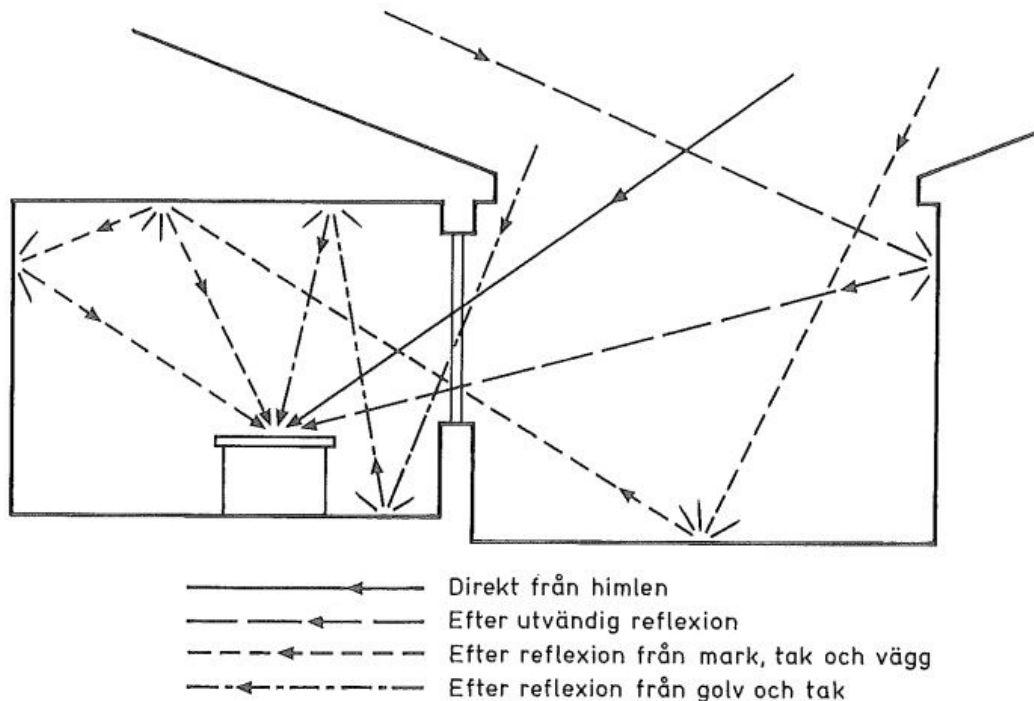
Eftersom mulet vädret är vanligt i Norden, så har en mulen himmelstyp kommit att dominera dagsljusberäkningar under lång tid. Det finns idag även s.k. klimatbaserade eller dynamiska beräkningsmetoder som tar hänsyn till hur dagsljuset och solljuset varierar under året, men dessa används inte vid jämförelse mot svenska krav på dagsljus vid nyproduktion. Även om tillgängliga programvaror för simulering av ljusförhållanden är lättanvända finns problem med indata, svårighet att välja klimatfiler och idealiserade förhållanden.

Direkt och indirekt dagsljus

Dagsljus delas i BBR in i direkt och indirekt dagsljus. Direkt dagsljus definieras som ljus som kommer in genom fönster direkt mot det fria, medan indirekt dagsljus kan förstås som ljus som kommer genom fönster mot ett annat rum som får direkt dagsljus. Enligt BBR ska rum i bostäder och arbetslokaler där människor vistas mer än tillfälligt ha god tillgång till direkt dagsljus.

Vad som menas med ”mot det fria” är inte tydligt definierat. Termen mot det fria har funnits länge i lagstiftningen (t.ex. redan i byggnadsstadgan 1947 [4]), i betydelsen mot ute/utomhus. I dagsljussammanhang kan (och måste det) det dock syfta på att fönstret sitter så fritt och oavskärmat att direkt dagsljus når in i rummet. I figur 2.2, som är hämtad från boken ”Räkna med dagsljus” [5], visas olika sätt som dagsljuset når en punkt i ett rum. Den direkta komponenten (direkt från himlen) är den som är väsentligast för att kunna nå en tillräcklig dagsljusbelysning eftersom det direkta himmelsljuset är mycket starkare än ljus reflekterat mot andra byggnader eller mot mark. I andra

sammanhang kan fönster ”mot det fria” även ha inbegripit en vädringsmöjlighet, eftersom öppningsbara fönster kan erbjuda det. Innan mekanisk ventilation fanns var vädringsmöjligheten via fönster än viktigare än idag.



Figur 2.2 Dagsljusets olika vägar till en punkt inomhus. (Källa: Löfberg [5]).

Dagsljusfaktorn

Dagsljusfaktorn (förkortas DF eller D) är ett mått på hur mycket dagsljus det är inomhus i förhållande till en oavskärmd punkt utomhus. Som referens för ljuset utomhus brukar en mulen dag med standardiserad ljusfördelning användas, *CIE standard overcast sky* (ISO 15469:2004). Denna himmel är 3 ggr ljusare i toppen än vid horisonten, men är annars lika i alla riktningar (luminansfördelningen är rotationssymmetrisk). Detta gör att dagsljusfaktorn för ett rum blir lika i alla väderstreck och även oberoende av klockslag och solhöjd.

En tidig skrift för dagsljusberäkning var ”*Räkna med Dagsljus*” från 1987 [5]. Idag finns en modernare lärobok som tar upp både dagsljus och belysning för nordiskt klimat för den som vill förkovra sig i ämnet ”*Daylighting and Lighting under a Nordic Sky*”. [6]

Dagsljuset avtar snabbt med ökande avstånd till fönstret. När dagsljusfaktorn anges brukar det i Sverige vara i en bestämd referenspunkt. Referenspunkten formulerades redan i SBN 75 som ”*en punkt som ligger på halva avståndet från det fria till rummets mörkaste del och 1,0 m från sidovägg på 0,8 m höjd över golvet*”. Med dagsljusfaktorn 1 % menas att en hundradel av den diffusa dagsljusstyrkan utomhus tar sig in i rummet. Vid t.ex. 10 000 lux ute får man då 100 lux inne.

För att bestämma dagsljusfaktorn behövs uppgifter som tydligt beskriver den utvändiga omgivningen eller avskärmningen, samt rummets geometri och dess fönster. Idag görs detta vanligen genom simuleringar av ljusets väg via strålgångsföljning (ray-tracing) genom beräkningar som utgår från en 3D-modell. Här är det viktigt att fönster modelleras så korrekt som möjligt med hänsyn till karmar, bågar och eventuell spröjs, dvs. de täta delar som inte släpper in ljus åtskiljs från de glasade delarna.

Ljustransmittansen hos de glasade delarna i fönster (själva dagsljusöppningarna) ska överensstämma med valda glas. För treglasfönster utan solskyddsbeläggningar ligger ljustransmittansen idag vanligen mellan 0,68 och 0,73, beroende på vilka slags energisparglas som används.

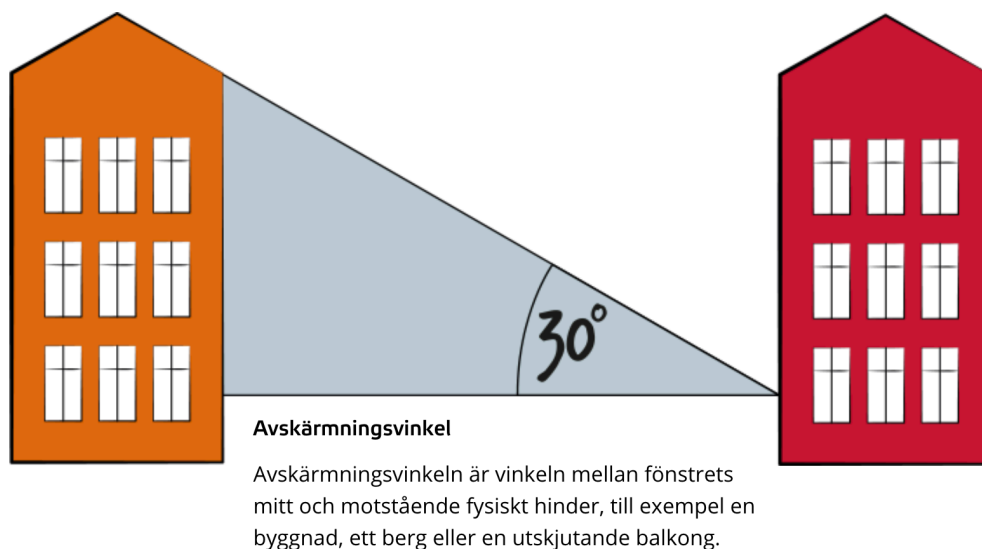
De invändiga ytornas ljusreflektansvärden (eller reflektionsfaktorer) ingår också som indata till beräkningarna, liksom reflektionsfaktorer för omgivande byggnader och mark. Här används ofta schablonmässiga värden, eller värden som överensstämmer med de materialval som görs. I dagsljusstandarden SS-EN 17037 rekommenderas reflektansvärden:

- Innertak 0,7–0,9
- Innervägg 0,5–0,8
- Golv 0,2–0,4
- Utsida yttervägg 0,2–0,4 (även för omgivande byggnader)
- Utvändig mark 0,2

Eftersom dagsljusfaktorn idag nästan uteslutande bestäms genom datorberäkningar, och inte genom handberäkningsmetoder, har det blivit vanligare att övergå från beräkningar i en enstaka punkt till att beräkna dagsljusfaktorn över en yta. Många andra länder har övergått från att ange dagsljusfaktorn i en enstaka punkt till att ange dagsljusfaktorn över en yta.

Här gäller det att se upp! När mätpunkterna placeras ut i ett jämnt fördelat rutnät över rummet kan antingen medelvärde eller medianvärde beräknas. Detta resulterar i olika numeriska mått på dagsljusfaktorn, eftersom ljusfördelningen inte är linjär. Medelvärdet brukar vara avsevärt högre än medianvärdet.

Många länder har rekommendationer om dagsljusfaktorn som utgår från medelvärdet. Medianvärdet har dock förts fram som ett mer representativt mått för dagsljuset i rum [7]. Bournas [8] har i sin avhandling visat en stark korrelation mellan punktvärdet och medianvärdet för en stor studie av dagsljusstillgång i bostäder byggda över drygt hundra år i Sverige (dvs. att det numeriska värdet av dagsljusfaktorn i referenspunkten respektive medianvärdet är mycket likt). Av dessa skäl accepteras idag medianvärdet som likvärdigt med punktvärdet av många kommuner och även av certifieringssystemen Miljöbyggnad och Svanen.



Figur 2.3 Avskärningsvinkel för ett fönster vid beräkning av dagsljusfaktor. (Källa: Boverket).

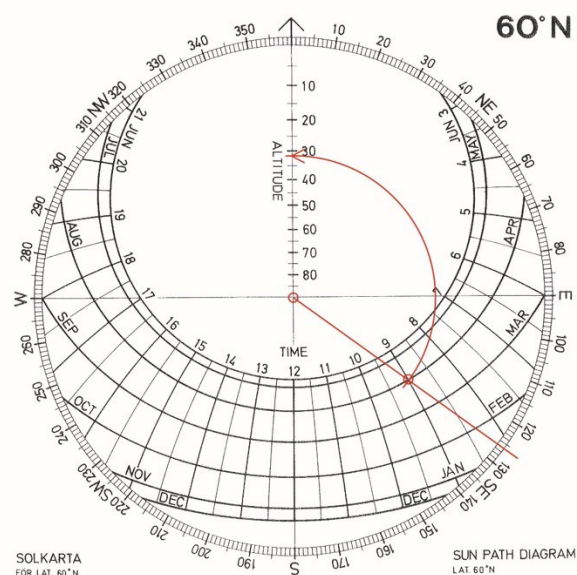
Rum som har en avskärningsvinkel utanför fönstret som är större än 30 grader kan ha svårt att klara kravet på god tillgång till dagsljus (se figur 2.3). För byggnader i mycket täta stadsmiljöer med en avskärningsvinkel upp mot 60 grader är det mycket svårt till praktiskt omöjligt att klara kravet [9]. För dessa byggnader är det viktigt med utredningar och dagsljusberäkningar så tidigt som möjligt i designprocessen, gärna när det fortfarande är möjligt att påverka t.ex. byggnadens höjder och volymer, planlösning, fasadutformning samt byggnadens placering. En metod för detta presenteras i avsnitt 7.6.

BBR anger i ett allmänt råd två olika sätt att bedöma/beräkna tillgången till dagsljus [10]. Antingen en förenklad kontrollmetod av glasyta till golvyta, eller genom beräkning av dagsljusfaktorn. Den förenklade metoden får bara användas upp till 30 graders avskärningsvinkel (se mer detaljer om beräkning av dagsljus i kapitel 7).

2.1.3 Solljus

Tillgång till solljus i bostäder och utemiljöer är en grundkvalitet för trivsel i byggda miljöer och troligen också för vår hälsa. Solljus har länge omnämnts i lagstiftning kring byggd miljö, se avsnitt 2.3. I Sveriges klimat, som präglas av långa perioder med låga utetemperaturer, är det främst soltillgång som avgör om en uteplats blir flitigt använd eller inte. Inomhus skapar solljus en variation, bidrar till avsevärt högre dagsljusstillgång och förhöjer trivselen, åtminstone om det är möjligt att välja placering i rummet och undvika eller skärma av solen om den t.ex. orsakar bländning. Under sommartid kan solljuset bidra till övertemperaturer, men med väl utformad solavskärmning kan problemen undvikas.

Det är en särskild utmaning att få ner solljus på innergårdar och fasader genom vårt lands nordliga placering på jordklotet. Sverige har lägre solhöjder jämfört med orter närmare ekvatorn. Solhöjden i Stockholm kl. 12 (soltid) är ca 54 grader vid sommarsolståndet, ca 31 grader vid höst- och vårdagjämningen, och endast ca 8 grader vid vintersolståndet. Solhöjden kan studeras i solkartor eller solbandediagram, se figur 2.4 [11].



Figur 2.4 Pleijels solkarta för latitud 60° (motsvarar ungefär Gävle). Solbanor för den 21:a i varje månad visas. Solhöjden för exempelvis den 21 april kl. 9 avläses genom att placera en prick där tidslinjen för kl. 9 korsar kurvan för april. Solens position i planet (azimutvinkel) avläses längst ut på cirkeln till 126 grader. Solhöjden avläses genom att slå en cirkel med centrum i origo, genom tidpunkten upp till den vertikala axeln inne i solkartan. I exemplet blir solhöjden ca 32 grader.

Soltillgången i gårdsmiljöer i bostadshus studeras ofta via sol- eller skuggstudier för olika dagar och olika klockslag, där skuggning visas. Det finns även metoder att illustrera det totala antalet soltimmar för t.ex. en hel dag, som ger mer information i en enda bild (se kapitel 7). Det förekommer att dessa metoder används för att bevaka soligheten på förskolegårdar som planeras i nya detaljplaner, medan det i regel läggs mindre vikt för soligheten i bostadsgårdar.

I BBR finns termen *direkt solljus* som definieras som solljus som lyser in i rum utan att ha reflekterats. BBR ställer krav på att bostäder ska ha tillgång till direkt solljus i något rum. Studentbostäder om högst 35 m² får undantas från kravet. Det anges intet om när soltillgången ska kontrolleras, eller hur många soltimmar som ska uppnås.

Dagsljusstandard SS-EN 17037 har solljus som en av fyra indikatorer. Standarden beskriver metoder för bedömning av solljus, t.ex. att solljusexponeringen beräknas i timmar. Rekommendationerna i standarden anger en daglig solljusexponering om 1,5 timmar som ett minimum under en tidig vårdag. Då sammanfaller även solljuset tidsmässigt med det som för de flesta är vaken tid. Solhöjden är dock så låg att det är svårt att uppnå kravet för enkelsidiga lägenheter, främst mot norr, i tätbebyggda kvarter.

2.1.4 Utblick

Arkitekturforskning har sedan länge visat att god utblick bör innehålla tre element eller skikt [12]:

1. uppåt, mot himlen som är den primära ljuskällan,
2. den horisontella delen som ger utblick över landskap eller stad och
3. nedåt med utblick över marken och de aktiviteter som pågår där.

Utblick nämns också som en egenskap i SS-EN 17037. Standarden nämner på liknande sätt 3 viktiga lager i en god utblick: ett lager med himmel, ett lager med landskap och ett lager med mark. Marklagret kan inbegripa information om aktiviteter och landskapslagret kan bestå av byggnader, natur och/eller endast horisonten.

Möjlighet till utblick, speciellt mot vegetation, minskar stress och ökar samhörigheten med naturen. Genom ett fönster bör det gå att följa växlingar i vädret, mellan dag och natt och mellan olika årstider. Referenspunkterna, från vilken utblicken bör bedömas, bör motsvara de platser där människor uppehåller sig i rum. Här bör beaktas att ögonhöjden är ca 1,2 meter för en sittande person.

Takfönster i en bostad är normalt sett inte tillräckligt som enda fönster i ett rum. Detta beror främst på att det är svårt att ta del av mer än ett av lagren beskrivet ovan (himlen). Om det inte är möjligt att följa t.ex. årstidernas växlingar och se de aktiviteter som föregår på marken, kan detta skapa en brist på information om omvärlden som leder till känsla av instängdhet eller isolering.

SS-EN 17037 har rekommendationer för utvärdering av kvalitet på utblick. De faktorer som värderas är horisontell synvinkel, utvändigt synavstånd och antalet lager i utblicken som kan ses. Minimirekommendationen för utblick är minst 14 graders horisontell synvinkel, ett utvändigt synavstånd på minst 6 m och att minst lagret för landskap syns.

2.2 Krav relaterade till dagsljus genom tiderna

Beskrivningar av hur kraven på ljus och belysning utvecklats över tid finns även i olika konsekvensbeskrivningar från Boverket och skrifterna *En genomgång av svenska dagsljuskrav* [13] och *Moderniserad dagsljusstandard* [14]. I bilaga 1 finns en sammanställning av huvudsakliga förändringar.

2.2.1 DagljuskraV från 1874 till idag

Krav om dagsljus (eller *dager* som det tidigare benämndes) har funnits med i bygglagstiftningen ända sedan den första byggnadsstadgan 1874 [1]. Där går det att läsa om att stadsplaner bör upprättas för att bl.a. tillgodose *sundhetens fordran på ljus*.

Här reglerades även avståndet mellan byggnader vilket då kom att styra tillgången till dagsljus och solljus mot fasader. Byggnader fick inte vara högre än 5 våningar. Angående höjden sades vidare att byggnader ej fick uppföras *till större höjd än bredden af den gata, vid hvilken byggnaden lägges, ökad med fem fot*. Regleringen avsåg alltså tvärs över gatan eftersom byggnadsstadgan tillät att hela tomten fick bebyggas. I den mån gårdsrum ändå utfördes, fanns även reglering av storleken på dessa.

I de följande byggnadsstadgorna från 1931, 1947 och 1959 fanns fortsatt en reglering av avståndet mellan byggnader, men nu var kravet i stället att byggnadernas höjd inte fick vara högre än avståndet mellan dem, vilket innebar en maximal avskärningsvinkel om 45 grader, räknat från byggnadens möte med marken till motsatt byggnad. Detta gällde både mot gata och gård. I byggnadsstadgan från 1947 är det formulerat så här en bit in i kap. 4 om Stadsplan, 28 §, 2 mom.:

att byggnader icke må uppföras till större höjd eller till större omfång i förhållande till tomten än som betingas av stadens allmänna utveckling och verkliga behov, under nödigt beaktande av ortens traditioner, byggnadsområdets belägenhet inom staden,och avståndet mellan byggnadslinjerna å ömse sidor om gata och gård, i vilket hänseende bör särskilt tillses, att byggnad i allmänhet icke uppföres till större höjd än vad som motsvarar nämnda avstånd.

Att dagsljus (dager) och solljustillgång var viktigt framgår t.ex. av följande citat hämtat några rader längre ner:

... att goda dagerförhållanden inom kvarteren säkerställas och möjlighet i största utsträckning beredes till inredande i byggnaderna av lägenheter med genomgående luftväxling och direkt solbelysning.

Om en byggnads inre anordnande (kap 7) står i byggnadsstadgan från 1947, bl.a. följande om utformning av fönster, 59 § 5 mom.:

I varje boningsrum skall finnas fönster, som skall vara tillräckligt stort och lämpligt anbragt samt så vetta omedelbart åt det fria att rummet erhåller god dager. Vad nu sagt gälle ock om arbetsrum; dock må byggnadsnämnden med hänsyn till arten av den verksamhet, för vilken rummet är avsett, medgiva eftergift i skälig mån.

En annan intressant detaljreglering som handlar om tillgång till direkt dagsljus under "Särskilda bestämmelser om byggande inom stadsplan" finns i 96 §, punkt 4 med följande krav:

Framför fönster till bonings- eller arbetsrum, som icke är beläget mot gata, skall ovan ett plan i jämnhöjd med fönstrets underkant finnas ett område av minst 9 meters bredd, som är fritt från byggnader, skymmande terrängformationer, och andra skrymmande föremål, fränsett träd och buskar; dock må undantag härifrån medgivas av byggnadsnämnden, därest rummets behov av dager är nöjaktigt tillgodosett genom annat fönster.

Byggnadsstadgorna, särskilt de från 1931 och 1947, styrde således både planeringen av gator och kvarter, via stadsplanerna, samt utformningen av själva byggnaderna, på ett sätt som även påverkade tillgången av dagsljus och solljus.

Från och med byggnadsstadgan 1947 publicerades även föreskrifter, råd och anvisningar till byggnadsstadgan, kallade BABS. Den första var BABS 1946, därefter kom BABS 50 och BABS 60. BABS efterträddes så småningom av Svensk byggnorm, SBN, som kom att reglera detaljer för byggandet. Varken BABS eller den första SBN som utkom 1967 (SBN 67) hade några särskilda avsnitt för att reglera dagsljus i byggnader.

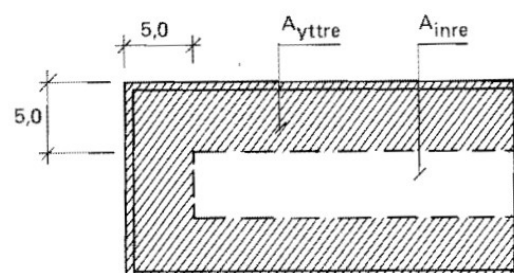
I lagstiftning före 1975 förefaller det alltså som att dagsljuskraven reglerades via byggnadsstadgan som bl.a. styrde över husens inbördes avstånd och höjd. Därefter verkar det ha skett en övergång till mer detaljerad reglering i tillämpningsföreskrifterna, från och med SBN 75. Dagens dagsljuskrav med allmänt råd om en dagsljusfaktor på 1 % kan nämligen spåras tillbaka hit. I SBN 75 införs krav på dagsljus i avsnitt 38:1. Kravet formuleras som "tillfredsställande dagsljus" och omfattar "bostadsrum, såsom vardagsrum, sovrum och kök, samt lekrum i barnstuga". Vidare står att:

dagsljus godtas med dagsljusfaktorn 1,0 % beräknad för en punkt belägen på halva avståndet från det fria till rummets mörkaste del och 1,0 m från sidovägg på 0,8 m höjd ovan golv. Balkong, loftgång e d beräknas normalt ingå i rummet vid bestämning av ovan nämnda avstånd.

SBN 75 hänvisade till skriften "Dagsljus inomhus" från 1970 [15] för beräkning av dagsljusfaktorn (rapport T11:1970). Skriften var en bearbetad och starkt förkortad översättning av boken "Daylighting" från 1967 [16].

Skarpare krav på energihushållning infördes 1976 i ett supplement 1 till SBN 75 (kom att ersätta kraven från SBN 67). Här skärptes kraven på U-värde (då k-värde) för fönster till 2,0 W/m²K, vilket i praktiken medförde övergång från 2-glasfönster till 3-glasfönster (och som därmed även minskade ljustransmittansen för fönster med ca 7 %-enheter). En ekvation för godtagen fönsterarea införs också, som begränsade fönsterarean till 15 % av den yttre våningsytan (upp till 5 m från fasad) med tillägg av 3 % för den inre våningsytan, se figur 2.5. Införandet av ett särskilt krav på dagsljusfaktor i SBN 75 kan möjligtvis tolkas som att syftet var att säkerställa dagsljusstillgången i spåren av energikrisen, och att dessa två regleringar redan insåg den potentiella konflikten mellan energi- och dagsljuskrav.

Figur 33:211 Beräkning av godtagen fönsterarea. Om husets längd är 40 m och dess bredd 15 m blir denna
 $0,15 (40 \cdot 10 + 5 \cdot 5) + 0,03 \cdot 5 \cdot 35 =$
 $= 69 \text{ m}^2$ per våningsplan.



Figur 2.5 Reglering av högsta tillåten fönsterarea infördes i de nya energihushållningsreglerna i SBN 75, suppl. 1.

En förenklad beräkningsmetod för att kontrollera dagsljusstillgången via fönsterglasandelen omnämns första gången i SBN 75 utgåva 2. Metoden som kunde användas för vissa vanliga rumsutformningar redovisades då i kommentarsamlingen till SBN. Av kommentarsamlingen från 1981 (tillhörande SBN 80) framgår att metoden är densamma som senare kom att publiceras i standarden SS 91 42 01 (från 1988) som dagens allmänna råd i BBR hänvisar till. Metoden beskrivs i kapitel 7.

Stöd för dimensionering av fönsterglasarea har funnits åtminstone sedan 50-talet. I en kort skrift från byggforskningen publicerades diagram för varierande rumsdjup och

avskärmning med vars hjälp fönstren kunde dimensioneras för dagsljus [17]. Diagrammen ger stöd för att uppnå en dagsljuskvot om 1 % respektive 2,5% men det framgår inte var punkten var placerad. Det kan dock ha varit 1,5 m från fönstret enligt fotnoten till den tabell över rekommenderade dagsljuskvoter som finns i skriften.

I tabellen ges olika rekommendationer för dagsljuskvoter efter arbetets finhetsgrad, från 5 % vid mycket fina arbetsuppgifter som urmakeri och gravering, 2,5 % för fina arbeten som byggnadsritning, 1 % som vid kontorsarbete, ner till 0,25 % för mycket grova (t.ex. stapling, lastning). Dagsljus var fortfarande vid denna tid en väsentlig del av den belysning som erfordras för att utföra arbetsuppgifter. Det framstår som att jämnmulen himmel låg till grund för dagsljuskvoten (lika ljus i alla punkter, s.k. uniform sky). För specialfallet bostäder (med undantag för kök) var kravet en dagsljuskvot om 2,5 % på ett bord, 1,5 m från fönstret. Minimikvot i rummet angavs till 0,25 %. I bilaga 5 finns skriften *Fönster - Dimensionering för dagsljus* från 1951 återgiven i sin helhet. [17]

I Sverige har det ofta talats om 10 000 lux som en typisk belysningsstyrka utomhus. En dagsljusfaktor om 1 % ger då 100 lux i referenspunkten. Även om det inte funnits möjlighet att forska kring varför just 1 % valdes som kravnivå i SBN 75, eller hur placeringen av referenspunkten valdes, så går det att förmoda att 100 lux ger en god orienterbarhet inne och att 1 % motsvarar ett runt och bra värde. Vissa intressanta saker står även citerade i *T11:1970* [15]. Bland annat citeras krav från Medicinalstyrelsen i ett meddelande *Sanitära krav på våra bostäder* [18] från 1966 att ”varje boningsrum ska ha god dager”. ”Acceptabel dagerbelysning i bostadslägenhet kräver en dagsljusfaktor icke underskridande 2 % i bordshöjd cirka en meter från fönstret”. Det anges även att tidigare skrifter hade kravformulering: ”Någon del av himlen skall vara synlig för en stående person 1 meter in i rummet”. Vidare nämns att Malmö stads hälsovårdsnämnd använde sig av resultat från en undersökning från 1941 vid bedömning av dagsljusbelysningen inomhus. ”I bordshöjd 1 m från fönsterväggens insida skall dagsljusfaktorn vara minst 2,5 % och får inte underskriva 0,4 % inom viss del av rummet”. Vilken del som avses framgår inte närmare av citaten i *T11:1970*.

Dagens allmänna råd i BBR behöver anpassas till modernare beräkningsmetoder, i synnerhet som standarden SS 91 42 01 upphävdes 2018 då den europeiska standarden SS-EN 17037 publicerades. Många länder har sedan länge övergett beräkning av dagsljusfaktor i en punkt och övergått till att ställa krav för ytor, antingen som medianvärde eller medelvärde. Se till exempel den nordiska jämförelsen i avsnitt 5.4.

2.2.2 Ett förslag till modernisering av dagsljuskraven

I ett initiativ att förändra dagsljuskraven och anpassa dem till moderna beräkningsmetoder genomfördes en studie finansierad av SBUF. Ett väldigt omfattande analysarbete av dagsljusstillgången i befintliga bostäder utfördes. Byggnader från olika tidsepoker och vanliga typologier för sin tid valdes ut och beräkningsmodeller byggdes upp för att simulera samtliga vistelserum. Analysen kom att omfatta 14 000 rum i 74 flerbostadshus uppförda 1874–2015 [14]. I rapporten ges förslag till nya kravformuleringar på dagsljus som innebär en övergång från att bedöma rum till att bedöma lägenheter. Förslaget är att medianvärdet för samtliga vistelserum i lägenheten ska uppnå ett visst krav, i stället för att bedöma varje rum enskilt:

För att uppnå ovanstående bör krav på dagsljus i byggnader omfatta följande:

Vistelseytan anses ha god tillgång till direkt dagsljus då mer än halva ytan har en dagsljusfaktor om minst 1,0 %, där vistelseytan avser ytan av samtliga vistelserum. Dessutom bör vistelserummens fönsterglasarea uppgå till minst 10 % av golvarean.

Den sista meningen i förslaget är för att säkerställa att inga vistelserum utförs helt utan fönster. Detta är ett förslag på en förbättrad metod under Allmänt råd vid rubriken 6:322 i dagens BBR. [14]

En av författarna arbetade vidare med sin del av analysmaterialet vilket resulterade i en intressant doktorsavhandling om dagsljusstillgången i svenska bostäder [5]. Se även figur 4.1.

3 Ljus, synupplevelse och hälsa

3.1 Ljus- och belysningsrekommendationer

Rekommendationer för belysningsstyrkor finns preciserade för alla typer av arbetsplatser inomhus i standarden SS-EN 12464-1:2021 (standarden finns tillgänglig i boken *Ljus och rum* [19]). Enligt standarden är belysningskrav beroende av att tre mänskliga grundläggande behov tillgodoses:

- **Synkomfort**, varvid de arbetande upplever en känsla av välbefinnande, vilket också på ett indirekt sätt bidrar till en högre produktivitetsnivå och bättre kvalitet i arbetet.
- **Synprestation**, varvid de arbetande kan utföra sina synuppgifter även under svåra förhållanden och under längre perioder.
- **Säkerhet**

De parametrar som bestämmer kvaliteten på den visuella miljön med hänsyn till artificiell belysning och dagsljus är:

- Belysningsstyrka
- Ljusets riktning och ljusfördelning – armaturtyper och distribution
- Bländning och luminansfördelning
- Dagsljus, ljusets variation, cirkadisk belysning/dygnsrhythmljus
- Färgåtergivning och färgtemperatur
- Flimmer och temporala ljusmodulationer

Enligt Arbetsmiljöverkets författning *AFS 2020:1 Arbetsplatsens utformning* [3] ska ovan nämnda faktorer beaktas för att belysningen ska vara av god kvalitet och arbetsgivare rekommenderas att följa standarden *SS-EN 12464-1* för arbetsplatser inomhus samt *SS-EN 12464-2:2014* för arbetsplatser utomhus.

3.1.1 Belysningsstyrka

Belysningsstyrka (eller illuminans) – E – anger hur mycket ljus som träffar en yta och mäts i enheten lumen/m² eller lux (lx). I SS-EN 12464-1 finns rekommendationer i tabellform för medelvärdet hos belysningsstyrkan, E_m (lx) och hur mycket det ska vara på arbetsytor för olika sorters arbete. Det finns också rekommendationer för minsta belysningsstyrka på vägg och tak i den uppdaterade standarden från 2021.

Belysningsstyrkan behöver vara god för många arbetsuppgifter. Vid kraftigt synkrävande arbete eller med ett åldrande öga krävs det ibland extra hög belysningsstyrka. En undersökning visar att prestationsförmågan och produktiviteten vid ett synkrävande arbete med små detaljer vid ett löpande band, ökar med belysningsstyrkan. Produktiviteten steg ungefär 3 % när belysningsstyrkan ökades från 800 lx till 1 200 lx [20]. En studie av brevbärare visade på betydelsen av belysningen, vid sorteringshyllor, som var enormt ojämn, bländande och svag. Brevbärare med ögonbesvär behövde dubbla tiden för att sortera jämfört med de utan ögonbesvär. När belysningen förbättrades med högre belysningsstyrka, mindre bländning och bättre jämnhetsvärde ökade prestationsförmågan för de med ögonbesvär så att det inte längre fanns några skillnader mellan grupperna [21, 22].

Belysningsstyrkan för arbetsytan som finns i de internationella rekommendationerna för inomhusarbete verkar inte ha någon större effekt på den kognitiva förmågan eller mentala välbefinnandet hos kontorsarbetare, det är hela den visuella miljön som påverkar välbefinnande och prestationsförmågan [23]. I tabell 3.1 visas att medelvärdet

för belysningsstyrka E_m ska vara 500 lx på ett skrivbord vid kontorsarbete, med ett jämnhetsvärde U_0 på 0,60. Det ska inte skilja mer än 40 % mellan belysningsstyrkans minsta värde och medelvärdet på arbetsytan. Om belysningsstyrkan inom arbetsområdet är 500 lx så ska belysningsstyrkan inom den omedelbara omgivningen vara minst 300 lx, se förklarande skiss i figur 3.1. [24, 25]

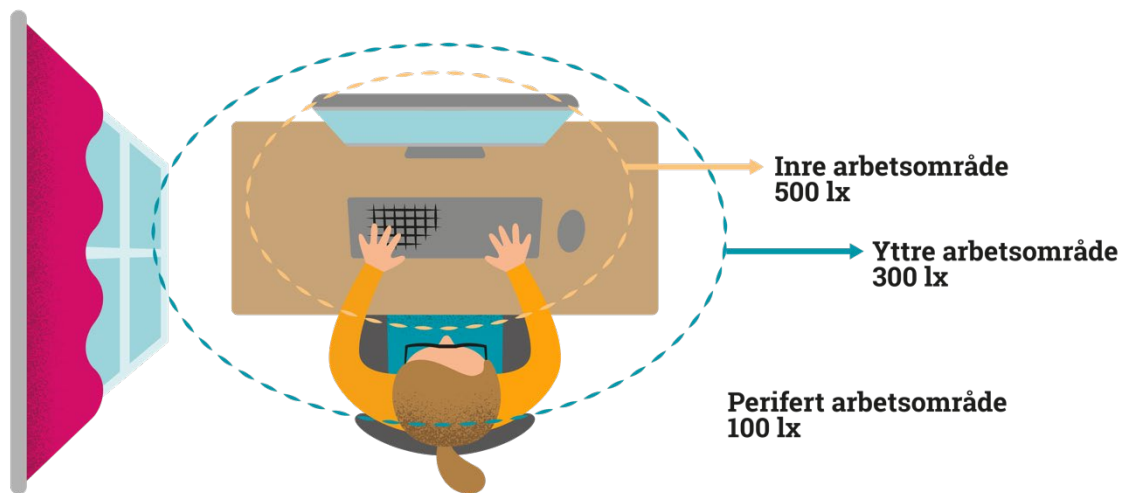
Tabell 3.1 Exempel på information från SS-EN 12464-1: Tabell 34 - Kontor.

Ref.nr	Typ av arbets- /aktivitetsområde	\bar{E}_m lx		U_0	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,vägg}$ lx	$\bar{E}_{m,tak}$ lx	Specifika krav
		erforderlig ^a	anpassad ^b							
34.2	Skrivning, tangentbordsskrivning, läsning, databehandling	500	1000	0,60	80	19	150	150	100	...

Förklaringar:

- \bar{E}_m (lx) – bibehållen belysningsstyrka
- U_0 – belysningsstyrkans jämnhet
- R_a – Färgåtergivningsindex
- R_{UG} – CIE:s bländningsindex (UGR)
- R_{UGL} – R_{UG} gränsvärde
- $\bar{E}_{m,z}$ (lx) – medelvärde på bibehållen cylindrisk belysningsstyrka
- $\bar{E}_{m,vägg}$ (lx) – bibehållen belysningsstyrka på väggar
- $\bar{E}_{m,tak}$ (lx) – bibehållen belysningsstyrka på tak
- U_0 – Jämnhetsvärde för belysningsstyrkan på arbetsytan (min/medel)

Rekommendationer finns också för belysningsstyrkan på väggar och tak för flera sorters lokaler med inomhusarbete, vägg $E_m > 50$ lx med $U_0 \geq 0,10$ och tak $E_m > 30$ lx med $U_0 \geq 0,10$. (se figur 3.1). Det kan vara svårt att få detta att fungera för exempelvis lagerlokaler, på grund av utformningen.



Figur 3.1 Belysningsrekommendationer (lägsta värden) för olika områden i ett kontor (Illustration från Mynak [26]).

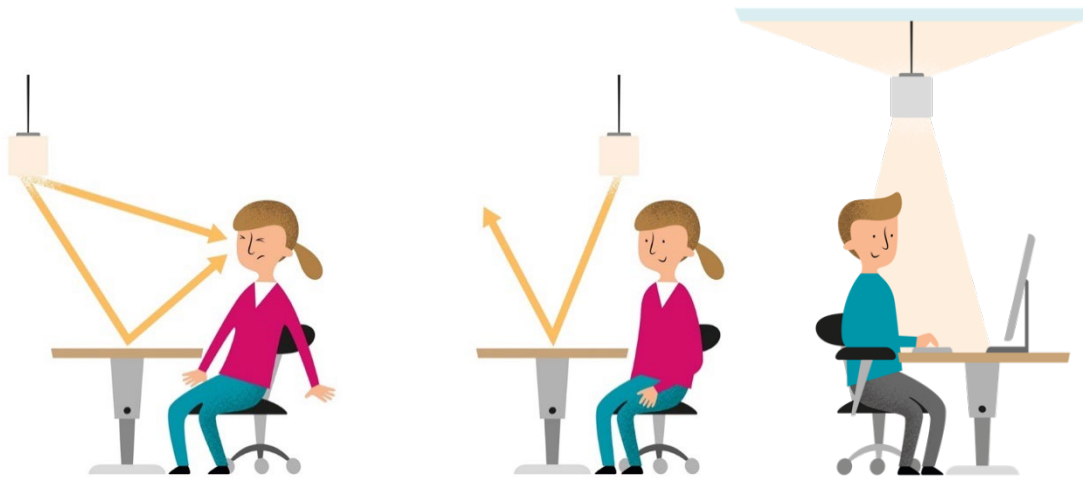
För kontor, utbildningslokaler, vårdlokaler, trapphus eller liknande är rekommendationerna för belysningsstyrka högre än den allmänna som anges ovan. Rekommendationer för dessa är vägg $E_m > 75$ lx med $U_0 \geq 0,10$ och tak $E_m > 50$ lx med $U_0 \geq 0,10$.

3.1.2 Ljusets riktning och ljusfördelning – armaturtyper och distribution

Ljusets riktning och ljusfördelning samt armaturtyper och distribution har betydelse. Ljusets bör komma rakt ovanifrån, inte för långt fram så att det går att se ljuskällan eller få reflexer av ljuskällan i arbetsmaterialet eller bildskärmen (se figur 3.2).

Oftast fungerar det att armaturen placeras längs med bordskanten.

Ljusets distribution i rummet är viktig för att skapa upplevelsen av ett ljust rum med få reflexer och god belysning på arbetsytan. Vid planeringen av belysning behöver lämpliga zoner och positioner för montering väljas så att det inte blir störande reflexer. Synbarheten och kontraster på en bildskärm påverkas av belysningsstyrka och reflexer i bildskärmens yta (SS-EN 12464-1).



Figur 3.2 Över skrivbord bör armaturer placeras längs med bordskanten och gärna vara en nedpendlad armatur med både direkt och indirekt belysning. (Illustrationer från Mynak [26])

Det finns flera belysningslösningar som ger en god visuell miljö. Den som vanligen ger den bästa visuella miljön är nedpendlade armaturer med både indirekt och direkt ljusfördelning.

Vanliga typer av armaturer:

- Nedpendlade armaturer med direkt/indirekt eller både direkt och indirekt belysning. Taket blir ljust och skillnaden mellan armaturens lysande yta och taket blir minimal.
- ”Downlights” är armaturer, oftast runda, som sitter monterade infällda i eller monterade i taket. Ger bara direkt belysning. Taket blir ofta mörkt och då kan ljuskällan upplevas som bländande.
- Utanpåliggande armaturer, exempelvis avlånga lysrörsarmaturer eller LED-armaturer. Ger bara direkt belysning. Taket blir ofta mörkt och då upplevs ljuskällan som bländande.
- LED-paneler/infällda armaturer, ofta kvadratiska armaturer med bara direkt belysning. Taket blir ofta mörkt och då upplevs ljuskällan som bländande.
- Spotlights som är utanpåliggande eller infällda och ska framhäva exempelvis varor i en butik, eller konst på väggar. Dessa är ofta mycket ljusintensiva och kan ge kraftig bländning när en person står i ljuskäglan, vanliga i butikslokaler.

För mer information om olika typer av armaturer, se boken *Syn och belysning i arbetslivet* [24].

3.1.3 Bländning och luminansförhållande

För en hållbar arbetsplats med förutsättningar för god hälsa bland medarbetarna är bländning en av de faktorer som bör undvikas. Bländning från armaturer inomhus är ett stort problem bland de som utövar synkrävande arbete såsom datorarbete [25, 27-29]. När bländande armaturer finns i synfältet ökar risken för ögonbesvär, huvudvärk och nack/skulderbesvär [30, 31]. En svensk studie visar att mer än hälften av arbetstagarna upplever armaturer i synfältet som var för starka, vilket betyder att de var bländande, dessa individer rapporterade mer huvudvärk, ögonbesvär och nackbesvär än de som inte upplevde bländning [22].

Bländning från armaturer är vanligt förekommande och beror på att armaturerna inte placerats rätt i förhållande till arbetsuppgift/sysselsättning, eller olämplig typ av armatur valts. När en armatur är ljusare än sin omgivning orsakar det ofta bländning. Besvär som kan uppkomma är huvudvärk, ögonbesvär och muskel- och ledbesvär från t.ex. nacke, axlar och skuldror [25, 27, 32-36].

Bländning kan indelas i två typer, synnedsettande bländning (även kallat obehagsbländning) och synförsvårande bländning [37]. Synnedsettande bländning är ofta så besvärande att den som är besvärad gör något åt det som att t.ex. sätta upp en kartong i fönstret eller flytta på datorskärmen, medan synförsvårande bländning oftast inte åtgärdas även om besvär framkommer. Studier visar en ökad svårighet att hålla fokus på texten på en datorskärm när det förekommer synförsvårande bländning på grund av att pupillen blir mindre, skelningen (fixationsdispariteten) ökar och att ögonrörelserna försämras [38-40].

Det finns rekommenderade bländtal för obehagsbländning, R_{UGL} (Unified Glare Limit) för armaturer som ska installeras, bländtalet är olika beroende på vilken lokal och vilka arbetsuppgifter som ska genomföras. Lägsta och bästa bländtalet är 10, högsta är 28. Ett problem med att använda R_{UG} är att det är framtaget i bästa möjliga situation i en blickriktning. Vid ändring av läge, bara en liten bit, krävs ny beräkning. R_{UG} kan inte användas i vardagliga sammanhang utan bara när armaturer köps in eller ritas i ett digitalt sammanhang. Det är viktigt att tänka på att ett R_{UG} -värde sällan kan uppnås i verkligheten om inte den visuella miljön i lokalen är den bästa möjliga. I SS-EN 12464-1 finns anvisningar för beräkning av R_{UG} .

Bländning från dagsljus accepteras bättre jämfört med bländning från elektrisk belysning, vilket kan hänga ihop med att fönster vanligen ger tillgång till utblick. Bländning från dagsljus brukar oftast utvärderas med DGP, Daylight Glare Probability. Detta mått ska dock inte användas för rum med dagsljusöppningar i tak och i situationer där den vertikala belysningsstyrkan inte kan förväntas vara någon bra indikator för bländning, t.ex. i mörka rum med små öppningar [41].

Ljusheten på olika ytor benämns luminans och mäts i enheten candel/m². Ljusets fördelning, luminansförhållande, i ett rum är viktig för att inte få för stora skillnader i ljushet. Ljusheten på olika ytor bör alltså inte skilja för mycket utan ljuset ska kunna spridas till alla ytor, annars riskeras bländning. Stora skillnader i luminansvärden leder lätt till bländning som kan leda till trötthet, olyckor och misstag, speciellt när källan för bländning är över horisontalplanet vid blickriktning rakt fram. Enligt AFS 2020:1 ska bländning i största möjliga mån undvikas. För att uppnå en god visuell miljö behöver väggar och tak vara ljusa, med höga reflektansvärden, vilket gör att ljuset reflekteras på ett bra sätt. Rekommenderade reflektansvärden invändigt för väggar 0,5–0,8, tak 0,7–0,9 och golv 0,2–0,4. Det finns också rekommendationer för möbler, att reflektansen bör vara mellan 0,2–0,7, detta innebär att vita och svarta skrivbord inte bör

rekommenderas, då de har en ljusreflektans utanför rekommendationerna. (SS-EN 12464-1)

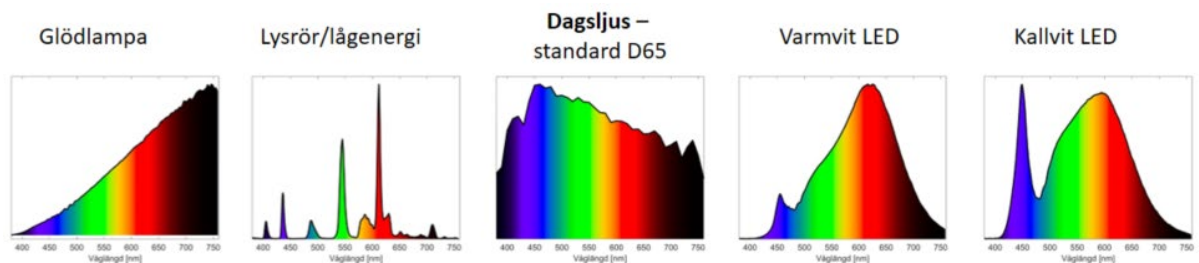
Ibland kan för starka mönster och färger ge upphov till en visuell stress, vilket kan påverka mängden ögonbesvär och huvudvärk, speciellt bland känsliga individer [42, 43].

3.1.4 Färgåtergivning och färgtemperatur

Både artificiella ljuskällor eller dagsljus karakteriseras av två egenskaper: ljusets färgåtergivningsförmåga och dess färgtemperatur (hur varmt eller kallt ljuset är).

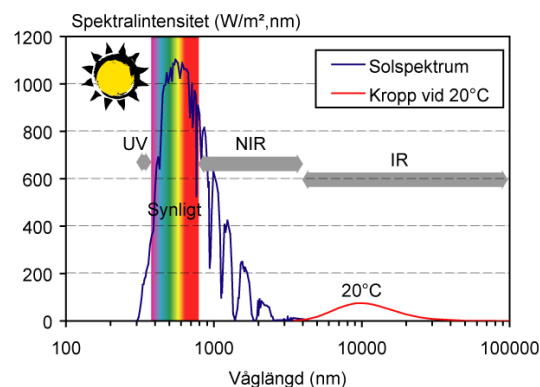
Ljuskällor i arbetsmiljöer ska ge god färgåtergivning, minst ett R_a på 80. Vissa miljöer med högre krav på färgåtergivningen ska ha minst R_a 90 (t.ex. grafisk industri eller operationsmiljöer), högsta möjliga värde på R_a är 100. R_a är benämningen på färgåtergivningen när man testar på 8 färger. En nyare version för att beskriva färgåtergivning är CRI, Colour Rendering Index, som styrs av 14 färger. Det finns ett internationellt utvecklingsprojekt för nytt sätt att mäta färgåtergivningen, med avsevärt fler färger och ett bättre jämförelse av ljuskällor.

Ljusets färgtemperatur mäts i Kelvin (K). En varmvit ljuskälla har $< 3\,300$ K, neutralt vitt ljus $3\,300$ – $5\,300$ K och en kall ljuskälla har $> 5\,300$ K. Dagsljusets färgkaraktär varierar över dagen mellan $2\,000$ K för solen vid solnedgång till $7\,500$ K för en mulen himmel och $10\,000$ K för en klarblå himmel [44]. I figur 3.3 visas exempel på spektrum för olika ljuskällor.



Figur 3.3 Spektralfördelningar för olika ljuskällor (Källa: Johannes Lindén, LTH).

Solljus innehåller mer än synligt ljus. I figur 3.4 visas spektralfördelningen för direkt solljus.



Figur 3.4 Spektralfördelning för direkt solstrålning enligt ISO 9845-1:1994, vid markytan i normalriktningen (Air mass 1,5), jämfört med ideal värmestrålning från ett objekt vid $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Källa: Helena Bülow-Hübe).

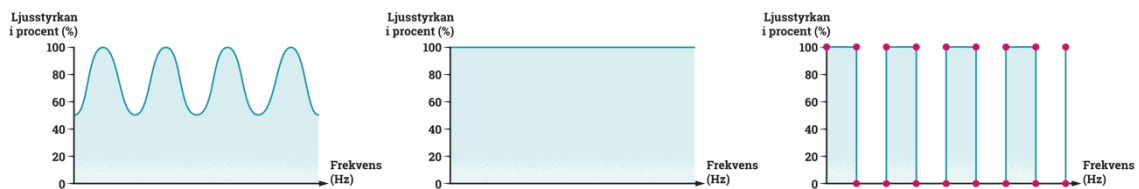
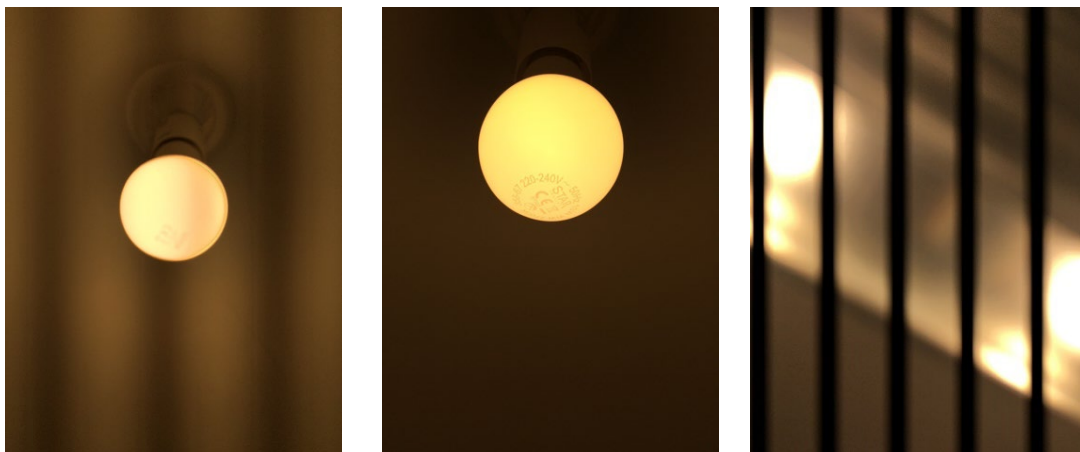
3.1.5 Flimmar och temporala ljusmodulationer

Flimmar är en ljusvariation i det synliga spektrumet där ljusintensiteten varierar över tid i en viss frekvens som beror på armaturens drivdon. Hur störande detta är beror på hur

stor modulationen (skillnad mellan min och max) är och hur ljuskurvans intensitet ser ut. En kantig kurva med 100 % modulation är värre än en sinuskurva med liknande modulation, se figur 3.5. En lampa flimrar när det pulserande ljuset är fullt synligt. När frekvensen ökar och det inte går att urskilja flimret längre så benämns det temporal ljusmodulation, icke-visuellt flimmer eller subliminalt flimmer.

Flimrer distraherar och kan ge upphov till fysiologiska effekter såsom huvudvärk, ögonbesvär och påverkan på prestationsförmågan. Även temporala ljusmodulationer kan orsaka besvär, och då dessa inte syns kan besvären felaktigt kopplas till andra orsaker. Det visuella flimret påverkar koncentrationsförmågan och kan vid låga frekvenser ge upphov till epileptiska anfall [45]. Därför bör en synligt flimrande ljuskälla omedelbart bytas ut. Det synliga flimret från en LED-ljuskälla kan upplevas olika starkt beroende på vågform och frekvens hos ljuskällan. Ett sätt att bedöma flimret är att mäta FVM (flicker visibility measure) [46].

Det går att göra en enklare screening genom att använda kameran i en mobiltelefon för att testa om lampan flimrar (allt går inte att hitta, men de ljuskällor som är värst kan hittas) [47] se figur 3.5.



Figur 3.5 Olika ljuskällors ljusintensitetskurvor: sinuskurva och fyrkantsskurva. Fyrkantsskurvan ger upphov till ett svart randmönster över bilden när man tar foto med mobiltelefon (Illustration från Mynak [26] Foto: Hillevi Hemphälä)

Det icke-visuella flimret från äldre lysrörsarmaturer (före 1990) (med konventionella magnetdrivdon och T8 lysrör) ger upphov till ögonbesvär och huvudvärk [48-52]. De gamla lysrören gav vågform som en sinuskurva på flimret när de tändes 100 ggr/s (= 100 Hz), vilket är dubbelt de 50 Hz växelström som finns i elnätet, och således blev det en gradvis tändning med en viss eftersläckningstid av ljuskällan. Vanligtvis släcktes ljuskällan ner till 50 % innan det tändes igen. Denna frekvens på 100 Hz med en modulation på ca 35 % gav upphov till huvudvärk, ögonbesvär och påverkan på prestationsförmågan. Med digitala högfrekvensdrivdon i stället för konventionella magnetdrivdon gick det på 90-talet att få bort detta icke-visuella flimmer från de nyare lysrörsarmaturerna och få ett helt flimmerfritt ljus.

En ljusmodulation på 100 Hz har ingen påverkan om modulationen är mindre än 20 %. Om modulationen är 35–45 % börjar vissa individer reagera. När modulationen är 100 % så går det att visuellt se flimret under ögonrörelser. Då syns ljusspår efter ljuskällan när ögat rör sig och objektet står stilla. Detta kallas för ”phantom arrays”. Ett exempel på detta är när man sitter i bilen och flyttar blicken fram och tillbaka över bilen framför, då ser man ljusspår efter baklyktorna på bilen framför. Just phantom arrays innebär en liten praktisk riskfaktor, men den finns bara när ljuset har en kraftig modulation, vilket även kan ge upphov till subjektiva besvär. Phantom arrays kan vara synliga upp till 1 900 Hz och för känsliga individer mellan 3 000 och 4 000 Hz [53].

3.1.6 Rekommenderad frekvens hos LED-ljuskällor

Problemet med flimmer på arbetsplatser har återkommit med LED-ljuskällor. LED-ljuskällor är har ett digitalt drivdon. Det finns helt flimmerfria drivdon och armaturer på marknaden, men dessvärre finns det också många armaturer som har felkonstruerade drivdon som ger upphov till ett pulserat, frekvensbaserat och ofta kraftigt modulerat ljus. Modulationen beräknas på hur mycket ljuskällan hinner slockna innan den tänds igen. LED-ljuskällor kan ge upphov till många olika sorters vågformer såsom sinuskurvor, fyrkantkurvor och sågformade vassa kurvor med korta ”spikar” [54], se figur 3.5.

Flimret från vissa ljuskällor kan ge stroboskopiska effekter, dessa effekter kan bidra till ökade risker i till exempel en verkstad med rörliga delar. Stroboskopiska effekter betyder att ett rörligt objekt kan se ut som att det står still när det blir en interferens med det pulserande ljuset. På en äldre cowboy-film ser det ibland ut som att diligensens hjul går baklänges, detta är ett exempel på en stroboskopisk effekt. Med ett kraftigt modulerat pulserande ljus från en LED-ljuskälla kan det uppkomma stroboskopiska effekter. Beroende på vilken frekvens kan detta bidra till risker i arbetsmiljön. De stroboskopiska effekterna påverkar prestationsförmåga och välbefinnande negativt [55]. Stroboskopiska effekter kan uppkomma upp till 10 000 Hz när ljuset är högmodulerat [56].

Det finns en oro över hur LED-armaturer påverkar människor och vilka risker som finns förknippade med det icke-visuella flimret från LED [57]. IEEE har gett ut en rapport (IEEE 1789) där de rekommenderar minst 1 200 Hz i frekvens hos LED-ljuskällor [57]. Om dessa dimras med pulsbreddmodulering kan modulationen påverkas och förvärras.

Det finns helt flimmerfria drivdon som har över 20 000 Hz eller som är helt frekvensfria och som dimras med amplitudsänkning i stället för pulsbreddmodulering. Vissa ljuskällor ändrar färgen då de dimras med bara amplitudsänkning på låga nivåer. Då går det att använda amplitudsänkning ner till ca 30 % av ljusmängden och sedan ta pulsbreddsmodulering på resterande mängd. Då blir det ett flimmerfritt eller lågmodulerande ljus som inte är störande.

I ett EU-direktiv från september 2021 [58] gäller två värden: p_{stLM} (short term Perceptability for Light Modulation) för flimmer och SVM (Stroboscopic Visibility Measure) för stroboskopiska effekter. Tyvärr finns det ännu inga mått för de neurologiska och kognitiva effekterna, men med låga värden på p_{stLM} och SVM minskar riskerna även för dessa effekter. p_{stLM} får inte överskrida värdet 1, och SVM får inte överskrida 0,9 (från 2024 ska det vara max 0,4). Om SVM uppfylls minskas effekterna av stroboskopiska effekter och phantom arrays. Men flera forskare anser att dessa värden är otillräckliga, kraven borde vara hårdare. Ungefär 20–40 % av befolkningen är mer flimmerkänsliga än andra [49, 52, 57]. De som är mer flimmerkänsliga verkar också få mer besvär med huvudvärk, ögonbesvär och påverkan på ögonrörelser [46, 51, 52, 57, 59, 60]. Ögontrötthet eller visuell komfort kan också

orsakas av flimrande ljuskällor, vilket kan orsakas av en ökning av stimulans till lillhjärnans syncentrum (visuella cortex) [61].

3.2 Ögats åldrande, ljuskänslighet, ögontrötthet och andra ögonbesvär

Känsligheten för ljus varierar från individ till individ och nästan hälften av befolkningen är ljuskänsliga och kan reagera med huvudvärk och ögonbesvär [34]. Åldern påverkar också känsligheten för ljus. Äldre personer behöver mer ljus för att kunna läsa och göra närarbete [37, 62]. Mörkerseendet påverkas också och gör det svårare att till exempel gå genom en park med bländande armaturer, vilket ökar risken för att snubbla. En äldre person behöver också mer dagsljus för att må bra på grund av åldersförändringar i ögonen.

Vid svårigheter med synen försöker många kompensera genom att anpassa kroppens hållning för att underlätta seendet [37] – ”ögat styr kroppen”. Ögonvila är ett sätt att minska besvär vid intensivt närarbete [63]. Det vanligaste sättet att genomföra ögonvila följer det amerikanska uttrycket 20/20/20. Det innebär att tittar längre bort än ”20 feet” (6 m) under 20 sekunder var 20:e minut [37].

3.2.1 Huvudvärk, migrän, och muskelbesvär

Sextiofem procent av undersökta i en studie rapporterade att de hade huvudvärk på arbetet minst någon gång i veckan [34]. Majoriteten av det arbete som genomförs idag är någon form av synkrävande arbete, såsom datorarbete. Detta genomförs ofta intensivt och under en längre tid varje dag vilket kan leda till en ökning av huvudvärk och ögonbesvär [64]. Huvudvärk som sitter kring ögonen/pannan/tinningarna och kommer under dagen är ofta relaterad till den visuella miljön eller felaktiga glasögon [37].

Visuell stress kan orsakas av flera faktorer i den visuella miljön såsom skarpa mönster, kraftiga randmönster, färgstarka tavlor [42], eller flimrande armaturer [48].

Bland faktorerna bakom ökad förekomst av huvudvärk är störande bländning från armaturer en vanlig faktor [40] samtidigt som visuell stress också bidrar [65].

Personer med migrän har ofta mer problem med den visuella miljöns påverkan, då starka kontraster såsom randmönster eller starka färgskillnader i synfältet kan orsaka mer besvär och starta ett migränanfall [66]. Därför är det relevant att inte ha för stora kontraster, starka randmönster eller för starka färgskillnader i den visuella miljön på arbetsplatser. Enligt Hemphälä et al., [34] rapporterade 12 % av de studerade deltagarna (n = 430) att de hade haft migrän någon gång den senaste månaden.

De med ögonbesvär rapporterar ofta mer än dubbelt så mycket belastningsbesvär från övre delen av kroppen [21] (t.ex. nacke) och det finns en direkt koppling mellan ögonen och nackmuskelnerna [67]. Att anstränga ögonen för att se tydligt ökar muskelaktiviteten i nacken vilket kan leda till besvär från nacken. Det kan räcka med en felplacerad lampa som ger en bländande effekt för att orsaka en sjukskrivning för nackbesvär.

3.3 Belysning och prestationsförmåga

En människas prestationsförmåga påverkas genom det visuella systemet (ögonen) av följande faktorer: synobjektets storlek, luminansförhållandet, färgskillnader och retinal belysningsstyrka (mängden ljus som kommer in i ögat) [68].

Som beskrivits i kapitel 3.1.1 visar en studie med brevbärare att individer med ögonbesvär sorterade långsammare än de utan ögonbesvär [22]. Efter att ha installerat ny bländfri belysning, med en bättre jämnhet över sorteringsfacken och högre

belysningsstyrka ökade prestationsförmågan för individerna med ögonbesvär och skillnaderna mellan grupperna försvann. I en annan studie ökade prestationsförmågan om arbetstagaren kunde kontrollera belysningsstyrkan själv genom att dimra den upp och ned till önskad nivå [20].

3.4 Mätning av ljusmiljö, belysningsstyrka och luminans

Vikten av att kunna mäta ljusmiljön och förutsäga dagsljus poängteras i en rapport från Folkhälsomyndigheten [69], där det anges: *Att kunna mäta och förutsäga hur mycket dagsljus som ett rum får har betydelse för stadsplanering, byggreglering, energianvändning men också för folkhälsa. En reglerad miniminivå ska säkerställa god hälsa i vistelsemiljön och de nuvarande nivåerna kan ur ett hälsoperspektiv vara för låga.*

Att mäta dagsljustillgången (dagsljusfaktorn) låter enkelt men är i praktiken ganska svårt, främst på grund av dagsljusets snabba föränderlighet och för att det är svårt att hitta tillfällen då ljusfördelningen på himlen motsvarar det standardiserade mulna förhållande som dagsljusfaktorn beräknas för. Föränderligheten går att hantera genom att mäta belysningsstyrka inne och ute vid precis samma tillfälle, men det kräver att man är två personer som kan kommunicera med varandra. Mätningen utomhus måste också göras högt upp, helst på yttertaket, för att ljusmätaren ska vara så lite avskärmd som möjligt. Återigen för att återspegla de förhållanden för vilken dagsljusfaktorn är definierad. Mätningen inomhus kan antingen göras i samma punkt som regleras i dagens BBR, dvs. en meter från sidovägg, på halva rumsdjupet, 80 cm över golv (vilket i praktiken ger två punkter), eller i ett jämnt fördelat rutnät över rummet. För att genomföra en bra mätserie krävs planering, inmätning och uppmärkning av mätpunkterna samt kontroll av ljusförhållandena utomhus.

Belysningsstyrka och luminans mäts med ljusmätare. Se bilaga 3 för mer information om mätning av ljus och handhavande av ljusmätare. Det finns även enkla sätt att kontrollera den egna ljusmiljön. I bilaga 4 finns en vägledning om hur det kan göras.

3.5 Dagsljus – syn och hälsa

Dagsljus påverkar nästan alla aspekter av mänsklig fysiologi via tre huvudvägar [70]:

- visuell,
- direkt absorption via huden,
- icke-visuella okulära påverkan på dygnslockan i hjärnan och på andra neuronala banor.

3.5.1 Visuell

Synen är det mest utvecklade sinnet hos människor och därför är människan beroende av ljus av adekvat kvalitet. Dagsljus är den bästa ljuskällan för att stödja visuell prestanda, eftersom det är en flimmerfri ljuskälla med ett kontinuerligt spektrum som täcker hela det synliga området [71]. Dagsljus har i flera studier visat sig ge den bästa ljuslösningen för god visuell komfort [71, 72] samtidigt som de flesta föredrar dagsljus framför belysning [73-78]. Att de flesta föredrar dagsljus kan bero på fysiska, fysiologiska och psykologiska orsaker. Belysning levererar vanligtvis ljus från ett antal punkter fördelade över en yta. Detta leder till ljusstrålar av olika intensitet och riktningar skapar överlappande skuggor och kan uppfattas som visuellt brus. Å andra sidan levereras dagsljus genom ett fönster eller ett takfönster, som har en huvudriktning från öppningen i byggnadsskalet snett inåt/nedåt till rummet. Detta skapar visuell klarhet som kan ge ett intryck av lugn i rummet [79].

Bländande dagsljus bör undvikas eftersom det påverkar prestationsförmågan negativt [80]. Studier visar att brist på avskärmning av störande dagsljus kan orsaka huvudvärk och ögonbesvär [71]. Hur högt solen står på himmeln och värmestrålningen från solen har stor betydelse om solavskärmning används eller inte. I Sverige där solen stora delar av året står lågt på himmeln är solavskärmning eller bländskydd viktiga för den visuella komforten.

3.5.2 Direkt absorption via huden

Dagsljusets helande förmåga att bota rakitis och osteomalaci (engelska sjukan och benuppmjukning) är känd sedan 1861–62 [81]. Båda tillstånden botas genom syntesen av vitamin D i huden vid exponering för solljus i det ultravioletta (UV) området [82]. D-vitamin reglerar kalkbalansen i skelett och tänder och spelar en nyckelroll för att stödja immunsystemet. D-vitaminstatus kan ha betydelse för mottagligheten för luftvägsinfektioner och D-vitaminbrist kan bidra till depression och hjärndimma. En stor del av UVA- och UVB-spektrumet elimineras genom fönstrens glasskikt [83], därför krävs vistelse utomhus för att dra nytta av solljusets effekt.

Nyare forskning inom neurovetenskap avslöjar också ett möjligt samband mellan exponering för UVA-spektrumet utomhus och ögonutveckling [84]. Ett samband har fastställts mellan tid spenderad utomhus och förekomsten av närsynthet hos barn [85–87]. Ny forskning visar att dagsljus också kan minska utvecklingen av närsynthet bland barn, jämfört med att bara vistas i elektrisk belysning [72, 79]. Det verkar som att det infraröda ljuset i lägre våglängder (NIR, near infrared, ca 800–2500 nm) som finns i dagsljus, men inte i elektrisk belysning, kan påverka människan positivt. Det finns pågående studier som undersöker cellens reparationsförmåga och hur den kan förbättras av NIR [88–90].

3.5.3 Icke-visuella okulära påverkan på dygnsklockan

Tillgången på dagsljus påverkar de dagliga aktiviteterna över hela året. Jämfört med belysning ger dagsljus en intensitet och spektralfördelning som är optimal för att synkronisera det cirkadiska systemet (sömn och vakenhetscykel).

På ögats näthinna finns det tappar och stavar som är grunden för allt seende. Dessutom finns det en tredje typ av fotoreceptor som reglerar den cirkadiska rytmen, vilka benämns *intrinsic photosensitive retinal ganglion cells*, ipRGC, [91]. IpRGC-cellerna är unikt känsliga för blått ljus, cirka 480 nm, vilket också är färgen på en blå himmel [92]. Genom ipRGC:s påverkar ljuset kroppens centrala klocka, som benämns *suprachiasmatic nucleus* (SCN). SCN kommunicerar med många regioner i hjärnan, där en av de viktiga är tallkottkörteln. Här produceras hormonet melatonin (sömnhormon) som styr sömncykler och ger oss en naturlig dygnsrytm [72, 79, 93–96]. På natten ska melatoninhalten vara hög och på dagen ska kortisolhalten vara hög. Vår cirkadiska rytm påverkas positivt av mycket ljus i kallare färgtemperaturer på morgonen/förmiddagen. Det finns stora fysiologiska och psykologiska skillnader i upplevelsen av dagsljus och elektriskt ljus (benämns även artificiellt ljus), såsom påverkan på vår cirkadiska rytm, vakenhetsgraden och positiva upplevelser [79].

Studier visar att ljusnivåer på mer än 2 000 lux vid ögat, med en färgtemperatur på 6 500 K på förmiddagen, har en positiv påverkan på vakenhetsgraden [97, 98]. Dock är dessa nivåer och färgtemperaturer negativt på eftermiddagar, kvällar och nätter. Nattarbete vid höga nivåer av belysningsstyrka och kallare färgtemperaturer orsakar en störd cirkadisk rytm och verkar korrelera till en förhöjd risk för cancer [99–102]. Studier visar att på kvällen bör ljuset vara varmare, ca 2 700 K [103–106], och belysningsstyrkan lägre för att på natten helst övergå till ett orangeaktigt, ca 2 000 K,

delvis blåfritt ljus, såsom en orangeaktig ljuskälla kallad amber [107]. Fördelen med att använda ett orangeaktigt ljus på natten är att det ger en naturlig nivå på den cirkadiska rytmen, då detta ljus inte påverkar melatoninhalten, utan att den förblir normalt hög. Dock blir vakenhetsgraden vid nattarbete påverkad negativt vid arbete i blåfritt ljus. Det kan åtgärdas med ljusduschar i 20 minuter mitt i natten, då ökar vakenheten utan att påverka melatoninhalten [108].

Det finns växande observations- och experimentella bevis för att regelbunden exponering för solljus bidrar till att förebygga tjocktarms-, bröst-, prostatacancer, non-Hodgkin lymfom, MS, högt blodtryck och diabetes. Till en början tillskrevs dessa gynnsamma effekter till D-vitamin men nyligen har det blivit uppenbart att immunmodulering, bildning av kväveoxid, melatonin, serotonin och effekten av (sol)ljus på cirkadiska systemet, också är involverade [109].

Forskning visar att dagsljusets positiva inverkan på visuell prestanda och dygnsrytmhälsa också leder till bättre prestationsförmåga [65] och har en positiv påverkan på humör och välbefinnande [66]. De företag som arbetar för att aktivt få in dagsljus på arbetsplatser märker också att prestationsförmågan bland de anställda ökar [74, 78, 79, 81]. De som arbetar på kontor spenderar en stor del av sin vakna tid inomhus och under vinterhalvåret finns det inte så mycket dagsljus utanför arbetstiden. En litteraturgenomgång [82] avslöjar att flera företag har rapporterat ökad produktivitet på mellan 5–28 % efter att ha förbättrat dagsljusförhållandena, vilket ger betydande ekonomiska vinster.

I skolmiljöer har en amerikansk studie [110] visat att grundskolebarn i klassrum med mer dagsljus hade snabbare inläring i sin matte- och läsförmåga. En senare studie [111] visade att elever i klassrum med störst fönsterarea eller bättre dagsljus fick högre poäng (7–18 %) på standardiserade test jämfört med de med mindre fönsterarea och sämre tillgång till dagsljus. En litteraturgenomgång av effekterna av naturligt ljus på arbetsplatsen drog slutsatsen att "dagsljus har förknippats med högre produktivitet, lägre frånvaro, färre fel eller defekter i produkter, positiva attityder, minskad trötthet och minskad ansträngning i ögonen" [82].

Forskning påvisar att det finns en systematisk årstidsvariation i nivån av t.ex. stresshormoner i länder långt från ekvatorn vilket knutits till den årliga variationen i dagsljusstillgång. Nivån av stresshormonet *kortisol* är högst om sommaren och lägst om vintern, främst mellan november och december. Därefter kommer en påtaglig höjning som i södra Sverige ser ut att hända i februari. Denna variation återfanns i en studie av ca 90 skolbarn i åldrarna 8–9 år som följdes under ett år. Barnen i den grupp som vistats i fönsterlösa klassrum och som inte heller hade dagsljuslysrör uppvisade en markant försening av ökningen av kortisol under våren. I studien noterades även årstidsskillnader i förmåga till koncentration och samarbete som knöts till skillnader i nivån av morgonkortisol i urinen. Det fanns studier som visar att kortisol påverkar tillväxten hos barn. Även tendenser till påverkan på sjukfrånvaron noteras [112].

Utöver alla fördelar som nämnts ovan har forskning undersökt effekten av dagsljus på hygien, en aspekt som har fått ökad uppmärksamhet efter utbrottet av Covid19-pandemin [113]. I århundraden har solljus ansetts vara en potentiell buffert mot spridning av patogener i byggnader [114-118] på grund av dess potentiella bakteriedödande effekter [119]. UV-ljusets egenskap att sanera luften är etablerad i tidigare forskning [120]. Ny forskning har visat att exponering för dagsljus minskar mängden livskraftiga bakterier och bakteriesamhällen i vanligt hushållsdamm. I detta experiment innehöll damm som exponerats för dagsljus mindre livskraftiga bakteriesamhällen som mer liknade utomhusluftsamhällen. Författarna drog slutsatsen

att "den bakteriedödande potentialen hos vanligt fönsterfiltrerat solljus kan likna UV-våglängder för doser som är relevanta i vanliga byggnader"[113].

3.6 Utblick

Utblick genom fönstret bidrar till tids- och rumsorientering och till minskning av okulär trötthet. Utblick, speciellt mot naturliga landskap [121-124] föredras i allmänhet och har kopplats till välbefinnande, kognitivfunktion, återhämtning från stress [125] och psykisk hälsa.

Forskningsrön och hypoteser kring goda kvaliteter i utblicken kan delas in i dessa tre kategorier [41]:

- behov av information om utemiljön
- behov av en estetisk upplevelse
- behov av återhämtning och hälsa

I vårdmiljöer har utsikt på naturen kopplats till snabbare återhämtning, bättre humör, mindre behov för smärtstillande läkemedel och färre postkirurgiska komplikationer [126]. Norsk forskning [127] pekar också på ett samband mellan utblick och förändring i fysisk eller psykisk hälsa hos patienter. Större tillgång till dagsljus och utsikt har förespråkats i skoldesign som ett sätt att stoppa den växande myopiepidemin (närsynthet) hos barn [128]. Huvudvärk och ansträngda ögon kan förebyggas eller undvikas när ögat får fokusera om till olika avstånd. Utblick genom fönstret ger en mikroåterställande upplevelse, dvs. en paus till ens riktade uppmärksamhet [124].

Medan utblick på naturliga landskap föredras, uppskattas en bred och avlägsen, mer än en smal och nära, utsikt och en mångsidig och dynamisk utsikt betraktas som mer intressant än en monoton utsikt [129]. En norsk studie visade att vydjupet (avstånd från fönstret till det mest avlägsna synliga elementet i landskapet) och antalet lager också har en stark positiv inverkan på upplevd utsiktskvalitet [130].

Genom ett fönster bör det gå att följa växlingar mellan dag och natt och mellan olika årstider. Takfönster i en bostad är normalt sett inte tillräckligt som enda fönster i ett rum. Standarden SS-EN 17037 anger metoder för bedömning av utblick.

3.7 Preferens för fönster och dagsljus

En svensk studie betonar mer än bara utblick som väsentlig för boendekomforten. Fönsteröppningen tycks spela en central roll för trivseln i hemmet, vilket i förlängningen sannolikt kan påverka hälsan. Fönsteröppningar är dock komplexa och måste kunna regleras beroende på situationen. Fönster skänker inte bara dagsljus och ger utblick, utan är en informationsförmedlare både dag och natt, via synintryck, ljud etc., även insyn. Fönster bidrar med flera olika aspekter som t.ex. ökat luftutbytet om de är öppningsbara. Aspekter som måste beaktas vid utformning av byggnader och fönster [131].

I en något äldre studie från Danmark undersöktes preferensen för fönster bland 1 800 personer i 20 byggnader. De tre mest positiva egenskaperna för fönster bedömdes vara: möjlighet att se ut, möjlighet att se vädret, möjlighet att vädra. Även om en del besvärades av bländning fanns det en stark preferens att ha sin arbetsplats nära fönstret. För fönster som exponerades för direkt sol verkade det finnas en optimal fönsterstorlek motsvarande 25–30 % fönsterglasandel i fasad [132].

Att optimera insläppet av dagsljus genom att öka andelen fönster i fasaden kan innebära att det blir svårt att uppfylla andra krav, som den termiska komforten, buller, eller att energianvändningen blir för hög. Det kan också leda till överbelysning och en ökning av

bländningsproblematik, vilket leder till att gardiner eller liknande behöver vara stängda hela tiden. Det krävs ofta att utredningar görs parallellt för att finna bästa lösningar och rätt åtgärder för en hel byggnad.

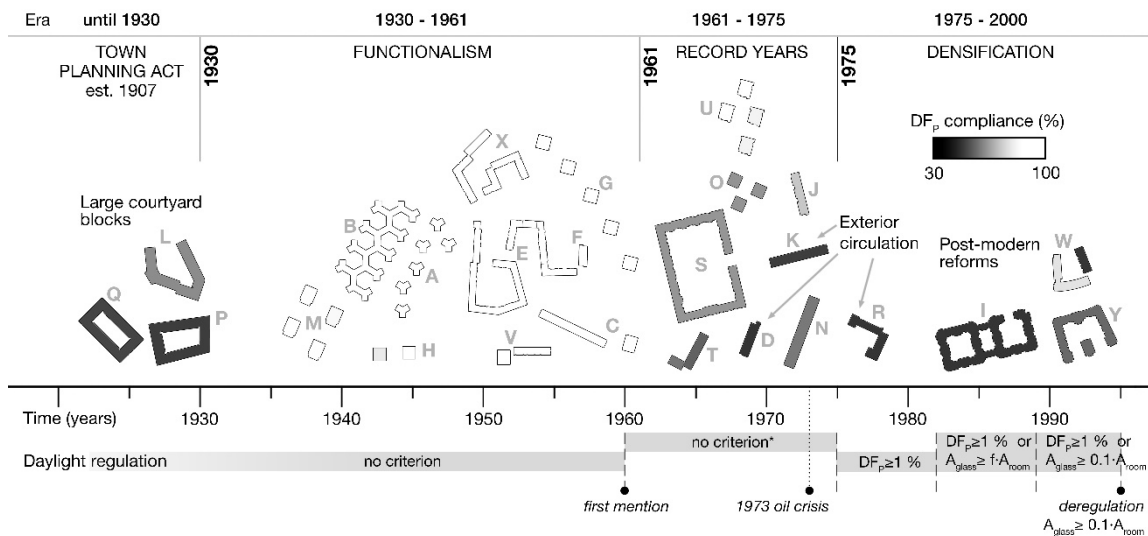
4 Utveckling och utmaningar

Det finns flera trender såsom stadsförtätning, areamaximering och förbättrad energiprestanda som påverkar såväl tillgång till dagsljus, solljus och utblick i nya som befintliga byggnader. Mycket tyder på att dessa trender kommer att intensifieras och bestå inom överskådlig framtid. Det är även viktigt att notera att dessa trender sällan är isolerade företeelser utan samverkar. I detta kapitel beskrivs några utmaningar och kunskapsluckor som finns för utvecklingen inom ljusområdet.

4.1 Utmaningar för dagsljus

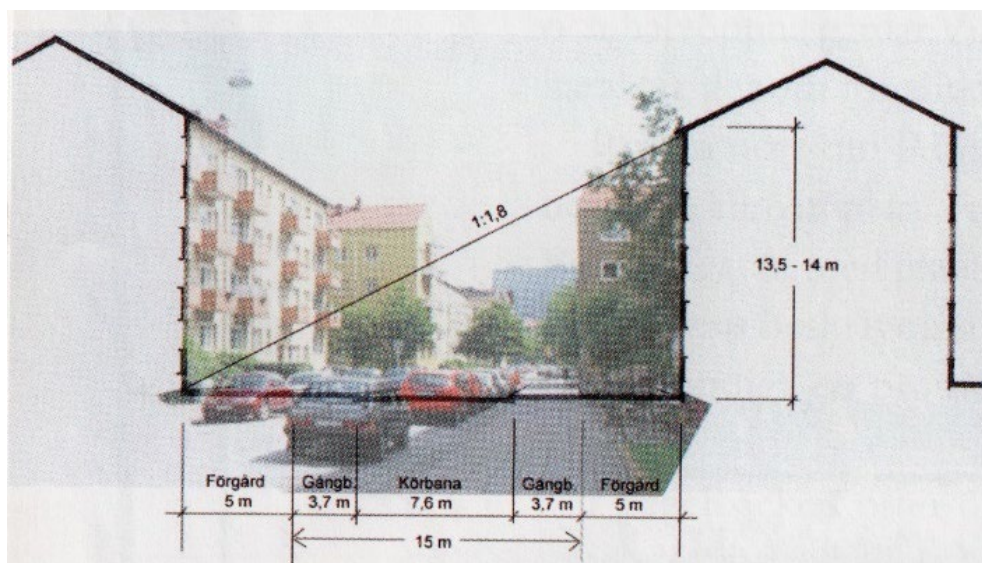
4.1.1 Förtätning i stadsmiljö

Forskning har visat att dagsljusstillgången i svenska lägenheter var som högst i byggnader uppförda mellan 1930 fram till ca 1960, se figur 4.1 [8]. Detta var en period som präglades av modernismen, där det fanns en uttalad önskan om ljus och luft och då man ville bort från trånga, smutsiga och ohygieniska bostadsförhållanden. Bilden visar både typologin för de studerade husen, samt hur väl husen uppfyller dagens kravställning om dagsljusfaktor 1 %. Ju större andel av rummen som klarar kraven, desto ljusare färg har husen fått i bilden.



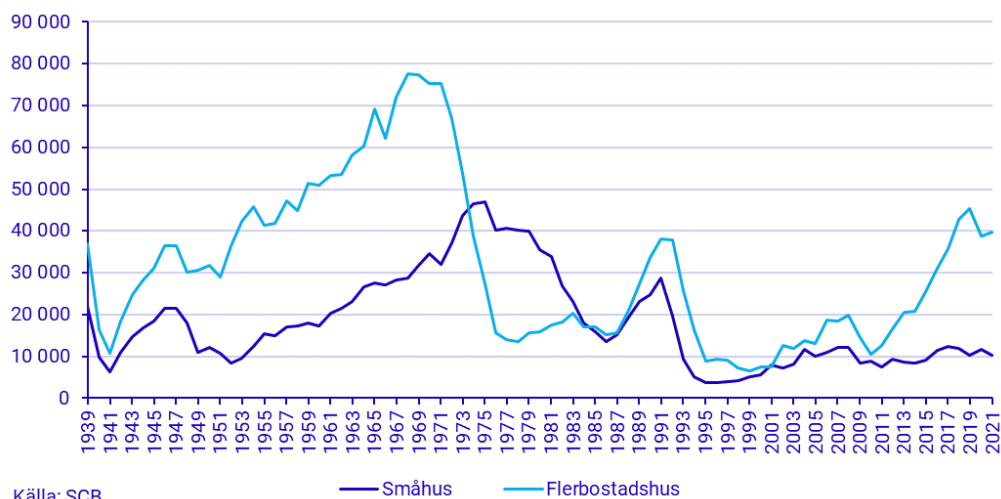
Figur 4.1 Illustration av hur väl olika studerade bostadsmiljöer uppfyller kravet på dagsljusfaktor 1 % enligt dagens allmänna råd i BBR. Ju högre andel av vistelserummen som uppfyller kravet, desto ljusare har byggnaden illustrerats, medan svart betyder att en låg andel av rummen uppfyller kravet (exterior circulation är loftgångshus). (Källa: Bournas [8]).

Hur stadsplanerna successivt förändrades från slutna kvarter till uppbrutna stadslandskap med lamellställda hus, punkthus m.m. visas i till exempel *Stadens Landskap* som beskriver hur Malmös stadsplaner utvecklades under perioden 1921–1946 [133]. En bild från boken illustrerar de ideal som gav denna rikliga tillgång till både sol och dagsljus, såväl inne i lägenheterna som i mellanrummen mellan dem (se figur 4.2). Proportionerna mellan takfotens höjd och avståndet mellan husen på bilden är 1:1,8, vilket motsvarar en avskärningsvinkel på 29 grader från marken räknat.



Figur 4.2 Sektion genom Västra Ryttmästaregatan i Slottstaden, Malmö. Förgårdar gör lägenheterna i bottenvåningen ljusare och förstärker karaktären av en entrégata. (Källa: Wittstrand [133]).

Idag råder andra trender och efter en relativt lång period med lågt bostadsbyggande i Sverige har byggandet av nya bostäder, främst lägenheter, åter varit högt under senare år, se figur 4.3. Byggandet har främst varit högt i storstäderna samt i högskoleorter.



Källa: SCB

— Småhus — Flerbostadshus

Figur 4.3 Antal färdigställda lägenheter per år i flerbostadshus resp. småhus. (Källa: SCB).

Med fortsatt urbanisering, ett uppdämt behov av bostäder, tillsammans med önskemål om kommunikationsnära lägen, att inte bebygga åkermark m.m., har det blivit vanligt att planera tätt med höga exploateringsstal [134]. Innerstaden, förorterna samt även mindre städer förtätas, ofta med slutna eller delvis slutna kvarter, och denna typologi genererar utmaningar för dagsljus- och solljustillgången. I stadskärnorna har det dessutom blivit vanligt att det byggs nya våningar ovanpå befintliga byggnader och att befintliga innergårdar förtätas (se figur 4.4). Stadsförtätning har normalt begränsats av myndigheternas krav på parkering, men de senaste åren ses en attitydförändring där många kommuner börjat lätta på det kravet.



Figur 4.4 Till vänster: Påbyggnad på befintlig byggnad (Foto: Paul Rogers).
Till höger: Förtättningsprojekt där tillgången till dagsljus, solljus och utblick utmanas (Foto: Mickes fotosida).

Även om en tätbebyggd stad har många fördelar kan den också drastiskt påverka dagsljus- och solljusnivåerna både inomhus och i utemiljöerna mellan husen [8, 14, 135, 136]. Risken är att detaljplanerna tillåter stadsförtätningar som kan påverka människors hälsa negativt. Människors möjlighet till utblick påverkas också negativt av förtätning, vilket även är kopplat till hälsa [137, 138]. Detta gäller både tillkommande nybyggnation samt befintliga omkringliggande byggnader. En byggnadstypologi med slutna kvarter med höga hus placerad i ett eller två hörn av kvarteret (se figur 4.5) har blivit mer vanlig och denna typologi ger en särskilt svår utmaning för dags- och solljustillgång.



Figur 4.5 Förtätning i städer. Fixfabriken är en stadsdel i Göteborg som exemplifierar nya stadbyggnadsideal där slutna stadskvarter kombineras med höga hus. (Foto: Helena Bülow-Hübe)

Ett annat exempel på en väldigt förtätad stadsdel är Hagastaden i Stockholm (se figur 4.6) där området ofta har avskärningsvinklar som överstiger 60° . En så avskärmat vy av himmelen ger ett mycket begränsat dagsljusinsläpp inom stora delar av kvarteren. Med begränsat avstånd mellan höga huskroppar blir möjligheten till utblick också kraftigt begränsad. Byggnaderna består av 7 till 14 våningar och avståndet är cirka 6 m mellan högdelar inom samma byggnad och det är 16 m mellan byggnader på gatusidan.

I vissa delar av landet finns dock tecken på att den negativa påverkan som en stadsförtätning kan ha på dagsljus har minskats något de senaste åren. Troligtvis sker detta på grund av en ökad medvetenhet i planarbetet samt en ökad kontroll av

dagsljuskraven vid bygglov eller startbesked. Det ökade intresset av miljöcertifierings-system har också sannolikt haft en positiv inverkan [13]. Att det finns ett kvantitativt gränsvärde för dagsljus inomhus kan säkerhetsställa kopplingen mellan planarbete och hållbara byggnader.

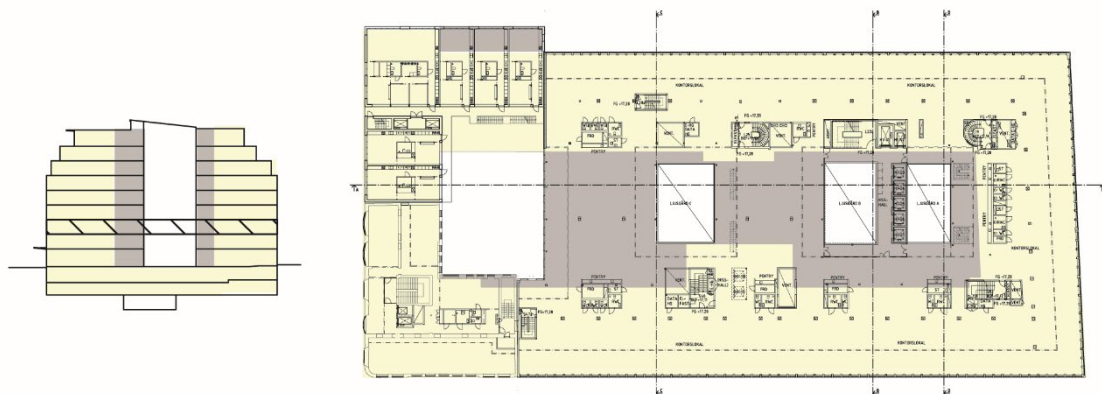


Figur 4.6 Nybyggd stadsdel, Hagastaden i Stockholm, med gator som är cirka 16 m breda och cirka 6 m mellan byggnaderna. (Foto: Paul Rogers).

Vid stadsförtätning är risken stor att dagsljusnivåer i befintliga byggnader minskar [139]. Den svenska lagstiftningen för dagsljus och solljus för befintliga byggnader är svårtolkad med vaga riktlinjer om vad som kan anses som en rimlig minskning. BBR ger inget skydd för befintliga byggnader men de allmänna råden används ofta som referens vid fastställande av bedömningsmetodik samt minsta tillåtna mängd dagsljus vid stadsförtätning. Ett väldefinierat kvantitativt dagsljuskrav i BBR skulle således även underlätta bedömningsprocessen i det växande antal byggprojekt där nya byggnader påverkar dagsljuset i befintliga byggnader.

4.1.2 Maximering av BTA, BOA och LOA

Markpriserna i storstadsområden har stigit dramatiskt de senaste årtiondena och detsamma gäller även byggkostnaderna [140]. Det har lett till att kvadratmeterpriserna i byggskedet slagit rekord, vilket i sin tur fått fastighetsägare och fastighetsutvecklare att maximalt utnyttja tomtarean. I kontorsbyggnader är det inte ovanligt att innergårdar minskas drastiskt i storlek för att maximera antalet arbetsplatser per kvadratmeter (se figur 4.7).



Figur 4.7 Renovering med ökade kontorsutrymmen (grått i figuren) på bekostnad av gårdsyta. Gula områdena i figuren visar ungefärlig byggnadsform på originalritningen från 1944. (sektion och planritningar Kv Träsket, Stockholm) (Källa: [13]).

Innergårdar smalare än 6 m är inte ovanliga. Detta begränsar starkt dagsljusinsläppet på de lägsta våningarna till nivåer som ofta kan ligga väl under rekommenderad nivå. Dessutom är det inte ovanligt att arbetsplatser hamnar långt från fönster mot det fria. Kontorslandskap är ett effektivt sätt att maximera antalet arbetsplatser, men möbleringslösningen kan utgöra en utmaning när det gäller att få in tillräckligt med dagsljus.

Trenden att maximalt utnyttja byggnadsarea och bruttoarea påverkar även bostäder. Under de senaste åren har flera bostadshus, som är mer än 16 m breda, projekterats och byggts. Resultatet har varit djupa rum där en stor del av bostaden i praktiken är utan tillgång till dagsljus.

I stadskvarter är det inte ovanligt att lägenheter placeras i innerhörn med begränsad fasadarea. Dessa rum har generellt inte plats för tillräckligt stora fönster och resultatet blir ofta mycket låga dagsljusnivåer på rumsnivå.

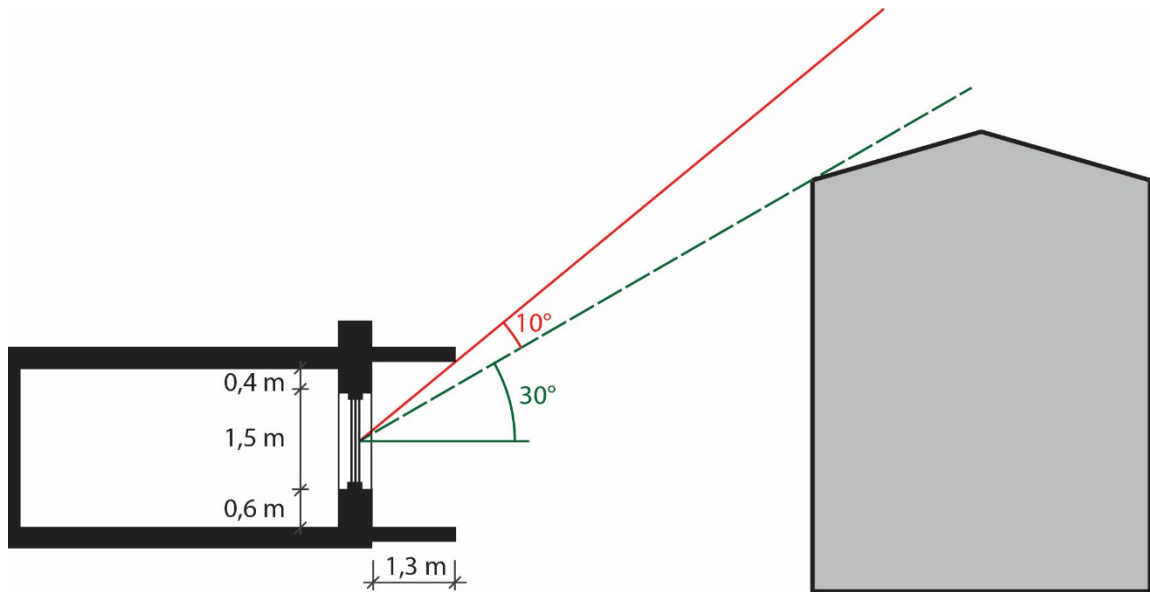
Ett sätt att skapa extra utrymme samt ge ett ökat försäljningsvärde är att förse lägenheter med stora balkonger. Detta har blivit vanligare och denna trend har också haft en stor inverkan på människors tillgång till dagsljus. Det förekommer balkonger med ett djup på mer än 2 m (se figur 4.8). Även om det ofta sägs att större balkonger gör att människor vistas mer utomhus så tillåter inte vädret utomhusvistelse under en stor del av året, och då särskilt under den tid som dagsljus behövs som mest - vinterhalvåret.



Figur 4.8 Nyproducerad bostad med balkongdjup större än 2 meter. (Foto: Paul Rogers).

Det ska också noteras att loftgångar har blivit populära igen, ofta som ett sätt att sänka byggkostnader (bl.a. kostnad för hissar). Detta byggnadssätt har oftast en negativ effekt på dagsljusnivåerna i intilliggande rum [8] trots att byggnaderna ofta utförs relativt grunda.

I en del bostadsprojekt finns också ambitionen att loftgångarna ska fungera som en social yta. Resultatet kan då bli loftgångar djupare än 2 m i anslutning till ett relativt djupt vardagsrum och/eller kök. Med sådana lösningar blir det en stor utmaning att säkerställa de boendes tillgång till dagsljus, solljus och utblick, eller så byggs husen utan att kraven uppfylls.



Figur 4.9 Redan vid avskärningsvinkel 30° från motstående byggnad krävs en grund balkong för att få tillgång till direkt dagsljus. Här illustreras att synvinkeln till himlen blir ca 10 grader vid ett balkongdjup på 1,3 m. (Bild: Helena Bülow-Hübe).

Ett mer extremt exempel på en maximering av tomtarean är ett flerbostadshus som byggts ända ut till tomtgräns, i direkt anslutning till en klippvägg (se figur 4.10). En ökad medvetenhet om de kvantitativa dagsljuskraven fungerar som en garant för att trenden att rationalisera bort tillgång till dagsljus och utblick möjligtvis inte drivs alltför långt. Ett kvantitativt dagsljuskrav hjälper fler att få tillgång till en mer hälsosam inomhusmiljö.



Figur 4.10 Exempel på bostadsprojekt där tomten utnyttjas maximalt genom att byggnaden placeras direkt mot intilliggande hinder. Här finns fönster som vetter direkt mot intilliggande klippvägg. (Foto: Paul Rogers).

4.1.3 Energianvändning och dagsljus

Sedan mitten av 70-talet har energi- och U-värdeskraven i byggregler skärpts i omgångar vilket syns tydligt i arkitekturen från denna tid genom minskad andel glas i fasaden

(se figur 4.11). Fönstren är en energimässigt svag länk i byggnadens klimatskärm och det är en enkel lösning att minska fönsterarean.



Figur 4.11 Byggnad från 1980-talet, då energifokus resulterat i att begränsa fönsterstorlekarna, vilket leder till relativt mörka rum (Foto: Paul Rogers).

Situationen blir extra svår för höga och smala byggnader med hög formfaktor. Dessa får en hög andel fasadarea i förhållande till klimatskärmens totala omslutningsarea, vilket påverkar möjligheterna till ett lågt U_m -värde (den genomsnittliga isolerförmåga för klimatskärmen som BBR ställer krav på). Fönster i fasader bidrar till sämre isolervärde, medan yttertak och golv kan vara välisolerade. U_m -kraven är svårare att uppfylla för höga smala byggnader utan källare, vilket kan upplevas som lite märkligt.

Det finns flera inslag i moderna byggnader som bidrar till lägre energianvändning men som samtidigt kan leda till lägre dagsljusinsläpp. Exempel på detta är användning av solskyddsglas, djupare byggnadskroppar, djupa balkonger, tjockare ytterväggar samt, som tidigare nämnts, en generell minskning av andelen fönster i fasad. Det är enkelt att reducera fönsterstorleken för att klara kravet på energianvändning och samtidigt spara byggkostnad.

Det finns också exempel på kontorshus som byggts med mycket begränsad glasarea till innergården trots intilliggande arbetsplatser (se figur 4.12).

En konsekvens av dessa trender är att elektrisk belysning används flitigare, särskilt på de lägre våningarna, vilket leder till högre elanvändning, en oönskad effekt i tider av elbrist. Dagsljus har normalt ett högre ljusutbyte (lm/W) än de flesta elektriska ljuskällor. Elektrisk belysning bidrar också till högre interna värmebelastningar under sommaren, och därmed öka behovet av kylning. Dagsljus är dessutom en fri/gratis energikälla, och tillgång till dagsljus bidrar till resiliens vid elavbrott.

Samtidigt som energikraven har skruvats åt i omgångar så har det tagits ganska lätt på dagsljuskrav. Det har tills nyligen i stort sett varit praxis bland bygglovshandläggare att godkänna rum med 10 % glasarea i förhållande till golvarea, oavsett avskärningsvinkel och typ av glas. Nu har miljöcertifieringssystem återfört krav på dagsljus på agendan och branschen hanterar dagsljuskrav bättre. Det är tydligt att det ofta är problematiskt att klara både energi- och dagsljuskravet i tätbebyggda områden.



Figur 4.12 Minskad glasarea i nybyggt kontorshus som i kombination med små gårdar resulterar i mycket låga dagsljusnivåer i intilliggande kontorsutrymmen. (Foto: Paul Rogers).

Konsulter i branschen upplever att energifrågor ofta prioriteras framför dagsljus och utblick. Detta gäller byggnader för olika verksamheter men är särskilt vanligt i nybyggda skolor och förskolor. Svenska skolbyggnader har traditionellt tagit kopplingen mellan elevers tillgång till dagsljus och utblick samt inläring och hälsa som en självklarhet [141]. En studie av nybyggda skolor [10] visar att dagsljusnivåerna inte uppfyller dagens dagsljuskrav i ungefär hälften av de rum som undersöktes även om många av dessa rum inte alls är skynda av omkringliggande byggnader (se figur 4.13). Här borde Fohm:s rapport som konstaterar: *Särskilt viktigt är det att planera för goda ljusförhållanden i skol- och vårdmiljö* [69] beaktas bättre. Det har blivit vanligare med djupare skolsalar (i stället för breda) vilket försämrar förutsättningarna för dagsljus.



Figur 4.13 Nybyggd förskolebyggnad med små fönster och avskärmning av dagsljus från fasadelement. I byggnaden finns rum som inte uppfyller BBR:s dagsljuskrav trots att byggnaden i stort sett inte skyms av omkringliggande byggnader. (Foto: Paul Rogers).

Det går att sänka en byggnads energianvändning med smart styrning av den elektriska belysningen och genom att ta vara på dagsljus. Lösningen kallas ”daylight harvesting” och bygger på att ljussensorer känner av dagsljusnivån och dimmar eller helt stänger av allmänbelysningen när dagsljuset är tillräckligt. Även om nyttan med lösningen minskat något i takt med att den elektriska belysningen har blivit alltmer energieffektiv, så ökar även elpriserna vilket kan göra att lösningen är fortsatt aktuell.

Även om branschens allmänna förståelse och intresse för dagsljus kommer i andra hand på grund av fokus på energibesparingar, så kan kvantitativa dagsljuskriterier bidra till att trenden med svagt dagsljusbelysta rum från 80-talet inte upprepas och att en god inomhusmiljö uppnås.

4.1.4 Akustikkrav påverkar ljus och utblick

Boverkets byggregler kapitel 7 ställer krav mot förekomst och spridning av buller. Dessa regler är applicerbara på byggnader som innehåller bostäder eller lokaler i form av vårdlokaler, förskolor, fritidshem, undervisningsrum i skolor samt rum i arbetslokaler avsedda för kontorsarbete, samtal eller dylikt. Syftet med dessa regler är att begränsa störande ljud så att olägenheter för människors hälsa minskas. De byggtkniska åtgärder som används för att reducera buller har ofta en negativ påverkan på dagsljus och till en viss del även utblick.

För byggnader i bullerutsatta miljöer är det vanligt att fönsterstorlekar begränsas av akustiska skäl. Därtill kan fönster ibland utformas med breda eller djupa fönsterprofiler och/eller utrustas med en ytterligare glasskiva. I vissa fall kan glasets ljustransmittans minskas med ca 5 procentenheter i jämförelse med fönster som inte är utsatta för buller. I bostäder kan det innebära en ljustransmittans som underskrider 65 %, vilket begränsar dagsljusinsläpp och som också försämrar utblickskvaliteten.

Utökat djup och större bredd på fönsterprofilerna används mer sällan men utformningen gör att en del av infallande ljus fastnar på karmen utan att föras vidare in i rummet. Utblicksmöjligheterna påverkas också. Stora och/eller inglasade balkonger (se figur 4.8) är en annan metod som används för att reducera ljudnivåer i bostäder, som också minskar dagsljusinsläppet. Balkonger med tätt räcke minskar också både dagsljus och buller, men i mindre utsträckning än exemplen ovan.

Vid tekniskt samråd är det inte ovanligt att akustikkrav väger tyngre än kraven på dagsljus eller utblick även om det finns flera vetenskapliga bevis på bådass effekter på människors hälsa (se kapitel 3).

4.1.5 Trender inom arkitektur

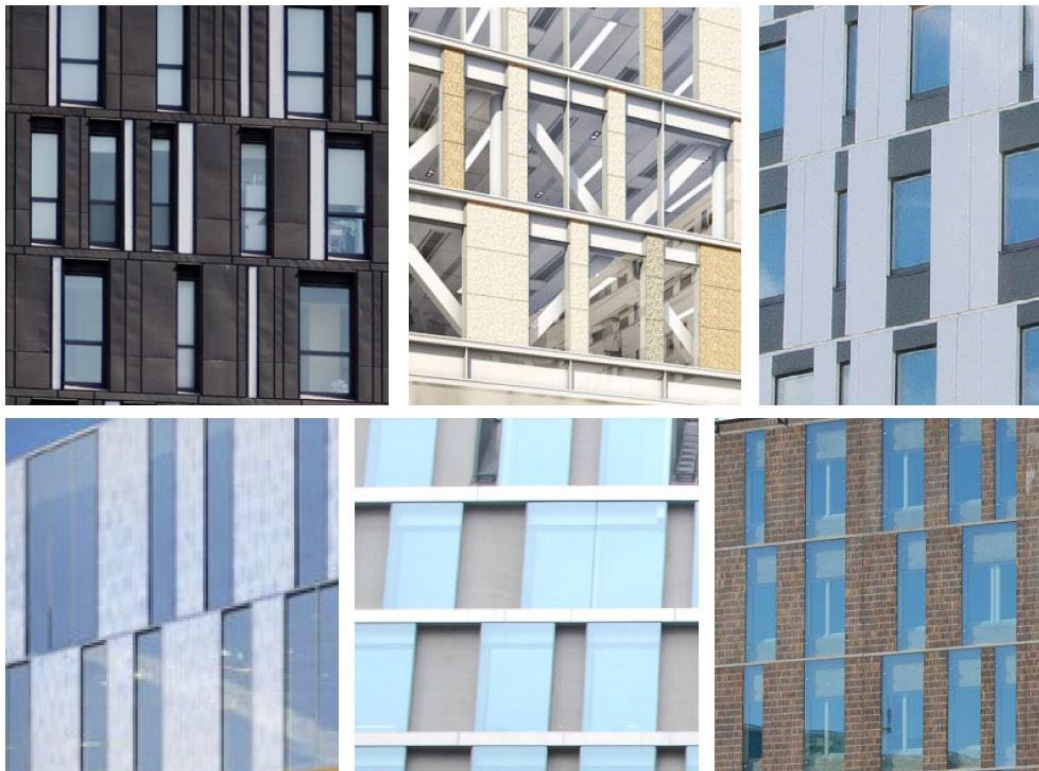
Några av de senaste trenderna inom planering, arkitektur och inredning har lett till reducerade dagsljusnivåer inomhus. I Norden har ljusa fasadkulörer varit ett traditionellt sätt att förbättra dagsljusförhållandena på stadsdelsnivå. I dagens arkitektur är det dock inte ovanligt med mörka och i vissa fall svarta fasadmaterial (se figur 4.14).

Detta begränsar mängden ljus som reflekteras från byggnader. I kombination med höga avskärningsvinklar kan det kraftigt försämra dagsljustillgången i grannbyggnaderna.



Figur 4.14 Mörka fasadmaterial lämnar mycket lite reflekterat ljus till gård och angränsande byggnader, här även svarta fönster och balkongfronter (Foto: Helena Bülow-Hübe).

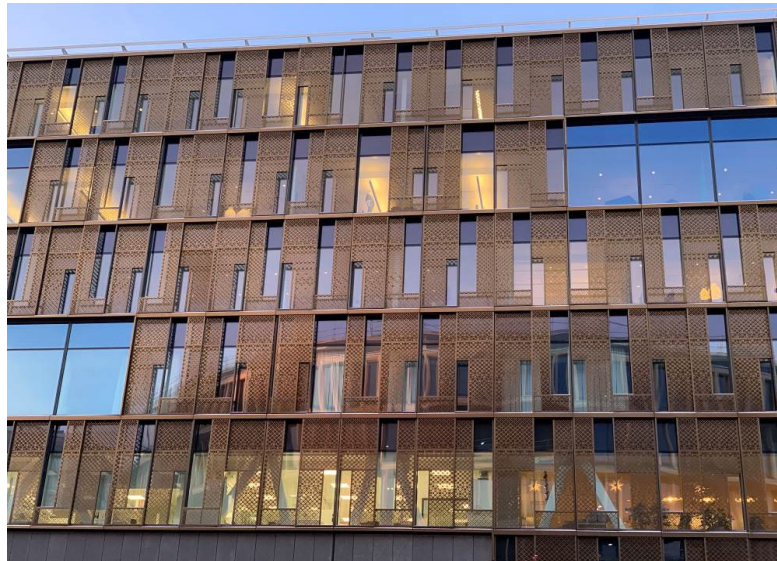
De senaste åren har både kommersiella och bostadsprojekt utförts med fasader med oregelbundet placerade vertikala fönster (se figur 4.15). Fasadutformningen är problematisk för dagsljusinsläppet då glasytor lägre än 60 cm över golv generellt sett ger litet bidrag till dagsljusnivåerna. Dessutom placeras vertikala fönster ofta asymmetriskt vilket ger ojämnt dagsljus i rummet. Horisontella fönster ger inte bara ett jämnare ljus med mindre risk för bländning, de ger även bättre utblick.



Figur 4.15 I såväl svenska som internationella projekt har arkitekter de senaste åren ofta använt vertikala fönster i olika storlekar för att få arkitektonisk uppmärksamhet. Det innebär ofta att fönstren blir placerade asymmetriskt i förhållande till rummet vilket kan ge försämrat dagsljusförhållande. (Foto: Paul Rogers).

Det är även populärt med fönsterkarmar i mörka kulörer. Även om det inte på något sätt är ett nytt fenomen så bidrar det också till att minska dagsljusmängden inomhus.

Det finns många exempel där fönster avskärmas av balkongräcke eller andra dekorativa element. Resultatet blir ofta låga dagsljusfaktorer.



Figur 4.16 Fasad där metallnät utgör en del av fasadgestaltningen samt ett passivt solskydd. (Foto: Paul Rogers).

En del byggnader har fasta metallnät och liknande konstruktioner som täcker fönster. De utgör en del av fasadgestaltningen samt ett passivt solskydd (se figur 4.16). Det ger generellt dålig prestanda med avseende på solskydd och dagsljusinsläpp.

Kontorstrenden de senaste åren har gått mot interiörfinish med begränsad ljusreflektion LRV (ljusreflektansvärde 0–1). Trots att både europeiska och nordamerikanska standarder rekommenderar en reflektionsfaktor för kontorsgolv på 0,20 till 0,40, så används ofta mycket mörka golvmaterial med reflektansvärde under 0,1. Perforerade metallundertak har också blivit populära. Som regel minskar de reflektansvärdet och därmed minskar mängden dagsljus i rummet (såväl som från den elektriska belysningen) jämfört med konventionella ljusa och täta takmaterial.

Ett kvantitativt dagsljuskrav säkerställer att byggnadens gestaltning inte riskerar människors tillgång till ett hälsosamt dagsljusinsläpp.

4.1.6 Utmaningar för olika aktörer

Kopplat till byggsektorns många aktörer finns det olika faktorer som påverkar prioriteringen mellan olika aspekter som måste hanteras och lösas i ett byggprojekt.

Fastighetsutvecklare

Dagsljus är många gånger nedprioriterat eftersom det finns en önskan att optimera projektekonomin genom att bygga tätt och energieffektivt. Fönster och glas är också ett relativt dyrt byggnadsmaterial.

Konsulter

Ljus utgör inte något stort fackområde i de flesta byggprojekt. Det gör att ibland får en oerfaren konsult hantera ljusfrågor. Samtidigt är det nödvändigt med goda kunskaper om hur beräkningar/kvantifiering av dagsljus, solljus och belysning ska utföras. Detta försvåras av att det många gånger finns brister i kunskap om indataparametrar för beräkning och standardisering eller vägledning till hur dessa parametrar ska hanteras.

Kommuner

Förutsättningarna för att byggprojekt ska kunna uppfylla dagsljuskrav sätts redan i detaljplanen för ett område. Omkringliggande byggnaders höjd och placering har

avgörande betydelse för hur kraven på dagsljus kan klaras. Planarkitekturen tar inte alltid ansvar för att det ska kunna gå att uppfylla dagsljuskraven.

Kommunernas byggnadsnämnder har olika nivåer på kunskap och ambitioner vid granskning. Många kommuner struntar helt och hållet i att kontrollera dagsljuset, och ännu färre kontrollerar kravet för solljus. För kommuner som granskar dagsljus kan det vara svårt att följa upp vad som byggs.

Enligt PBL ska dagsljus provas vid tekniskt samråd/startbesked. Då är det oftast alldeles för sent att göra förbättringar som är betydelsefulla eftersom geometrierna sätts i bygglovsskedet (och delvis ännu tidigare i detaljplanernas utformning).

Övriga (branschen)

Kunskap om fördelar med dagsljus på individnivå är dåligt spridd. Det gäller också risken för övertemperatur från solljus och dagsljus.

4.2 Utmaningar för belysning

4.2.1 Utveckling av belysning

I ett historiskt perspektiv kan noteras att elektrisk belysning är ett relativt nytt fenomen. Glödlamporna och lysrören uppfanns omkring 1880 respektive 1930 dvs. för mindre än 150 år sedan. Före dessa uppfinningar var alla byggnader belysta av dagsljus och byggplanerna och stadsplaneringen ritades noggrant för att säkerställa god tillgång till dagsljus. Avståndet mellan byggnader och byggnadens höjd och djup behövde kontrolleras noggrant för att undvika att sätta människor i mörkret.

Idag när vi står inför en energi- och elkris är det värt att komma ihåg att en av de viktigaste energikällorna (dagsljus) också är den viktigaste dirigenten för tidsanpassning och har påverkat utvecklingen av alla arter på jorden, inklusive människor, ända ner till cellnivå. Ny forskning publiceras varje månad som visar hur varje band av den elektromagnetiska strålningen - från UV till infraröd - är kopplat till dygnsrytmen och att dygnsrytmen är allmänt grundläggande för hälsa.

4.2.2 Nya energieffektiva ljuskällor

Då kraven på att vara energieffektiv har ökat de senaste åren har utbudet av LED som ljuskälla ökat. En del av dessa ljuskällor och armaturers drivdon har bristande funktion och kvalitet när det gäller flimmer och färgåtergivning. Svaga kunskaper om hur flimmer och TLM påverkar människan har gjort att en del av de nya ljuskällorna har en frekvens som kan orsaka besvär för känsliga personer. Dessutom finns det möjlighet att förbättra spektrum från LED-ljuskällorna, och därmed förbättra färgåtergivningen. En LED-lampa/armatur är ofta mer ljusintensiv än tidigare ljuskällor, vilket i sin tur ökar risken för bländning. En felplacerad LED-lampa är betydligt mer bländande än en felplacerad halogenlampa. Att använda LED som ljuskälla inomhus ställer högre krav på att armaturtyp och armaturplaceringen är genomtänkt och rätt placerad i förhållande till arbetsuppgiften som ska utföras på t.ex. en arbetsplats.

Genom att LED drar mindre energi än andra ljuskällor har privathushållen också börjat använda mer belysning utomhus än tidigare. Utomhusbelysning med LED kan dra till sig mer flygande insekter och fladdermöss [142, 143] på grund av mängden kallt ljus i LED. Vid planering av stadsmiljöer och känsliga områden är det viktigt att dimra ljuset och minska mängden kallt ljus på natten för att inte störa djurlivet mer än nödvändigt [144].

5 Regelverk för ljusfrågor

5.1 Allmänt om lagar och regler

Det finns en rad olika lagar och regler som är bindande för alla i Sverige. Vanligtvis delas dessa in i fyra olika kategorier, grundlagar, lagar, förordningar och föreskrifter. Med ett samlingsnamn kallas de för författningar.

Vissa områden påverkas även av överstatliga organisationer. EU utfärdar bland annat direktiv för att harmonisera medlemsländernas lagstiftning. Därefter överlämnar EU till respektive medlemsland att bestämma formerna och tillvägagångssätten för att implementera direktiven i respektive lands lagstiftning. EU:s förordningar har däremot direkt rättsverkan i samtliga EU-länder och behöver inte föras in i nationell lagstiftning.

Tabell 4.1 Styrande dokument för byggprojekt (Källa: Byggföretagen [145])

Organisation		Ansvarar för	Exempel på styrdokument
Internationell nivå/ Europainivå	FN, EU, WHO, IPPC	Förordningar, direktiv, beslut, yttranden, rekommendationer	EU-förordning om byggprodukter EU-direktiv om: byggnaders energiprestanda, miljökonsekvensbeskrivning EU:s taxonomi
Nationell nivå	Riksdag	Grundlagar Lagar	Plan- och bygglagen (PBL), arbetsmiljölagen, miljöbalken (MB) m.fl.
	Regering	Förordningar	Plan- och byggförordning (2011:338)
	Myndigheter: t.ex. Boverket, Arbetsmiljöverket, Folkhälso- myndigheten.	Föreskrifter och regler Rekommendationer	BBR Boverkets byggregler EKS nordisk tillämpning av Eurocode
Regional nivå	Länsstyrelser	Samordning mellan kommuner och region	Planeringsunderlag Prövning av PBL och MB
Lokal nivå	Kommuner	Översikts- och detaljplanering	Översiktsplan, Detaljplan
Beställare/ fastighets- ägare	Bostadsbolag Privatpersoner	Bygghandlingar, Finansiering, Miljöhandlingar	Ritningar, Byggnadsbeskrivning, Miljökonsekvensbeskrivning, Byggarbetsmiljösamordning
Utförare	Byggföretag	Byggproduktionen	Kalkyl, budget, produktionstidplan, arbetsplatsdispositionsplan (APD-plan), Kvalitets-, miljö- och arbetsmiljöplan (KMA-plan)
Leverantörer	Material- och systemleverantörer	Byggprodukter och systemlösningar	Montageanvisningar, Drift och skötselinstruktioner.
Bransch- eller intresse- organisation	Installatörs- företagen, Certifierings-företag, SGBC m.fl.	Verifiering av branschens vedertagna krav inom olika delar av en byggnad	Certifiering av installatörer och underentreprenörer - ByggaE, ByggaL, Svanen, Miljöbyggnad iDrift, LEED, BREEAM-SE m.fl.
Den boende	Kund	Boendevanor, Egna önskemål	Önskemål om god inomhusmiljö. Specifika användningsförutsättningar

I bilaga 1 redovisas en sammanställning av hur författningar förändrats över tiden. I äldre reglering har ljusförutsättningar främst reglerats i planbestämmelser om hur byggnader får placeras i förhållande till varandra. Mer detaljerade regler om hur byggnader ska utformas återfinns från 1960-talet i föreskrifter som BABS, SBN och BBR.

5.2 Ljus i BBR

Regelskrivningen för ljus i BBR 29 ryms i princip på en sida och återges här:

6:3 Ljus

6:31 Allmänt

Byggnader ska utformas så att tillfredsställande ljusförhållanden är möjliga att uppnå, utan att skaderisker och olägenheter för människors hälsa uppstår. Ljusförhållandena är tillfredsställande när tillräcklig ljusstyrka och rätt ljushet (luminans) uppnås samt när ingen störande bländning eller inga störandes reflexer förekommer och därmed rätt belysningsstyrka och luminansfördelning föreligger.

Allmänt råd

Ytterligare regler för fönster och belysning finns i avsnitten 3:1224, 3:1424, 3:22, 3:42, 5:34, 5:35, 6:253, 8:21, 8:23 och 9:52.

Regler om ljusförhållanden på arbetsplatser ges ut av Arbetsmiljöverket.

6:311 Definitioner

Direkt dagsljus Ljus genom fönster direkt mot det fria.

Direkt solljus Solljus som lyser in i rum utan att ha reflekterats.

Indirekt dagsljus Ljus från det fria som kommer in i rum utan fönster mot det fria.

6:32 Ljusförhållanden

6:321 Belysning

Belysning anpassad till den avsedda användningen ska kunna anordnas i byggnaders alla utrymmen. Kravet gäller byggnaden som helhet.

Allmänt råd

SS-EN 12464-1 kan användas vid belysningsplanering av arbetsplatser inomhus.

6:322 Dagsljus

Rum eller avskiljbara delar av rum där människor vistas mer än tillfälligt ska utformas och orienteras så att god tillgång till direkt dagsljus är möjlig, om detta inte är orimligt med hänsyn till rummets avsedda användning.

I gemensamma utrymmen enligt avsnitt 3:227 räcker det dock med tillgång till indirekt dagsljus. (BFS 2016:6).

Allmänt råd

För beräkning av fönsterglasarean kan en förenklad metod enligt SS 91 42 01 användas. Metoden gäller för rumsstorlekar, fönsterglas, fönstermått, fönsterplacering och avskärmningsvinklar enligt standarden. Då bör ett schablonvärde för rummets fönsterglasarea vara minst 10 % av golvarean. Det innebär en dagsljusfaktor på cirka 1 % om standardens förutsättningar är uppfyllda. För rum med andra förutsättningar än de som anges i standarden kan fönsterglasarean beräknas för dagsljusfaktorn 1,0 % enligt standardens bilaga. (BFS 2014:3).

6:323 Solljus

I bostäder ska något rum eller någon avskiljbar del av ett rum där människor vistas mer än tillfälligt ha tillgång till direkt solljus. Studentbostäder om högst 35 m² behöver dock inte ha tillgång till direkt solljus. (BFS 2014:3).

6:33 Utblick

Allmänt råd

Minst ett fönster i rum eller avskiljbara delar av rum där människor vistas mer än tillfälligt bör vara placerat så att utblicken ger möjlighet att följa dygnets och

årstidernas variationer. I bostäder bör inte takfönster utgöra enda dagsljuskälla i de rum där människor vistas mer än tillfälligt.

I bostäder avsedda för en person med gemensamma utrymmen enligt avsnitt 3:227 behöver det dock inte finnas utblick i gemensamma utrymmen för daglig samvaro, matlagning eller måltider.

6:9 Krav på hygien, hälsa och miljö vid ändring av byggnader

6:93 Ljus

Byggnader ska utformas så att tillfredsställande ljusförhållanden är möjliga att uppnå, utan att skaderisker och olägenheter för människors hälsa uppstår. Ljusförhållandena är tillfredsställande när tillräcklig ljusstyrka och rätt ljushet (luminans) uppnås samt när ingen störande bländning och inga störande reflexer förekommer och därmed rätt belysningsstyrka och luminansfördelning föreligger. (BFS 2011:26).

Allmänt råd

Samma krav på ljusförhållanden som vid uppförande av nya byggnader bör tillgodoses om det inte är orimligt eller medför skada på byggnadens kulturvärden eller byggnadens arkitektoniska eller estetiska värden. Regler om ljusförhållanden på arbetsplatser ges ut av Arbetsmiljöverket. (BFS 2011:26).

6:931 Ljusförhållanden

6:9311 Belysning

Belysning anpassad för den avsedda användningen ska kunna anordnas i byggnadens alla utrymmen. (BFS 2011:26).

6:9312 Dagsljus

Om byggnaden inte uppfyller kraven på dagsljus enligt avsnitt 6:322 får ändringar av fönstren inte leda till att dagsljusförhållandena försämras ytterligare om det inte finns synnerliga skäl. (BFS 2011:26).

Allmänt råd

I befintliga bostäder bör normalt dagsljusförhållandena kunna accepteras som de är. Vid byte eller komplettering av fönster bör man tänka på hur fönsterglasarean påverkas av förändrade dimensioner på karm och bågar. Likaså bör det klarläggas hur dagsljusinföringen påverkas av ändrad glaskvalitet och förändringar i snickeriernas profilering. Vidare bör det klarläggas hur dagsljusförhållandena påverkas av en tilläggsisolering. (BFS 2011:26).

Belysning nämns förutom i BBR kapitel 6:3 även under rubrikerna:

- 3:1224 Belysning för orientering på tomter
- 3:142 Entré- och kommunikationsutrymmen
- 3:1424 Belysning för orientering i byggnader
- 3:42 Utformning av driftutrymmen
- 5:335 Dörrar
- 5:341 Vägledande markeringar
- 5:342 Allmänbelysning
- 5:343 Nödbelysning
- 5:35 Särskilda krav för olika verksamhetsklasser
- 8:21 Belysning i kommunikationsutrymmen
- 9:12 Energihushållning – Definitioner
- 9:51 Värme- och kylinstallationer
- 9:6 Effektiv elanvändning
- 9:94 Värme- och kylinstallationer

5.3 Regler om ljus och utblick i annan lagstiftning

Miljöbalken anger grundläggande krav på bostäder och lokaler för allmänna ändamål i fråga om hälsa. I förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd finns krav på att en bostad ska medge tillräckligt med dagsljus (33 § Särskilda bestämmelser till skydd mot olägenheter för människors hälsa).

Folkhälsomyndigheten ansvarar för tillsynsvägledning enligt miljöbalken, men har inga allmänna råd om dagsljus. De har, som ett led i sitt vägledningsarbete, i en rapport sammanställt den vetenskapliga litteraturen om ljus och dess betydelse för hälsa och välbefinnande. [69]

För arbetsplatser finns krav om dagsljus, utblick och belysning i Arbetsmiljöverkets föreskrifter. Arbetsmiljöverket har också tagit fram en kunskapssammanställning om dagsljus och utblick på arbetsplatsen [146]. Föreskrifter om dagsljus och belysning finns även i arbetsmiljöverkets föreskrift Arbetsplatsens utformning (AFS 2020:1)

Dagsljus och annan belysning

135 § Arbetsplatser ska ha en belysning som är anpassad till verksamheten och de synkrav arbetsuppgifterna innebär, samt de enskilda arbetstagarnas syn och övriga förutsättningar. Belysningen ska göra det möjligt att förflytta sig säkert inom arbetsplatsen.

Allmänna råd: Belysningsstyrkorna i angränsande utrymmen bör balanseras så att ljus-/mörkerseendet bibehålls.

136 § Belysningen ska vara av god kvalitet, vilket innebär att man tagit hänsyn till

1. belysningsstyrka,
2. färgåtergivning anpassad till verksamheten,
3. besvärande flimmer,
4. bländfrihet,
5. ljusfördelning, och
6. kontraster.

Allmänna råd: Exempel på riktvärden för belysningsstyrkor och för begränsning av bländning finns beskrivna för olika typer av arbetsplatser i standarderna SS-EN 12464-1:2011. Ljus och belysning – Belysning av arbetsplatser – Del 1: Arbetsplatser inomhus. Utgåva 2 och SS-EN 12464-2:2014. Ljus och belysning – Belysning av arbetsplatser – Del 2: Arbetsplatser utomhus. Utgåva 2.

137 § Arbetsplatser ska vara utformade så att de kan ge tillfredsställande dagsljus och utblick under arbetsdagen.

Om kravet i första stycket inte går att uppfylla på grund av att

1. varken ombyggnad eller flytt till lokaler med dagsljus och utblick är rimlig, eller
2. verksamhetens art medför att det inte är möjligt med dagsljus och utblick, ska åtgärder vidtas som så långt som möjligt kompenserar för bristen på dagsljus och utblick.

Allmänna råd: Exempel på metoder för bedömning av dagsljus och utblick finns i standarden SS-EN 17037:2018. Dagsljus i byggnader. Utgåva 1. Den ger även rekommendationer om god dagsljusbelysning och utblick.

138 § Nödbelysning av tillräcklig styrka ska finnas på sådana arbetsplatser där de som arbetar är speciellt utsatta för risker i händelse av fel på den ordinarie belysningen.

Allmänna råd: Exempel på arbetsplatser där nödbelysning kan behövas är kemisk industri, kemiska och biologiska laboratorier, kyl- och frysrum samt arbetsplatser med rörliga maskindelar.

Det finns rekommendationer för hur mycket dagsljus som ska komma in i lokaler som används för arbete, vilket kallas för dagsljusfaktorn. Dagsljusfaktorn är procenten av mängden ljus utomhus en mulen dag som är tillgänglig inomhus [94]. Den rekommenderade dagsljusfaktorn beror på arbetsuppgiften och enklare mindre synkrävande arbete kräver bara 1,5–2,5 % dagsljusfaktor medan riktigt synkrävande arbete kräver upp till 8 % dagsljus [147]. Enligt Arbetsmiljöverket ska arbetsplatser vara utformade så att de kan ge tillfredsställande dagsljus och utblick under arbetsdagen [3, 146].

Det saknas förordning eller vägledning om hur stor påverkan en nybyggnation får ha på dagsljuset och soltillgång för omkringliggande bebyggelse. Planläggning får ske i närheten av befintliga byggnader så länge det inte innebär en betydande olägenhet för boende i närheten. Men vad som menas med 'betydande olägenhet' vad gäller dagsljus/direkt solljus är omstritt och svårtolkat. I en bedömning av befintliga byggnader är det inte ovanligt att de refererar till godkända miniminivåer av dagsljus enligt Boverkets byggregler (BBR). Kravet på naturligt ljus enligt omfattar två områden: dagsljus samt solljus.

5.4 Nordisk jämförelse av dagsljuskrav

Nedan följer en jämförelse av lagstiftning om främst dagsljus i våra nordiska grannländer Norge, Danmark och Finland.

5.4.1 Norge

Norges krav i Byggteknisk forskrift (TEK17) har vissa likheter med BBR. De omfattar rum för stadigvarande vistelse och kravet är tillfredsställande tillgång till dagsljus. Måttet är genomsnittlig dagsljusfaktor, som ofta brukar vara något högre än medianvärdet. Två metoder anges, i en separat vägledning, för att visa att kraven uppfylls:

- Den genomsnittliga dagsljusfaktorn i rummet ska vara minst 2,0 procent.
- För rum i bostäder anges även en förenklad metod.

Norge har en förenklad metod som är mycket lik den svenska standarden SS 91 42 01 (som de hänvisade till i äldre regler). Uppenbara likheter är att enbart glas ovanför 0,8 m över golvet får ingå i beräkning av glasytan, samt att ytan under balkong eller liknande ska ingå i rummets area. Metoden får användas upp till 45 graders avskärningsvinkel; den svenska har en begränsning redan vid 30 grader.

5.4.2 Danmark

Danmark har i Byggningsreglementet krav i § 377 om ljus och utblick. Huvudkravet är ganska likt det svenska: ljusförhållandena i byggnader ska säkra att det inte uppstår risk för människors säkerhet eller hälsa, eller komfortmässiga störningar. Projektering och utförande ska beakta följande:

- dagsljuset ska utnyttjas som ljuskälla på bästa sätt,
- onödigt energianvändning ska undvikas,
- onödigt värmetillförsel till rum ska undvikas,

- störningar av direkt solinstrålning ska undvikas och
- störningar av bländning ska minimeras.

Utblick (på danska 'udsyn') behandlas i § 378 med krav om att arbetsrum, uppehållsrum, undervisningslokaler och boenderum ska ha fönster som är placerade så att personer i rummen kan se ut på omgivningarna. Fönster och solavskärmning ska projekteras och utföras så att utblicken kan upprätthållas under en tillfredsställande del av användningstiden.

Dagsljus hanteras i §§ 379–381 och gäller arbetsrum, uppehållsrum på institutioner, undervisningslokaler, matsalar, boenderum och kök. Grundkravet är att rummen ska ha sådan tillgång till dagsljus att rummen är tillräckligt belysta. Därefter följer två sätt på vilket den tillräckliga dagsljusstillgången kan dokumenteras:

1. 10-procentsregeln, alltså att glasarean är minst 10 procent av den relevanta golvytan, utan hänsyn till avskärmning. Man ska korrigera för avskärmning, reducerad ljustransmittans med mera enligt Byggningsreglementets Vejledning.
2. Den invändiga belysningsstyrkan från dagsljus är minst 300 lux, över minst halva den relevanta golvytan, under minst hälften av dagsljusstimmarna. Denna sista del av vägledningen ansluter till klimatbaserade metoder och rekommendationer som nämns i standarden SS-EN 17037.

Vägledningen är ganska omfattande och nämner förutsättningar som ska beaktas vid beräkning av dagsljus, såsom avskärmning från omgivningen och schablonmässiga reflektionsfaktorer för ljusberäkningar. Den berör också problemen med att uppnå kravet i alla rum, om en detaljplan föreskriver en viss exploateringsgrad eller byggnadsgeometri, och att en dialog behövs med de lokala byggnadsmyndigheterna om eventuell dispens från kraven.

Kraven kan sägas ha fönstret i fokus och ser till helheten mellan dagsljus, solavskärmning, utblick och belysning, där dagsljus ses som ett energibesparande alternativ till elektrisk belysning.

Det finns krav på elektrisk belysning för arbetsrum och gemensamma kommunikationsytor. Arbetsplatsbelysning ska utformas enligt standarden DS/EN-12464-1. Det finns även krav på att belysningen ska vara energieffektiv och förses med automatisk dagsljusstyrning samt närvarostyrning.

5.4.3 Finland

I Finlands författningssamling finns krav på fönster i miljöministeriets förordning 1008/2017 om bostadsutrymmen, inkvarteringslokaler och arbetsutrymmen. Kravet är en ljusöppning som är 1/10 av rumsarean. För arbetsutrymmen gäller kravet bara om det ska finnas ett fönster i det arbetsutrymmet. Hela formuleringen lyder:

Bostadsutrymmen och inkvarteringslokaler ska ha fönster vars ljusöppning är minst 1/10 av rumsarean. Fönstrets placering och övriga arrangemang ska säkra ett lyst rum, möjlighet att se ut från rummet och möjlighet till olika slags inredning av rummet. Ett fönster eller en del av ett fönster i ett bostadsrum eller i en inkvarteringslokal ska kunna öppnas. Om ett arbetsutrymme ska ha ett fönster, ska ljusöppningen vara minst 1/10 av rumsarean.

Avskärmningsvinkeln för huvudfönstret i ett bostadsrum får vara max 45° räknat från golvet. Hela formuleringen är:

Om inte annat följer av detaljplanen ska avståndet mellan huvudfönstret i ett bostadsrum och motsatt byggnad på samma eller grannfastighet vara minst lika

långt som den motsatta byggnadens höjd räknat över bostadrummets golv. Framför huvudfönstret ska det dock finnas minst 8 m obebyggt område. För småhus kan avståndet på tomten eller byggnadsplatsen vara mindre, förutsatt att kraven på trivsel beaktas, dock så att kravet på en ljusvinkel på 45 grader mot rummets golv uppfylls.

En ändringsföreskrift från 2018 medger undantag om detaljplanen ger andra förutsättningar.

Både Danmark och Finland har skrivningar som öppnar upp för avsteg från kraven där detaljplanen föreskriver annat (förmodligen gäller det vid hög exploatering), vilket generellt innebär stora utmaningar att klara dagsljuskraven.

6 Branschregler, vägledningar och standarder – verktyg för att nå kvalitet

I detta kapitel sammanställs vägledningar inom området och hur används de. Några viktiga standarder för redovisas också.

6.1 Officiella standarder

Till den officiella standardiseringen räknas svensk, europeisk och global standard. De europeiska standarderna utgör skelettet i de flesta branschstandarder, exempelvis är AMA (se 6.2.1) uppbyggt genom att referera till hundratals europeiska standarder. Svenska institutet för standarder, SIS, utvecklar och distribuerar officiella standarder i Sverige.

6.1.1 Tekniska kommittéer för utveckling av standarder

Den tekniska kommitté som främst behandlar frågor om ljus och belysning är SIS/TK 380 - AG3 – Ergonomi och human factors - Ljus och belysning.

6.1.2 Svenska standarder

Svenska standarder (SS) utgörs i många fall också av europeiska standarder (EN) och internationella standarder (ISO). Sökningar på ljus respektive belysning ger träff på många standarder. Publikationer från Svenska institutet för standarder kan sökas via <https://www.sis.se/>. Exempel på standarder relaterade till ljusfrågor är (standarder som nämns i allmänna råd i BBR har markerats med fetstil):

- SS-EN 410:2011 Byggnadsglas - Bestämning av ljus- och soloptiska egenskaper
- SS-EN 1838:2013 Lighting applications - Emergency lighting
- SS-EN 12193:2018 Ljus och belysning – Sportbelysning
- SS-EN 12216:2018 Jalousier, markiser och persienner – Terminologi, ordlista och definitioner
- **SS-EN 12464-1:2021** Ljus och belysning - Belysning av arbetsplatser - Del 1: Arbetsplatser inomhus
- SS-EN 12464-2:2014 Ljus och belysning - Belysning av arbetsplatser - Del 2: Arbetsplatser utomhus
- SS-EN 12665:2018 Ljus och belysning - Grundläggande termer och kriterier vid specificering av belysningskrav
- SS-EN 13032-1:2004+A1:2012 Ljus och belysning - Mätning och presentation av fotometriska data för ljuskällor och ljusarmaturer - Del 1: Mätning och filformat
- SS-EN 13032-2:2017 Ljus och belysning - Mätning och presentation av fotometriska data för ljuskällor och ljusarmaturer - Del 2: Presentation av data för arbetsplatser inomhus och utomhus
- SS-EN 14501:2021 Jalousier och fönsterluckor – Termisk och visuell komfort – Funktionsegenskaper och klassificering
- SS-EN 15193-1:2017+A1:2021 Byggnaders energiprestanda - Energikrav för belysning - Del 1: Specifikationer, Modul M9
- **SS-EN 17037:2018+A1:2021** Dagsljus i byggnader
- SS-EN 50171, UTG 2:2022 System för avbrottsfri elförsörjning
- SS-EN 50172 Emergency escape lighting systems
- SS-EN ISO 9241-307:2008 Ergonomi vid människa-system interaktion — Del 307: Elektroniska bildskärmar — provningsmetoder för analys och kvalitetssäkring

- SS-EN ISO 52022-1:2017 Byggnaders energiprestanda - Värme-, sol- och dagsljusegenskaper hos byggnadsdelar och element - Del 1: Förenklad beräkningsmetod för sol- och dagsljusegenskaper för sol och skyddsanordningar kombinerat med glasning (ISO 52022-1:2017)
- SIS-CEN ISO/TR 52022-2:2017 Byggnaders Energiprestanda - Värme-, sol- och dagsljusegenskaper hos byggnadsdelar och element - Del 2: Förklaring och motivering (ISO/TR 52022-2:2017)
- SS-EN ISO 52022-3:2017 Byggnaders energiprestanda - Värme-, sol- och dagsljusegenskaper hos byggnadsdelar och element - Del 3: Detaljerad beräkningsmetod för sol- och dagsljusegenskaper för solskyddsanordningar kombinerat med glas (ISO 52022-3:2017)
- **SS 91 42 01** Byggnadsutformning - Dagsljus - Förenklad metod för kontroll av erforderlig fönsterglasarea - "upphävd"! · Ersätts av: SS-EN 17037:2018

6.2 Branschregler och branschstandarder

Det finns dokument med bestämmelser och krav som tagits fram av branschens aktörer gemensamt som har koppling till ljusfrågor Dessa hänvisar ofta till olika officiella standarder. Genom att referenser till branschregler och -standarder anges i tekniska beskrivningar och på ritningar som används vid upphandling av byggprojekt kopplas deras bestämmelser och krav till byggprojekt.

6.2.1 AMA - Allmänna material och arbetsbeskrivningar

Svensk Byggtjänst AB administrerar framtagning och publicering av AMA-böcker. AMA står för Allmän material- och arbetsbeskrivning (AMA) och är en referensserie för framtagandet av tekniska beskrivningar. Serien förenklar processen att formulera material- och utförandekrav för alla delar av ett byggnadsverk. AMA finns som tryckta böcker, e-böcker och som en webbaserad tjänst (AMA online). AMA Hus är ett referensverk som används vid upprättande av beskrivningar och utförande av byggnadsarbeten. AMA är ingen branschstandard men används av många för att ange minimikrav i byggprojekt och vad som är fackmässigt utförande.

6.3 Certifiering och auktorisation

Certifiering innebär en standardiserad prövning, för utfärdande av ett certifikat eller intyg, som bland annat kan bestå av en licens, ett diplom eller yrkeslegitimation. Certifieringen kan utföras av ett organ, en juridisk eller fysisk person som skriftligen försäkrar att innehållet i ett dokument överensstämmer med verkligheten.

Certifierad kontrollansvarig

För byggprojekt med krav på lov eller anmälan fordras en Kontrollansvarig enligt PBL. Kompetensen ska styrkas genom ett certifikat utfärdat enligt Boverkets föreskrifter (BFS 2011:14 KA4/5).

6.4 Certifierings- och klassningssystem av hel byggnad

Miljöcertifiering av byggnader är ett verktyg som används på frivillig basis för att kommunicera miljöprestanda och för prioriteringar under projekteringen. I Sverige är de vanligaste internationella systemen BREEAM och LEED. Det brittiska certifieringssystemet BREEAM har funnits i cirka 30 år och LEED cirka 20 år.

Det svenska systemet Miljöbyggnad har använts för certifiering sedan 2011 och baseras på ett system, Miljöklassad byggnad, som ursprungligen utvecklades av branschföretag och ByggaBoDialogen via Boverket. Idag är det Sweden Green Building Council

(SGBC) som utvecklar Miljöbyggnad vidare. I princip alla slags byggnader kan certifieras.

I Miljöbyggnad har det hittills funnits ett dagsljuskrav som bygger på BBR:s allmänna råd, och inom branschen upplever man att detta system varit drivande i dagsljusfrågan och för den kunskapsutveckling inom dagsljus som skett sedan 2011. I den allra senaste versionen av Miljöbyggnad, vers 4.0, (publicerad 6 Dec 2022) har dock dagsljuskravet utgått, vilket leder till osäkerhet hur dagsljus kommer beaktas i framtiden, i synnerhet om Boverket skriver om sina krav och tar bort tydligt kvantifierbara krav.

I Sverige används också en Svanen-märkning som kan användas för småhus, flerbostadshus, skolor och förskolor. Certifieringssystemet är gemensamt för Norden och drivs av Nordisk Miljömärkning. Systemet har ett obligatoriskt krav på dagsljusstillgång. Kravet relaterar till de nationella kraven som finns i aktuellt land. Även här finns det en osäkerhet i hur kraven skulle utvecklas ifall Boverket ändrar sina krav i BBR.

Gemensamt för systemen är att de bedömer en byggnad på ett antal punkter, i några fall ett sjuttioal punkter. Ju fler miljöåtgärder som genomförs desto högre poäng får byggnaden och desto högre miljöbetyg att kommunicera. Miljöbyggnad har begränsat bedömningen till cirka 16 punkter. Byggnadens miljöstatus på områdena energi, inomhusmiljö och material ingår i alla systemen med olika vinklingar och bedömningskriterier. Medan dagsljus har varit obligatoriskt att klara inom Miljöbyggnad och Svanen, bygger LEED och BREEAM på att man samlar poäng, och därmed behöver dagsljus inte bedömas.

Sweden Green Building Council erbjuder verktyg och utbildning i miljöcertifiering av byggnader, stadsdelar och anläggningsprojekt. SGBC tillhandahåller utbildningar och verktyg för certifiering inom bland andra Miljöbyggnad, LEED och BREEAM. Vidare arrangeras utbildningar om certifieringssystemet WELL. www.sgbc.se/

Systemens utgångspunkter är framför allt långsiktigt hållbarhet, sparsam användning av resurser och energi och liten klimatpåverkan. Sweden Green Building Council informerar om olika certifieringar på sina hemsidor:

- [BREEAM](#)
- [LEED](#)
- [Miljöbyggnad](#)
- [WELL Building Standard](#)

6.5 Vägledning för ljus och belysning

6.5.1 Myndigheters vägledningar

Arbetsmiljöverket

Arbetsmiljöverket har föreskrifter om belysning i t.ex. Arbetsplatsens utformning (AFS 2020:1).[3]

Boverket

PBL kunskapsbanken är Boverkets handbok till plan- och bygglagen. Handboken är webbaserad och sökbar – Boverket (boverket.se).

Folkhälsomyndigheten

På Folkhälsomyndighetens hemsidor återfinns rapporten *Ljus och hälsa*.

En kunskapssammanställning med fokus på dagsljusets betydelse i inomhusmiljö [69].

Länsstyrelserna

Länsstyrelserna ger tillsynsvägledning till kommunernas byggnadsnämnder. Syftet är att

tillsynen ska bli så effektiv och enhetlig som möjligt. Länsstyrelsen och Boverket ansvarar tillsammans för att samordna arbetet med tillsynsvägledning till byggnadsnämnder. Länsstyrelserna tillhandahåller handläggarstöd och mallar för den kommunale handläggningsprocessen.

Länsstyrelsen Dalarna har i ett projekt utarbetat handboken God inomhusmiljö i förskola och skolan – En handbok för ljus, ljud och luft [148].

Myndigheten för arbetsmiljökunskap - Mynak

Myndigheten för arbetsmiljökunskap har gett ut *Riktlinjer för synergonomi – belysning och synförhållanden på arbetsplatsen – Riktlinje 7*. [26]

Följande myndigheter har också vägledningar som berör ljusfrågor:

- Kemikalieinspektionen
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
- Socialstyrelsen
- Upphandlingsmyndigheten
- SKR - Sveriges kommuner och regioner

6.5.2 Branschens vägledningar

Detta avsnitt kompletteras vid tillfälle!

Dessutom finns branschvägledningar från svenska organisationer:

Belysningsbranschen

Belysningsbranschen har på sin hemsida samlat en kunskapsbank om belysning och ljusplanering.

6.5.3 Andra vägledningar

I arbetet med denna rapport har inte funnits utrymme för större efterforskning internationellt.

British Research Establishment (BRE) har gett ut en vägledning för stadsplanering med hänsyn till dagsljus och sol:

- BR 209. Site layout planning for daylight and sunlight. A guide to good practice. [149]

Det finns naturligtvis vägledningar på franska, tyska m.fl. språk.

7 Beräkning av dagsljus och solljus

7.1 Dagens dagsljuskrav och metodhänvisningar har gamla rötter

Kärnan i dagens dagsljuskrav i BBR 6:322 är *god tillgång till direkt dagsljus*. De allmänna råden är väsentliga eftersom de blir nivå-sättande för vad som kan anses vara ”god tillgång” och hur kravet kan verifieras.

Den första delen av de allmänna råden hänvisar till en förenklad metod för att kontrollera fönsterglasandelen (procentandel av rumsarean) för enklare rumsformer enligt SS 91 42 01. Standarden är upphävd men kan fortfarande användas för att verifiera dagsljuskravet i BBR. Den förenklade metoden (ofta kallad AF-metoden) har några viktiga förutsättningar (främst geometriska) som måste vara uppfyllda. När villkoren inte uppfylls hänvisar i stället det allmänna rådet till att fönsterglasarean ska beräknas för dagsljusfaktorn 1 %.

Standarden publicerades 1988 men den var inte ny som metod. Den hade redan tidigare varit publicerad, men då i en kommentarsamling till SBN. En genomgång av äldre regelverk visar att metoden omnämns första gången i SBN 75 utgåva 2 (se kapitel 2.3).

I standardens bilaga står att när villkoren i metoden uppfylls går det att med en stor sannolikhet förmoda att rummet får en dagsljusfaktor om 1 %. Därmed förklaras även syftet med metoden, vilket måste ha varit att ge branschen ett enklare verktyg än att beräkna dagsljusfaktorn själv. AF-metoden ger ju en möjlighet att beräkna den erforderliga glasarean, medan beräkning av dagsljusfaktor alltid kräver ett antagande om rumsgeometrier och glasarea, och först därefter kan dagsljusfaktorn kontrolleras. Om dagsljusfaktorn inte uppgår till det önskade värdet, måste ett nytt antagande om rummets och fönstrets geometri göras, och dagsljusfaktorn kan därefter på nytt kontrolleras. Att uppfylla ett visst krav på dagsljusfaktorn kräver därmed ett iterativt arbetssätt. Det som står i det allmänna rådet idag är alltså missvisande. Det går inte att beräkna erforderlig glasarea med dagsljusfaktor som indata.

Den förenklade metoden får som sagts endast användas när ett antal villkor är uppfyllda. När dessa inte uppfylls hänvisar standarden till beräkning av dagsljusfaktor enligt boken *Räkna med dagsljus* av Löfberg [5]. Standardens bilaga (som dock inte ingår i själva standarden) ger en kortfattad definition av dagsljusfaktorn och även viss orientering av hur saker hängde samman när standarden skrevs. Till exempel att själva kravet på dagsljusfaktor i en punkt beskrevs i de då gällande nybyggnadsföreskrifterna. De tre skrifterna gavs ut ungefär samtidigt och hänvisar till varandra, dvs. standarden för den förenklade kontrollmetoden för fönsterglasarea, boken *Räkna med dagsljus* och Nybyggnadsföreskrifterna hänvisar alla till varandra. Denna rundhänvisning fanns redan i SBN 75, men då mellan SBN 75, kommentarsamlingen där den förenklade metoden beskrevs och till skriften *T11:1970* [15] för beräkning av dagsljusfaktor.

Boken *Räkna med dagsljus* kom ut 1987 och innebar en uppdatering och utvidgning av den tidigare skriften *T11:1970*. *Räkna med dagsljus* innehåller t.ex. stöd för beräkning av dagsljusfaktor för fler geometriska fall, bl.a. för fönster i tak med lutning 0° (horisontellt), 30° och 60°.

Standarden SS 91 42 01 upphörde att gälla 2018 då den ersattes av SS-EN 17037. Boverket har inte ännu hänvisat mer än till metoder i denna, via Kunskapsbanken. Här följer en beskrivning av de två äldre metodernas användning, hur dagsljusberäkningar utförs i branschen idag samt hur kravställning och råd formuleras i den nya standarden.

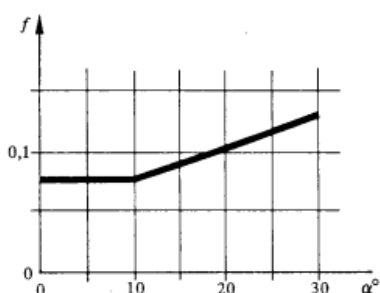
7.2 Förenklad metod (AF-metoden) enligt SS 91 42 01

Standardens titel säger i princip allt om innehållet: *Byggnadsutformning – Dagsljus – Förenklad metod för kontroll av erforderlig fönsterglasarea*. Kärnan i metoden är att fönsterglasarean i rummet kan bestämmas utifrån golvarean enligt nedanstående figurer hämtade ur standarden (figur 7.1). Fönsterglasarean A_{glas} anses kunna ge tillräckligt dagsljus om $A_{\text{glas}} \geq f \cdot A_{\text{golv}}$.

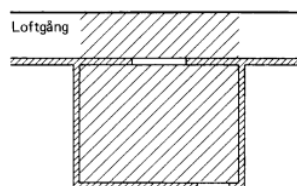
$f \cdot A_{\text{golv}}$ beräknas där

A_{golv} = rummets golvarean i m²

f = beräknat enligt figur 2



Figur 2 – Värdet av faktorn f vid olika avskärningsvinklar



Figur 3 – Beräkning av A_{golv} , när det finns loftgång

Fönsterglasarean anses ge förutsättningar för tillfredsställande dagsljusbelysning om

$$A_{\text{glas}} \geq f \cdot A_{\text{golv}}$$

där A_{glas} = fönsterglasarean i rummet i m².

Figur 7.1 Beräkning av dagsljusfaktor. Till vänster själva diagrammet med vilken fönsterglasandelen beräknas som funktion av avskärningsvinkel. Till höger visas hur golvarean av rummet ska inkludera även den projicerade arean av ovanförliggande skuggande objekt, i bredd motsvarande upp till rummets bredd. (Bilder från SS 91 42 01).

Den vänstra bilden i figur 7.1 anger att vid 20° avskärningsvinkel till motstående byggnad ska fönsterglasarean uppgå till minst 10 % av golvarean medan den måste öka linjärt med ökande avskärningsvinkel, till minst 12,5 % vid 30° avskärningsvinkel. Avskärningsvinkeln är vinkeln från fönstrets mittpunkt mellan horisontalplanet och högsta skärmande punkten på en annan byggnad. Är avskärningsvinkeln högre än 30° kan metoden inte användas.

Den högra bilden illustrerar att den projicerade ytan under ett skuggande objekt som balkong eller loftgång ska adderas till golvarean när glasarean bestäms (det ses som en utvidgning av rummet).

Metoden innehåller även flera geometriska begränsningar av rummet, som måste uppfyllas. Dessa återges här något förenklat. Dessa rör bl.a. fönstrets placering på vägg (de får inte vara excentriskt placerade mot väggens ena kant), rummets storlek (2,5–6 m bredd och 2–6 m djup accepteras), att det ska vara 2 eller 3 klara glas i fönster och att glasarea under 0,8 meter inte får inräknas i den erforderliga fönsterglasarean. Det sista villkoret är att dagsljusfaktorn beräknas 0,8 m över golv. Ljus som faller in under denna höjd bidrar ytterst lite till att öka dagsljusfaktorn i rummet, då ljuset först måste studsas i golvet och sedan flera gånger till innan ljuset kan nå mätpunkten.

Efter att alla villkor radats upp står slutligen följande tydliga klara budskap: ”Om dessa förutsättningar inte uppfylls går det inte att tillämpa standarden. I stället måste dagsljusfaktorn beräknas (se bilaga).” Erfarenheter från branschen säger att det ofta har varit lite si och så med att uppfylla alla villkor för AF-metoden, och metoden har använts lite slarvigt och utanför sina begränsningar. Under senare år har det dock blivit bättre, genom kunskapsupplysning i branschen och tack vara att vissa kommuner och

certifieringsorgan har skärpt tonen och betonat att samtliga villkor måste vara uppfyllda för att den ska få användas [150].

En annan vanlig missuppfattning är att det räcker med en fönsterglasandel på 10 %, men som visats ovan är detta inte helt sant. Metoden har också uppenbara begränsningar när avskärmningen kommer från fler håll än rakt framifrån, dvs. i kringbyggda kvarter i stället för vid lamellställda hus. Vid samtidig avskärmning från motstående byggnad och balkonger finns erfarenhet (med hjälp av datorsimuleringar) av att metoden kraftigt underskattar den verkliga dagsljusställningen.

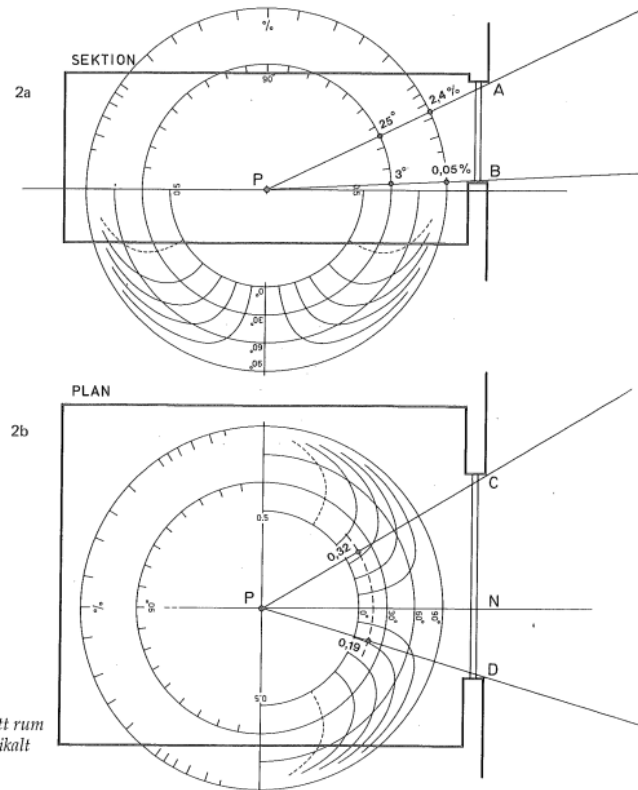
7.3 Handberäkning av dagsljusfaktorn (DF-Metoden)

För beräkning av dagsljusfaktor hänvisar BBR till boken *Räkna med dagsljus* (via hänvisning från SS 91 42 01) [5]. Boken är egentligen en ganska trevlig och kortfattad lärobok om dagsljus som fortfarande har sina poänger. Efter en inledning om ljus och viktiga parametrar att beakta (t.ex. bländfrihet och dagsljusets kvaliteter) kommer den ganska snabbt över på ett antal grundläggande parametrar som måste hanteras vid beräkning av dagsljusfaktor, och som gäller än idag oavsett vilket verktyg som används. Till exempel att den verkliga glasarean beaktas, karm, båge och ev. spröjs räknas bort då dessa är täta delar som inte släpper in ljuset. Vidare att korrekta eller rimliga reflektionsfaktorer för ytorna i rummet måste ansättas (golv, vägg och tak).

Räkna med dagsljus går igenom antal exempel för beräkning av dagsljusfaktorn och diverse hjälpmedel som dagsljusgradskivor, tabellverk m.m. Boken beskriver ett antal typfall som sidobelysta rum med vertikala fönster, inverkan av hinder utanför, oregelbunden avskärmning, inverkan av balkong eller loftgång samt utskjutande tak. Den går också igenom rum med takfönster av olika lutning, överglasade gårdar m.m.

Dagsljusfaktorn (DF) beräknas genom att addera tre delar av ljuset som bestäms var för sig. Dessa är den direkta himmelskomponenten (HK), den utereflekterade komponenten (URK) och den innereflekterade komponenten (IRK). Se figurerna 7.2 och 2.3. Både HK och URK bestäms med hjälp av transparenta gradmallar (dagsljusgradskivor) och genom att mäta upp öppningsvinklar från den önskade punkten till varje fönsteröppning i planritningar och sektioner. Metoden innebär ganska många delsteg, beräkning av medelvärdet av rumsytors reflektionsfaktorer eller slagning i diverse tabeller.

Just fallet med balkonger presenteras på ett sätt som ger en förklaring till varför referenspunkten enligt SBN fick flyttas utåt vid balkonger och loftgångar (halva rumsdjupet bestämdes då från balkongens framkant och rummets djupaste del). Balkongen ansågs nämligen utgöra en slags utvidgning av själva rummet och dess reflektionsfaktorer ingick i beräkningen av DF.



Figur 2. Sektion och plan över ett rum med dagsljusgradskivan för vertikalt 2-glasfönster inlagd.

Figur 7.2 Illustration av arbete med dagsljusgradskivor för att bestämma himmelskomponenten då ingen utvändig avskärmning tar bort dagsljus. (Källa: Räkna med dagsljus [5]).

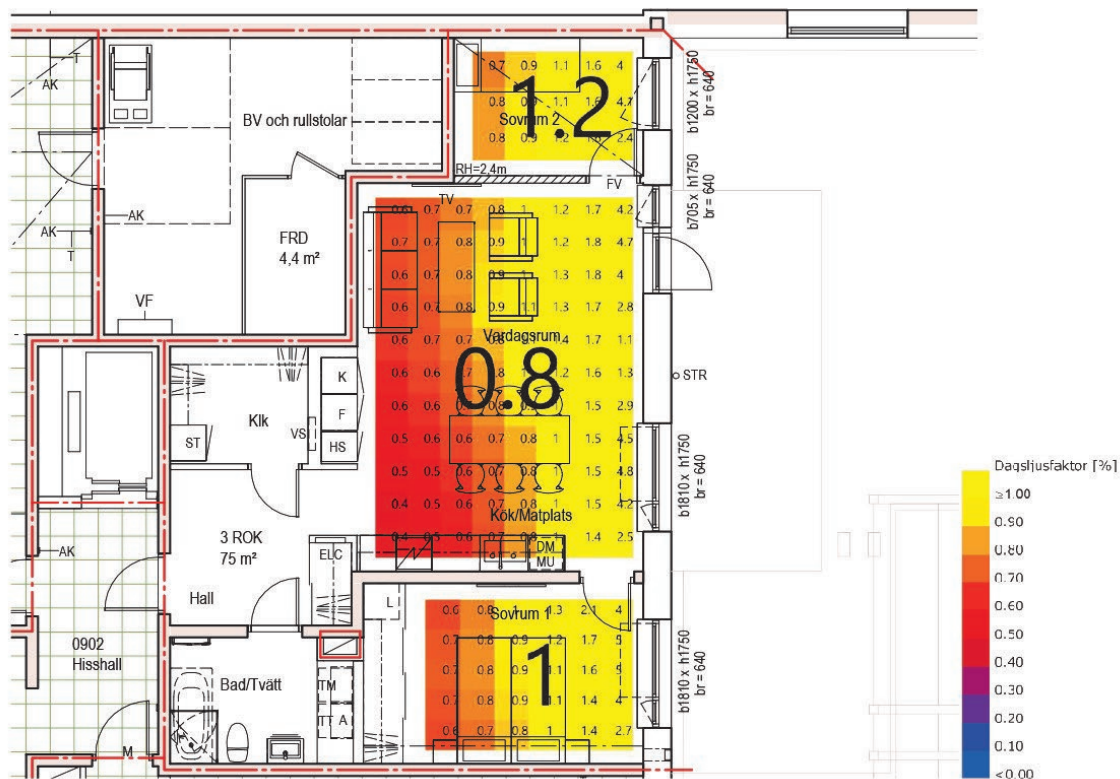
7.4 Beräkning av dagsljusfaktor med datorstöd

Idag är handberäkningsmetoden av DF helt utspeland av kraftfulla datorsimuleringsverktyg. Dessa utnyttjar vanligen s.k. back-ward ray-tracing för att simulera ljusets väg till ett rum (vilket betyder strålgångsföljning från beräkningspunkten till ljuskällan, vilket visar sig spara datorkraft). Den mest vanligt använda beräkningsmotorn är Radiance, som ligger ”under huden” på många av de kommersiella eller andra mjukvaror som används idag. Radiance utvecklades ursprungligen vid Lawrence Berkeley Laboratories, USA [151].

För att beräkna dagsljusfaktorn krävs en 3-dimensionell modell av byggnaden och dess omgivningar. Eftersom arkitektkontoren idag redan tillämpar 3-dimensionell projektering (eller BIM-projektering) i de allra flesta projekt, är det ganska enkelt att använda arkitektens modell och överföra den till något av flera tillgängliga beräkningsprogram för dagsljussimulering.

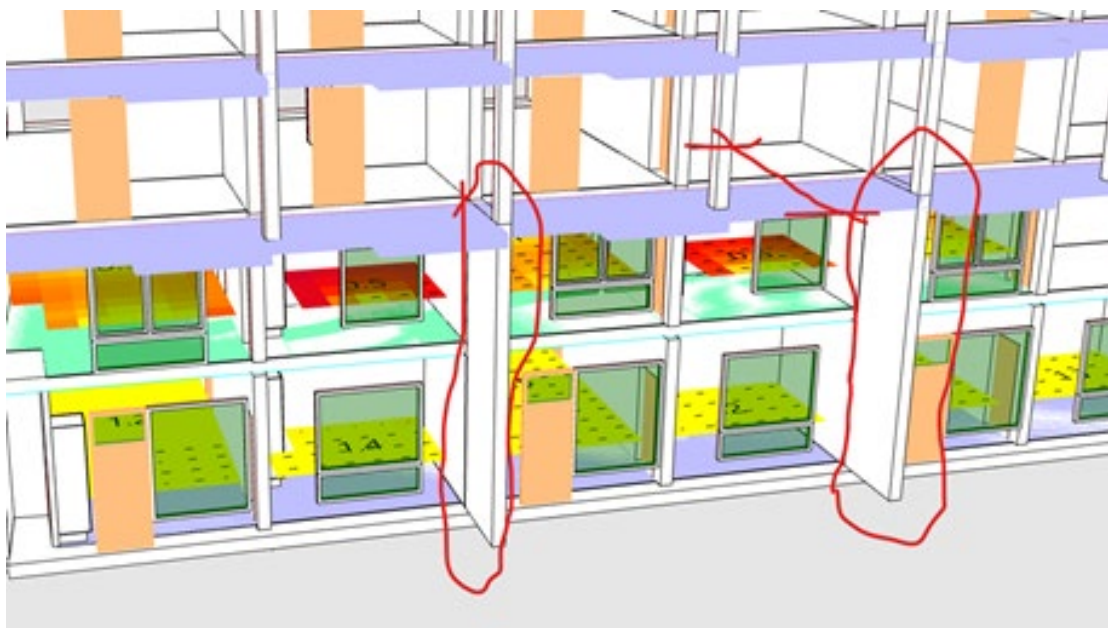
För att bestämma vilka punkter som ska beräknas är det lika enkelt (eller rentav enklare) att placera ut ett rutnät av mätpunkter i varje rum, i stället för att placera ut referenspunkten enligt BBR. Det finns idag inbyggda verktyg som delar in mätplanet i ett rutnät, det som krävs är att definiera själva mätplanets begränsningslinjer.

Att låta beräkna dagsljuset över en yta ger en bättre eller djupare förståelse för dagsljuset fördelas, än beräkning i en eller två punkter i varje rum, se figur 7.3.



Figur 7.3 Dagsljusfaktorer beräknade med moderna verktyg. Dagsljusfaktorn har beräknats i ett rutnät av punkter och medianvärdet för varje beräkningsyta har skrivits ut med större siffror. Värdena har sedan överlagrats på arkitektens planritning. Val av färgskala har gjorts så att alla punkter som överstiger myndighetskravet 1,0 % färgats gult. Detta underlättar tolkningen och kastar fokus på problemområdena, som får successivt mörkare färg ju lägre resultat. (Källa: Fojab).

Dagens starka grafiska redovisningsmöjligheter där dagsljusfaktorn illustreras i väl valda färgskalor bidrar till kunskapsuppbyggnad under projekteringsskedet för alla inblandade aktörer, förutom specialisten i dagsljusberäkningar, även arkitekt och beställare. Det blir enklare att förstå problematiken när dagsljusfaktorn kan visas på detta sätt. Det är idag vanligt att lokalisera rum där dagsljusstillgången är för låg. Det gäller vanligen i de mest avskärmade rummen långt ner i byggnaden. Med ett iterativt förfarande, genom att anpassa planlösningar, fönstersättning och balkongdjup till förutsättningarna, går det att lyckas med att skapa bättre dagsljusstillgång, även om man inte alltid når hela vägen. Se figur 7.4.



Figur 7.4 Exempel på en bild mitt inne i arbetsprocessen vid beräkning av dagsljusfaktorn. Här är det för låg dagsljusfaktor i rum som ligger under loftgång på plan 2 (men det finns ingen loftgång över plan 1). Loftgångsdjupet och de utvändiga skuggande skärmväggarna har markerats i rött på ett skärmklipp direkt ur beräkningsmodellen för dagsljus, för att kommunicera med arkitekten. Det finns även en motstående byggnad som skapar stor avskärmning. Samma färgskala på beräknad dagsljusfaktor som i föregående bild. Mätplanens resultat kan anas inne i rummen. (Källa: Fojab).

7.5 Standarden SS-EN 17037 Dagsljus i byggnader

Att BBR på ovanstående vis fortfarande hänvisar till beräkning av dagsljusfaktorn i en punkt eller till kontrollmetoder i utgångna standarder är snart nog ett minne blott. Boverket har fått i uppdrag att modernisera regelverket enligt en regelmodell kallad "Möjligheterna byggregler". Att låta beräkna dagsljusfaktorn i en enstaka punkt är en tydlig kvarleva från de förutsättningar som fanns då kraven ursprungligen formulerades i SBN 75, dvs. då enbart handberäkningsmetoder fanns att tillgå. En utveckling av standarden pågår sedan hösten 2022.

Idag utförs dagsljusberäkningar mycket mer noggrant med strålgångsföljning via kraftfulla datorer i en digital modell av byggnaden samt dess omgivning. Det är redan idag vanligt att dagsljusfaktorn beräknas i punkter jämnt fördelade över hela rummets yta.

När en ny EU-standard publicerades, SS-EN 17037:2018 *Dagsljus i byggnader*, gavs det förhoppningar om att Boverket enkelt skulle kunna hänvisa till denna standard. Det kom dock ganska snart att visa sig att detta inte var så enkelt ändå. Standarden behandlar fyra aspekter med följande rubriker:

- Dagsljustillgång
- Bedömning av utblick
- Exponering av solljus
- Avskärmning mot bländning

Här beskrivs främst innehållet i dagsljusdelen. Standardens formuleringar kring utblick och solljus behandlas endast kortfattat i avsnitt 2.

Standarden innehåller två metoder för beräkning av dagsljus. Den första metoden är beräkning av dagsljusfaktorer (D) på ett referensplan inne. Den andra metoden är en klimatbaserad metod för att beräkna belyningsstyrkan från dagsljus (E) över referensplanet inomhus. Medan dagsljusfaktor baseras på en mulen himmel av känd luminansfördelning (vanligen CIE standard overcast sky) bygger den klimatbaserade metoden på en beräkning med skiftande väder under ett meteorologiskt normalår. Den klimatbaserade metoden kan förväntas ge en mer nyanserad bedömning av faktiskt dagsljus och hur det brukar tolkas av lekmän (dvs. att även soliga situationer ingår), men beräkningarna blir mer dator- och tidskrävande. Det finns även frågetecken kring tillgången till normalårsfiler för dagsljusstillgång och hur kvalitetssäkrade dessa data är.

7.5.1 Standardens nya metod för att bedöma dagsljus

Standarden hanterar i grunden dagsljusstillgången som något mer komplext eller dynamiskt än vad som ges av begreppet dagsljusfaktor i sin traditionella form. Ett rum ska anses tillräckligt dagsljusbelyst om ett målgränsvärde för dagsljus uppnås över en viss andel av ett referensplan i rummet under minsta halva dagsljustiden (under ett år).

Det finns inga skarpa målgränsvärden för dagsljusnivån, men väl rekommenderade värden i tabeller. Hela standarden genomsyras av att rekommenderade värden indelas i tre nivåer, minimum, medel och hög tillgång. För dagsljus visar det sig snart att även miniminivåerna är mycket högt satta jämfört med dagens allmänna råd i BBR.

För fönster i vägg och lutande tak är de rekommenderade målgränsvärdena följande: Minimum (300 lx), Medium (500 lx) och High (750 lx). Dessa värden ska nås för minst halva den bedömda ytan av referensplanet och för minst hälften av dagsljusstimmarna på året. Det finns även ett lägsta målgränsvärde som ska nås för minst 95 % av planets yta. Här rekommenderas att miniminivån bör sättas till 100 lux. Se figur 7.5.

Table A.1 — Recommendations of daylight provision by daylight openings in vertical and inclined surface

Level of recommendation for vertical and inclined daylight opening	Target illuminance E_T lx	Fraction of space for target level $F_{plane},\%$	Minimum target illuminance E_{TM} lx	Fraction of space for minimum target level $F_{plane},\%$	Fraction of daylight hours $F_{time},\%$
Minimum	300	50 %	100	95 %	50 %
Medium	500	50 %	300	95 %	50 %
High	750	50 %	500	95 %	50 %

NOTE Table A.3 gives target daylight factor (D_T) and minimum target daylight factor (D_{TM}) corresponding to target illuminance level and minimum target illuminance, respectively, for the CEN capital cities.

Figur 7.5 Utdrag över rekommenderade nivåer för dagsljusstillgång i den nya standarden SS-EN 17037:2018.

Luxtalerna kan också omvandlas till dagsljusfaktorer. Genom att medianvärdet för dagsljus utomhus i standarden anges till 12 100 lux (Stockholm) kan målvärdet för belyningsstyrka på 300 lx omräknas till ett målvärde för D om 2,5 % ($300 / 12100 = 2,5 \%$). Eftersom halva ytan ska nå detta värde kan det lika väl tolkas som ett målvärde för medianvärdet av D i rummet, D_{median} . Då medianvärdet och det svenska punktvärdet är numeriskt mycket lika [8] går det att snabbt konstatera att standardens rekommenderade miniminivå är ca 2,5 ggr skarpare än dagens allmänna råd i BBR.

I dagsläget hänvisar inte BBR till denna standard, och därmed utgör de rekommenderade nivåerna inte minimivärden för verifiering av kravet på god tillgång till dagsljus i BBR. Eftersom det i praktiken är svårt att klara dagens BBR-krav om 1,0 % för alla vistelserum för flerbostadshus i täta stadsmiljöer, framstår den nya standardens värden som närmast utopiska, förutom när rum högt upp i byggnaderna studeras. Därför har Boverket inte heller någon lätt uppgift vid en uppdatering av regelverket, eftersom standardens (rekommenderade) lägstanivå skulle leda till en kraftig skärpning gentemot dagens krav.

7.5.2 Standarden som vägledning för dagsljusfaktorberäkningar?

Den nya standarden innehåller en hel del metodbeskrivningar som kan nyttjas som vägledning för den som ska utföra dagsljusberäkningar, men den är inte komplett. Ytterligare vägledning behövs.

I standarden definieras ordet dagsljusöppning som en öppning i klimatskärmen som släpper in dagsljus till rummet. Även om fönster är den typiska dagsljusöppningen så ger detta även utrymme för vidare tolkningar mot t.ex. ljjustunnlar.

Enligt standarden anges att dagsljuset ska beräknas över en yta – ett referensplan. Detta görs genom att placera ut mätpunkter eller beräkningspunkter i ett jämnt fördelat rutnät. Standarden talar om att placera detta 0,85 m över färdigt golv. Höjden är 5 cm högre än det som hittills använts vid kontroll av BBR:s krav, men detta kan nog antas ge försumbara skillnader.

Mätpunkter placerade inom ett band av 0,5 m från rummets väggar ska exkluderas ur rutnätet. Det är redan idag vanligt att beräkningar utförs på detta sätt, då det rekommenderas i annan litteratur.

Standarden nämner även andra viktiga antaganden som måste göras vid beräkningar, t.ex. att ta höjd för omgivande byggnader, att använda rimliga eller konservativt antagna värden för glasets ljustransmittans och ytors reflektionsfaktorer och ger exempel på sådana värden. Över huvud taget måste en beräkningsmodell byggas så att den utgör en god eller rimlig representation av den färdiga byggnaden.

Däremot saknas en del riktlinjer kring hur avskärmning från omkringliggande byggnader ska hanteras, t.ex. bygggrätter i gällande detaljplaner. Denna fråga har lösts elegant av t.ex. Malmö stad i deras checklista för dagsljusberäkningar vid bygglov [150]. Malmö stad kräver t.ex. att både befintliga byggnader och bygggrätter i antagna detaljplaner ska tas med som avskärmande. Eftersom många byggprojekt uppförs i nya kvarter eller stadsdelsområden där tomterna bebyggs successivt under ett antal år så skapar detta en rättvisa för alla aktörer som är välbehövlig. Det ska inte vara så att den som söker bygglov först ska ha fördelar gentemot den som söker sist.

En del detaljer kring placering av mätplan hade också behövt mer vägledning eller standardisering, t.ex. hur mätplan ska placeras i rum i förhållande till fast inredning, som bänkytor resp. högskåp.

En nationell samsyn kring dessa frågor hade underlättat processen i många projekt, då olika direktiv finns idag beroende på vilken kommun eller certifieringssystem som gäller. En vägledning från Boverket eller standardisering hade kunnat lösa många frågor och minskat osäkerheter i projekteringsskedet.

7.6 VSC som metod för tidig indikation på dagsljusstillgång

I tidiga skeden (i detaljplaneskedet) är det sällan möjligt att simulera dagsljusfaktor inomhus eftersom det då saknas detaljerade 3D-modeller med planlösningar,

fasadgestaltning, fönstersättning och balkonger. Dagsljusexponering mot fasader kan dock beräknas och användas som en tidig indikation på dagsljustillgången inne och hur väl byggnaderna kan förväntas klara av dagsljuskravet. Det som behövs är en enkel volymmodell av byggnaderna i 3D.

Det finns egentligen två varianter av beräkning av dagsljus på fasad, VDF och VSC. VDF står för vertical daylight factor, och denna tar hänsyn till reflektion mellan t.ex. fasader och mark. Vertical Sky Component, eller VSC, är en enklare variant som enbart tittar på det direkta ljuset, utan reflektioner. Detta ger en enkelhet och styrka till metoden, genom att kännedom om vilka kulörer eller vilka material som används inte behövs och VSC har därför kommit att användas vid utvärdering av detaljplaner.

Målet är att se till att fasader i alla planerade rum/vistelsezoner i projektet kommer få tillräcklig tillgång till dagsljus och samtidigt indikera vilka områden där fönsterytan kan behöva ökas och där balkongplacering och planlösningar kan behöva anpassas. VSC beskrivs av det brittiska byggforskningsinstitutet (BRE) som förhållandet mellan den direkta belysningsstyrkan på en vertikal yta, till den samtidigt horisontella belysningsstyrkan under en oavskärmd mulen himmel [149]. Ljuskällan är CIE standard overcast sky, vilken är densamma som för dagsljusfaktorberäkning inomhus, vilket är en stor styrka i metoden. VSC-beräkningen blir då även oberoende av geografiskt läge, väderstreck och årstider. Maxvärdet för en vertikal vägg är strax under 40 % (eftersom det jämförs med horisontell oavskärmd belysningsstyrka för standard overcast sky).

BRE har en skala för att grovt klassificera dagsljustillgången utifrån beräknat VSC-resultat och brittiska krav på dagsljus. Enligt BRE:s skala bör VSC > 27 % innebära att vanlig fönsterutformning är tillräcklig, för VSC 15–27 % krävs större fönster än vanligt eller förändringar i planlösning, VSC 5–15 % innebär att det är svårt att erhålla adekvat dagsljus och VSC < 5 % innebär att det nästan är omöjligt att få rimligt dagsljus.

Hur väl dessa rekommendationer stämmer överens med svenska dagsljuskrav för flerbostadshus har utretts [152]. Relationen mellan VSC och kravet D_{median} min 1 % i ett bostadsrum studerades för ett antal olika gårdskonstellationer med olika avskärmning. FOJAB har vidareutvecklat studiens resultat och arbetar idag utifrån en skala med fem steg för att preliminärt bedöma dagsljustillgången i bostadsrum enligt följande:

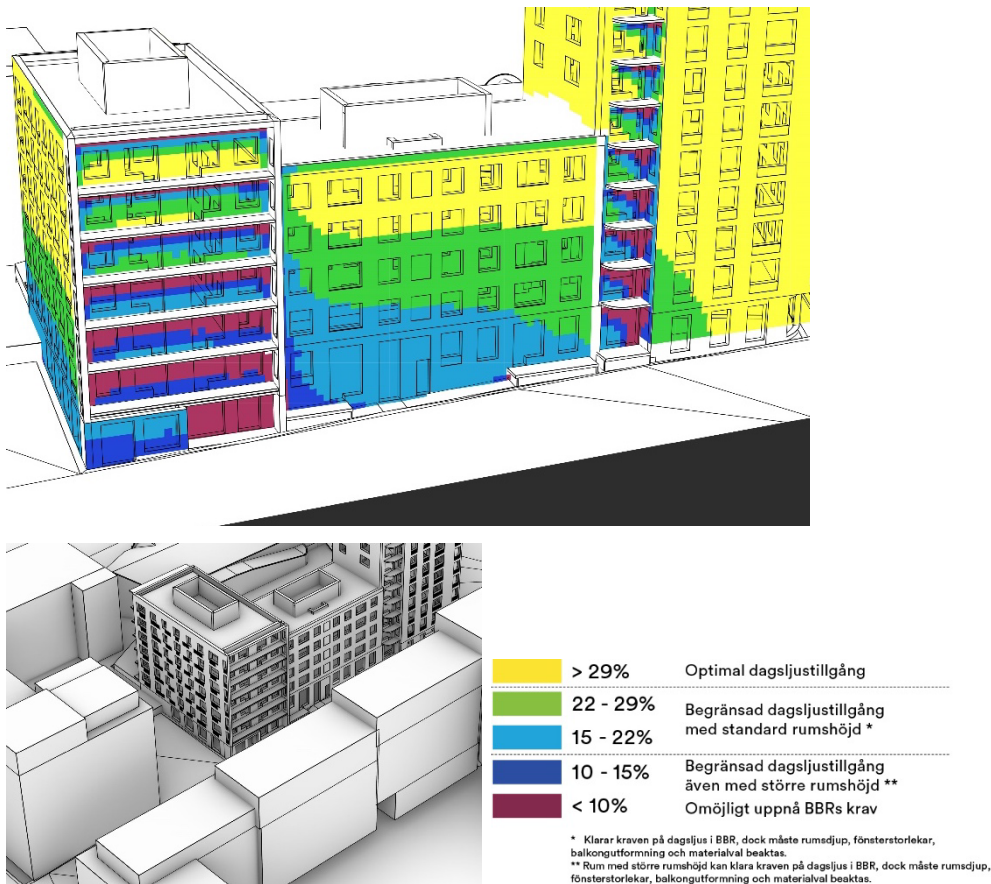
- 29 %, där tillgången till dagsljus bedöms vara god eller optimal. Rumdjup upp till 6 m, ev. 8 m, är möjligt*.
 - 22–29 %, kan uppnå tillräckligt med dagsljus om rumsdjupet begränsas till 5 m*.
 - 15–22 %, kan uppnå tillräckligt med dagsljus om rumsdjupet begränsas till max 4 m*.
 - < 15 %, där vi anser att mängden dagsljus är otillräcklig med normal takhöjd (ca 2,6 m) och normal fönsterhöjd.
 - < 10 %, där vi anser att mängden dagsljus är otillräcklig oavsett takhöjd.
- * Rumdjup inkl. ev. balkong/loftgång.

Enligt denna skala för moderna bostäder med rumshöjd 2,5–2,6 m, innebär ett VSC-resultat över 29 % mycket god tillgång till dagsljus. Mellan 15–29 % är det begränsat men kan uppnås med grundare rum (5 resp 4 m) och under 15 % anses att ljusmängden på fasad är så låg att det är näst intill omöjligt att uppfylla BBR:s krav på dagsljus. Det femte steget i skalan har lagts till för att få lite mer upplösning i de mörka områdena och för att kunna anpassa skalan även till rum med lite högre rumshöjd som ibland förekommer på nedersta våningsplanet i bostäder. För lokaler är rumshöjden alltid högre (minst 2,7 m) vilket gör dagsljussituationen något mer gynnsam, men samtidigt är husen

ofta djupare. Den totala glasytan till golvytan kan dock ökas med högre våningshöjder eftersom fönster kan placeras högre på vägg.

Skalan har visat sig vara ganska användbar. I praktiken begränsas fönsterarean i fasad av ett antal andra aspekter också, t.ex. brandspridning i vertikalled i fasad, bullerreduktion, energikrav, solvärmebelastning i m.m. Dagsljuskravet är det enda som driver fönsterarean uppåt, medan de andra aspekterna driver fönsterarean nedåt.

En sak att beakta vid studier av VSC i detaljplaner är om byggnader modelleras med skuggande objekt som balkonger och loftgångar eller inte. Utan att ta med dessa ger VSC en indikation på hur bebyggelsestrukturen i sig påverkar dagsljusstillgången. Balkonger och loftgångar är däremot byggherrens eller beställarens val som kan ha med projektekonomi etc. att göra. Det är enkelt att skärma bort mycket dagsljus mot fasad genom t.ex. loftgångar, vilket beskrivits tidigare.



Figur 7.6 Exempel på VSC-beräkning på fasad där avskärmning från både grannbyggnader och balkonger tagits med. (Källa: Fojab).

7.7 Beräkning av soltimmar på mark och fasad

Med dagens simuleringsverktyg är det enkelt att studera antalet möjliga soltimmar på gårdar, fasader eller tak. Beräkningar görs för en ideal solig dag, antingen för alla dagsljusstimmar eller mellan valfria klockslag. Datum för beräkningen måste väljas, och det är vanligt att utföra analyser för sommarsolståndet, vintersolståndet samt för vår-/höstdagjämningen. Dessa tre fall representerar då de två ytterligheterna samt medelläget mellan dessa. Även andra datum studeras ibland.

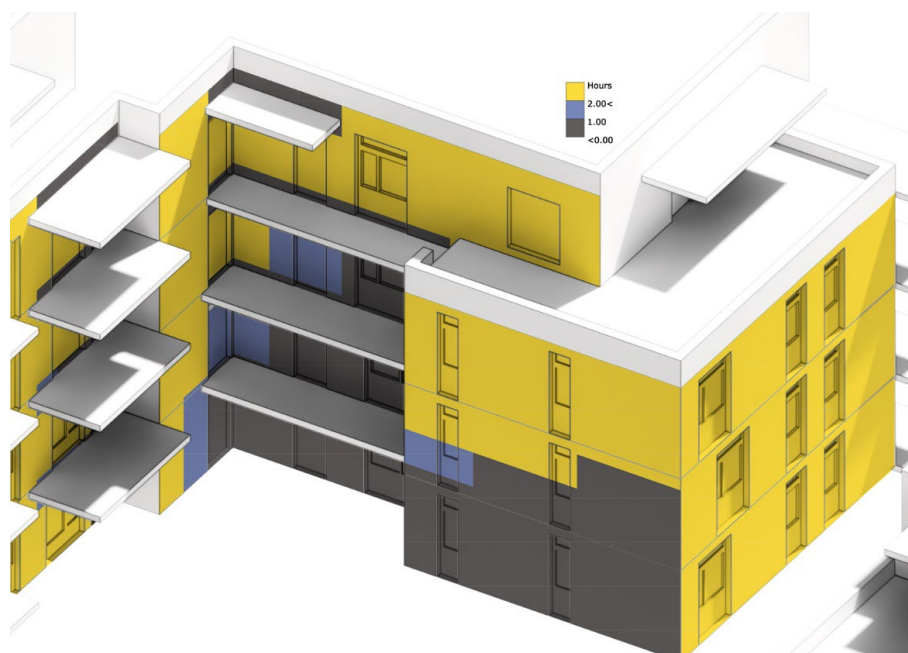
I detaljplaneskedet är det inte ovanligt att antalet soltimmar redovisas på detta sätt för förskolegårdar, däremot efterfrågas det sällan för bostadsgårdar. Det är också ovanligt att soltillgången i bostäder kontrolleras vid bygglov eller startbesked på detta sätt.

BBR:s avsnitt om solljus 6:323 saknar allmänna råd. Därmed saknas vägledning om hur länge solen ska kunna lysa in, och när den kan anses vara värdefull. Ett förtydligande om vilken dag på året och mellan vilka klockslag som soltillgången får inräknas hade kunnat leda till ett större fokus på soltillgången i bostäder.

Mitt i sommaren kommer solen att nå även fritt exponerade rum i rakt norrläge, men det sker under ett par tidiga morgontimmar. Detta beror på att solen stiger upp i nordost om sommaren (se Pleijels solkarta i figur 2.4). Eftersom de flesta sover vid denna tid, är det få personer som kan få glädje eller hälsofördelar av det direkta solljuset i rakt norrvända rum. Därför kunde det tyckas rimligt att förtydliga datum och klockslag då soltillgången borde studeras som bättre sammanfaller med den tid då de flesta är vakna.

Sådana hänsyn gjordes i äldre tiders skrifter, bl.a. i skrifterna *Sol i bebyggelseplanering* [11] och *Solklart* [153]. Här utvärderades antalet soltimmar kl. 9–17 vid vår- eller höstdagjämningen. Denna dag var enkel att hantera med grafiska metoder, eftersom skuggan då är lika lång hela dagen. Idag finns kraftfulla digitala verktyg och det är möjligt att välja valfria datum och tidsperioder.

I figur 7.7 visas en illustration av en beräkning av soltimmar på fasad, där även fönsters läge markerats och där fokus legat på områden med få soltimmar. Här är det utfört mellan kl. 7–20 för den 21 maj. Genom att samläsa sådana bilder med tillhörande planritning går det att ge en uppfattning om varje lägenhet får tillräckligt med sol.



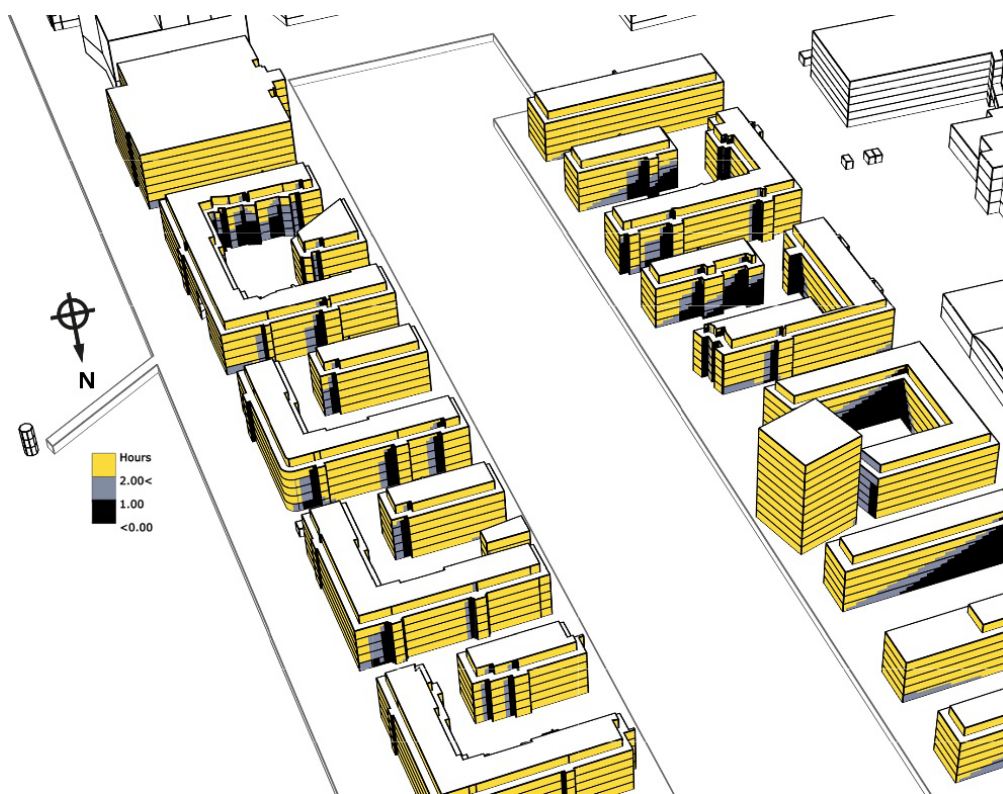
Figur 7.7. Exempel på redovisning av soltillgång. Genom samläsning av soltimmar på fasad med planlösningar kan solljuskravet kontrolleras för en enskild byggnad. Här har soltimmarna beräknats med hänsyn till omgivande byggnader för den 21 maj mellan kl. 7–20. Grå områden får 0–1 soltimme, blå områden får 1–2 soltimmar och gula områden får > 2 h soltimmar. (Källa: Fojab).

För att ställa krav och bevaka solljustillgången finns idag möjligheter att hänvisa till SS-EN 17037 och dess avsnitt om solljus. Här finns en utarbetad metodik som säger att solljuset ska bedömas i en referenspunkt som placeras innanför fönstret, i liv med insida vägg, mitt i öppningens bredd och 1,2 m över golv.

Vad gäller kravställning om soltimmar finns inga skarpa krav i standarden (jämför dagsljus) utan endast rekommendationer för antalet soltimmar. Dessa anger dock en daglig solljusexponering på 1,5 timmar som ett minimum, 3,0 timmar anges som medel

och 4,0 timmar anses som hög exponering. Minst ett vistelserum i bostaden ska nå den rekommenderade exponeringen.

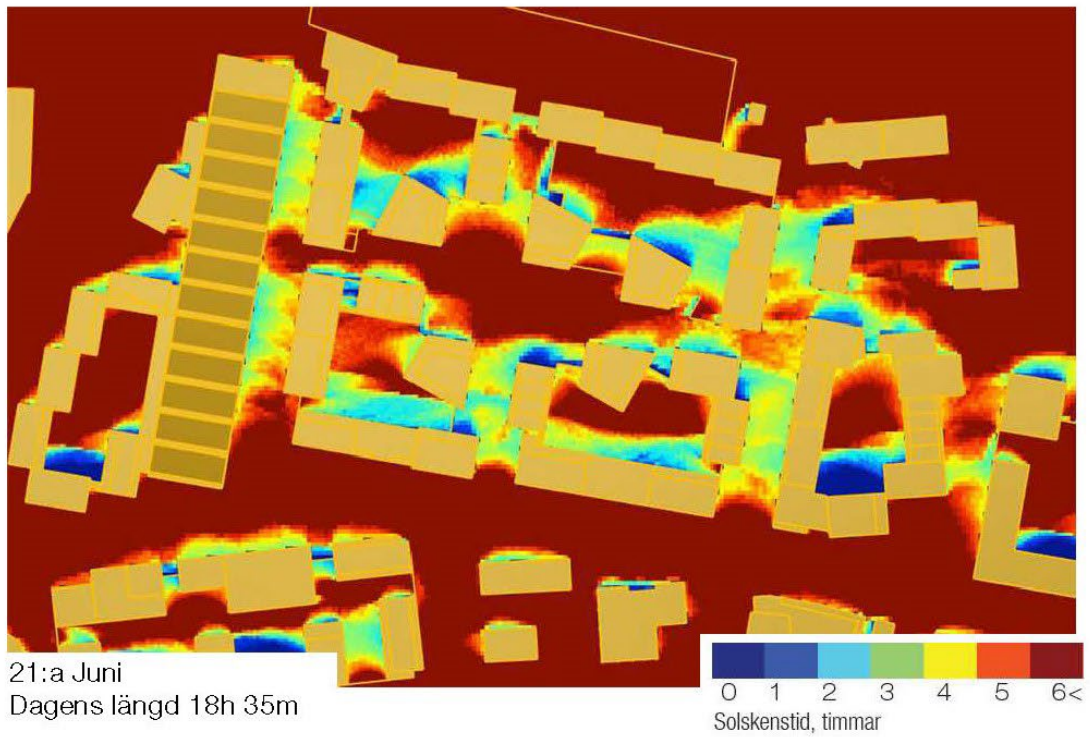
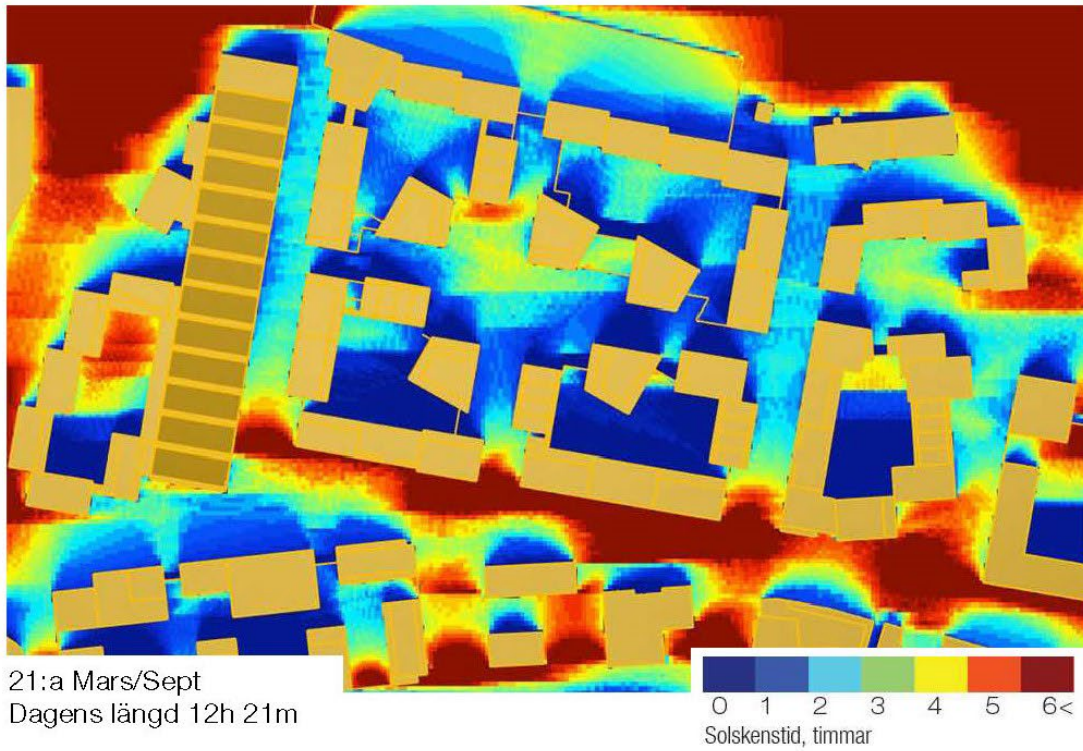
Det som kan vara problematiskt i Norden är att standarden nämner att utvärderingen bör vara ett datum mellan 1 februari och 21 mars. Då står solen lågt här och mycket större andel av fasaderna ligger i skugga jämfört med ett datum närmare midsommar.



Figur 7.8 Beräknat antal soltimmar på fasader för området Dockan i Malmö, för den 21 maj kl. 7–20. (Källa: Fojab).

I figur 7.8 visas en utvärdering av soltimmar på fasad för ett större bostadsområde i Malmö som är utförd för den 21 maj kl. 7–20 och där fokus legat på att studera fasader med kort solexponering. Färgskalan motsvarar < 1h, 1–2 h och > 2 h. Bedömningstiden (kl. 7–20) har valts utifrån klockslag som kan antas motsvara vaken tid för många personer, dvs. då solljusexponeringen är värdefull. Observera att detta var ett subjektivt val, som inte återfinns varken i den nya standarden eller i äldre litteratur. Alla fasaddelar med fler än 2 h har illustrerats med gult, vilket då med en liten marginal uppfyller den nya standardens krav, dock inte till datum.

Denna slags illustrationer skulle kunna användas mer flitigt för att bedöma t.ex. nya detaljplaneförslag och för att kunna bestämma i vilka lägen som enkelsidiga lägenheter bör undvikas. Även soltimmar på gårdsytor kan illustreras på liknande sätt, se exempel i figur 7.9. Det förekommer att analyser av detta slag görs för detaljplaneförslag, men det görs inte alltid.



Figur 7.9 Solskenstid på mark i detaljplaneförslag beräknat för vår- och höstdagjämningen samt för sommarsolståndet. (Källa: Fojab).

8 Branschens aktörer

Detta avsnitt summerar och exemplifierar kort branschens aktörer rörande ljus.

8.1 Branschens aktörer i Sverige

Här redovisas ett urval av branschaktörer som verkar i Sverige förutom de stora grupperna av material- och produkttillverkare, byggherrar, projektörer, entreprenörer, fastighetsägare och förvaltare samt försäkringsbolag och certifieringsorgan. Sammanställningen är inte fullständig och kommer att behöva justeras efter hand, både beträffande vilka aktörer som finns/bör finnas med, och beträffande den beskrivande texten. Listan har delats in i följande kategorier:

- Bransch- och intresseorganisationer samt nätverk
- Universitet & högskolor
- Forskningsinstitut
- Forskning och utveckling
- Utbildare

Ett bra sätt att följa aktörernas aktiviteter är att följa de nyhetsbrev som flera av aktörerna publicerar regelbundet.

8.1.1 Bransch- och intresseorganisationer samt nätverk

Belysningsbranschen

Belysningsbranschen är en huvudorganisation för Sveriges tillverkare och importörer av ljuskällor, belysningsarmaturer och komponenter. Det övergripande målet är att skapa intresse, sprida kunskap och verka för ökad kvalitet på belysning i den offentliga miljön.

Byggföretagen

Byggföretagen är en bransch- och arbetsgivarorganisation för bygg-, anläggnings- och specialföretag som är en del av Svenskt Näringsliv.

Byggherrarna

Föreningen Byggherrarna med dotterbolaget Byggherrarna Sverige AB verkar för att belysa och stärka byggherrefrågor genom hela byggherreprocessen från idé till färdigställande med hänsyn tagen även till förvaltningsskede och rivning. Medlemmarna representerar långsiktiga fastighetsägare eller förvaltare som utvecklar, planerar och genomför bygg- eller anläggningsprojekt för egen drift och förvaltning.

Fastighetsägarna

Fastighetsägarna är en branschorganisation med uppdrag att förbättra villkoren för fastighetsföretagandet så att bostads- och lokalmarknaden kan utvecklas. Organisationen består av förbundet Fastighetsägarna Sverige och fyra regioner. Fastighetsägarna har publicerat boken God inomhusmiljö - en handbok för fastighetsägare. Den riktar sig främst till mindre fastighetsägare och bostadsrättsföreningar och innehåller en genomgång av regelverk och av tekniken som påverkar inneklimatet. Boken ska fungera som en branschguide för hur en god inomhusmiljö skapas.

Kontrollansvarigas riksförening (KARF)

Kontrollansvarigas riksförening (KARF) är en ideell rikstäckande organisation för personcertifierade kontrollansvariga (KA) med uppdrag i alla typer av byggprojekt.

Ljusinitiativet

Ljusinitiativet är en ideell och oberoende organisation, som startats av forskare och branschexperter inom flera ljusrelaterade discipliner. Alla har unika erfarenheter och kompetenser samt ett personligt engagemang och en strävan att vilja göra skillnad.

Ljudinitiativet har till syfte att stödja framtagande av kunskap och tekniska lösningar samt främja akademisk forskning kring hälsosam ljuspåverkan. Organisationen verkar för att morgondagens ljusmiljöer ska understödja barns och vuxnas hälsa och välbefinnande.

Svensk ljusdesign

Svensk ljusdesign erbjuder ackreditering till beställare och byggherrar för en kvalitetsnivå vid upphandling av oberoende ljusplanering. Svenska ljusdesigners verkar för att skapa en fristående disciplin inom bygg- och anläggningsbranschen som uteslutande behandlar ljusfrågor.

Svenska belysningssällskapet

Svenska Belysningssällskapet är en ideell förening som arbetar för kunskap, kreativitet och utveckling inom belysningsområdet samt för att öka insikten om ljusets betydelse för den totala miljön.

Svenska institutet för standarder (SIS)

Svenska institutet för standarder (SIS) är en del av den globala standardiseringsorganisationen ISO och den europeiska standardiseringsorganisationen CEN. SIS ingår i ett nätverk av experter som arbetar med att skapa svenska, europeiska och internationella standarder. SIS har tekniska kommittéer som består av experter inom branschen som är med och utformar europeiska standarder inom respektive bransch. SIS är en öppen plattform för samverkan och svensk påverkan på den internationella standardiseringen. SIS har ett regeringsuppdrag att underlätta för svensk export.

Sveriges kommuner och regioner (SKR)

Sveriges kommuner och regioner (SKR) är en medlems- och arbetsgivarorganisation som alla Sveriges kommuner och regioner är medlemmar i. Organisationens uppgift är att stödja och bidra till att utveckla kommuner och regioners verksamhet, och är ett nätverk för kunskapsutbyte och samordning. SKR ska ge service och professionell rådgivning till tjänstepersoner och förtroendevalda i kommuner och regioner inom alla de frågor som kommuner och regioner är verksamma inom. SKR har bland annat tagit fram underlag beträffande faktorer som påverkar inomhusmiljön samt de lagar, föreskrifter och rekommendationer som finns inom området. Avsikten är att ge en bra grund till medlemmarna inför diskussioner om inomhusmiljöfrågor.

Sydljus

Sydljus är en ideell förening, som arbetar för kunskap, kreativitet och utveckling inom belysningsområdet. Föreningen verkar för ökad insikt om naturligt och artificiellt ljus ur tekniska, synergonomiska och estetiska aspekter. Verksamheten bedrivs i huvudsak i Sydsverige samarbetar med liknande organisationer nationellt och internationellt. Som medlem i Sydljus får du också delta i arrangemang hos våra systersällskap, Svenska Belysningssällskapet och Västljus, till medlemspris.

Teknikföretagen

Teknikföretagen är en bransch- och arbetsgivarorganisation som är en del av Svenskt Näringsliv.

Västsvenska belysningssällskapet - Västljus – VSB

Västsvenska belysningssällskapet VSB är ett öppet forum för informella kontakter mellan alla yrkeskategorier med ett stort intresse av eller som sysslar med belysningsfrågor: arkitekter, inredare, elkonsulter, belysningstekniker, ljussättare, armatur- och

Tillverkare av ljuskällor, läkare, personal som arbetar med företagshälsovård och arbetsmiljö, optiker, skyddsingenjörer m.fl.

8.1.2 Universitet & högskolor

Sveriges Bygguniversitet

Sveriges Bygguniversitet är en samarbetsorganisation som omfattar de forsknings- och utbildningsenheter på Chalmers, KTH, LTH och LTU som är knutna till utbildning av civilingenjörer eller motsvarande. Organisationen ska verka för att den bygginriktade forskningen och utbildningen får bättre möjligheter att fylla det behov av ny- och tvärdisciplinär kunskap och kompetens som utvecklingen mot ett alltmer hållbart samhälle skapar.

Chalmers

Vid Chalmers CVA, centrum för vårdens arkitektur, sammanställs forskning om dagsljus betydelse för hälsa.

Kungliga Tekniska Högskolan (KTH)

Vid KTH genomförs forskning om ljus vid Arkitekturskolans avdelning för ljusdesign.

Ljuslaboratoriet är en avdelning vid KTH Arkitekturskolans och arbetar inom ämnet ljusdesign på masternivå på utbildning och forskning. Synsättet på ljus och ljusplanering är en kombination av visuell, fysisk och biologisk baserad erfarenhet och kunskap tillämpad på design, teknik och hälsa.

Lunds Universitet – Faculty of Engineering (Lunds Tekniska Högskolan – LTH)

Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign (EBD) vid Lunds universitet (LTH) erbjuder ett 2-årigt program som heter ”Master in energy-efficient and environmental buildings”. I programmet ingår en obligatorisk kurs om dagsljus och belysning som heter ”Daylighting and lighting buildings”. Flera av programmets uppsatser (exjobb projekt) handlar om dagsljus, belysning och energi. EBD deltar i utbildningsprojektet NLITED. Lunds universitet (LTH) erbjuder även en 3hp kurs som heter ”Ljus och färg” för arkitektur eller industridesign studenter (kandidatprogram).

Malmö universitet

Vid Institutionen för materialvetenskap och tillämpad matematik bedrivs utbildning och forskning med koppling till installationer och energi.

Tekniska Högskolan i Jönköping

Vid Avdelningen för byggnadsteknik och belysningsvetenskap är forskningsvisionen att skapa "en högkvalitativ byggd miljö för alla". Avdelningens uppdrag för att förverkliga denna vision är "att skapa lösningar för byggnader och infrastrukturer som nyttar människor, industri och samhälle och samskapar en hållbar framtid." Forskning om belysning är en specialitet.

Jönköping University erbjuder ett 180 hp program som heter Ljusdesign och belysningsteknik.

8.1.3 Forskningsinstitut

RISE Research Institutes of Sweden (RISE)

RISE är ett statligt forskningsinstitut som samverkar med företag, akademi och offentlig sektor. Samverkan sker både nationellt och internationellt. RISE erbjuder miljöer för test och demonstration av teknologier, produkter och tjänster. Inom affärs- och innovationsområdet Hållbara städer och samhällen finns RISE samlade expertis inom bland annat hållbart byggande och energisystem. Koncernövergripande forskningsområden finns bland annat rörande Byggd miljö, Energi och Material. RISE har regler

för produktcertifiering och utför certifiering av ledningssystem och personcertifiering. RISE är anmänt organ för ett drygt tiotal CE-märkningsdirektiv eller förordningar. Ett anmänt organ uppfyller krav på bland annat oberoende och opartiskhet.

8.1.4 Utbildare

Universitet och högskolor

Vid universitet och högskolor ingår kurser om ljus och belysning i utbildningar till bl.a. arkitekt och högskoleingenjör.

Kungliga Tekniska Högskolan – KTH

KTH har en ettårig magisterutbildning: Architectural Lighting Design Program. Det är ett internationellt program som ger en fördjupad förståelse av området ljusdesign genom vetenskapligt baserad kunskap och praktisk erfarenhet inom området elektriskt ljus och dagsljus. Utbildningen ljusdesign är grundläggande för att lyfta fram arkitektur och avgörande för människors välbefinnande.

NLITED - New Level of Integrated TEchniques for Daylighting education

NLITED är en utbildningsplattform för dem som vill lära sig mer om dagsljus och dess potential att förbättra välmående och minska förbrukningen av el. Projektet genomförs av ett konsortium bestående av fyra europeiska universitet: Niccolò Cusano University (IT), DTU (DK), Gdańsk Tech (PL) och Lunds Universitet (SE) med samarbete med många associerade partner

STI - Stockholms Tekniska Institut

STI har en 2-årig YH-utbildning som innehåller teknik, design och estetik. I utbildningen ingår att planera och projektera belysningslösningar med hänsyn till både design, arbetsmiljö och energieffektivitet.

Sverigefinska Folkhögskolan i Haparanda

Sverigefinska Folkhögskolan i Haparanda har en 2-årig utbildning i ljusdesign samt distanskurs.

Tekniska Högskolan i Jönköping

Tekniska Högskolan i Jönköping har en treårig kandidatexamen med huvudområdet Produktutveckling, inriktning Ljusdesign. Utbildningen i ljusdesign ger den som är intresserad av att arbeta med dagsljus och elljus stora möjligheter att fördjupa dina kunskaper förbereda för framtida arbetsuppgift med ljus och belysning.

Yrkehögskolan (YH)

Inom yrkehögskolan finns fyra typer av huvudmän: statliga, kommunala, landsting och privata anordnare. Under 2019

8.2 Forskning och utveckling

ARQ

ARQs ändamål är att främja vetenskaplig forskning angående arkitektur, samhällsplanering, byggnadsplanering och projektering. ARQ verkar som en länk mellan akademins forskare och företagens praktiker i gränsöverskridande studier och projekt. ARQ har finansierat flera projekt om dagsljus och belysning.

Bertil och Britt Svenssons Stiftelse för belysningsteknik

Belysningsstiftelsen främjar forskning och utbildning och ger stipendier till olika typer av projekt inom belysning.

Forskningsrådet Formas

Formas är ett statligt forskningsråd för hållbar utveckling. Rådet finansierar forskning

och innovation, utvecklar strategier, gör analyser och utvärderar. Verksamhetsområdena ligger inom miljö, areella näringar och samhällsbyggande. Rådet genomför forskningsammansättningar som syftar till att underlätta för Sverige att nå de nationella miljömålen. Rådet kommunicerar forskning och forskningsresultat.

Light Collaboration Network – LCN

Light Collaboration Network är ett nätverk som har utvecklats utifrån en önskan om möjligheter att kommunicera kring ljusrelaterade ämnen. Föreningen uppmuntrar utbildningsutbyte och samarbete mellan forskning och industri bland en bred publik.

NLITED - New Level of Integrated TEchniques for Daylighting education

NLITED-projektet genomförs av ett konsortium bestående av fyra europeiska universitet: Niccolò Cusano University [(IT), DTU (DK), Gdańsk Tech (PL) och Lunds Universitet (SE) med samarbete med många associerade partner.

Smart Built Environment

Smart Built Environment är ett strategiskt innovationsprogram för hur samhällsbyggnadssektorn kan bidra till Sveriges resa mot att bli ett globalt föregångsland som realiserar de nya möjligheter som digitaliseringen för med sig. I Smart Built Environment genomförs en långsiktig satsning för att ta fram mer hållbara och integrerade sätt att bygga.

Statens energimyndighet, Energieffektivisering inom belysningsområdet – EELYS

Programmets syfte är att främja energieffektivisering genom utveckling inom belysningsområdet.

Svenska Byggbranschens utvecklingsfond (SBUF)

Svenska Byggbranschens utvecklingsfond (SBUF) har flera forsknings- och utvecklingsprojekt om dagsljus.

Vinnova

Vinnova är Sveriges innovationsmyndighet med uppdrag är att stärka Sveriges innovationsförmåga och bidra till hållbar tillväxt. Vinnova ska vara en innovativ kraft i en hållbar värld för att Sverige och stimulerar samarbeten där kunskap och kompetens från olika håll möts och där organisationer lär av varandra. Varje år satsar Vinnova ungefär tre miljarder kronor på forskning och innovation.

9 Slutsatser och reflektioner

Denna kunskapssammanställning över bland annat regelverk, vägledningar och frivilliga krav för ljus, dagsljus, solljus, utblick och belysning visar att det finns många verktyg att ta hjälp av för att styra kvaliteten inom området. Det är viktigt med robusta lösningar för sådant som inverkar på människors hälsa.

9.1 Gap, utvecklingsbehov, utmaningar

Exempel på kunskapsgap, utvecklingsbehov och utmaningar redovisas här.

Förtätning och maximering av markanvändning

Vid stadsförtätning är risken stor att dagsljusnivåer i befintliga byggnader minskar kraftigt. Även många nya stadsdelar byggs med så hög täthet att dagsljusstillgången inte lever upp till dagens krav i alla vistelserum. Det ska noteras att en ökad medvetenhet om de kvantitativa dagsljuskraven fungerar som en garant för att trenden att rationalisera bort tillgång till dagsljus och utblick möjligtvis inte drivs alltför långt. På detta sätt hjälper kvantitativa dagsljuskrav att fler får tillgång till en mer hälsosam inomhusmiljö.

Energianvändning för belysning kan minskas

Det finns inslag i moderna byggprojekt som bidrar till lägre energianvändning men som samtidigt kan leda till lägre dagsljusinsläpp. Minskad fönsterarea ger som konsekvens minskad dagsljusnivå vilken i sin tur får följden att elektrisk belysning måste tändas oftare, särskilt på lägre våningar. Detta leder till högre elanvändning, en oönskad effekt i tider av elbrist. Det kan till och med leda till högre interna värmebelastningar under sommarens värmeböljor eftersom dagsljus normalt har ett högre ljusutbyte (lm/W) än de flesta elektriska ljuskällor. Dagsljus är både fri/gratis ljus- och energikälla, vilket bidrar till resiliens vid elavbrott.

I ett historiskt perspektiv kan noteras att elektrisk belysning är ett relativt nytt fenomen. Glödlamporna och lysrören uppfanns omkring 1880 respektive 1930 dvs. för mindre än 150 år sedan. Före dessa uppfinningar var alla byggnader belysta av dagsljus och byggplanerna och stadsplaneringen ritades noggrant för att säkerställa god tillgång till dagsljus. Avståndet mellan byggnader och byggnadens höjd och djup behövde kontrolleras noggrant för att undvika att sätta människor i mörkret.

Idag när vi står inför en energi- och elkris är det värt att komma ihåg att en av de viktigaste energikällorna (dagsljus) också är den viktigaste dirigenten för tidsanpassning och har påverkat utvecklingen av alla arter på jorden, inklusive människor, ända ner till cellnivå. Ny forskning publiceras varje månad som visar hur varje band av den elektromagnetiska strålningen - från UV till infraröd - är kopplat till dygnsrytmen och att dygnsrytmen är allmänt grundläggande för hälsa.

Åtgärder mot buller som påverkar ljus och utblick

Det finns regler i BBR för att begränsa störande ljud så att olägenheter för människors hälsa därmed kan undvikas. Många av de byggtekniska åtgärder som används för att reducera buller påverkar dagsljusstillgång och till en viss del även utblick negativt.

För byggnader i bullerutsatta miljöer är det vanligt att fönsterstorlekar begränsas av akustiska skäl. Därtill kan fönster ibland utformas med breda eller djupa fönsterprofiler och/eller utrustas med en ytterligare glasskiva som påverkar fönstrets ljustransmittans. Lägre ljustransmittans försämrar också kvaliteten på utblicken. Balkonger är en annan metod som används för att reducera ljudnivåer i bostäder, vilket också minskar dagsljusinsläppet. Vid tekniskt samråd är det inte ovanligt att akustikkraV väger tyngre än kraven på dagsljus samt utblick.

Trender i nya byggprojekt

Några av de senaste trenderna i utformningen av nya byggprojekt har lett till reducerade dagsljusnivåer inomhus (t.ex. oregelbunden och asymmetrisk placering av fönster, mörka fasadmateriäl, avskärmning via fasadelement).

Ett kvantitativt dagsljuskrav säkerställer att vistelserum erhåller tillräckligt med dagsljus för att inte riskera människors hälsa, och byggnadens gestaltning får inte riskera människors tillgång till ett hälsosamt dagsljusinsläpp.

Dagsljusfaktor och bedömning av tillgång av dagsljus

Dagsljusfaktorn är ett bra mått för att bedöma tillgången av dagsljus.

Dagsljusfaktorn beskrivs i en nyare standard där den bedöms över en yta och inte i en punkt. BBR hänvisar till föråldrade metoder.

Risk för flimmer och bländning från elektrisk belysning

Elektrisk belysning inomhus behöver utformas för att underlätta seendet. God visuell miljö med bra belysning ger förutsättningar för välmående. En god visuell miljö minskar mängden ögonbesvär, huvudvärk, muskel och ledbesvär och kan påverka prestationsförmåga och produktivitet på ett positivt sätt. När det finns bländande eller flimrande armaturer ökar förekomsten av besvär. Det går att utvärdera den visuella miljön med "keps-testet" eller att kolla flimmer med mobiltelefon. [154]

9.2 För olika aktörer i branschen

Forskning om inomhusmiljö och hälsa samt medicinsk forskning

Det är viktigt att byggbranschen håller sig ajour med pågående medicinsk forskning om cirkadiska cykler och hur dagsljus, solljus, utblick och belysning på verkar hälsa.

Nya rekommendationer kommer allt tätare.

Kommuner

I detaljplaner fastställs förutsättningarna för exploateringsgraden. Byggnaders möjligheter att uppfylla krav på ljus, dagsljus, solljus och utblick ska prövas.

Vid framtagande av detaljplaner är det därför viktigt att se till att kraven är möjliga att uppfyllas. Idag finns många verktyg som också lämpar sig för tidiga skeden, men det är inte alltid som de tillämpas eller att exploateringsgraden anpassas till resultaten i de studier som görs.

Tillsyn av ljusfrågor sker i samband med hantering av bygglov och startbesked.

Formellt sett ska det först granskas vid startbesked men då är det för sent för att göra större åtgärder som kan förbättra dagsljusstillgången, eftersom husets form, planlösningar och fönstersättning godkänns vid bygglovet. Av detta skäl begär en del kommuner in dagsljusredovisning redan i bygglovsskedet för en preliminär granskning. Vid hantering först vid startbesked är projekteringsarbetet långt framskridet och anmärkningar skulle få stora konsekvenser.

Projektering

När alla rum i kritiska lägen kontrolleras i projekteringen är det vanligt med avvikelser från kraven på dagsljusfaktor. En del kan lösas på ritbordet men inte allt. Ibland är förutsättningarna för svåra och det går inte att hitta lösningar som tillgodoser alla krav.

Dagsljusproblematiken brukar härröra från hög avskärmning från omkringliggande byggnader, i synnerhet vid samtidig avskärmning från balkonger, loftgångar etc.

Redan vid ca 40 graders avskärmning och 2 m djupa balkonger uteblir det direkta dagsljuset (avsaknad av synvinkel mot himlen) vilket gör det mycket svårare att klara kraven. Medan den egna byggnadens fönsterarea kan påverkas i viss grad, är det inte möjligt att påverka grannbyggnadens höjd eller närhet. Dagsljuset uppvisar på detta sätt

unika svårigheter som inte går att lösa genom enkla tillval, så som bullerkrav som kan lösas med en specialruta, eller krav på termisk komfort sommartid som kan lösas med ett effektivt solskydd.

Djupa rum ger svårare förutsättningar än grunda rum, eftersom ljuset avtar kraftigt med avståndet från fönstret. Djupare byggnadskroppar ger därför större utmaningar.

9.3 Slutsats

Jämlika ljusförhållanden

I en tätt byggd stad har inte alla samma möjlighet att välja boende – högst upp i huset eller i gathuset där dagsljuset flödar. Mycket få föredrar mörkare bostäder men många är beredda att kompromissa bort dagsljusstillgången för att få tillgång till stadens puls. Här finns konsekvenser att ta ansvar för i planeringen. Dagsljus ska inte bara vara en lyx som privilegierade kan unna sig, det ska vara en rättighet för alla.

Tappa inte bort hälsa och välmående

I tätbebyggda kvarter visar det sig vara en utmaning att efterleva regelverket. Dagsljuset i Sverige är relativt svagt, och lågt stående sol, dessutom ofta skydd av omgivande byggnader, ger långa skuggor. Det är lätt att inspireras av tätheten i städer som Barcelona (på en breddgrad av 42° lat) eller New York (40° lat) eller Tokyo (36° lat) men det är ett faktum att Stockholm (59° lat), Göteborg (58° lat) och Malmö (55° lat) har andra förutsättningar när det gäller dagsljus.

Historien visar att svenska städer kan förse alla boende med ljusa bostäder men om förtätandet fortsätter enligt samma mönster som tidigare så måste både lagstiftare och planaktörer ha verktyg att förstå dess begränsningar. Misslyckas planeringen av framtidens städer finns en risk att hälsa och välmående för de som bor i den attraktiva kvarterstaden i all mening äventyras.

I en period av högkonjunktur har många lägenheter sålts utifrån "Bofaktablad", långt innan byggnaderna ens börjat produceras. Bofaktabladen visar planlösningarna för de olika lägenheterna, men ljusförhållandena framgår dåligt. Var i huset lägenheten är placerad, har ofta smugits in i mycket mindre bilder, och det är svårt för en köpare att utläsa hur avskärmat läget är.

Folkhälsomyndigheten och Arbetsmiljöverket utgår från att brist på dagsljus kan ge negativa effekter för hälsan. Tätt byggda städer påverkar folkhälsan. Uppskattningsvis 80 % av levnadstiden spenderas inomhus. Därför behövs lagstiftning som skyddar miniminivåerna för dagsljusstillgången. Det är också anledningen till att miniminivåer för dagsljus i vistelserum är nödvändiga i Boverkets byggregler (BBR).

Referenser

1. Kungl. Maj:t, *Byggnads- och Brandstadga för rikets städer*. 1874, Kungl. Maj:t: Stockholms slott.
2. Boverket. *BABS från 1947 till 1968*. 2022 2020-08-12 [cited 2022 2022-12-30]; Available from: <https://www.boverket.se/sv/lag--ratt/aldre-lagar-regler--handbocker/aldre-regler-om-byggande/babs-fran-1947-till-1968/>.
3. Arbetsmiljöverket, *Arbetsplatsens utformning AFS 2020:1*. 2021.
4. Kungl. Maj:t, *Byggnadsstadga*, in 1947 Nr 390. 1947.
5. Löfberg, H.A., *Räkna med dagsljus*. 1987: Statens institut för byggnadsforskning.
6. Dubois, M.-C., et al., *Daylighting and lighting under a Nordic Sky*. 2019: Studentlitteratur.
7. Mardaljevic, J. and J. Christoffersen, 'Climate connectivity' in the daylight factor basis of building standards. *Building and Environment*, 2017. **113**: p. 200-209.
8. Bournas, I., *Daylight compliance of multi-dwelling apartment blocks: Design considerations, evaluation criteria and occupant responses*, in *Department of Architecture and Built Environment*. 2021, Lund University: Lund.
9. Vogiatzi, D., *Sensitivity analysis of important parameters affecting daylight - Assessment of a typical cellular office in Sweden*. 2018, Lund University.
10. Brismo, J. and J. Lindberg, *Moderna skolmiljöer: god tillgång till dagsljus genom tidig integrering av statistiska och dynamiska mätindikatorer - Ett gestaltungsförslag med lärdomar ur undersökningar av studieobjekt och dagsljussimuleringar*, in *Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser*. 2018, Luleå tekniska universitet.
11. Glauman, M., *Sol i bebyggelseplanering*. 1976.
12. Markus, T.A., *The function of windows – a reappraisal*. *Building Science*, 1967. **Vol 2 June 1967**(No 2): p. 97-121.
13. Rogers, P., et al., *En genomgång av svenska dagsljuskrav*. 2015, SBUF.
14. Rogers, P., et al., *Moderniserad dagsljusstandard*. 2018, SBUF.
15. Fritzell, B. and H.A. Löfberg, *T11:1970 Dagsljus inomhus*, in *Statens institut för byggnadsforskning*. 1970: Stockholm.
16. Hopkinson, R.G., P. Petherbridge, and J. Longmore, *Daylighting*. 1966, London: Heinemann.
17. Pleijel, G., *Fönster. Dimensionering för dagsljus*, S.k.f. byggnadsforskning, Editor. 1951.
18. K Medicinalstyrelsen, *Sanitära krav på vara bostäder. Meddelande nr 109*, K. Medicinalstyrelsen, Editor. 1966, K Medicinalstyrelsen: Stockholm.
19. Ljuskultur, *Ljus och rum*. 2022: Ljuskultur.
20. Juslén, H.T., M.C.H.M. Wouters, and A.D. Tenner, *Lighting level and productivity: a field study in the electronics industry*. *Ergonomics*, 2007. **50**(4): p. 615-624.
21. Hemphälä, H. and J. Eklund, *A visual ergonomics intervention in mail sorting facilities: Effects on eyes, muscles and productivity*. *Applied Ergonomics*, 2012. **43**(1): p. 217-229.
22. Hemphälä, H., et al., *Visual ergonomics interventions in mail sorting facilities*. *Work - a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation*, 2012. **41**: p. 3433-3437.
23. de Vries, A., J.L. Souman, and Y.A.W. de Kort, *Teasing apart office illumination: Isolating the effects of task illuminance on office workers*. *Lighting Research & Technology*, 2020. **52**(8): p. 944-958.

24. Prevent, *Syn och belysning i arbetslivet 2021*: Prevent.
25. Blehm, C., et al., *Computer Vision Syndrome: A Review*. Survey of ophthalmology, 2005. **50**(3): p. 253-262.
26. Mynak, *Riktlinjer för synergonomi – belysning och synförhållanden på arbetsplatsen – Riklinje 7*. 2021, Myndigheten för arbetsmiljökunskap.
27. Boyce, P.R. and A. Wilkins, *Visual discomfort indoors*. Lighting Research & Technology, 2018. **50**(1): p. 98-114.
28. Clear, R.D., *Discomfort glare: What do we actually know?* Lighting Research & Technology, 2013. **45**(2): p. 141-158.
29. Figueiro, M.G. and M.S. Rea, *Office lighting and personal light exposures in two seasons: Impact on sleep and mood*. Lighting Research & Technology, 2016. **48**(3): p. 352-364.
30. Helland, M., et al., *Will musculoskeletal and visual stress change when Visual Display Unit (VDU) operators move from small offices to an ergonomically optimized office landscape?* Applied Ergonomics, 2011. **42**(6): p. 839-845.
31. Palm, P., et al., *Computer use, neck and upper-extremity symptoms, eyestrain and headache among female and male upper secondary school students*. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health, Supplement, 2007. **33**(3): p. 33-41.
32. Fostervold, K. and J. Nersveen, *Proportions of direct and indirect indoor lighting — The effect on health, well-being and cognitive performance of office workers*. Lighting Research and Technology, 2008. **40**(3): p. 175-200.
33. Hayne, D.P. and P.R. Martin, *Relating Photophobia, Visual Aura, and Visual Triggers of Headache and Migraine*. Headache: The Journal of Head and Face Pain, 2019. **59**(3): p. 430-442.
34. Hemphälä, H., et al. *Visual Symptoms and Risk Assessment Using Visual Ergonomics Risk Assessment Method (VERAM)*. 2021. Cham: Springer International Publishing.
35. Mork, R., et al., *Discomfort glare and psychological stress during computer work: subjective responses and associations between neck pain and trapezius muscle blood flow*. International Archives of Occupational and Environmental Health, 2020. **93**(1): p. 29-42.
36. Shepherd, A.J., *Visual stimuli, light and lighting are common triggers of migraine and headache*. Journal of Light and Visual Environment, 2010. **34**(2): p. 94-100.
37. Anshel, J.R., *Visual Ergonomics Handbook*. 2005, CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC. 214.
38. Lin, Y., et al., *Eye Movement and Pupil Size Constriction Under Discomfort Glare*. Investigative Ophthalmology & Visual Science, 2015. **56**(3): p. 1649-1656.
39. Glimne, S., et al., *Measuring glare induced visual fatigue by fixation disparity variation*. Work, 2013. **45**: p. 431-437.
40. Hamedani, Z., et al., *Visual discomfort and glare assessment in office environments: A review of light-induced physiological and perceptual responses*. Building and Environment, 2019. **153**: p. 267-280.
41. Naves, C., et al., *Literature review of user needs, toward user requirements 2020*, IEA SHC Task 61 / EBC Annex 77 Integrated Solutions for Daylighting and Electric Lighting From component to user centered system efficiency.
42. Fernandez, D. and A.J. Wilkins, *Uncomfortable Images in Art and Nature*. Perception, 2008. **37**(7): p. 1098-1113.

43. Evans, B.J.W. and S.J. Stevenson, *The Pattern Glare Test: a review and determination of normative values*. Ophthalmic and Physiological Optics, 2008. **28**(4): p. 295-309.
44. Group, H.M., *Skylight Design Guidelines, Energy Design Resources program* 2014.
45. Harding, G., P. Harding, and A. Wilkins, *Wind turbines, flicker, and photosensitive epilepsy: Characterizing the flashing that may precipitate seizures and optimizing guidelines to prevent them*. Epilepsia, 2008. **49**(6): p. 1095-1098.
46. Perz, M., et al., *Quantifying the Visibility of Periodic Flicker*. LEUKOS, 2017. **13**(3): p. 127-142.
47. Osterhaus, W.K.E., S. Stoffer, and I. Erhardtson, *Detecting and evaluating flicker from lighting systems during field assessments of lighting installations.*, in *11th International symposium on Human Factors in Organizational Design and Management and Nordic Ergonomics Society annual conference - 46, ODAM and NES*. 2014: Copenhagen, Denmark. p. 421-427.
48. Wilkins, A.J., et al., *Fluorescent lighting, headaches and eyestrain*. Lighting Research and Technology, 1989. **21**(1): p. 11-18.
49. Berman, S.M., et al., *Human Electroretinogram Responses to Video Displays, Fluorescent Lighting, and Other High Frequency Sources*. Optometry & Vision Science, 1991. **68**(8): p. 645-662.
50. Friedman, D.I. and T. De Ver Dye, *Migraine and the Environment*. Headache: The Journal of Head and Face Pain, 2009. **49**(6): p. 941-952.
51. Kowacs, P.A., et al., *Headache related to a specific screen flickering frequency band*. Cephalalgia, 2004. **24**(5): p. 408-410.
52. Küller, R. and T. Laike, *The impact of flicker from fluorescent lighting on well-being, performance and physiological arousal*. Ergonomics, 1998. **41**(4): p. 433-447.
53. Roberts, J.E. and A.J. Wilkins, *Flicker can be perceived during saccades at frequencies in excess of 1 kHz*. Lighting Research & Technology, 2013. **45**(1): p. 124-132.
54. Poplawski, M., Miller. N., *Flicker in solid-state lighting: Measurement techniques and proposed reporting and application criteria*, in *CIE 2013*.
55. Zhao, X., et al., *The effect of stroboscopic effect on human health indicators*. Lighting Research & Technology, 2019. **52**(3): p. 389-406.
56. Bullough, J.D., et al., *Detection and acceptability of stroboscopic effects from flicker*. Lighting Research & Technology, 2012. **44**(4): p. 477-483.
57. Wilkins, A., J. Veitch, and B. Lehman. *LED lighting flicker and potential health concerns: IEEE standard PAR1789 update*. in *2010 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition*. 2010.
58. CIE, *Ecodesign regulations requirements for light sources, ANNEXES to the COMMISSION REGULATION (EU) C(2019)2121*, E. Commission, Editor. 2021.
59. Batra, S.P., Chandrakant S ; Ahuja, Sonia, *Light Emitting Diode Lighting Flicker, its Impact on Health, and the Need to Minimise it*. Journal of Clinical and Diagnostic Research, 2019. **13**(5): p. NE01-NE05.
60. Rider, G., et al., *Risk assessment for LED lighting flicker*. Injury Prevention, 2012. **18**(Suppl 1): p. A126-A127.
61. Patterson Gentile, C. and G.K. Aguirre, *A neural correlate of visual discomfort from flicker*. Journal of Vision, 2020. **20**(7): p. 11-11.
62. Boyce, P.R., *Human Factors in Lighting*. Vol. Second edition. 2003, Taylor & Francis, Cornwall, ISBN 0-7484-0950-5.

63. Balci, R. and F. Aghazadeh, *The effect of work-rest schedules and type of task on the discomfort and performance of VDT users*. Ergonomics, 2003. **46**(5): p. 455-465.
64. Anshel, J.R., *Visual ergonomics in the workplace*. AAOHN Journal, 2007. **55**(10): p. 414-422.
65. Wilkins, A.J., *Visual stress*. Visual stress. 1995, New York, NY, US: Oxford University Press. xxii, 194-xxii, 194.
66. Harle, D.E., A.J. Shepherd, and B.J.W. Evans, *Visual Stimuli Are Common Triggers of Migraine and Are Associated With Pattern Glare*. Headache: The Journal of Head and Face Pain, 2006. **46**(9): p. 1431-1440.
67. Zetterberg, C., M. Forsman, and H.O. Richter, *Neck/shoulder discomfort due to visually demanding experimental near work is influenced by previous neck pain, task duration, astigmatism, internal eye discomfort and accommodation*. PLOS ONE, 2017. **12**(8): p. e0182439.
68. Boyce, P., Hunter, C., Howlett, O., *The benefits of daylight through windows*. 2003, Lighting Research Center.
69. Folkhälsomyndigheten, *Ljus och hälsa. En kunskapssammanställning med fokus på dagsljusets betydelse för inomhusmiljö*. 2017, Folkhälsomyndigheten.
70. Münch, M., et al., *Changing perspectives on daylight: Science, Technology, and Culture*. . 2017.
71. Kessler, H.J., *In the right light*, in *Journal of Property Management*. 1998. p. 52+.
72. Boyce, P.R., et al., *Lighting the graveyard shift: The influence of a daylight-simulating skylight on the task performance and mood of night-shift workers*. International Journal of Lighting Research and Technology, 1997. **29**(3): p. 105-134.
73. Jamrozik, A., et al., *Access to daylight and view in an office improves cognitive performance and satisfaction and reduces eyestrain: A controlled crossover study*. Building and Environment, 2019. **165**: p. 106379.
74. Collins, B.L., *Review of the psychological reaction to windows*. Lighting Research and Technol., 1976. **8**: p. 80-8.
75. Heerwagen, J.H. and D.R. Heerwagen, *Lighting and psychological comfort*. Lighting Design and Application, 1986. **16**: p. 47-51.
76. Veitch, J.A., D.W. Hine, and R. Gifford, *End users' knowledge, beliefs, and preferences for lighting*. Journal of Interior Design, 1993. **19**: p. 15-26.
77. Veitch, J.A. and R. Gifford, *Assessing beliefs about lighting effects on health, performance, mood, and social behaviour*. Environment and Behavior, 1996. **8**: p. 446-70.
78. Galasiu, A.D. and J.A. Veitch, *Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylit offices: a literature review*. Energy and Buildings, 2006. **38**: p. 728-42.
79. Knoop, M., et al., *Daylight: What makes the difference?* Lighting Research & Technology, 2019. **52**(3): p. 423-442.
80. Osterhaus, W.K.E., *Discomfort glare assessment and prevention for daylight applications in office environments*. Solar Energy, 2005. **79**(2): p. 140-158.
81. Elder, C.J. and N.J. Bishop, *Rickets*. The Lancet, 2014. **383**: p. 1665-76.
82. Edwards, L. and P. Torcellini, *A literature review of the effects of natural light on building occupants. Report NREL/TP-550-30769*, . 2002, National Renewable Energy Laboratory: Golden, Colorado (USA).
83. Schuit, M., et al., *The Influence of Simulated Sunlight on the Inactivation of Influenza Virus in Aerosols*. J of Infectious Diseases, 2020. **221**(3): p. 372-8.

84. Calligaro, H., O. Dkhissi-Benyahya, and S. Panda, *Ocular and extraocular roles of neuropsin in vertebrates*. Trends in Neurosci, 2021. **45(3)**: p. 200-211.
85. Rose, K.A., et al., *Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children*. Ophthalmology, 2008. **115(8)**: p. 1279-85.
86. Wu, P.-C., et al., *Outdoor Activity during Class Recess Reduces Myopia Onset and Progression in School Children*. Ophthalmology, 2013. **120(5)**: p. 1080-5.
87. Najjar, R.P. and Y.L. Lin, *Opinion : Tailoring the lighting environment for a healthier ocular growth*. Lighting Research & Technology, 2022. **54**: p. 100.
88. Heiskanen, V., M. Pfiffner, and T. Partonen, *Sunlight and health: shifting the focus from vitamin D3 to photobiomodulation by red and near-infrared light*. Ageing Research Reviews, 2020. **61**: p. 101089.
89. Nizamutdinov, D., et al., *Transcranial Near Infrared Light Stimulations Improve Cognition in Patients with Dementia*. Aging Dis, 2021. **12(4)**: p. 954-963.
90. Vinck, E., et al., *Pain reduction by infrared light-emitting diode irradiation: a pilot study on experimentally induced delayed-onset muscle soreness in humans*. Lasers in Medical Science, 2006. **21(1)**: p. 11-18.
91. Brainard, G.C., et al., *Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor*. The Journal of Neuroscience, 2001. **21(16)**: p. 6405-6412.
92. Heschong, L., *Visual Delight in Architecture: Daylight, Vision, and View*. 2021, London, New-York: Routledge.
93. Agarwal, S., D. Goel, and A. Sharma, *Evaluation of the Factors which Contribute to the Ocular Complaints in Computer Users*. Journal of clinical and diagnostic research : JCDR, 2013. **7(2)**: p. 331-335.
94. Rea, M., *Toward a definition of circadian light*. Journal of Light and Vision Environment, 2011. **35(3)**: p. 250-254.
95. Rea, M.S. and M.G. Figueiro, *Light as a circadian stimulus for architectural lighting*. Lighting Research & Technology, 2016. **50(4)**: p. 497-510.
96. Rea, M.S., et al., *A model of phototransduction by the human circadian system*. Brain Research Reviews, 2005. **50(2)**: p. 213-228.
97. Boyce, P.R., *Light, lighting and human health*. Lighting Research & Technology, 2021. **54(2)**: p. 101-144.
98. Tähkämö, L., T. Partonen, and A.-K. Pesonen, *Systematic review of light exposure impact on human circadian rhythm*. Chronobiology International, 2019. **36(2)**: p. 151-170.
99. Åkerstedt, T., et al., *Night work and breast cancer in women: a Swedish cohort study*. BMJ Open, 2015. **5(4)**: p. e008127.
100. Åkerstedt, T., et al., *Night work and prostate cancer in men: a Swedish prospective cohort study*. BMJ Open, 2017. **7(6)**: p. e015751.
101. Hansen, J., *Light at Night, Shiftwork, and Breast Cancer Risk*. Journal of the National Cancer Institute, 2001. **93(20)**: p. 1513-1515.
102. Lie, J.-A., J. Roessink, and K. Kjærheim, *Breast Cancer and Night Work among Norwegian Nurses*. Cancer Causes & Control, 2006. **17(1)**: p. 39-44.
103. Chellappa, S.L., et al., *Acute exposure to evening blue-enriched light impacts on human sleep*. Journal of Sleep Research, 2013. **22(5)**: p. 573-580.
104. Kraneburg, A., et al., *Effects of color temperature on melatonin production for illumination of working environments*. Applied Ergonomics, 2017. **58**: p. 446-453.
105. Rahman, S.A., M.A. St. Hilaire, and S.W. Lockley, *The effects of spectral tuning of evening ambient light on melatonin suppression, alertness and sleep*. Physiology & Behavior, 2017. **177**: p. 221-229.

106. Sahin, L. and M.G. Figueiro, *Alerting effects of short-wavelength (blue) and long-wavelength (red) lights in the afternoon*. *Physiology & Behavior*, 2013. **116-117**: p. 1-7.
107. Canazei, M., et al., *Acute effects of different light spectra on simulated night-shift work without circadian alignment*. *Chronobiology International*, 2017. **34(3)**: p. 303-317.
108. Lowden, A., T. Åkerstedt, and R. Wibom, *Suppression of sleepiness and melatonin by bright light exposure during breaks in night work*. *Journal of Sleep Research*, 2004. **13(1)**: p. 37-43.
109. van der Rhee, H.J., E. de Vries, and J.W. Coebergh, *Regular sun exposure benefits health*. *Med Hypotheses*, 2016. **97**: p. 34-7.
110. Heschong, L., et al., *Daylighting in Schools: An Investigation into the Relationship between Daylighting and Human Performance*. 1999, Pacific Gas and Electric Company: San Francisco, California.
111. Heschong, L., *Daylighting and human performance*. *ASHRAE Journal*, 2002. **44(6)**: p. 65-7.
112. Küller, R. and C. Lindsten, *Health and behavior of children in classrooms with and without windows*. *J. Environmental Psychol*, 1992. **12(4)** p. 305-17.
113. Fahimipour, A.K., et al., *Daylight exposure modulates bacterial communities associated with household dust*. *Microbiome*, 2018. **6(175)**: p. 1-13.
114. Faergemann, J. and O. Larkö, *The effect of UV-light on human skin microorganisms*. *Acta Derm Venereol.*, 1986. **67**: p. 69-72.
115. Hobday, R., *Sunlight therapy and solar architecture*. *Med Hist*, 1997. **41(04)**: p. 455-72.
116. Hobday, R. and S. Dancer, *Roles of sunlight and natural ventilation for controlling infection: historical and current perspectives*. *J Hosp Infect*, 2013. **84(4)**: p. 271-82.
117. WHO, *Guidelines on prevention and control of hospital associated infections*. 2002, World Health Organisation: Geneva.
118. Hockberger, P.E., *The discovery of the damaging effect of sunlight on bacteria* *J Photochem Photobiol B*, 2000. **58(2)**: p. 185-91.
119. Downes, A. and T.P. Blunt, *Researches on the effect of light upon bacteria and other organisms*. *Proc R Soc Lond*, 1877. **26(179-184)**: p. 488-500.
120. Jensen, M.M., *Inactivation of airborne viruses by ultraviolet irradiation*. *Appl. Microbiol*, 1964. **12**: p. 418-20.
121. Hartig, T., *Nature experience in transactional perspective*. *Landscape Urban Plan*, 1993. **25**.
122. Kaplan, R. and S. Kaplan, *The experience of nature: a psychological perspective*. 1989, Cambridge, MA: Cambridge University Press.
123. Ulrich, R.S., *Aesthetic and affective response to natural environment*, in *Human behavior and environment*, I. Altman and J.F. Wohlwill, Editors. 1983, Plenum Press: New York.
124. Kaplan, R., *The role of nature in the context of the workplace*. *Landscape and Urban Planning*, 1993. **26**: p. 193-201.
125. Li, D. and W.C. Sullivan, *Impact of views to school landscapes on recovery from stress and mental fatigue*. *Landscape and Urban Planning*, 2016. **148**.
126. Ulrich, R.S., *View through a window may influence recovery from surgery*. *Science*, 1984. **224(4647)**.
127. Raanaas, R.K., G.G. Patil, and T. Hartig, *Health benefits of a view of nature through the window: a quasi-experimental study of patients in a residential rehabilitation center*. 2011. **Clin Rehabil**.

128. Hobday, R., *Myopia and daylight in schools: a neglected aspect of public health?* *Perspect Public Health*, 2016. **136(1)**: p. 50-55.
129. Velux. *Benefits of daylight*. 2020; Available from: <https://www.velux.com/what-we-do/research-and-knowledge/deic-basic-book/daylight/benefits-of-daylight>.
130. Matusiak, B.S. and C.A. Klöckner, *How we evaluate the view out through the window*. *Architect. Sci. Rev.*, 2016. **59(3)**: p. 203-211.
131. Gerhardsson, K.M., *Vad jag tänker på när jag tänker på fönster : hur boende upplever och använder sina fönsteröppningar*. 2021: Novapress.
132. Christoffersen, J. and K. Johnsen, *Vinduer og dagslys - en feltundersøgelse i kontorbygninger*. 1999, Aalborg Universitet.
133. Wittstrand, A., *Stadens landskap*. 2007: Carlssons.
134. Nylander, O., *Svensk bostadsarkitektur : utveckling från 1800-tal till 2000-tal*. 2 ed. 2018: Studentlitteratur AB.
135. Hall, T. and M. Rörby, *The Making of a Metropolis (first edition)*. . 2009: Taylor & Francis e-Library: Routledge.
136. Eriksson, I., et al., *Numerical simulations and empirical data for the evaluation of daylight factors in existing buildings in Sweden*. *Energies*, 2019. **12(11):2200**.
137. Kaplan, S., *The restorative benefits of nature: toward an integrative framework*. *J. Environ. Psychol.* , 1995. **15 (3)** p. 169–182.
138. Berman, M., J. Jonides, and S. Kaplan, *The cognitive benefits of interacting with nature*. *Psychol Sci.*, 2008. **19(12)**: p. 1207-12.
139. Sohl, L. and L.-M. Svensson Caps, *En studie om dagsljus - Förtätning av staden och dess påverkan på befintliga byggnader*, in *Skolan för arkitektur och samhällsbyggnad*. KTH.
140. SCB. *Byggkostnadsindex (BKI)*. 2022 [2022-12-04]; Available from: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/priser-och-konsumtion/byggnadsprisindex-samt-faktorprisindex-for-byggnader/byggkostnadsindex-bki/>.
141. Kristensson, H., *Skolhuset : Idé och form*. 2005: Bokförlaget Signum.
142. Bolliger, J., et al., *Contrasting effects of street light shapes and LED color temperatures on nocturnal insects and bats*. *Basic and Applied Ecology*, 2022. **64**: p. 1-12.
143. Justice, M.J. and T.C. Justice, *Attraction of Insects to Incandescent, Compact Fluorescent, Halogen, and Led Lamps in a Light Trap: Implications for Light Pollution and Urban Ecologies*. *Entomological News*, 2016. **125(5)**: p. 315-326, 12.
144. Deichmann, J.L., et al., *Reducing the blue spectrum of artificial light at night minimises insect attraction in a tropical lowland forest*. *Insect Conservation and Diversity*, 2021. **14(2)**: p. 247-259.
145. Persson, M., et al., *Byggarbetsplatsens teknikhandbok*. 2020, Göteborg: Byggföretagen.
146. Arbetsmiljöverket, *Dagsljuskrav och utblick på arbetsplatsen: Effekter på hälsa och beteende (RAP 2019:2), kunskaps sammanställning*. 2019, Arbetsmiljöverket.
147. Sandström, M., et al., *Belysning och hälsa – en kunskapsöversikt med fokus på ljusets modulation, spektralfördelning och dess kronobiologiska betydelse*, in *Arbete och hälsa*. 2002.
148. Dalarna, L., *God inomhusmiljö i förskola och skola - En handbok för ljus, ljud och luft*. 2020.
149. Littlefair, P.J., et al., *Site layout planning for daylight and sunlight - A guide to good practice*. 2022: BRE - Building Research Establishment Limited.

150. Malmö stad. *Tekniska handlingar*. 2021 [cited 2022 2022-12-29]; Available from: <https://malmo.se/Bo-och-leva/Bygga-och-bo/Bygga-riva-eller-forandra/Ritningar-och-handlingar-for-bygglov-teknisk-anmalan/Tekniska-handlingar.html>.
151. Larson, G.W. and R. Shakespeare, *Rendering with Radiance (The Morgan Kaufmann Series in Computer Graphics)*. 1998: Morgan Kaufmann.
152. Olina, A. and N. AZaimai, *Daylight prediction based on the VSC - DF relation*, in *Energy and Building Design, Department of Architecture and Built Environment*. 2018, Lund University: Lund.
153. Boverket, *Solklart .. att lämna företräde för sol*. 1991.
154. Arbetsliv, *Testa din belysning på jobbet*, in *Arbetsliv - Sveriges största arbetsmiljötidning*. 2021.

Denna rapport finns tillgänglig på <https://blogg.mah.se/bygglearn/projekt/> tillsammans med några fler kunskapssammanställningar

Där finns även listor över litteratur och länkar tillgängliga i en Excel-fil

Bilaga I – Sammanställning av författningars förändringar

Författningar som behandlar ljus (belysning, dagsljus, solljus och utblick) har utvecklats över tid. Här samlas en kortfattad genomgång av senaste 50 årens utveckling plus några äldre.

Författning	Innehåll och förändring
Byggnadsstadgan 1874. § 12	Om sundhetens fordran på ljus och frisk luft i § 12. <i>Stadsplan bör så uppgöras, att han på en gång motsvarar rörelsens behof af utrymme och bekvämlighet, sundhetens fordran på ljus och frisk luft, önskligheten af största möjliga trygghet mot mera utbredda ellsolyckor, samt skönhetssinnets anspråk på fritt utrymme, omvexling och prydlighet.</i>
Byggnadsstadgan 1931 och 1947	Formuleringar enligt BS 1931 i Kap 3, 16 § ges som exempel. Ungefär samma formuleringar fanns även i BS 1947 Kap 4 26 § och 28 §. <i>Att byggnader icke må uppföras till större höjd eller till större omfång i förhållande till tomten än som betingas av ... och avståndet mellan byggnadslinjerna å ömse sidor om gata och gård, i vilket hänseende bör särskilt tillses, att byggnad i allmänhet icke uppföres till större höjd än som svarar mot nämnda avstånd;</i> Dvs. avskärningsvinkeln ska inte vara större än 45 grader. <i>Att goda dagerförhållanden inom kvarteren säkerställas och möjlighet i största möjliga utsträckning beredes till inredande i byggnaderna av lägenheter med genomgående luftväxling och direkt solbelysning.</i>
BABS 1960	Det första exemplet på föreskrifter där dagsljus nämns. 57:26 Fönster Matrum bör ha fönster mot det fria, vilka, om icke det använda ventilationssystemet förutsätter annat, bör vara öppningsbara. Även i kläd- och tvättrum bör dagsljus eftersträvas.
SBN 67 – Svensk byggnorm 1967 31:11 37:3226, 43:136, 71:43, 74:71	I kapitel 31:11 Belysning - anges att rum i bostadslägenheter lämpligen förses med väggfönster. Belysning för brandskydd, hotell, samlingslokaler och soprum anges separat. För hotell anges i kapitel 71:432 Nödbelysning anges att ledljus skall ge en belysning om minst 20 lux. Regler för huvudbelysning och nödbelysning finns även i kapitel 74:1.
SBN 75 – Svensk byggnorm 1975 37:2341, 38, 38:1	I kapitel 38 Belysning finns krav på 38:1 Dagsljus och 38:2 Artificiell belysning. 38:1 Bostadsrum anordnas så att tillfredsställande dagsljus erhålls. Beräkning av dagsljusfaktor införs. 38:2 Elinstallations skall anordnas så, att tillräcklig allmänbelysning kan erhållas. (I kommunikationsutrymmen och i byggnader till vilka allmänheten har tillträde godtas en belysning av 10 lux. I kapitel 71;12 anges att lägenheter om möjligt skall orienteras mot soligt väderstreck samt kunna nås av direkt solljus i erforderlig utsträckning. I kapitel 71:31 anges att uteplatsen eller balkongen bör kunna nås av direkt solljus. I kapitel 81:3 anges att Friyta för lek och utomhusvistelse skall ha tillfredsställande solljusförhållanden. Energi finns i fokus och maximal godkänd fönsterstorlek regleras i avsnitt 33:21: ”Fönsterarean bestäms 33:21 med hänsyn till kravet på god energihushållning, dock med beaktande av bestämmelsen om dagsljus i kap 38”.
SBN 80 – Svensk byggnorm 1980	Inga väsentliga nyheter i förhållande till SBN 75. Genom SBN 1980 introducerades en förenklad glasareametod för att verifiera uppfyllande av dagsljuskravet för vissa vanliga rumsutformningar. Solinstrålning ska beaktas vid energiberäkningar och nu tillåts större fönsterstorlekar för att uppfylla kraven på dagsljus.
NR 1 – Boverkets nybyggnadsregler	I Nybyggnadsreglerna, NR 1, gjordes inga större förändringar i dagsljusreglerna. Som i SBN ställdes dagsljuskrav på bostadsrum och lektrum i förskolor och

1989	fritidshem. I ett nytt, separat avsnitt under rubriken Arbetslokaler; Ljus och ljud, ställdes krav att arbetsrum och matrum på ett arbetsställe skulle ha dagsljus och möjlighet till utblick när verksamhetens art så medgav. Genom NR 1 togs det särskilda avsnittet om solbelysning i entréområde (fria) till bostadshus bort. I ett särskilt avsnitt som reglerade fönster i bostäder ställdes krav på att en bostad skulle ha tillgång till direkt solljus.
BBR 1 – Boverkets byggregler 1994	I kapitel 6:3 Ljus finns underkapitlen 6:31 Dagsljus och solljus samt 6:32 Belysning. Dagsljusreglerna får en mer generell tillämpning genom vilken krav ställdes på alla rum där personer vistas mer än tillfälligt. Acceptabel dagsljusnivå anges i termer av "god tillgång till dagsljus" i stället för det snävare "tillfredställande dagsljus". Den tidigare hänvisningen till dagsljusfaktorn tas bort. I det allmänna rådet hänvisades för kvantifiering av dagsljuset endast till den förenklade glasareameten. Kravet på direkt solljus i bostäder lades samman med dagsljusbestämmelsen.
BBR 8 2000	I bostäder avsedda för endast en studerande behöver avskiljbar del av rum för matlagning endast ha tillgång till indirekt dagsljus.
BBR 12 2006 6:3	Kravet på dagsljus omfattar inte bara "rum" utan också "avskiljbara delar av rum". Begreppen "Direkt dagsljus", "Direkt solljus" and "Indirekt dagsljus" definierades. Direkt dagsljus: Ljus genom fönster direkt mot det fria. Direkt solljus: Solljus som lyser in i rum utan att ha reflekterats. Indirekt dagsljus: Ljus från det fria som kommer in i rum utan fönster. Ett allmänt råd om utsikt införs – för att ge möjligheter att följa dygnets och årstidernas variationer. Regleringen om solljus i bostäder lades i ett separat avsnitt.
BBR 21 2014	Återinförande av hänvisningen till dagsljusfaktorn 1,0 % som riktvärde. Dagsljusbestämmelsen ändras så att undantaget från kravet på direkt dagsljus även gällde för gemensamma utrymmen för matlagning och samvaro i studentbostäder. Studentbostäder om högst 35 m ² undantogs från kravet på direkt solljus. Termen utsikt byttes till utblick. Det allmänna rådet om utblick ändrades från att gälla "fönster" i vistelserum till att gälla "minst ett fönster" i vistelserum.
BBR 23 2016	Särregleringen för studentbostäder i dagsljusbestämmelsen tas bort och ersattes med en bestämmelse om att tillgång till indirekt dagsljus är tillräckligt i gemensamma utrymmen i bostäder för en person.

Bilaga 2 – Arbetsplatsens utformning - jämförelse mellan krav i AFS 2009:2 och AFS 2020:1 beträffande belysning, dagsljus och utblick

I denna sammanställning jämförs texterna om arbetsplatsens utformning (AFS 2009:2 och AFS 2020:1) beträffande belysning, dagsljus och utblick

Arbetsplatsens utformning AFS 2009:2	Arbetsplatsens utformning AFS 2020:1
<p>1 § Dessa föreskrifter gäller utformning och underhåll av arbetsplatser, förbindelseleder och personalutrymmen enligt följande.</p> <p>A. Arbetsplatser ...</p> <p>För arbetsplatser inom byggnads- och anläggningsindustrin och utvinningsindustrin gäller bestämmelserna i endast i färdigställda utrymmen och i bodar. Paragraferna om belysning 10–15 §§, ... gäller även i icke färdigställda "utrymmen"</p>	<p>För arbetsplatser inom byggnads- och anläggningsindustri och utvinningsindustri gäller föreskrifterna endast i färdigställda utrymmen och i bodar. Bestämmelserna om personalutrymmen, 57–84 §§, belysning, 135 och 136 §§, och skyltar och signaler, 164–166 §§, gäller även i icke färdigställda utrymmen.</p>
<p>2 § I dessa föreskrifter används följande beteckningar med nedan angivna betydelser.</p> <p>...</p> <p><i>Belysning</i> artificiell belysning, dock ej nödbelysning,</p> <p>...</p>	<p>5 § I dessa föreskrifter har följande begrepp dessa Betydelser</p> <p>...</p> <p><i>Utblick</i> Visuell kontakt med omgivningen, genom en öppning mot utsidan eller mot till exempel ett inomhustorg, som ger information om omgivningen och möjlighet att följa vädrets, dygnets och årstidernas variationer.</p> <p>...</p>
<p>9 § Vid stadigvarande arbetsplatser, i arbetslokaler och personalutrymmen som är avsedda att vistas i mer än tillfälligt, ska det normalt finnas tillfredsställande dagsljus och möjlighet till utblick.</p>	<p>137 § Arbetsplatser ska vara utformade så att de kan ge tillfredsställande dagsljus och utblick under arbetsdagen. Om kravet i första stycket inte går att uppfylla på grund av att</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. varken ombyggnad eller flytt till lokaler med dagsljus och utblick är rimlig, eller 2. verksamhetens art medför att det inte är möjligt med dagsljus och utblick, <p>ska åtgärder vidtas som så långt som möjligt kompenserar för bristen på dagsljus och utblick</p>
<p>10 § Belysningen ska planeras, utföras och underhållas samt undersökas och bedömas i den omfattning som behövs för att förebygga ohälsa och olycksfall.</p> <p>11 § Belysningen ska anpassas till de arbetandes olika förutsättningar och de synkrav som arbetsuppgifterna ställer. Belysning ska ha en för den enskilde lämplig fördelning och riktning. Bländning ska undvikas så långt det är möjligt.</p> <p>12 § Belysningen och arbetsplatsens utformning ska vara sådana att man med tillfredsställande säkerhet och utan onödiga anpassningssvårigheter kan förflytta sig mellan eller i olika lokaler eller arbetsområden med skilda belysningsförhållanden.</p> <p>13 § En ljuskällas återgivning av färger ska vara lämplig för arbetsuppgiften. Belysning ska vara</p>	<p>135 § Arbetsplatser ska ha en belysning som är anpassad till verksamheten och de synkrav arbetsuppgifterna innebär, samt de enskilda arbetstagarnas syn och övriga förutsättningar. Belysningen ska göra det möjligt att förflytta sig säkert inom arbetsplatsen.</p> <p>136 § Belysningen ska vara av god kvalitet, vilket innebär att man tagit hänsyn till</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. belysningsstyrka, 2. färgåtergivning anpassad till verksamheten, 3. besvärande flimmer, 4. bländfrihet, 5. ljusfördelning, och 6. kontraster. <p>88 § Arbetsgivaren ska se till att arbetsplatser underhålls och rengörs, enligt rutiner som är anpassade efter</p>

<p>utformad så att varningsskyltar, nödstoppsdon och liknande är lätta att uppfatta. 14 § Belysningen ska vara utformad så att besvärande flimmer inte uppstår. Exponeringen för UV-strålning från belysning ska vara så låg att riskerna för ohälsa elimineras eller reduceras till ett minimum</p>	<p>1. verksamheten på arbetsplatsen, 2. arbetstagarnas förutsättningar, och 3. arbetsplatsens utformning.</p>
<p>15 § Åtgärder ska vidtas för att förhindra att olycksfall inträffar på grund av att rörliga maskindelar, arbetsobjekt eller liknande föremål skenbart verkar röra sig långsamt eller stå stilla när de betraktas i periodiskt varierande belysning</p>	<p>Ingår inte i AFS 2020:1 Täcks av AFS 2008:3 maskinföreskrifterna Bilaga 1.3.7 Risker i samband med rörliga delar</p>
<p>70 § Nödbelysning av tillräcklig styrka ska finnas i sådana arbets- och förvaringslokaler där de som arbetar är speciellt utsatta för risker i händelse av fel på den ordinarie belysningen</p>	<p>138 § Nödbelysning av tillräcklig styrka ska finnas på sådana arbetsplatser där de som arbetar är speciellt utsatta för risker i händelse av fel på den ordinarie belysningen</p>
<p>79 § Utrymningsvägar som kräver belysning för att en säker utrymning ska vara möjlig ska ha nödbelysning som lyser upp dem tillräckligt vid strömavbrott.</p>	<p>96 § Utrymningsvägar ska ha belysning som fungerar med tillfredsställande säkerhet. En utrymningsväg där det krävs belysning för att utrymningen ska vara säker ska ha tillräcklig nödbelysning för utrymning, om det är fel på den ordinarie belysningen.</p>

Bilaga 3 – Genomförande av ljusmätning

Exempel på i Sverige vanligt förekommande ljusmätare för både belysningsstyrka och luminans och hur de används.

Ljusmätare Hagner S1, S2, S3, S4:

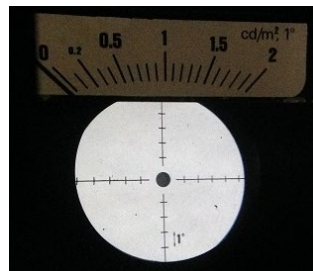
När man ska mäta måste man börja med att se till att ljusmätaren är inställd på rätt enhet, finns en knapp där man ställer in illuminance/lux (belysningsstyrka) eller luminance/cd² (luminans).

Belysningsstyrkan mäts genom att hålla den mätenheten med den cirkelformade vita mätytan där man vill veta mängden inkommande lux (se till att inte skugga mätytan vid mättillfället). Tänk på att hålla mätenheten i den vinkeln som arbetsuppgiften kräver. Horisontellt mot ett bord, den vinkeln som en datorskärm finns i eller vertikalt mot en vägg/bokhylla där synuppgifter finns.

Luminansen mäts genom att titta genom mätaren på det som ska mätas, den lilla svarta ringen i centrum inuti mätaren visar ytan som mäts (ca 1°), se figuren till höger nedan.



Hagner S4



Ljusmätare Hagner Screenmaster:

När man ska mäta måste man börja med att se till att ljusmätaren är inställd på rätt enhet, finns en knapp där man ställer in illuminance/lux (belysningsstyrka) eller luminance/cd² (luminans).

Belysningsstyrkan mäts genom att hålla ljusmätaren så att den cirkelformade vita mätytan är där man vill veta mängden inkommande lux (se till att inte skugga mätytan vid mättillfället). Tänk på att hålla mätenheten i den vinkeln som arbetsuppgiften kräver. Horisontellt mot ett bord, den vinkeln som en datorskärm finns i eller vertikalt mot en vägg/bokhylla där synuppgifter finns.

Luminansen mäts genom linsen på baksidan av ljusmätaren och genom att hålla upp mätaren mot den yta som ska mätas. Tänk på att Screenmastern tar fram medelvärdet av en större vinkel på 35°, så om ytan som ska mätas är liten, måste man hålla den mycket nära mätytan.



Hagner Screenmaster

Bilaga 4 – Så kontrolleras den egna ljusmiljön

Belysningsstyrka – ladda ner en app till din smartphone, t.ex. Arbetsmiljöverkets app Ljus, och mät enligt instruktioner, så får du ett ungefärligt värde på belysningsstyrkan (tänk på att felmarginalen på några av apparna är stora). Mät både belysningsstyrkan på arbetsytan och in mot datorskärm (om detta används).

Ljusets riktning – armaturtyper och distribution – lägg en blank yta/spegel på arbetsytan framför dig. Om du ser någon av ljuskällorna i din omgivning när du tittar nedåt så är de felplacerade.

Bländning och luminansfördelning – Håll upp båda händerna ovanför ögonen som en keps/skärmhatt – om detta känns bättre så finns det för stora skillnader i luminanserna/ljushet i ditt synfält. Vanligen är det någon armatur som är för ljus och bländar, eller ett fönster/reflexer från ett fönster som stör. Vad kan du då göra för att skärma av denna? Går det att flytta armaturen/blända av armaturen? Finns dagsljusavskärmning? Tag hjälp av företagshälsovården. Tills det är åtgärdat kan en keps eller liknande bäras för att minska bländningen.

Dagsljus, ljusets variation och cirkadisk belysning/dygnsrytmsljus – Finns det bra tillgång till dagsljus så har man en variation av ljuset som hjälper vår cirkadiska rytm (sömn och vakenhetscykel). Vid skiftarbete och nattarbete håller man på med studier för att undersöka om dygnsrytmsljus kan förbättra hälsa, det finns studier som påvisar en minskad risk för ohälsa. Dock behöver mer studier göras för att ta fram det bästa ”receptet”.

Färgåtergivning och färgtemperatur – Om du upplever stor skillnad mellan färger utomhus, eller genom i dagsljuset som kommer in genom fönster och färgerna i det artificiella ljuset inomhus bör du kontakta företagshälsovården.

Flimmer och temporala ljusmodulationer – Man kan göra en grov screening med hjälp av mobiltelefonens kamera, både genom stillbilder och genom att filma i långsamt läge. Om ett kraftigt randmönster uppstår (svarta linjer) finns det en kraftig temporal ljusmodulation (s.k. icke-visuellt flimmer). Det finns även appar att tanka ner till mobiltelefonen, t.ex. Arbetsmiljöverkets app Ljus, där man också kan mäta flimmer.

Vid någon/några av ovanstående problem rekommenderas ni att kontakta företagshälsovården (Vem ska de kontakta?) för vidare hjälp och utredning.

Bilaga 5 – Fönster - dimensionering för dagsljus

Redan 1951 publicerade Gunnar Pleijel ett kort häfte med diagram för stöd att dimensionera fönster i olika djupa och olika avskärmade rum där syftet var att uppnå goda dagsljusförhållanden. I denna bilaga återger vi detta häfte som är tryckt i A3-format och vikt till ett häfte i A5-format.

BYGGNADSTEKNISK LITRATUR UTGIVEN AV STATENS KOMMITTÉ FÖR BYGGNADSFORSKNING UNDER 1950-51.

ANDERSSON, HILJE och STEN, PAUL. Meddelande nr 16. Färgen för målning av trä utomhus. Stockholm 1950. 87 p. Kr 5:-.

JACOBSSON, HENRIK. Meddelande nr 17. Arbetsmekanik vid egentliga byggvarsarbeten för postadhus. Stockholm 1950. 243 p. Kr 7:-.

KREMER, HARRY. Meddelande nr 18. Byggnadsteknisk ljusekonomi. Stockholm 1950. 113 p. Kr 3:-.

RENGSTRÖM, JYRN G. Meddelande nr 19. Om brokårs stabilitet i vertikallplanet. Stockholm 1951. 181 p. Kr 9:-.

SWANÖGL, HVALAM, och SARHEIK, VITOLD. Rapport nr 20. Dielektrisk högfrekvensuppvärmning. Stockholm 1950. 77 p. Kr 3:-.

Produktionsteknisk forskning i Norden. Rapport nr 21. Företrädare vid Nordiskt Byggnadsforskningsmöte II i Stockholm 1950. 65 p. Kr 3:-.

BLIGHEN, BENIS. Rapport nr 22. Solvittrar. Skrivningar med korta referat. Stockholm 1950. 142 p. Kr 3:-.

BLIGHEN, KRIST. Rapport nr 23. Kray på golvbälgningar. Komplement till rapporten "Solvittrar". Stockholm 1951. 42 + 5 p. Kr 3:-.

L. POJYVANA I DENNA BEGREPPET ÄR HANNADE UD

HILJEL, GUNNAR. Rapport nr 17. Daylight Investigation. Description of Test Set-up and Results of Selected Test Series. Stockholm 1949. 57 p. Kr 3:-.



STATENS KOMMITTÉ FÖR BYGGNADSFORSKNING
 STOCKHOLM 1951
 DRUCKETS NR 1
 KLIVATSEKIE

FÖNSTER

DIMENSIONERING FÖR DAGSLJUS



BYGGFORSKNINGEN

DIAGRAM FÖR BESTÄMMNING AV FÖNSTERSTORLEKAR I ALLMÄNT FÖREKOMMANDE FALL AV SIDOLJUS.

FÖNSTERSTORLEKENS bestämmande är ett viktigt led i en byggnads tillkomst. Vid denna bestämning avses ljuset inomhus i förhållande till ljuset utomhus. Utgångspunkt är att man inte skall blandas när man ser upp från sitt arbete och kastar en blick ut genom fönstret. Den omställning, som byggnaden då undergår påverkar arbetsförmågan oförmåligt, i allt starkare grad ju större skillnaden är mellan ljuset inomhus och ljuset utomhus. Ett mått på denna skillnad är DAGSLJUSKVOTEN (δ), som är förhållandet mellan belysningen inomhus och belysningen utomhus under en fri himmelskypol. Fig 1 ger en närmare förklaring av detta begrepp.



Dagljuskvoten skall vara större ju mer synpåfrestande arbetet är. Ur tabellen nedan kan man utläsa den lämpliga dagljuskvoten för olika slag av arbete. De värden man får ur denna tillämpas sedan vid fönsterstorleken bestämning med hjälp av DIAGRAM A och DIAGRAM B. Det förra gäller för arbetslokaler, det senare för bostäder (undantaget kök, för vilka diagram A användes).

Dagljuskvoten inomhus är beroende av en hel mängd faktorer. Viktiga är fönsterstorleken, motstående byggnaders skärmade inverkan, rumsdjupet och rumsbredden. Större fönster ger starkare dagljus. Därvid betyder höjden mera än bredden, men möjligheten att variera höjden är betydligt mindre än möjligheten att variera bredden. Oftast bestämmer man först en viss höjd och varierar sedan bredden så att dagljuskvoten blir i överensstämmelse med kravet. Den skärmade inverkan av motstående hus är betydlig. Den uttrycks genom skärmvinkeln, ett begrepp som framgår av fig 2. I bottenvåningen vid en gata eller en gård blir det svagare ljus än i den översta våningen. Vill man ha lika belysning i alla våningarna måste fönstren göras större i bottenvåningen än högre upp. Till att börja med kan man då göra fönstren i de lägre belägna våningarna högre än i de översta, men

Tabell över lämpliga dagljuskvoter för olika arbeten

Detaljernas finhetsgrad	mycket fina	fina	medel	grova	mycket grova
Dagljuskvot	5 %	2,5 %	1 %	0,5 %	0,25 %
Exempel på arbeten	urmakeri gravering	byggnadsritning	kontersarbete	järnsmede fogslagn.	stapling lastning

För bostäder (undantag kök) specialkrav: 1,5 meter från fönstret på ett bord dagljuskvoten 2,5 %, miniskvot i rummet 0,25 %.

kanske att man även måste variera bredden. Grundare rum får i allmänhet mindre fönster än djupare. Man kan därför göra rummen i de lägre belägna våningarna grundare än i våningarna högre upp, och på det sättet få samma fönsterstorlek i hela huset, utan att avskriva något på dagljuskvoten.

Färgstämningen inverkan på dagbelysningen är avsevärd stor, men i bifogade diagram A och B har vitt tak, vita väggar och ett icke alltför mörkt golv förutsatts. Likaså har husfasaderna förutsatts vara medelljusa.

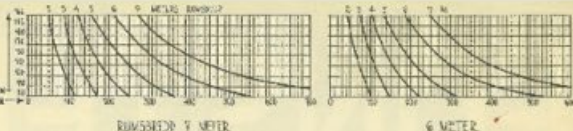
Diagrammen för fönsterstorleksbestämning (A och B) äro uppställda för en rumshöjd = 2,70 meter, diagram A för en dagljuskvot = 1 % och diagram B för de speciella krav som gälla för bostäder. De användas på följande sätt:

Uppök den diagramgrupp det gäller, fri horisont framför fönstret, en gata eller en gård. Inom gruppen uppöks den diagramrad, som svarar mot skärmvinkeln, 10°, 20°, 30° eller 40°. Inom raden uppöks den rumsbredd det gäller, 7,5, 5, 4, 3 eller 2 meter. Varje diagram är uppställt så att abscissan är fönsterbredden och ordinaten är fönsterhöjden. Inom diagrammet äro kurvor inritade för olika rumsdjup, 2 - 7 meter. Man uppökestr kurvan för det ifrågakvarande rumsdjupet och kan då välja på olika kombinationer av fönsterhöjder, från 80 till 160 cm, och fönsterbredder upp till rummets hela bredd. Obs att de angivna måtten äro bägdegmätt. Karnar, bågar och spröjor mäta således adderas till för att man skall få muröppningens höjd och bredd. Det inlagda exemplet, en blå punkt, gäller ett rum med 5 meters djup och 4 meters bredd. Utanför fönstret en gata med motstående hus upp till en skärmvinkel av 10°. Fönstrets bägdeghöjd = 1,20 meter och dess bägdegbredd blir då 2,65 meter.

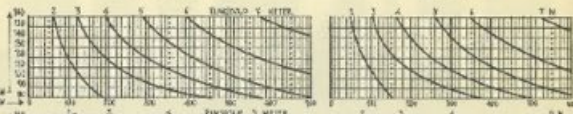
Om dagljuskvoten skulle vara ett annat än dagljuskvoten 1 % skall den angivna bägdegbredden multipliceras med den krävda dagljuskvoten, i uttryckt i procent. Man kan nämligen räkna med att dagljuset är direkt proportionellt mot fönsterbredden. Fönstret underkant ligger alltid 90 cm över golvet.

Stockholm i maj 1951
 Gunnar Kleijel
 Arkitekt SAR

FRI
HORIZONT



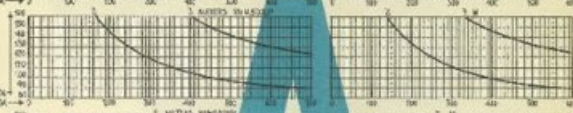
GÅRD
10° SKÄRN
VINKEL



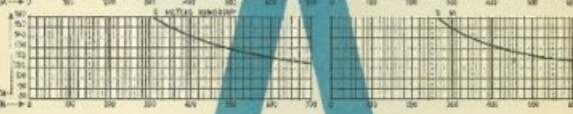
GÅRD
20° SKÄRN
VINKEL



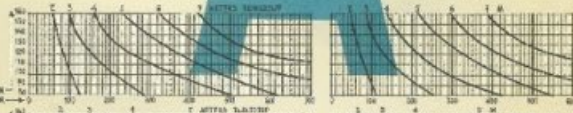
GÅRD
30° SKÄRN
VINKEL



GÅRD
40° SKÄRN
VINKEL



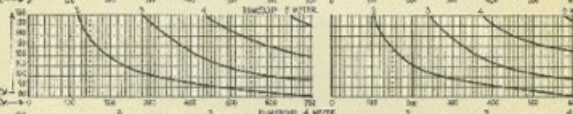
GATA
10° SKÄRN
VINKEL



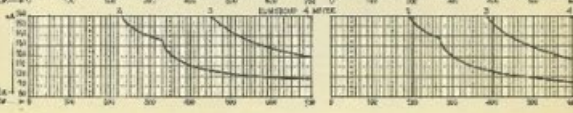
GATA
20° SKÄRN
VINKEL



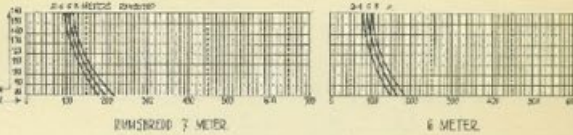
GATA
30° SKÄRN
VINKEL



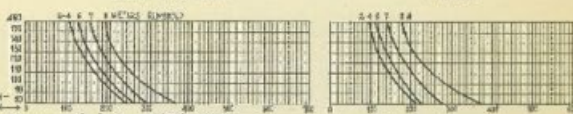
GATA
40° SKÄRN
VINKEL



FRI
HORIZONT



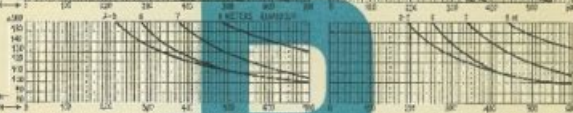
GÅRD
10° SKÄRN
VINKEL



GÅRD
20° SKÄRN
VINKEL



GÅRD
30° SKÄRN
VINKEL



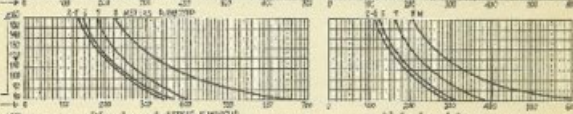
GÅRD
40° SKÄRN
VINKEL



GATA
10° SKÄRN
VINKEL



GATA
20° SKÄRN
VINKEL



GATA
30° SKÄRN
VINKEL



GATA
40° SKÄRN
VINKEL

