

By og Byg Resultater 013

# Arkitektur, energi og dagslys

Undersøgelse af syv bygninger



Statens Byggeforskningsinstitut  
Danish Building and Urban Research

# Arkitektur, energi og dagslys

Undersøgelse af syv bygninger

Jens Christoffersen  
Erwin Petersen  
Ole Svensson

Titel	Arkitektur, energi og dagslys
Undertitel	Undersøgelse af syv bygninger
Serietitel	By og Byg Resultater 013
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2001
Forfattere	Jens Christoffersen, Erwin Petersen og Ole Svensson
Redaktion	Gusta Clasen
Sprog	Dansk
Sidetæl	64
Litteratur- henvisninger	Side 64
English summary	Side 62-63
Emneord	Dagslys, energiforbrug, belysningsteknik, kontorbelysning, arkitektur, bygningsudformning
ISBN	87-563-1094-3
ISSN	1600-8049
Pris	Kr. 190,00 inkl. 25 pct. moms.
Tegninger	Ove Nøsdam
Fotos	Morten Kjærgaard
Planer, snit m.m.	Arkitektur DK
Layout	Sabine Skovfoged Østergaard
Tryk	Nørhaven A/S
Udgiver	By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut P. O. Box 119, DK-2970 Hørsholm E-post <a href="mailto:by-og-byg@by-og-byg.dk">by-og-byg@by-og-byg.dk</a> <a href="http://www.by-og-byg.dk">www.by-og-byg.dk</a>

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *By og Byg Resultater 013: Arkitektur, energi og dagslys. Undersøgelse af syv bygninger. (2001)*

# Indhold

Forord .....	4
Indledning .....	5
Resultater .....	7
Metode .....	10
Myndighedskrav og vejledende værdier .....	13
E. Pihl & Søn A/S .....	14
Hovedbibliotek i Gentofte .....	20
Hovedindgangen til Zoologisk Have .....	28
Lærkehuset .....	36
Paustians Hus .....	42
Sukkertoppen .....	48
Tegnestuen JUUL & FROST .....	56
Summary .....	62
Referenceliste .....	64

# Forord

Denne rapport er et resultat af forskningsprojektet: Arkitektur, energi og dagslys. Projektet er gennemført af forskere fra Dagslysgruppen, Afdelingen for Energi og Indeklima, Statens Byggeforskningsinstitut. Energistyrelsen, Miljø- og Energiministeriet, har ydet støtte til projektet.

Formålet med projektet er at øge de projekterendes viden om mulighederne for at udforme bygninger, rum og vinduesåbninger således, at dagslyset i rummene opfylder funktionelle og æstetiske krav og samtidig reducerer energiforbruget til elektrisk belysning.

Projektet henvender sig til projekterende arkitekter og ingeniører. Projektets formål har imidlertid ikke været at udvikle et projekteringsgrundlag, men alene at demonstrere, hvordan der ud fra en helhedsbetragtning kan opnås såvel gode dagslysforhold som en reduktion af energiforbruget.

Til projektet blev udvalgt syv bygninger, der kan karakteriseres som vellykket arkitektur og som på forhånd kunne antages at udnytte dagslyset på en måde, som det ville være lærerigt at undersøge.

Belysningsforholdene i nogle rum i de syv bygninger blev derefter registreret, og der blev gennemført en evaluering af dagslysets funktionelle og æstetiske kvalitet. Evalueringen udførtes af et tilknyttet, særligt sagkyndigt panel med fire deltagere. Herefter blev bygningerne og rummene fotograferet. Registreringerne og målingerne blev udført af forskere fra Dagslysgruppen.

De fire, særligt sagkyndige, som udførte evalueringen, var arkitekt MAA Ebbe Christensen, arkitekt MAA Johan Fogh, teknikumingeniør Niels Friemer-Larsen og arkitekt MAA Flemming Skude. Statens Byggeforskningsinstitut takker disse fire for deres medvirken og takker desuden de administratorer og funktionærer, som stillede de syv bygninger og data til rådighed for undersøgelserne.

By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut  
Afdelingen for Energi og Indeklima, august 2001

*Erik Christophersen*  
Forskningschef

# Indledning

## Bedre udnyttelse af dagslyset

Med den hastige glasteknologiske udvikling har byggebranchen ikke alene fået et bredt udbud af nye og bedre isolerende rudetyper, men også nye konstruktive løsninger til opbygning af store glasfacader og glastage. Dette har allerede afspejlet sig i de senere års arkitektur, hvor glas anvendes i stigende omfang. Da udviklingen må forventes at fortsætte de kommende år, er der skabt gode muligheder for, at man i bygningen kan udnytte dagslyset bedre og opnå elbesparelser til den kunstige belysning.

Projekterende arkitekter og ingeniører mangler dog ofte viden om betydningen af et godt arbejdslys og savner de grundlæggende forudsætninger for at udnytte dagslyset optimalt. Dette giver problemer fx med blænding og dårlige synsbetingelser for bygningernes brugere, og kan føre til et forøget behov for kunstig belysning.

Formålet med denne rapport er derfor at øge de projekterendes viden om, hvordan man kan udforme bygninger, rum og vinduesåbninger, så dagslyset udnyttes på en måde, der opfylder såvel æstetiske som funktionelle krav, samtidig med at man kan reducere energiforbruget til elektrisk belysning.

Rapporten gennemgår syv konkrete eksempler på bygninger, der kan karakteriseres som vellykket arkitektur, og som på forhånd kunne antages at udnytte dagslyset på en måde, som det ville være lærerigt at undersøge.

Det har ikke været projektets formål at udvikle et egentligt projekteringsgrundlag, men alene at demonstrere, hvordan man ud fra en helhedsbetragtning kan opnå gode dagslysforhold og påvise mulige energibesparelser.

## Lyset skaber arkitekturen

Det er lyset, som muliggør oplevelsen af arkitektur. Det er lysets tilbagekastning fra de belyste flader, selvskygger og slagskygger, som gør det muligt at opleve bygninger som 3-dimensionale legemer. Og selv om det nok kun sjældent opfattes sådan af den projekterende arkitekt, er det netop beherskelsen af lyset på bygningens flader, som skaber arkitekturen – god eller dårlig.

At beherske lyset i bygningers rum er som arkitektonisk opgave kompliceret. Der skal i hvert enkelt tilfælde opnås en funktionel og æstetisk tilfredsstillende syntese af rummets udformning, funktion, lysåbninger og lysmængde. Belysningen er som regel en kombination af dagslys og kunstig belysning, og dagslysets tilgang til rummet vil ofte være begrænset til et vindue i den ene væg.

Belysningsstyrken er ikke i sig selv et mål for belysningskvalitet. Retningen og karakteren af det lys, der kommer ind samt rumfladernes evne til at fordele lyset, har stor betydning for den arkitektoniske oplevelse af rummet. Store glasarealer kræver særlig opmærksomhed i projekteringen, hvis man vil undgå generende sollys og blænding fra vinduerne. Disse gener forekommer ikke mindst på vore breddegrader, hvor solen en del af året står lavt.

## Vigtige spørgsmål i projekteringsfasen

For at opnå gode belysningsforhold og en optimal udnyttelse af dagslyset i en bygning, er det vigtigt under projekteringen at tage stilling til en lang række spørgsmål om såvel praktiske som æstetiske forhold:

- Er der nok dagslys til de aktiviteter, der skal finde sted i rummet – og gælder dette også for den bageste del af rummet?
- Er der bygninger eller træer uden for, som reducerer lyset?
- Er lysåbningerne udformet således, at blænding reduceres?
- Skal vinduet kunne afskærmes, fx med persiener, markise eller beplantning?
- Giver lyset generende reflekser, fx i computerskærme?
- Kan lyset skabe de nødvendige kontraster i arbejdsopgaven, således at synsarbejdet er ubesværet?
- Er kombinationen af dagslys og kunstig belysning hensigtsmæssig?
- Er belysningen i rummet æstetisk tilfredsstillende?
- Er fordelingen af rettet og diffust, reflekteret lys således, at genstande i rummet opfattes rumlige?
- Fremhæver det rettede lys overfladens tekstur og glans?

Disse og andre spørgsmål om belysning skal finde deres svar under projekteringen.

# Resultater

Gennemgangen af de syv bygningseksempler i denne rapport viser, at man udmærket kan opfylde kravene til gode dagslysforhold uden at gå på kompromis med ønsket om at skabe god arkitektur. Tværtimod kan man sige, at det netop er udformningen af dagslysets adgang til bygninger, der med belysningen af flader, reflekser og skygger skaber den funktionelle og æstetisk tilfredsstillende arkitektur. De viste bygninger demonstrerer dette med forskellige løsninger og i varierende grad.

## Ingen standardløsninger

I alle de undersøgte bygninger er glasarealet i forhold til gulvarealet større end 10 %. Dette vil i almindeligt proportionerede rum sikre en rimelig tilgang af dagslys samt udsyn til det fri. Når størrelsen af glasarealet og målingerne af dagslyset sammenholdes, viser det sig imidlertid, at der ikke er en entydig sammenhæng mellem disse forhold. Mængden og kvaliteten af dagslyset i bygningerne afhænger også af dybden af murhullet, eventuelle solafskærmninger, beplantningen uden for, skyggende bygninger osv.

De undersøgte bygninger er lærerige, da såvel gode som dårlige erfaringer med dagslysforholdene er repræsenteret. Undersøgelsen peger på, at der ikke findes standardløsninger for udformningen af facader og vinduesåbninger, som tilfredsstillende alle krav til dagslystilgangen og arkitekturen. Det vil dog ofte være enkle principper og traditionelle udformninger af facader og vinduer, der giver de mest tilfredsstillende løsninger.

## Stærkt sollys og blændingsproblemer

I de undersøgte bygninger ses forskellige eksempler på, hvordan man kan reducere stort lysindfald og blænding fra vinduerne fx ved hjælp af tagudhæng, beplantning, lameller, persienser og markiser.

Et stort tagudhæng reducerer indfaldet af dagslys, særligt i rummets forreste del, hvilket ses i *Lærkehuset*, der er en af de undersøgte bygninger. Men i rummets bageste del, hvor der i forvejen kan være mørkt, kan lyset derved dæmpes så meget, at det kan blive nødvendigt at tænde for den kunstige belysning her.

Beplantning uden for et rums vinduer kan danne en attraktiv afskærmning mod et stort lysindfald, men beplantningen kan også afskærme så effektivt, at vinduesåbningen bliver for lille til at give tilstrækkeligt dagslys (*Lærkehuset*).

I flere af de undersøgte bygninger ses eksempler på andre former for afskærmning fx faste eller drejelige lameller (*Hovedindgangen til Zoo*), udvendige og indvendige persienser og gardiner (*Tegnestuen JUUL & FROST m.fl.*) samt udvendige markiser (*Hovedbiblioteket i Gentofte*).

Generelt kan man sige, at hvis dagslyset skal udnyttes optimalt, bør afskærmningen kunne reguleres efter behov eller helt kunne fjernes på tidspunkter, hvor himlen er overskyet.

Store atrier, som forbinder traditionelle bygningskroppe, repræsenterer en særlig udfordring, hvad dagslyset angår. De store glasarealer i atriet kan i visse tilfælde give generende lysindfald og blænding, mens rummene i de tilstødende bygninger til gengæld bliver underbelyste. Man kan imødegå disse problemer på flere måder, bl.a. ved at proportionere atriet hensigts-



mæssigt, anvende afskærminger, bruge overflader med hensigtsmæssige farver og reflektanser og ved at anvende vinduesarealer af varierende størrelse i de tilstødende bygninger, som det er sket i *Sukkertoppen*.

Et særligt problem er generende reflekser i computerskærme. Det er ikke lykkedes at undgå eller modvirke disse gener på en overbevisende måde i de undersøgte bygninger, hverken i de ældre eller i de nye. Det er vigtigt, at de projekterende er opmærksomme på dette problem.

## Mørke områder bagest i rummet

Mens der kan være for lyst i den forreste del af rummet nærmest vinduerne i fx kontorer, er der ofte for mørkt i den bageste del. Dette kan modvirkes, fx med en hensigtsmæssig højsiddende lyssprække oven over udsigtvinduet eller med et højsiddende glasbånd i væggen ind mod belyste naborum, sådan som det er gjort hos *E. Pihl & Søn* og i *Hovedbiblioteket i Gentofte*. Problemet kan også løses med ovenlys langs bagvæggen (*Hovedindgangen til Zoo og Lærkehuset*). Hvide eller lyse vægge, lofter og inventar kan også medvirke til at give mere lys i den bageste del af et rum (*Tegnestuen JUUL & FROST*).

I flere af de undersøgte bygninger klarede man problemet ved at tænde den kunstige belysning bagest i lokalet – i nogle tilfælde kun i den mørke vintertid, men flere steder året rundt. Dette er naturligvis ikke en hensigtsmæssig løsning, da det medfører et forøget energiforbrug.

Bygninger med store, dybe rum – fx udstillingsbygninger og biblioteker – kan være vanskelige at forsyne med tilstrækkeligt dagslys i midten. Løsningerne kan være at anvende almindelige vinduer i facaden suppleret med ovenlys eller lanternebånd. Med sådanne løsninger kan dagslyset i vellykkede tilfælde ikke blot opfylde alle funktionelle krav, men i sig selv udgøre en væsentlig arkitektonisk kvalitet ved bygningerne. Dette er *Hovedbiblioteket i Gentofte*, *Paustians Hus* og *Tegnestuen JUUL & FROST* gode eksempler på.

## Brug af kunstig belysning

I alle rum, hvor dagslyset er utilstrækkeligt eller ikke opfylder sin funktion, vil brugerne ofte supplere dagslyset med kunstig belysning. I nogle af de undersøgte bygninger er den kunstige belysning tændt en meget stor del af året – eller hele året. En af årsagerne er, at indfaldet af dagslys bevirker, at lysfordelingen i rummet bliver meget skæv. Når brugeren tænder den kunstige belysning, opleves lysmiljøet mere behageligt, hvilket ses fx i *Lærkehuset*.

Med et tilstrækkeligt og funktionelt dagslys i rummene ville den kunstige belysning kunne undværes en stor del af året, og man kunne dermed opnå en betydelig energibesparelse. Den kunstige belysning er nemlig ikke kun tændt, når det er nødvendigt. I mange tilfælde tænder brugerne for lyset alene af vane, eller måske for hyggenes skyld, og lyset forbliver tændt, selv når rummet ikke benyttes. I de fleste af de undersøgte bygninger er det derfor muligt at opnå en betydelig elbesparelse ved at etablere tænd/sluk regulering af almenbelysningen, særligt hvis den zoneopdeles efter afstanden fra vinduet eller reguleres efter dagslysniveauet. Hvis kontoret kun benyttes en del af dagen, kan det være en rimelig investering at installere bevægelsesmeldere, da det vil resultere i væsentlige energibesparelser. Dette har man fx gjort hos *E. Pihl & Søn*.

Der er betydelige energibesparelser at hente ved at projektere bygningerne med et tilstrækkeligt og funktionelt dagslys i rummene, som kan gøre den kunstige belysning overflødig i en stor del af året. Man kan benytte de retningsgivende nøgletal for installeret effekt til kunstig belysning i små kon-

torer (Lys & Optik, 1993) som målestok for, om rummet har et rimeligt forbrug med dagens teknologi. I de undersøgte bygninger var den installerede effekt generelt lavere end eller svarende til disse retningsgivende værdier.

# Metode

Projektet tog udgangspunkt i en række tekniske samtaler mellem ni personer, som er særligt sagkyndige på dagslysområdet. Under samtalerne diskuterede man forskningsprojektets fremgangsmåde, samt hvordan man skulle udvælge de bygningseksempler, som projektgruppen skulle undersøge og evaluere.

I de tekniske samtaler deltog: Arkitekt MAA Ebbe Christensen (leder af Belysningslaboratoriet, Kunstakademiets Arkitektskole), arkitekt MAA Johan Fogh (projekterende), teknikumingeniør Niels Frimer-Larsen (projekterende) og arkitekt MAA Flemming Skude (arkitekturanmelder). Disse fire personer udgjorde desuden det panel, som har evalueret kvaliteten af belysningen i de udvalgte bygninger.

Fra Energistyrelsen deltog arkitekt MAA Morten Kjærgaard. Fra By og Byg deltog fire seniorforskere: Civilingeniør Jens Christoffersen, civilingeniør Erwin Petersen, arkitekt MAA Ole Svensson og akademiingeniør Steen Traberg-Borup, i det følgende kaldet Dagslysgruppen.

## Valg af bygningseksempler

Ud fra de tekniske samtaler blev følgende syv bygninger udvalgt til evalueringen:

- E. Pihl & Søn (Lyngby)
- Hovedbiblioteket i Gentofte (Gentofte)
- Hovedindgang til Zoologisk Have (Frederiksberg)
- Lærkehuset (Hørsholm)
- Paustians Hus (København Ø)
- Sukkertoppen (Valby)
- Tegnestuen JUUL & FROST (København K).

Bygningerne blev udvalgt ud fra følgende kriterier:

1. Bygningerne skulle være af god arkitektonisk kvalitet. Hvilket i denne sammenhæng betyder, at bygningen enten har været omtalt i et seriøst arkitekturtidsskrift, fx Arkitektur DK, eller at det er præmieret i en arkitektkonkurrence eller har vundet en pris indstiftet af fx en organisation eller en kommune.
2. Bygningerne skulle – ud fra deres fremtræden og et generelt kendskab til dem – have dagslysforhold, som gjorde dem særligt lærerige at undersøge. Såvel gode som dårlige erfaringer med dagslysforholdene skulle indgå i evalueringen.
3. Bygningerne skulle være institutioner eller erhvervsvirksomheder. Dette kriterium afgrænser opgaven til bygninger, der er arbejdspladser, og hvor rummene fortrinsvis er kontorer, men i øvrigt også kan være større lokaler, såsom laboratorier og fællesrum.
4. Bygningerne skulle ligge i eller nær København. Bygninger i andre dele af Danmark kunne med fordel have indgået i projektet, men budgettet tillod ikke de nødvendige rejser.

## Evaluering af belysningens kvalitet

Ofte omfatter studier af belysningsforhold alene målinger af lyset. Men da kvaliteten af belysningen i et rum i høj grad er en subjektiv oplevelse, kan den ikke fastslås alene ud fra målelige, objektive kriterier. Erfaringerne viser ganske vist, at der er en høj grad af konsensus om oplevelserne, og at der er god korrelation mellem måleresultater og oplevelser. Men evalueringer rummer ofte iagttagelser, oplevelser og forklaringer, som ingen målinger kan registrere. Derfor er målingerne af belysningsforholdene i bygningerne i dette projekt suppleret med en evaluering af belysningens kvalitet, som er udført af et panel bestående af særligt sagkyndige på dagslysområdet.

Arkitekter formodes i særlig grad at være trænet i at foretage samlede vurderinger af komplekser, hvori nogle forhold er målelige, fx et rums længde, bredde og højde, mens andre ikke er målbare, fx den æstetiske kvalitet af rummets proportioner. I panelet var tre af de fire fagfolk arkitekter og den fjerde ingeniør. Panelet bestod af:

- Arkitekt MAA Ebbe Christensen (leder af Belysningslaboratoriet, Kunstakademiets Arkitektskole)
- Arkitekt MAA Johan Fogh (projekterende)
- Teknikumingeniør Niels Frimer-Larsen (projekterende)
- Arkitekt MAA Flemming Skude (arkitekturansvarlig).

Evalueringen omfattede såvel funktionelle som æstetiske forhold ved både dagslyset og den kunstige belysning. Panelet blev ikke pålagt at anvende en særlig systematik eller særlige, faglige begreber i evalueringen. Målet med evalueringen var at få hver af panelets deltagere til at redegøre for sine iagttagelser og oplevelser på den måde og med de ord, som umiddelbart forekom vedkommende mest dækkende.

### Fremgangsmåden

Evalueringen fandt sted ved besøg i de udvalgte bygninger i foråret 1999. By og Byg's Dagslysgruppe havde på forhånd udvalgt rum med karakteristiske belysningsforhold, som skulle indgå i evalueringen. Under besøgene tog hver af de fire fagfolk noter om iagttagelser og oplevelser. Disse blev efterfølgende bearbejdet af fagfolkene selv til korte tekster om belysningsforholdene i de lokaler, som blev undersøgt. Disse tekster er kun i mindre grad blevet redigeret af Dagslysgruppen – og dette er alene sket for at undgå unødige gentagelser og faktuelle fejl samt for at samordne teksternes litterære form. Redigeringen kunne gennemføres uden problemer, da der også i dette projekt var en meget høj grad af konsensus. Ved besøgene registrerede Dagslysgruppen desuden rummernes beliggenhed, orientering, anvendelse, overflader, vinduer, kunstig belysning m.m.

I rapporten er panelets noter til hvert af de syv bygningseksempler gengivet i citationstegn og med forfatterens navn. Fotografierne i rapporten er taget af arkitekt MAA Morten Kjærgaard.

### Bestemmelse af dagslysfaktor

Efter panelets besøg i bygningerne gennemførte Dagslysgruppen i efteråret 1999 målinger og analyser af lysforholdene i lokalerne. I de udvalgte rum er der målt belysningsstyrker fra dagslyset på overskyede dage med henblik på at bestemme dagslysfaktoren, og der er målt luminanser og reflektanser for flader, hvor disse kan have betydning for de visuelle forhold. Dagslysfaktoren er et mål for, hvor meget dagslys der er indendørs i forhold til ude.

Belysningsstyrken i rummene er målt i et net fra vinduesvæg til bagvæg på et vandret plan 0,7 m over gulv. En fotocelle, fastgjort til et rullebord, blev kørt fra vinduesvæggen ind i rummet på et målebånd udlagt på gulvet. Afstanden mellem målepunkterne varierede mellem 0,5 m og 1,0 m. Belys-

ningsstyrkerne er målt med to Hagner digitalluxmetre type E2X og luminansen med et Hagner luminansmeter type S2. Ved hjælp af mobiltelefoner blev det sikret, at målingerne inde og ude gennemførtes samtidigt.

Dagslysfaktorerne i lokalerne er bestemt to gange lige efter hinanden for at sikre, at der ikke har været for store variationer i luminansfordelingen af himlen under målingerne. Belysningsstyrken fra almenbelysningen er bestemt som differensen mellem dagslysmålinger med og uden den kunstige belysning tændt.

Evalueringen af belysningens kvalitet og bestemmelsen af dagslysfaktoren fandt sted i forskellige tidsrum og på dage med forskelligt dagslys. Men Dagslysgruppen skønner, at dette er uden betydning for sammenligningen mellem evalueringen og dagslysfaktorerne.

## Energiforbrug til kunstig belysning

En god udnyttelse af dagslyset kan – udover at opfylde funktionelle og æstetiske krav – give muligheder for at reducere energiforbruget til den kunstige belysning. For at demonstrere dette er der i de undersøgte rum foretaget såvel dagslysmålinger som målinger af den kunstige belysning. I rapporten er der for hver af de syv bygninger, der er gennemgået, en kort beskrivelse af den kunstige belysning. Her er typen af belysningsarmaturer og lyskilder nævnt, og det installerede effektforbrug fra almen- og særbelysning er angivet.

Energiforbruget til kunstig belysning er fastsat ud fra den installerede effekt og den oplyste brugstid, da der ikke eksisterer målinger af energiforbruget. De retningsgivende nøgletal fra pjecen "God og energirigtig kontor-belysning" (Lys & Optik, 1993) er brugt som målestok for, om bygningen har et rimeligt energiforbrug. Nøgletallet for installeret effekt til kunstig belysning fra almen- og særbelysning (inkl. plante-, reol- og mødebordsbelysning) i små kontorer er 15–20 W/m<sup>2</sup>. Ud fra målinger af dagslysfaktoren, og med kendskab til dagslysniveauets variationer udendørs, har Dagslysgruppen skønnet, om der er mulighed for at opnå energibesparelser ved at installere automatisk eller manuel regulering af den kunstige belysning. Hvis den målte dagslysfaktor et sted i rummet er 2 %, betyder det fx, at der i løbet af et år vil være 200 lux eller derover i 60 % af tiden mellem klokken 8 til 16, hvilket er tilstrækkelig til at dække behovet for belysning på en normal arbejdsplads. I den resterende tid er der behov for at supplere med kunstig almenbelysning, eventuelt suppleret med særbelysning.

## Myndighedskrav og vejledende værdier

Dagslys og belysning på arbejdspladsen skal opfylde kravene i „Bygningsreglementet 1995“ (Bygge- og Boligstyrelsen, 1995), Arbejdstilsynets cirkulære Nr. 3/1999 „Dispensationer og fortolkning af regler inden for faste arbejdssteders indretning ved projekteret byggeri“ (Arbejdstilsynet, 1999), samt den danske standard DS 700, „Kunstig belysning i arbejdslokaler“ (Dansk Standard, 1997).

Både Bygningsreglementet og Arbejdstilsynets cirkulære stiller krav om, at arbejdslokaler i erhvervsejendomme har en sådan tilgang af dagslys, at de kan betegnes som velbelyste, og at de ansatte har udsyn til det fri gennem vinduerne. Normalt antager man, at kravene til dagslystilgangen er opfyldt, når vinduesarealet i lokalet udgør mindst 10 % af gulvarealet, mens kravet til ovenlys er opfyldt, når arealet udgør 7 %. I tilfælde, hvor dagslystilgangen gennem vinduerne er reduceret, har Arbejdstilsynet angivet 2 % som mindsteværdien for dagslysfaktoren på den enkelte arbejdsplads.

DS 700, „Kunstig belysning i arbejdslokaler“, indeholder retningslinjer for og krav til den kunstige belysning i arbejdslokaler. Standarden gælder for kunstig belysning, men da den beskriver, hvorledes der opnås gode belysningsforhold, kan en stor del af kvalitetskravene overføres til dagslysforhold. Kravet om belysningsstyrke i almindelige kontorer er 100–200 lux og 500 lux på selve arbejdsopgaven ved vedvarende arbejde.

# E. Pihl & Søn A/S

## Bygningen

Bygningen, der er domicil for entreprenørfirmaet E. Pihl & Søn A/S, ligger i et ældre villakvarter i Lyngby. Med sine to sammenbyggede vinkelhuse og murstensfacader tilpasser bygningen sig de omliggende enfamiliehouses proportioner og materialer.

Mellem de to vinkelhuse er der etableret en højloftet, stærkt belyst foyer med åben forbindelse ad gange og broer til alle kontorer. Det giver en rumlig sammenhæng, hvor den arkitektoniske idé er tydelig fra helheden og ned til den mindste detalje.

Bygningen fremtræder som gennemindustrialiseret, men ses ved et nøje eftersyn at være resultat af en blanding af industrielle bygningsdele og håndværk. Bygningens proportioner, materialer og detaljer er valgt og bearbejdet med stor omhu.

Det rigt varierede rumforløb med foyer, gange, broer og kontorer byder på vekslende ind- og udblik til indvendige og udvendige rum og på stadigt skiftende lysforhold.

Bygningen får dagslys ind gennem store glasfacader i foyer og kantine, ovenlys i trapperum og gange samt almindelige vinduer i facaderne til kon-

Kontor, 1.sal.





Hovedindgang mod Nybrovej.

torerne. Det giver store variationer i lysforholdene i de forskellige rum, hvilket bidrager til husets næsten dramatiske interiør.

Den kunstige belysning i bygningen sigter med placering og udformning mod tilsvarende kvaliteter, som dagslysforholdene giver. Således er lysstofrør indbygget i de stålrammer, som bærer ovenlyset. Også andre armaturer i bygningen er specialdesignede eller er modificerede udgaver af eksisterende armaturer.

### Panelets evaluering

Niels Frimer-Larsen:

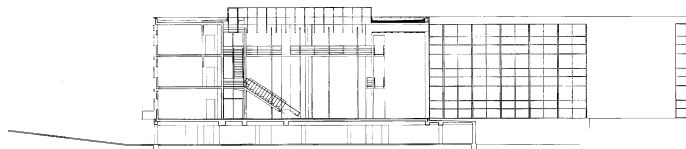
„Behandlingen af dagslyset i denne bygning er løst godt, og resulterer i mange spændende og smukke bygningsoplevelser, uden at det går ud over funktionaliteten på arbejdspladserne. Det er en særlig kvalitet, at der er rigeligt dagslys, også i alle gangarealer.“

## Foyeren

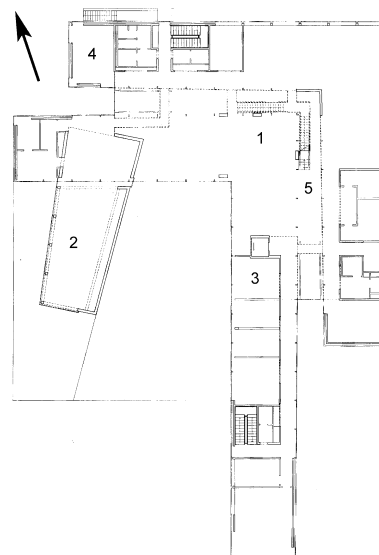
### Lysforhold

Den dobbelthøje foyer i den indre vinkel lader dagslyset strømme ind gennem den to etager høje glasfacade. Det store, sydvest-vendte glasareal med de spinkle sprosser giver et meget stærkt og kontrastrigt dagslys i foyeren. Spejldammen bidrager til lyset i rummet med flimrende reflekser på vægge og lofter. Der er rigeligt lys – og for meget lys, fx når solen står lavt i sydvest eller ved en meget lys, overskyet himmel.

Gangene, trapperne og broerne, der forbinder bygningens rum, modtager dagslys gennem vinduer i gavlene, gennem det langsgående ovenlys samt fra foyeren og kontorer med åbne døre.



Snit.

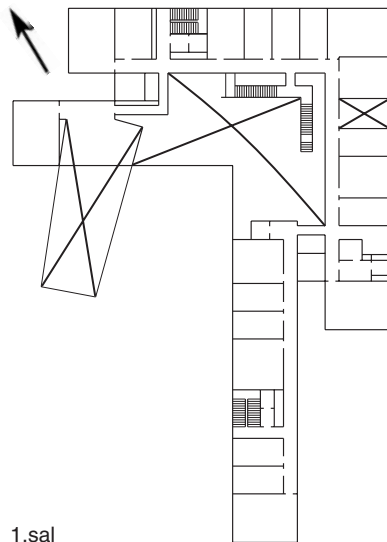


Stueplan.  
1. Foyer.  
2. Kantine.  
3. Kontor.  
4. Mødelokale.  
5. Ovenbelyst gang og bro.

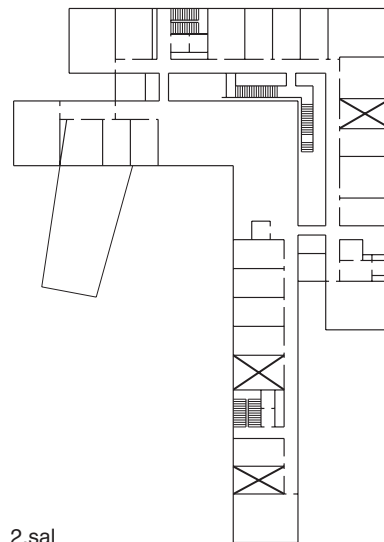




1. sal og 2. sal.  
De undersøgte kontorer  
er markeret med krydser.



1.sal



2.sal

Foyeren har dominerende overflader af naturmaterialer. Gulvet er af lyse askestave, væggen mod kantinen af mørk, islandsk basalt, og betonoverfladerne er lyse, afsyrede og støbt på stedet.

### Panelets evaluering

Ebbe Christensen:

„Dagslyset kommer ind gennem de åbninger, der opstår ved bygningsblokkens sammenstilling. Her er ikke „vinduer“ og heller ikke „rum“ – snarere mellemrum med glidende (slørede) overgange. Der er mange glatte og ensfarvede flader, og smalle stålprofiler. Øjnene løber let vild på de store, udelte arealer uden ministrukturer, og profilernes selvskygge forsvinder i den mørke maling, så søjlerne mest ses som silhouetter.

Karakteristisk for denne form for minimalisme er, at der i teksturens hierarki er udeladt de mindste og mellemstore størrelser, hvorved der opstår en raffineret form for afmagt eller visuel isolation, mens man færdes der, og det scenografiske forløb kan være svært at fastholde.

Vandbassinet uden for sender glitrende refleksbølger op over fladerne og gør dem nærværende.“

### Kontorer

#### Lysforhold

De fleste kontorer er 2,9 m brede og 4,7 m dybe. Vinduet i facaden er delt i to: Et udsynsvindue og et højtsiddende dagslysvindue. Vinduerne (transmit-

Foyer.





Gang og bro.

tans 69 %), der spænder ud i rummets fulde bredde, har meget tynde, grå vinduesprofiler. Den nederste glaskant er 1,0 m over gulvet. Det højsiddende vinduesbånd når helt op under loftet. Loftshøjden er 3,2 m, og de pudsede, gråhvide lofter og vægge samt de smalle, oplukkelige vinduer i kontorerne tilsigter at skabe et godt indeklima med naturlig ventilation. Kontorer har en indvendig, blank persienne (12 mm), der er skjult i vinduets overkant i optrukket tilstand.

I sydvest-vendte kontorer på 1. sal udgør det samlede glasareal 23 % af gulvarealet og 34 % af facadearealet, hvoraf det øverste vindue (0,19 m højt) udgør 5 %. I etagen ovenover er det højsiddende vinduesbånd ca. tre gange højere end på 1. sal, hvilket giver et samlet glasareal på 45 % af facadearealet. I enkelte nordøst-vendte kontorer er der glas fra gulv til loft. I de fleste kontorer er der i sidevægge og bagvæg, over dør- og reolhøjde, et sprosseløst glasbånd, der giver rummet et vist lystilskud fra gang, foyer og nabokontor.

### **Panelets evaluering**

#### **Kontor mod sydøst, 1. sal**

Ebbe Christensen:

„Der er tilstrækkeligt dagslys, uden blænding. I ingen af rummene behøves el-lys på det tidspunkt (når der er dagslys).“

Niels Frimer-Larsen:

„Når der er et godt dagslys bagest i rummet, skyldes det, at der tilføres meget dagslys fra naborummene via glasset øverst i alle skillevægge.

Rummet virker venligt, lyst og med en jævn fordeling af lyset på væg- og loftsflader, alle matte og gråhvide.“

Johan Fogh:

„Rummets afgrænsning sløres af den sprosseløse anvendelse af glas over dør- og reolhøjde mod de øvrige rum.

Man synes at befinde sig i hele bygningens diffuse, reflekterende dagslysmiljø snarere end i et enkelt kontorrum. Eget kontor, men ikke afsondret.“

#### **Kontor mod nordvest, 2. sal**

Niels Frimer-Larsen:

„Selvom dette kontor ikke får tilført lys fra naborum er lysniveauet rigeligt, også bagest i rummet. Dette tilskrives lyse vægge og vel placeret inventar, der muliggør, at sidevæggene kan reflektere dagslys dybt ind i rummet.

Dette viser, at inventaret, ikke mindst på væggene ved facaden, har stor indflydelse på dagslyset i kontorer.“

Johan Fogh:

„Rummet fremstår venligt med jævn lysfordeling på både sidevægge og loft. Det har givetvis betydning, at vinduesglasset går helt ud til disse pladers flugt, idet karmen er planforsænket.“

> Kontor 1. sal mod syd-  
øst.

>> Kontor 2. sal mod  
nordvest.



Ebbe Christensen:

„Samme vinduestyper, men udsigt over villatage og haver. Alligevel virker kontoret mod nordvest lysere end kontoret mod sydøst, på grund af udsigten, og det virker ‘blødere’ og mere privat.“

### Målinger af dagslys

#### Kontor mod sydøst, 1. sal

Målinger af dagslysfaktoren på arbejdsplan blev gennemført med og uden bidrag fra det højtstående vindue. For det samlede vindue varierer dagslysfaktoren fra 9,5 % ved vinduet til 0,6 % bagest i rummet. Det højtstående vindue bidrager lidt til dagslysniveauet (0,2 %) i den bageste del af rummet. Arbejdstilsynets angivne mindsteværdi på 2 % for de enkelte arbejdspladser findes ca. 3 m fra vinduet. De fleste ansatte har deres arbejdsplads ved vinduet, og en væsentlig del af året vil der ikke være behov for at tænde almenbelysningen.

#### Kontor mod sydøst, 2. sal

Dagslysfaktoren på arbejdsplan for det samlede vindue varierer fra 10 % ved vinduet til 2 % bagest i rummet, næsten 5 m fra vinduet. Det højere dagslysniveau i forhold til kontoret på 1. sal skyldes, at bygningen overfor skygger mindre, og at det højtstående vinduesbånd er ca. tre gange større.

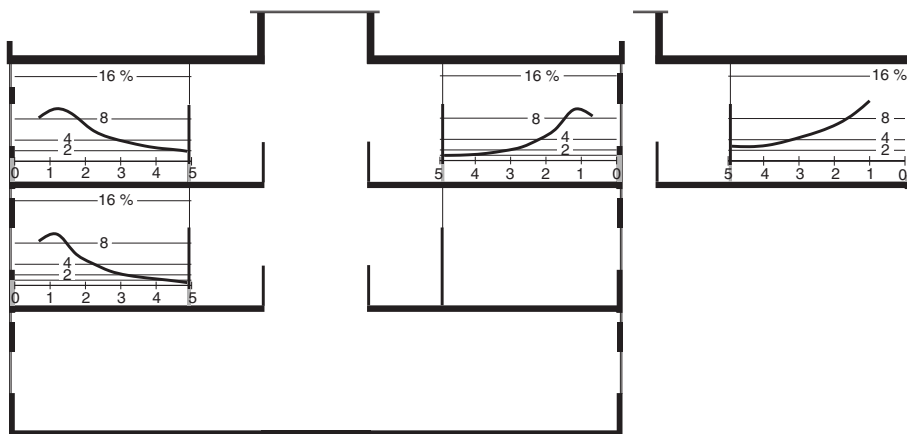
#### Kontor mod nordøst, 2. sal

Kontoret er identisk med kontoret mod sydøst på 1. sal, men uden glasbånd mod gang og nabokontorer. Der er ingen skyggende bygning overfor, hvilket medfører, at der er et højere dagslysniveau bagest i rummet (dagslysfaktor 1,0 %), end der er i kontoret på 1. sal. Dagslysniveauet er imidlertid fuldt tilfredsstillende i begge kontorer.

#### Kontor mod nordøst, 2. sal, glas fra gulv til loft

I kontorets bageste dele er dagslyset tilfredsstillende, idet dagslysfaktoren blev målt til næsten 3 %. Glasarealet udgør ca. 70 % af facadearealet, men radiatorer foran vinduet reducerer lysningsarealet.

Snit sydøst-nordvest  
med kurver for dagslys-  
faktoren i de undersøgte  
kontorer.





### Energiforbrug

Alle kontorer har bevægelsesmeldere, og almenbelysningen tændes og slukkes centralt ved hjælp af en udvendig føler. Den automatiske styring kan overstyres fra hver arbejdsplads. Almenbelysningen består af ét specialdesignet armatur nedhængt under loftet. Armaturet er placeret 2,7 m fra vinduet og har 2 x 38 W PL-lysstofrør, der er afskærmet med et åbent lavluminansgitter. Armaturerne er opad/nedadlysende og lyspletten på loftet fremhæver forskellen i lysfarven på dagslyset og kunstlyset. Almenbelysningen er ca. 350 lux ved arbejdspladsen, aftagende mod bagvæggen til ca. 100 lux. Den installerede effekt fra almen- og særbelysningen er ca. 8 W/m<sup>2</sup>, hvilket er under halvdelen af nøgletallet for energiforbruget til rumbelysning i små kontorer (15–20 W/m<sup>2</sup>).

I et europæisk projekt (NatVent) svarede de ansatte, at de gennemgående er tilfredse med belysningen (både dagslys og kunstlys) i kontoret (Wouters og Demeester, 1999).

### Kantinen

#### Lysforhold

Kantinen, der er et stort, højloftet rum, er belyst med dagslys af et to etager højt glasareal i gavlen mod sydvest samt flere gennemgående glasbånd i loftet og i de langsgående vægge.

#### Panelets evaluering

Johan Fogh:

„Rummets begrænsninger er opløst i skiver, adskilt af glasbånd. Glasbåndene kan dog ikke forhindre en stærk blændingsvirkning af gavlvinduet.“

Flemming Skude:

„Kantinen er en (anderledes) tvivlsom lysoplevelse i kraft af rummets aflange forløb, afsluttet af en rumstor vinduesgavl, hvilket medfører konstant og kraftig blænding for den halvdel af brugerne, der bænkes med ansigtet mod lyskilden.“

### Byggeriets data

Domicil for E. Pihl & Søn A/S

Adresse: Nybrovej 116, 2800 Lyngby

Bygherre: E. Pihl & Søn A/S

Opførelsesår: 1993–94

Arkitekt: KHR Arkitekter A/S ved Jan Søndergaard og Kaj Terkelsen

Ingeniør: N & R Consult

Hovedentreprenør: E. Pihl & Søn A/S

# Hovedbibliotek i Gentofte

## Bygningen

Hovedbiblioteket i Gentofte ligger med sin hvide, sammensatte bygningskrop og glasfacader ud mod Øregårdsparken. Bygningen, der er fra 1985, har et nutidigt udtryk, men refererer med sine hvide facader, flade tag og en række bygningsdetaljer til 1930'ernes modernistiske arkitektur.

Biblioteket er i to etager med kælder. Det samlede bruttoetageareal på ca. 7.300 m<sup>2</sup> fordeler sig med ca. 3.000 m<sup>2</sup> i stueetage og ca. 1.900 m<sup>2</sup> på 1. sal. Kælderen på 2.400 m<sup>2</sup> indeholder magasiner, teknikrum, cykelparkering mv.

Parkindgangen fra Øregårds Allé indgår i en stor glasfacade. Herfra træder man ind i et meget lyst rum, avislæsesalen, og derfra, ad nogle trin op, ind i forhallen med hovedskranken, et rum med lav loftshøjde og et lavere lysniveau. Forhallen giver umiddelbart adgang til det meget store centralrum, udlånssalen, der går igennem to etager og virker som et lyst torv. På 1. salen, der er udformet som en balkon omkring centralrummet, er der adgang til bl.a. en lukket læsesal, personalets kantine og administrationens kontorer.

Udlånssalen.





Parkindgangen mod  
Øregårds Allé.

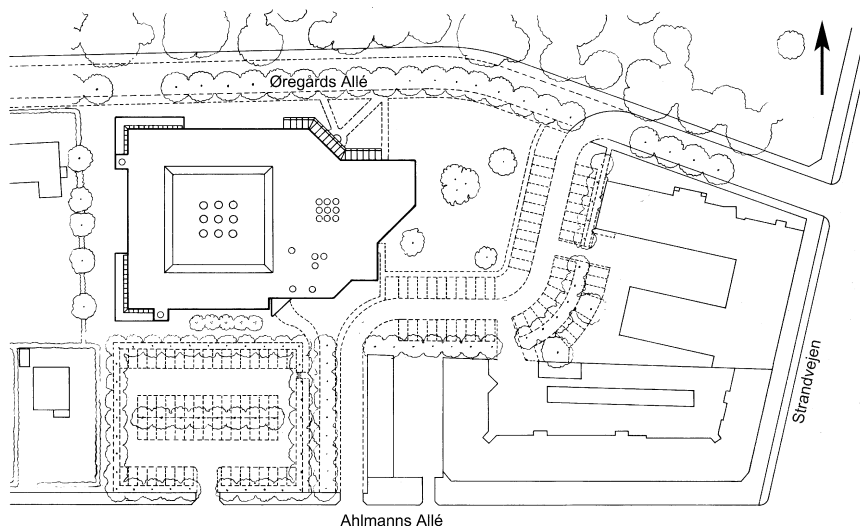
## Panelets evaluering

Ebbe Christensen:

„Husets indre inviterer til bevægelse. Der må i planlægningen være foregået en optisk analyse, der har sikret, at både adaptationsforhold og synsfeltplanlægning er i orden, foruden de øvrige arkitektoniske afvejn timer. Huset kan „læses“ som ordene i en sætning. De enkelte afsnit er til at overskue, samtidig med, at der er diskret attraktion til de omliggende steder længere fremme i forløbet.

Læseområdet ved parkindgangen er meget lyst, lidt bart og åbent og ikke så intimt. Herfra leder gulvets skråribede ganglinie blikket og kroppen ind mod udlånssalens lyse centrum – man lades ikke i tvivl om vejen. Til venstre passeres udstillingsrummet med de runde ovenlys; lyset her er ikke særlig karakteristisk på grund af det rigelige reflekslys, men rummet er det, og udfordrer til forskellige udstillingstyper.

Indlænsområdet med det varme ellys i „hulen“ inde bag skrankens lange, lave åbning er det næste, også til venstre. Som kulmination, følgende læse retning mod højre, kommer så centralrummet som det relativt lyseste, med ovenlyshuller og skaktindramning af rummet med de fire søjler og det blå gulv: Et usædvanligt centrum. Rummet fungerer i lyst gråvejr, men bedst i solskin, som i øvrigt hele huset. Den gennemsigtighed, der er langs gangli-



Situationsplan. 1:2.000.

nier, over vægge og mellem reoler ud til det fri gennem facadevinduerne, gør, at man ikke føler sig indelukket. På samme måde kan man opleve solens og himlens forskellige lysindfald og lysfarver i de omgivende rum, noget der forstærker oplevelsen af nærvær, tid og egen betydning – et nordisk hus?

Foredragssalen er afsondret fra det øvrige, men med det store vindue „i ryggen“ forekommer den ikke særligt samlende for opmærksomheden, og man føler sig lille.

Vejen ud af huset er igen en variation frem mod det lyse, enten gennem „lyset“ i den tomme gang mod P-pladsens dørparti, eller gennem „mørket“ mod udgangen til parken, hvor glaspartiets hvide skråtag spiller fint sammen med gulvets sorte, skrå striber, og de runde, sart-skyggede søjler.“

Flemming Skude:

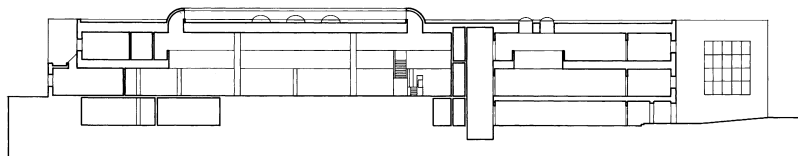
„Publikumsarealerne er præget af optimale lysforhold med et højt belysningsniveau overalt – sågar på de nederste bogrygge.

Lysforskellene mellem den glasoverdækkede avis- og læseafdeling, afbrudt af det mørkere udlånsafsnit (med skranken), og selve udlånssalen, virker ualmindelig overbevisende, inciterende og funktionelt retfærdiggjort.“

Niels Frimer-Larsen:

„Hovedbiblioteket i Gentofte er en smuk bygning, hvori dagslyset anvendes optimalt til at fremhæve arkitekturen og til at give gode synsbetingelser for publikum og medarbejdere.“

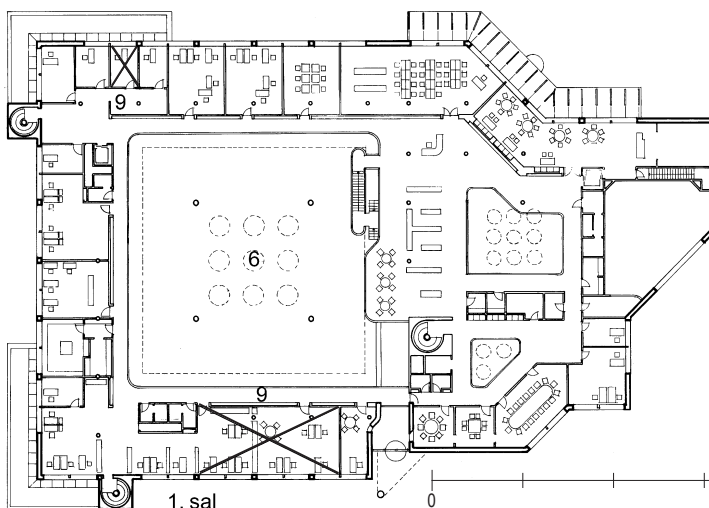
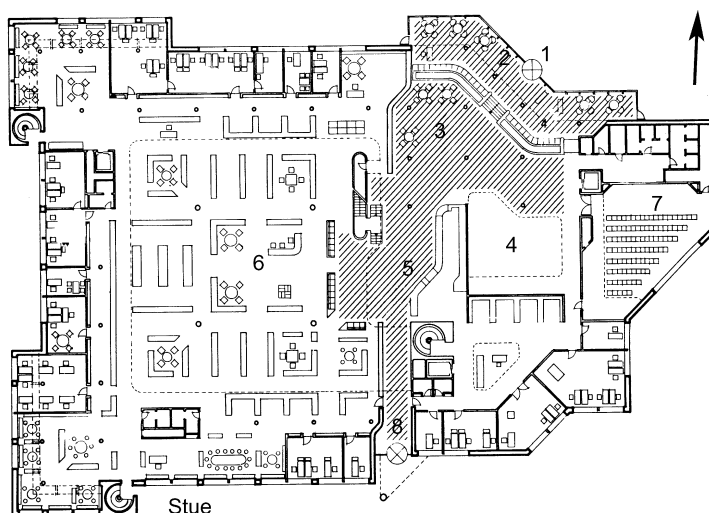
Snit, nord-syd.



Plan.

Stue og 1. sal.

1. Parkindgang.
2. Avislæsning.
3. Forhal.
4. Udstillingsområde.
5. Hovedskranke.
6. Udlånssal/Centralrummet.
7. Foredragssal.
8. Hovedindgang.
9. kontorer (de kontorer, der er undersøgt, er markeret med krydser).





Udlånssalen

Udlånssalen.  
Arbejdspladser

### Lysforhold

Dagslyset i udlånssalen, der måler 26 m x 26 m, kommer ind gennem ni ovenlyskupler i midten af rummet og gennem et vertikalt lanternebånd (transmittans 80 %) langs hele randen af salens centralrum. Ovenlyskuplerne er efter bygningens ibrugtagning malet hvide for at reducere gener fra direkte sollys. Transmittansen er nu 50 %. Om sommeren kan det vertikale lanternebånd mod syd give et strejflys af sol i rummet; resten af året og ved anden orientering reflekteres sollyset ind i rummet af de buede lysskakte til ovenlysene. Gulvet i udlånssalen er belagt med lyseblåt linoleum. Vægge, balkonforanker og lofter er hvidmalede. Reolerne i bogudlånet er ligeledes hvidmalede.

### Panelets evaluering

Ebbe Christensen:

„...som kulmination, følgende læseretningen mod højre, kommer så centralrummet som det relativt lyseste, med ovenlyshuller og skaktindramning af rummet med de fire søjler og det blå gulv: et usædvanligt centrum. Rummet fungerer i lyst gråvej, men bedst i solskin, som i øvrigt hele huset.“

Niels Frimer-Larsen:

„Tilgangen af dagslys fra ovenlyset langs randen af det nedhængte tag og en række store, runde ovenlys sikrer et tilstrækkeligt dagslysniveau for de fleste funktioner.

Det er imponerende, at alle publikumstilgængelige reoler har tilstrækkeligt dagslys, også på nederste hylde.

Alle rumflader, såsom lofter, vægge, søjler, reoler og vinduessprosser, er hvide/hvidlige. Også gulvet er lyst. Det tilførte dagslys bliver derfor reflekteret mange gange, hvilket medfører, at lysniveauet er meget ensartet og difust. Den lidt tunge virkning af det diffuse dagslys kompenseres delvis af muligheden for at se ud til fjerne vinduer og udeoplevelser.“





^ Udlånssalen. Reoler.

> Balkonen med lanternellys.

Johan Fogh:

„Ovenlyset over udlånssalen giver, sammen med farvesætningen i hvidt, et smukt, venligt og homogent interiør uden større kontraster i lysniveauet. Lyset synes at dale ned mellem reolerne, og man føler, at man kan slå sig ned hvor som helst i dette interiør uden at komme i skygge bag en reol eller andet.“

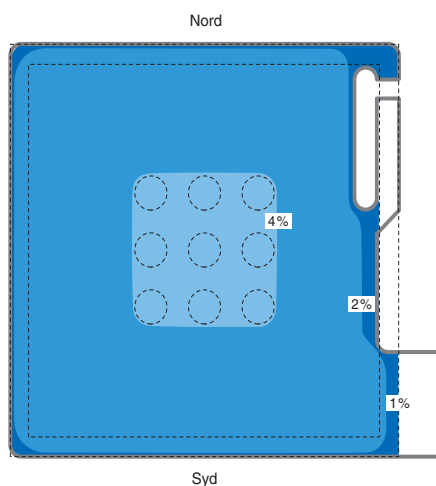
### Målinger af dagslys

Målinger af dagslysfaktorer er foretaget over reolhøjde (2,1 m). De ni ovenlyskupler giver hovedsageligt lys til centralrummet, mens lanternebåndet giver lys til randområdet. Horisontale målinger viser en forholdsvis ensartet belyningsfordeling i hele udlånssalen med dagslysfaktorer varierende fra 2,5 til 5 %.

I et bibliotek er belyningen af bogreolerne vigtig, derfor er der foretaget vertikale målinger af dagslysfaktorer på reolernes forside. Målingerne viser en jævn fordeling af lyset med en dagslysfaktor fra 1,4 % på den nederste hylde til 2 % på den øverste.

Dagslyset på bibliotekets arbejdspladser under ovenlyskuplerne er tilstrækkeligt en stor del af året, men kan efter behov suppleres med arbejds-lamper. Loftsbelysningen bør kun tændes i vinterhalvåret. Dagslyset på bibliotekets arbejdspladser under ovenlyskuplerne er tilstrækkeligt en stor del af året, men kan efter behov suppleres med arbejds-lamper. Loftsbelysningen bør kun tændes i vinterhalvåret.

Iso-dagslysfaktorkurver på stueplanet i udlånssalen.



## Energiforbrug

Den kunstige belysning i loftet består af 36 cirkulære indbygningsarmaturer. Hvert armatur har 1 x 38 W 2D-formede kompaktlystofrør og er afskærmet med opal acrylplade. Loftsarmaturerne giver en horisontal belysningsstyrke 2,1 m over gulvet på 100 lux ved balkonerne stigende til 150 lux i midten af rummet.

I det specielt udviklede reolsystem er der i forkanten af hver hylde indbygget et armatur med lysstofrør. Der er opsat ca. 1200 armaturer med en converter for hver ca. 4 armaturer. Reolbelysningen giver et varmt lys, der bedst kan sammenlignes med glødepærens lys. Den installerede effekt fra almenbelysning og reolbelysning er ca. 50 W/m<sup>2</sup>.

Lyset i udlånssalen tændes og slukkes manuelt. På forespørgsel om tænd/sluk-frekvensen blev det oplyst, at reolbelysningen næsten altid er tændt, mens lofts-belysningen hovedsageligt tændes i vinterhalvåret. Væsentlige elbesparelser vil kunne opnås ved en mere bevidst tænd/sluk-regulering af reolbelysningen.

## Administrationens kontorer

### Lysforhold

Det nordvendte kontor er 2,9 m bredt og 4,3 m dybt. Det har ét vinduesfag (transmittans 80 %) med et glasareal på 2,3 m<sup>2</sup>. Den nederste glaskant er placeret 1,0 m over gulvet. Glasarealet udgør 19 % af gulvarealet og 29 % af facadearealet. I kontorets sidevægge og bagvæg er der over dør- og reolhøjde et sprosseløst glasbånd, der giver rummet et vist lystilskud fra gangen og nabokontorerne.

Det sydvendte kontor er 14,5 m bredt og 7,0 m dybt. Glasarealet her udgør 11 % af gulvarealet.

Alle kontorer er hvidmalede. De fleste ansatte har deres arbejdsplads ved vinduet. Der er solafskærmning i form af udvendige, hvide markiser.



Udlånssalen. Lanternelys og ovenlys.

> Nordvendt kontor på 1. sal.

>> Sydvendt kontor på 1. sal.



## Panelets evaluering

Flemming Skude:

„Også de almindelige kontorer i ca. 4 meters dybde på 1. salen må karakteriseres som belysningsmæssigt tilfredsstillende.“

Alene mod syd har større kontorer med terminalarbejdspladser iøjnefaldende problemer med en udvendig, lys solmarkise, der i kraft af sin stoflighed kommer til at virke som en matteret lysfordeler med stor refleksionseffekt på dataskærmene bag facaden. I nødværge har de ansatte på eget initiativ formet særlige afskærmningsanordninger af bukket pap til at afhjælpe refleksproblemet.“

Johan Fogh:

„Kontor med bredt sidelys over brystningshøjde samt glas over reolhøjde i bagvæggen mod balkonen under lanternebåndet: Væg- og loftsplader fremstår uden større kontraster på grund af dagslystilskuddet fra bagvæggen. Rummet virker stilfærdigt og behageligt.“

Niels Frimer-Larsen:

„De relativt traditionelle vinduer sikrer tilstrækkelig arbejdsbelysning på første arbejdsplads fra facaden. De dybe kontorer mangler naturligt dagslys bagest. Elektrisk belysning er særligt om dagen nødvendigt her.“

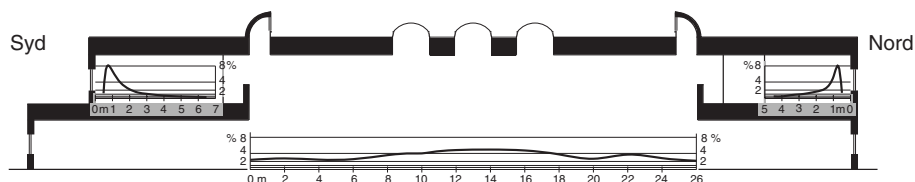
Der er en del problemer med sollyset i kontorerne ved sydfacaden. Her er udvendige markiser, men da de er hvide, er luminansen i solskin meget høj set inde fra kontoret. Det giver anledning til stærk kontrastblænding.“

## Målinger af dagslys

Målinger på arbejdsplan i kontorerne på 1. sal, såvel mod nord som syd, viser, at dagslysfaktoren varierer fra 8 % ved vinduet til 0,5 % bagest. Arbejdstilsynets angivne mindsteværdi på 2 % for den enkelte arbejdsplads findes ca. 2 m fra vinduet, og da de fleste ansatte har deres arbejdsplads ved vinduet, vil der i en væsentlig del af året ikke være behov for at tænde almenbelysningen.

Træer og beplantning uden for bygningen reducerer dagslyset og generende blænding fra vinduet. I det sydvendte kontor afskærmer den udvendige, hvide markise ikke sollyset tilstrækkeligt, og i perioder med direkte sol giver markisens luminans anledning til ubehagelig blænding og generende reflekser i dataskærme. Disse gener vil kunne undgås ved at supplere med en indvendig, fleksibel solafskærmning.

Snit nord-syd med kurver for dagslysfaktoren.



## Energiforbrug

I det nordvendte kontor med rumdybden 4,3 m består almenbelysningen af fire cirkulære indbygningsarmaturer. Armaturerne er afskærmet med opal acrylplade. I det sydvendte, dybere kontor er der yderligere monteret to armaturer bagest i lokalet. Hvert armatur har 1 x 32 W cirkulære lysstofrør. Den installerede effekt fra almen- og særbelysningen er 12–16 W/m<sup>2</sup>, hvilket er i god overensstemmelse med nøgletallet for energiforbruget til rumbelysning i små kontorer på 15–20 W/m<sup>2</sup> (God og Energirigtig Kontorbelysning. Energistyrelsen, 1993).

I dag tændes og slukkes lyset i kontorerne manuelt. Væsentlige elbesparelser vil muligvis kunne opnås ved etablering af en tænd/sluk-regulering af almenbelysningen – zoneopdelt efter afstanden fra vinduet eller efter dagslysniveau.

## Bygningens data

Hovedbibliotek i Gentofte

Adresse: Ahlmanns Allé 6, 2820 Gentofte

Opførelsesår: 1984–85

Arkitekt: Henning Larsens Tegnastue A/S,  
sagsarkitekt MAA Bjarne Frederiksen

Ingeniør: Rådgivende ingeniørfirma A/S Erik Smidth,  
sagsingeniør Erik Chr. Pedersen

El-ingeniør: Tage Koefod

VVS-ingeniør: Steen Petersen

Hovedentreprenør: Højgaard & Schultz A/S

# Hovedindgangen til Zoologisk Have

## Byggeriet

Byggeriet består af en indgangsbygning, en auditoriebygning og en undervisningsfløj. Det er opført i 1998 som vinderprojektet i en arkitektkonkurrence.

Byggeriet er omgivet af forskelligartede og krævende elementer: Frederiksberg Slot, Frederiksberg Have, den stærkt trafikerede Roskildevej, Søndermarken samt karakterfulde bygninger – en af disse er Zoologisk Haves tårn og vartegn.

Byggeriet danner desuden ramme om en lang række, forskellige funktioner, hvoraf her blot skal nævnes indgangsport, foyer med billetsalg og information, butik, auditorium, skoletjeneste samt personalefaciliteter og lager.

Byggeriets hovedelementer afspejler de forskelligartede krav til opgavens løsning: Langs Roskildevej ligger en lang bygning med en lukket, sort del (boghandel, personalefaciliteter m.m.), et tydeligt markeret, asymmetrisk portrum (indgang) samt en transparent del i stål, træ og glas (foyer med billettering, information m.m.). Vinkelret herpå ligger auditoriebygningen i beton, træ og glas. Og i fortsættelse af denne ligger undervisningsfløjen, en nedgravet betonbygning, der fortrinsvis ses som en græsklædt for-

Foyeren.





Hovedindgangen til Zoo,  
Roskildevej.

højning i terrænet, men i øvrigt åbner sig mod en forsænket gård. Lysforholdene varierer i de forskellige dele af byggeriet.

## Foyeren

### Lysforhold

Foyeren modtager dagslys fra store glasfacader i fuld rumhøjde mod syd og nord. Mod syd er der udvendige, faste vandrette trælameller (bredde 2,4 m) til solafskærmning i de to øverste fag. Lamellerne (afstand 0,7 m, dybde 0,6 m) afskærmer kun det direkte sollys fra maj til juli. Efter bygningens ibrugtagning er der monteret indvendige, sorte, perforerede rullegardiner (transmittans mindre end 10 %) på det midterste parti af sydfacaden og over det sydvestvendte billetvindue for at reducere gener fra direkte sollys på arbejdspladserne ved billetskranken. Glasarealet udgør 110 % af gulvarealet.

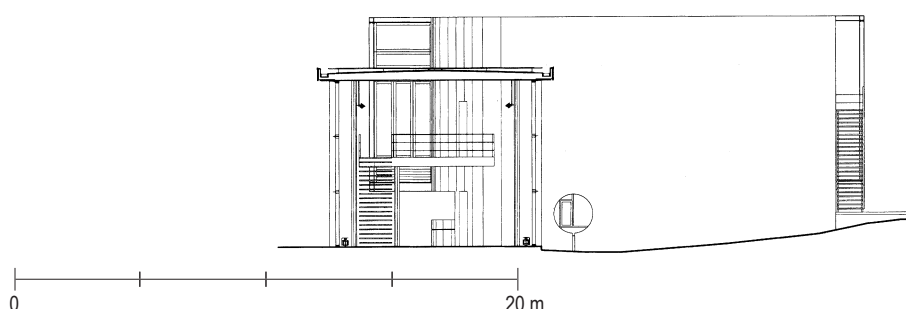
### Panelets evaluering

Ebbe Christensen:

„Vinduerne er så store i forhold til gulvarealet, at der er lyst alle steder, uden større skyggepartier. Endevæggens lodrette knæk på midten markerer forskellen i lyset fra gade og have med vekslende lystoner. Søjlerne står fint runde. Alt kan ses, og der er let kontakt til omverdenen. Omvendt trænger vejtrafik og Søndermarkens træer sig på og gør rummet lidt lille.

De udvendige, faste lameller skærmer delvis af for himmel og sol, kontakten vandret ud til gaden i stueplan øges. De giver også lidt „rygdækning“, når man ser i modsat retning ind mod haven.

Overfladernes stoflighed spænder fra det glatte, ensfarvede på vægge og lofter til træstruktur i gulv, rækværkshuller, balustrer, søjler og lameller, vandrette og lodrette. Styrkeskalaen går fra mørkt fornedden til lysere oppefter.“



Nord-syd snit.

Flemming Skude:

„De faste facadelameller mod syd forekommer ved nærmere eftersyn snarere at være et bidrag til facadearkitekturens rusticitet end en egentlig dagslysregulator.“

Johan Fogh:

„For den besøgende, der ankommer „med lyset i ryggen“ og bevæger sig mod informationskranken, virker rummet lyst og venligt, præget af den varme træfarve samt farverne grå (beton), hvid (loft) og sort (stål). De udvendige trælameller virker mere ved deres varme farve end ved egentlig afblænding.“

For arbejdspladserne ved informationskranken er lyset derimod problematisk, idet de besøgende ses som silhouetter i modlys.“

Niels Frimer-Larsen:

„Skranken er placeret bagest i lokalet, hvor der er allermindst dagslys. Loftet er malet sort og vægflader og inventar er mørkt, så den smule dagslys, der er nået frem, opsluges. Derfor er der for lidt lys.“

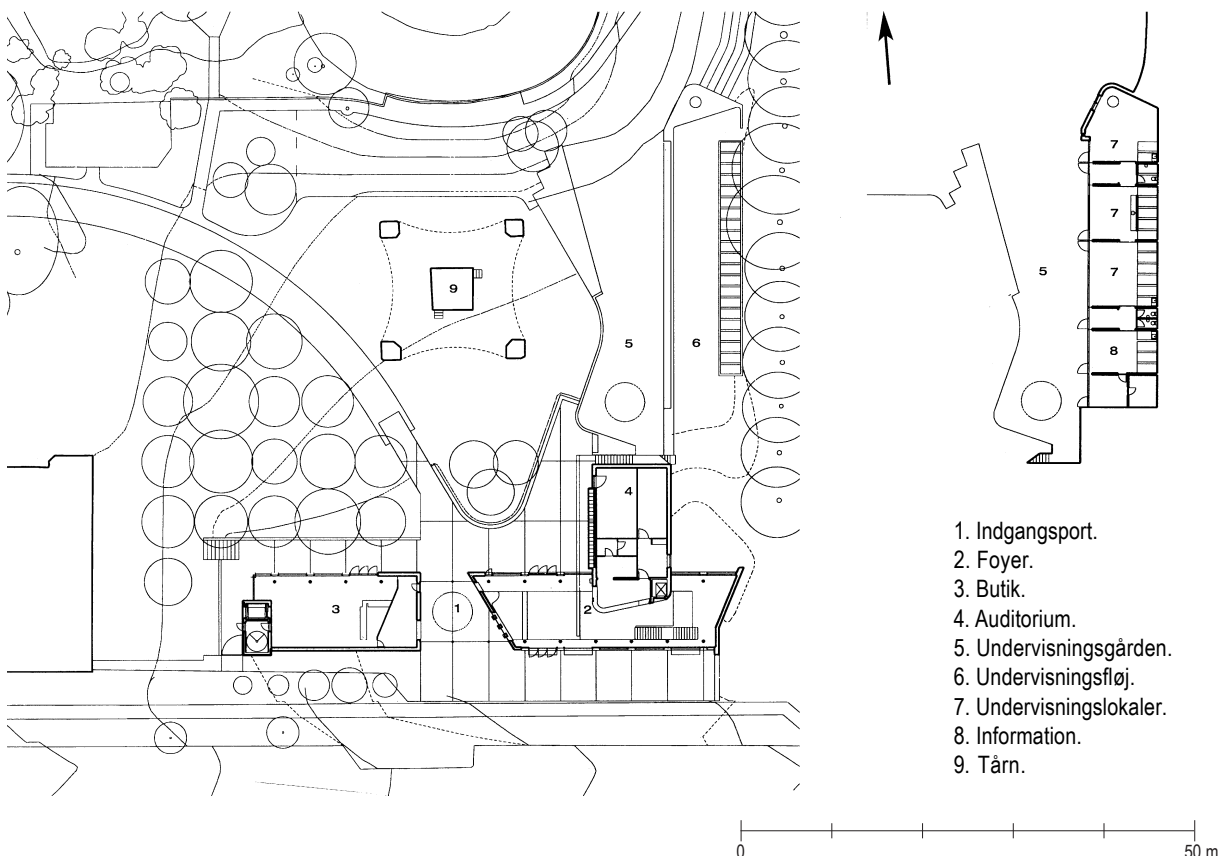
Synsproblemerne for receptionisten bliver ikke mindre af en voldsom kontrastblænding fra de store glasfacader både mod gade og have. For at reducere blændingen er der opsat sorte, perforerede rullegardiner på den øverste del af facaden. De skærmer for himmeldelen af udsynet.

Alligevel er arbejdsbetingelserne i receptionen særdeles problematiske. Det er heldigt, at arbejdsdelingen er tilrettelagt sådan, at en medarbejder kun behøver at sidde her en halv arbejdsdag“

### Målinger af dagslys

Målinger af dagslysfaktorer er foretaget i stueplanet. Sydfacadens store vinduespartier (transmittans 65 %) giver rigelig dagslysadgang til rummet både over og under etageadskillelsen. Dagslysmålingerne viser en forholdsvis jævn dagslysfaktor i størstedelen af rummet (varierer fra 5–17 %), mens lidt lavere værdier (2–4 %) måles under etageadskillelsen og trappen op til auditoriet.

Hovedindgang til Zoo.  
Plan.





Foyeren med udvendige, faste lameller mod syd.

Selvom lamellerne på sydfacaden afskærmer en del af himmellyset, har det kun begrænset indflydelse på det i øvrigt velbelyste rum. Lamellerne bidrager til facadens arkitektoniske udtryk, men afskærmer kun i begrænset omfang direkte sollys eller generende blænding fra vinduerne. Direkte sol passerer uhindret igennem lamellerne i størstedelen af året, idet sollyset kun afskærmes fra begyndelsen af maj til slutningen af juli. De indvendige, perforerede rullegardiner forbedrer imidlertid synsbetingelserne for personalet ved skranken.

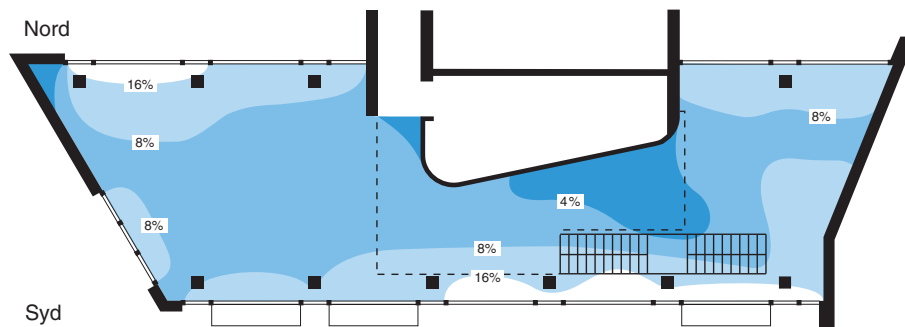
Informationsskrankens placering under etageadskillelsen, hvor der er mindst dagslys, samt sort væg, loft og inventar skaber store kontraster mellem vinduerne, de nære omgivelser og arbejdsobjekter (luminansforhold 200:20:1, hvor DS 700 anbefaler ikke større variationer end 10:3:1). Lyse

Personalet bag skranken har front mod glasfacaden mod syd.





Iso-dagslysfaktorkurver på stueplan i foyeren.



farver og en almenbelysning, der belyser de nære omgivelser, ville reducere kontrasterne og risikoen for ubehagsblænding fra direkte sol og høj himmel-luminans.

I billetafsnittet er kontrasten mellem de enkelte arbejdsobjekter (luminansforhold 10:6:1) for stor, og lyse, matte flader her ville give bedre synsbetingelser. Vinduespartiet mod nord kan give generende reflekser i computerskærmene. De sydvestvendte vinduer med lavtstående sol om eftermiddagen giver en meget kraftig ubehagsblænding, idet synsretningen for personalet er direkte mod solen. Da kundebetjeningen kræver øjenkontakt, er det næsten umuligt at installere en afskærmning, som tilgodeser personalets arbejdsopgaver. En anden placering eller udformning af billetlugen, med særligt hensyn til personalets synsbetingelser, ville være ønskelig.

### Energiforbrug

Almenbelysningen består af ti opadlysende kvartslamper (70 W) placeret på søjlerne. Over informationsskranken er der indbygget 8 halogenspots (50 W), og reolbelysningen består af 3 downlights med kompakte lysstofrør (20 W). Ved billetafsnittet er almenbelysningen suppleret med særbelysning.

Den installerede effekt fra almen- og særbelysning er ca. 10 W/m<sup>2</sup>. Lyset i foyeren tændes og slukkes manuelt. På forespørgsel om tænd/sluk-frekvensen blev det oplyst, at belysningen ved informationsskranken næsten altid er tændt, mens almenbelysningen hovedsageligt tændes i vinterhalvåret, eller når der i øvrigt er behov for det.

Auditoriet set fra tårnet i haven.





## Auditoriet

### Lysforhold

Auditoriet med faste bænkerækker har en stor glasfacade mod vest og har her store, drejelige træskodder, der kan lukkes helt eller delvist. Den rå betonvæg mod øst får strejflys fra et gennemgående, smalt ovenlys, ligeledes med træskodder. Begge lysindtag kan reguleres med elektronisk styring fra talerstolen, når auditoriet skal mørkelægges.

### Panelets evaluering

Flemming Skude:

„Kigger salens tilhørere mod haven, vil de opleve klar blænding. Til gengæld fremstår bænkerækkerne og lysspalten langs auditoriets modsatte side velforsynede med orienterende dagslys, hvorved bygværkets struktur- og materialeforskelle kommer til deres fulde ret.“

Auditoriet. Glasfacade mod vest med store, drejelige skodder.



Undervisningsfløjen med glasfacade mod den forsænkede gård.



^ Undervisningslokaler  
en suite.

> Undervisningslokale  
set mod den forsænkede  
gård.

Johan Fogh:

„Med drejelamellerne åbne fungerer rummet fint som dagslysauditorium, også her med lyset farvet af trælamellernes farve. Lysfordelingen er dog lovlig skæv, og ovenlyset modsat vinduesvæggen kunne med fordel være større.“

Med lukkede lameller kan rummet mørklægges til lysbilleder mv. Mørklægningen fungerer dermed som en vigtig del af facadearkitekturen og kan aflæses udefra.“

## Undervisningsfløjen

### Lysforhold

Undervisningsfløjen med en række mindre lokaler en suite modtager (i lighed med auditoriet) dagslys fra store vinduer i fuld rumhøjde mod den forsænkede gård mod vest samt fra et bredt ovenlys mod øst. Glasarealet inkl. ovenlyset udgør 50 % af gulvarealet. Loftet er hvidmalet, mens vægge og gulve er ubehandlet, grå beton.

### Panelets evaluering

Ebbe Christensen:

„De nedgravede klasseværelser virker dejligt lyse. Hvert rum har to typer dagslys: Fra de facadestore vinduer ud mod gården, og fra den brede ovenlysskakt langs den modstående indervæg.“

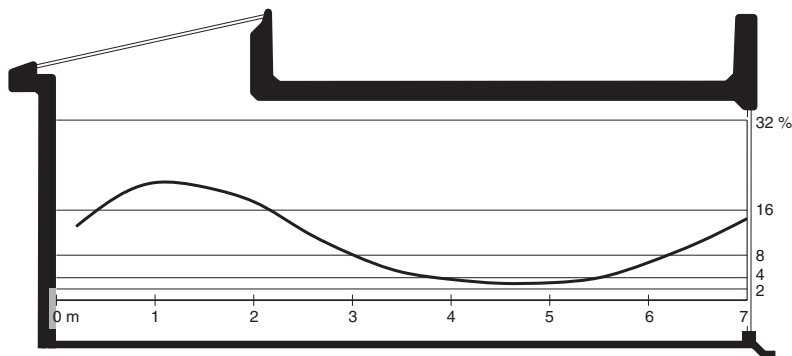
Man opnår at sidde enten i rent sidelys eller rent ovenlys ved at blandingzonen i midten mellem de to lysretninger bruges til ganglinie. Den tætte del af taget forekommer dog at være lidt for smal og ovenlyset lidt for bredt til, at der bliver visuel ro.“

Johan Fogh:

„Rummene virker tiltalende med deres minimalistiske og rene materialevalg, men balancen mellem sidelys og ovenlys er ikke vellykket: Ovenlyset dominerer for meget og „modsiges“ bygningens orientering mod udsigten.“

Niels Frimer-Larsen:

„Ved at tilføre dagslys såvel fra rumhøje facadevinduer som ovenlys bagest i skolestuerne sikres et smukt og funktionelt dagslys i lokalerne, og endda på en måde så ingen tænker på, at bygningen er diskret nedgravet i terrænet.“



Snit øst-vest med kurver for dagslysfaktoren.

### Målinger af dagslys

Undervisningslokalernes kombination af vindue i facaden og ovenlys bagest i rummet giver gode luminansforhold. Målinger viser, at dagslysfaktoren varierer fra 20 % ved vinduet til 3 % midt i rummet. Placering af undervisningsfløjen i en forsænket gård reducerer generende blænding fra vinduet og problemer med direkte sol i undervisningsområdet. Af hensyn til direkte sol burde ovenlysvinduerne suppleres med en lys, indvendig, fleksibel solafskærmning, således at ubehagsblænding fra direkte sol og høj himmelluminans kunne reduceres.

### Energiforbrug

Almenbelysningen består af 2 stk. 3 x 36 W nedhængte lysrørsarmaturer anbragt vinkelret på facaden. Armaturet er forsynet med en spejlreflektor og afskærmet med et åbent tværlamelgitter. Den installerede effekt fra almenbelysningen er 6 W/m<sup>2</sup>. Armatureernes placering ca. 1 m fra sidevæggen kan give generende blænding for børnene i undervisningsområdet, fordi lamellerne i armaturet kun afskærmer lyskilden i den langsgående retning. Lyset tændes manuelt og med det meget dagslys er der for det meste kun behov for tændt lys i de mørke vintermåneder.

### Byggeriets data

Hovedindgangen til Zoologisk Have, København

Adresse: Roskildevej 32, 2000 Frederiksberg

Opførelsesår: 1998

Bygherre: Zoologisk Have, København

Arkitekt: Entasis v. Signe Cold, Christian Cold og Claus Pedersen

Ingeniør: Rambøll A/S

Byggeledelse: Carl Bro A/S

Landskabsarkitekt: Nørgaard & Holscher

# Lærkehuset

## Bygningen

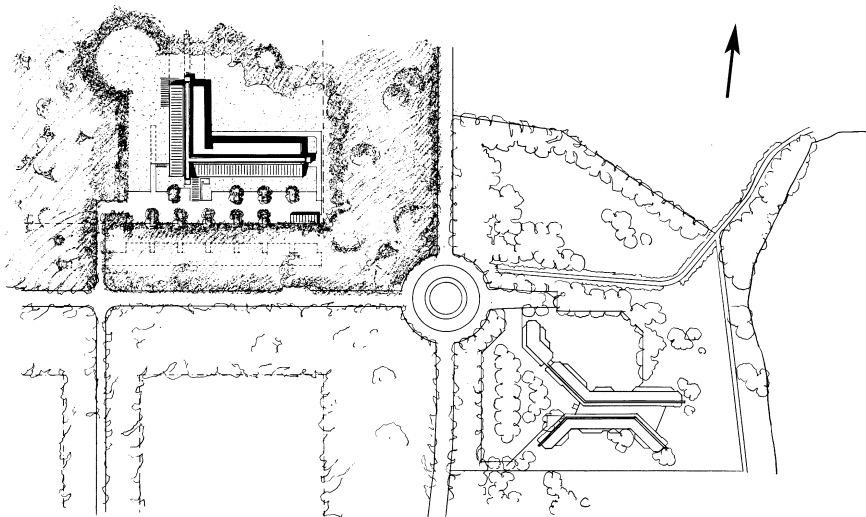
Lærkehuset ligger i Forskningscentret ved Hørsholm. Den vinkelformede bygning i to etager har fået navn efter den omgivende lund af lærketræer. Lærkehuset, der er 4.500 m<sup>2</sup> stort, er projekteret til at kunne indeholde et antal mindre forskningsvirksomheder med laboratorier og kontorer. I dag huser bygningen tre sådanne virksomheder, de to af dem inden for bioteknologien.

Laboratoriefølge og kontorfløje er klart adskilt af en gennemgående bygningskerne, som indeholder installationsføringer og ventilationskanaler. Laboratorierne er placeret i bygningsvinklens inderside mod nord og øst, mens kontorerne fortrinsvis er placeret i ydersiden mod syd og vest.

Bygningen er opført med en base i mursten og med en let overdel i glas og aluminium under et stort, ensidigt tag i aluminium. I alle kontorer er loft og vinduesvægge malet hvide, sidevæggene er malet lyseblå, og gulvet er belagt med blågråt linoleum. De fleste ansatte har deres arbejdsplads ved vinduet.

Lærkehuset.





Kun to steder – i indgangspartiet i sydfacaden og i de to kantiner i bygningens nordvestlige ende – er der større glaspartier. Midterkorridorerne på 1. sal modtager dagslys fra et ovenlys.

## Vestvendte kontorer i stueetagen

### Lysforhold

De vestvendte kontorer i stueetagen er i ét fag og har en langstrakt lavtsidende vinduesåbning i 4/5 af rummets bredde. Vindueshøjden er 0,82 m med en nederste glaskant 0,9 m over gulvet. Glasarealet (transmittans 62 %) udgør 12 % af gulvarealet og ca. 22 % af facadearealet. Indvendigt findes en blank persienne. Beplantning og jordvold udenfor afskærer dagslyset i kontorerne.

### Panelets evaluering

Flemming Skude:

„Stueetagens vestvendte kontorer virker ganske hyggelige, når loftsbelysningen er tændt, hvorimod der i rummets midte optræder reflekser (på data-skærmen) og ganske dystre forhold længst væk fra facaden (ved mødebordet). En huleagtig rumoplevelse af ordinær værdi.“

Niels Frimer-Larsen:

„Det relativt lave vindue skaber en hulevirkning og muliggør en god oplevelse af miljøet uden for. Det er ligetil at møblere, så man undgår såvel refleksblænding som kontrastblænding, også på edb-skærme.“

Dagslyset når ikke langt ind i rummet, og selvom det kun anvendes til arbejdspladser ved facaden vil det ofte være nødvendigt med elektrisk lys bagest i lokalet.

En gæst bliver kontrastblændet så meget, at det er ret vanskeligt at se den arbejdendes ansigt. Dette skyldes måske, at gæsten er adapteret til den meget mørke korridor.“

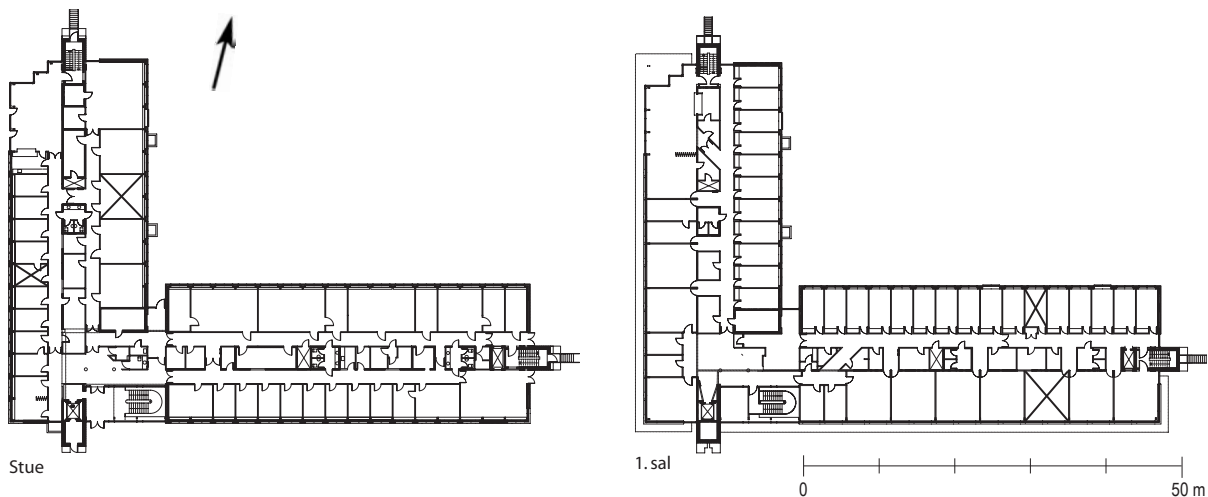
Ebbe Christensen:

„Rummet er for dybt til den lave vindueshøjde. Luminanserne ude og inde ligger ikke inden for de grænser, synet kan overkomme. Kun ved første bord nærmest facaden er der lyst nok til at arbejde.“

Johan Fogh:

„Dagslyset aftager stærkt fra arbejdspladsen ved vinduet og ind i rummets dybde. Kun bordpladerne ved vinduet er stærkt belyste, øvrige overflader fremstår relativt mørke. Virkningen er derfor dunkel og studiecelleagtig, og det må antages, at det trætter øjnene at skulle omstille sig fra den lyse bordplade til de mørkere reoler.“

For den indtrædende bliver en person ved skrivebordet set i stærkt modlys. Alt i alt ikke noget indbydende rum.“



Planer. Stue og 1.sal.  
De undersøgte kontorer  
og laboratoriet er markeret  
med krydser.

### Målinger af dagslys

Det vestvendte kontor opleves som mørkt på grund af beplantning og jordvold. Målinger på arbejdsplan viser, at dagslysfaktoren varierer fra 2,5 % tæt ved vinduet til 0,2 % bagest i rummet. En dagslysfaktor på 2 % findes ca. 1 m fra vinduet. Selvom de fleste ansatte har deres arbejdsplads ved vinduet, vil der næsten altid være behov for at tænde almenbelysningen.

### Østvendt laboratorium i stueetagen

#### Lysforhold

Laboratoriet i stueetagen mod øst er i to fag. Der er lave vinduer som i de vestvendte kontorer i stueetagen, men suppleret med et højtsiddende vindue (0,22 m højt) 2,3 m over gulvet. Bjælken mellem det nederste og det øverste vindue er affaset for at give mest mulig dagslys i rummet, udjævne luminansspring og mindske blænding. Det samlede glasareal udgør ca. 28 % af facadearealet og 11 % af gulvarealet. Indvendigt findes en blank persienne.

#### Panelets evaluering

Ebbe Christensen:

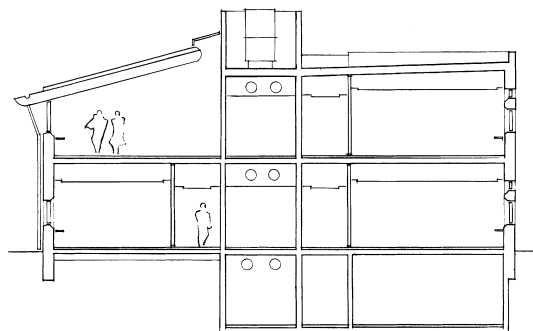
„Det lave vindue er her suppleret med en smal åbning i samme bredde under loftet. Også her er udsigt til træer, men alligevel er der næsten lys nok, himmelblændingen dæmpes af træerne.

’Bjælken’ mellem vinduerne er affaset, men virker alligevel tung og mørk. El-lyset, små metalhalogenlamper i loftet, må give en stikkende og derfor upræcis opfattelse af de mange blanke ståloverflader.“

Flemming Skude:

„Vinduer i østvendte laboratorier er udstyret med en horisontal facadebjælke, hvis egenhøjde og affasningsvinkler i sin nuværende udførelse ikke egner sig til at forbedre rummets lysfordeling gennem refleksion – men alene til at understrege brugernes oplevelse af blænding.“

Snit nord-syd 1:300.





<< Kontor. Stueetagen mod vest.

< Laboratorium. Stueetagen mod øst.

Johan Fogh:

„Laboratoriet har vinduer som i ét-fagskontoret, men suppleret med et smalt overvindue helt op til loftsfladen svarende til, at rumdybden her er større. Lysfordelingen er en tand bedre end i ét-fagskontoret, bl.a. fordi loftsfladen får et strejflys fra overvinduet. Rumdybden er dog så stor, at bageste del også her forekommer dunkel og sekundær.“

Niels Frimer-Larsen:

„...nødvendigt og naturligt at supplere med elektrisk belysning bagest i lokalet.“

### Målinger af dagslys i laboratoriet

Målinger af dagslysfaktoren på arbejdsplan blev gennemført med og uden bidrag fra det højsiddende vindue. For det samlede vindue varierer dagslysfaktoren fra 7,5 % ved vinduet til 0,2 % bagest i rummet. Det højsiddende, affasede vindue bidrager lidt til dagslysniveauet i den forreste halvdel af rummet. Arbejdstilsynets angivne mindsteværdi findes næsten 2 m fra vinduet. Alligevel vil der i en væsentlig del af året være behov for at tænde almenbelysningen for at reducere luminansforskellen i rummet.

## Sydvendte kontorer på 1. sal

### Lysforhold

I de sydvendte kontorer på 1. sal kommer dagslyset fra et lavt vinduesbånd i fuld længde i facaden og fra et højsiddende ovenlys i fuld længde langs rummets bagvæg. Kontorerne er i to fag og har højt, skråt loft. Glasarealet inklusive ovenlyset udgør ca. 32 % af gulvarealet. Der findes udvendige, el-drevne gardiner. Tagudhænget over vinduet i facaden er ca. 1 m.

### Panelets evaluering

Flemming Skude:

„Sydvendte kontorer (1. sal) har et lysniveau i overkanten af det optimale. Havde ovenlysrenden været smallere, ville nordvæggens reflekterede dags-



Kontor 1. sal mod syd. Set mod vinduerne i facaden.



> Kontor. 1. sal mod syd.  
Set mod sidevæg. Ovenlys th., vinduer i facaden tv.

>> Kontor. 1. sal mod nord.



lys ikke – som det nu er tilfældet – overdøve sydvæggens facadelys. Sydorienteringen giver i sig selv så stort dagslysindfald, at mekanisk afskærmning er påkrævet.“

Johan Fogh:

„Rummet fremstår særdeles lyst og umiddelbart venligt for den indtrædende. Set fra arbejdspladserne langs vinduesvæggen er bagvæggen dog nok for lys og blændende. Samtidig giver de to lysretninger en tendens til usikker skyggetegning. Alt i alt kunne ovenlyset nok med fordel være mindre i forhold til sidelyset.“

Niels Frimer-Larsen:

„Medarbejderne her er på alle måder begunstiget af et smukt og funktionelt dagslys, der kommer fra facadevinduerne og fra et ovenlys ved bagvæggen. Selv om elektrisk belysning er helt unødvendigt, var det interessant at bemærke, at der var tændt for bordlampen. Medarbejderen begrundede dette med bemærkningen: Det er ikke nødvendigt, men det er rart.“

### Målinger af dagslys

Kombinationen af vinduet i facaden og ovenlysets placering bagest i rummet giver gode luminansforhold. Vindueskarmen er mørkegrå (reflektans ca. 10 %) og karmens blanke karakter kan give generende spejlinger. Målinger på arbejdsplan viser, at dagslysfaktoren varierer fra 5 % ved vinduet til 2 % i midten af rummet. Det forholdsvis lave dagslysniveau ved vinduet skyldes, at en væsentlig del af himmellyset er afskærmet af tagfladens forlængelse. De fleste ansatte har deres arbejdsplads ved vinduet. En væsentlig del af året vil der ikke være behov for at tænde almenbelysningen.

## Nordvendt kontor på 1. sal

### Lysforhold

I nordvendte kontorer på 1. sal er vinduet udformet ligesom i det østvendte laboratorium i stueetagen. Det samlede glasareal udgør ca. 28 % af facadearealet og 11 % af gulvarealet. Kontorerne er i ét fag.

### Panelets evaluering

Flemming Skude:

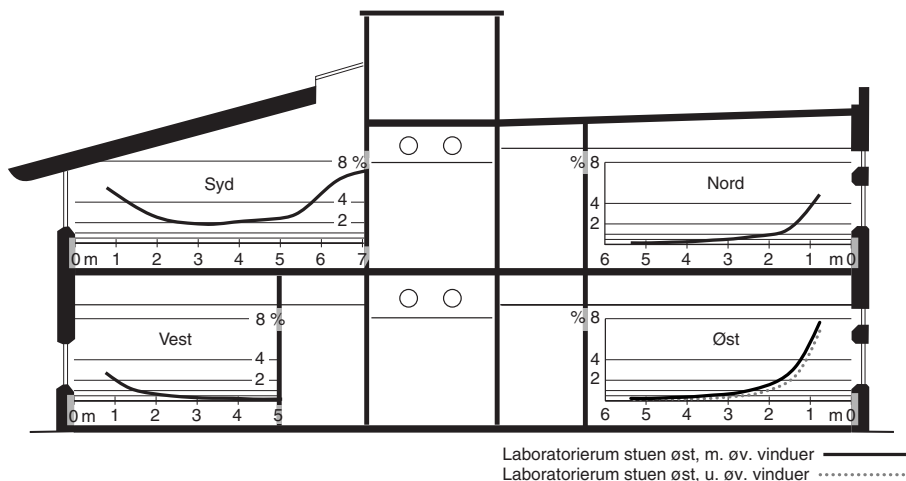
„Nordvendte kontorer er yderligere skæmmet af lyskontraster og blænding kombineret med en større rumdybde, der foranlediger de ansatte til at kompensere for det manglende dagslystilskud ved konsekvent at anskaffe hvide inventardele og/eller have kunstbelysningen tændt hele dagen.“

Ebbe Christensen:

„Brugernes udsagn: „Den forbandede bjælke ta'r alt lyset, ovenlysspalten virker ikke bagtil i rummet.“

Forklaring 1: Træer skygger for det lave lys bagtil, men ikke for det høje fortill, hvor der er udsigt til himmel.

Forklaring 2: Kontoret på den anden side af midtergangen (mod syd) er et dejligt lyst rum, med et lavt vinduesbånd under udhænget, udsigt ned over græsplænen, og et (rigeligt) bredt, højtsiddende ovenlys langs indervæggen, hvorigennem solen skinner ind.“



Johan Fogh:

„Lysfordeling og modlys som i ét-fags kontoret og to-fags laboratoriet i stueetagen. Et ucharmerende rum.“

### Målinger af dagslys

Træer og beplantning uden for det nordvendte kontor reducerer for dagslystilgangen på arbejdsplanet, men også generende blænding fra vinduet. Det højtstående vindue giver et begrænset bidrag til dagslysfaktoren, og den angivne mindsteværdi på 2 % findes kun ved arbejdspladser tæt ved vinduet.

### Energiforbrug i kontorerne

Almenbelysningen består af 4 cirkulære armaturer indfældet i loftet. Armaturerne skaber lysende felter på loftet, idet lyskilderne er afskærmet nedad med en perforeret plade, således at lyset fra disse primært er reflekslys fra armaturets overside. Hvert armatur har 2 x 18 W kompakte lysstofrør. Den installerede effekt fra almen- og særbelysningen er 7–17 W/m<sup>2</sup>. Almenbelysningen giver en belysningsstyrke på 180–200 lux på arbejdsplanet.

I dag tændes og slukkes lyset i kontorerne manuelt. På forespørgsel om tænd/sluk-frekvensen blev det oplyst, at belysningen i de fleste kontorer altid er tændt, mens almenbelysningen i kontoret mod syd sjældent tændes. Regulering af almenbelysningen, fx zoneopdelt efter afstanden fra vinduet, vil i de fleste kontorer kunne give en begrænset elbesparelse. Installering af bevægelsesmeldere vil kunne give en væsentlig besparelse, hvis kontoret ikke benyttes hele dagen.

### Bygningens data

Lærkehuset, Forskningscentret ved Hørsholm

Adresse: Kogle Allé 2, 2970 Hørsholm

Opførelsesår: 1996–97

Arkitekt: Frederiksen & Birkner Arkitektfirma MAA,

Ingeniør (konstruktioner): Højgaard & Schultz A/S

El-ingeniør: Gert Carstensen A/S

VVS-ingeniør: Torkild Laursen ApS

Program for El og VVS: Dines Jørgensen & Co.

Landskabsarkitekt: Frederiksen & Birkner, MAA, i samarbejde med Peter Samuelsen, MDL

Hovedentreprenør: Højgaard & Schultz A/S

# Paustians Hus

## Bygningen

Paustians Hus er placeret på Københavns havnefront. Projektet består af tre sammenbyggede enheder: En udstillingsbygning for møbler, en restaurant og en tidligere opført lagerbygning. Projektet er robust og passer til det relativt grove miljø med skibe, kaj, kraner og oplagring af grej. Udstillingsbygningen er formet som en enkel søjlehal med åbne, forskudte balkoneta-ger. Konstruktionen består af præfabrikerede betonsøjler og -dragere med dobbelte T-plader i spændbeton. Alt er hvidmalet.

Utzons egne skitser viser, at han fandt sin inspiration i den danske bøgeskov. Christian Norberg-Schulz skriver herom:

*„Men hvorfor tager Utzon skoven som forbillede for en bygning ved havnen i København? Hensigten er selvsagt ikke den banale imitation, men snarere ønsket om at give de besøgende en „kendt“ rumoplevelse, samtidig med at stedets oprindelige karakter (skovene langs Øresund!) genskabes. Men på ny går disse associationer sammen med en klar tidsmæssig konstruktion, som spontant fortæller os, at vi har at gøre med et moderne bygningsværk“ (Arkitektur DK nr. 8, 1989).*

Udstillingshallen.





<< Utzons skitse med inspiration fra den danske bøgeskov.

< Paustians Hus på havnefronten.

## Lysforhold

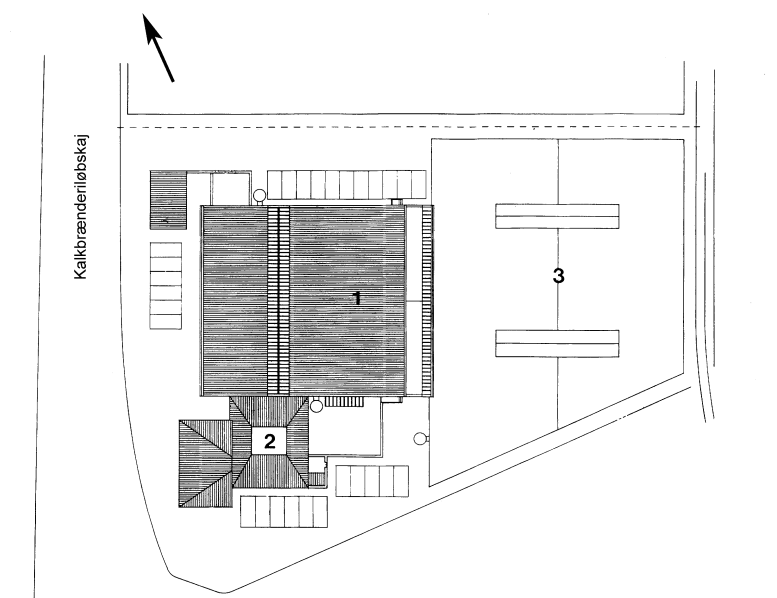
Udformningen af dagslysadgangen gennem de almindelige sidelys og ovenlys (rytterlys) sammen med variationen af åbne, forskudte balkonetager giver et behageligt og velbelyst, indvendigt rum. Vestfacadens store vinduespartier (transmittans 65 %) åbner udsynet til havnefronten og giver samtidig dagslysadgang både til rummet over og under balkonerne. I midten af rummet kommer dagslyset hovedsageligt fra det nord-syd orienterede ovenlys, mens et mindre ovenlys giver dagslysadgang i overgangen mellem den nyere udstillingshal og den tidligere opførte lagerbygning. Glasudbygningen på sydgavlen spænder over to etager og giver en forbedret dagslysadgang til udstillingshallens stueplan. Det samlede glasareal i forhold til gulvarealet er 35 %.

## Panelets evaluering

Ebbe Christensen:

„Én lysretning skråt fra oven dominerer, og alle skygger, store som små, falder i samme retning. Belysningsstyrken er stor nok, og lyshederne er forskellige nok til, at alt kan ses.

Ingen blænding, adaptationsforholdene er i orden. De enkelte åbningstyper, og de områder de belyser, er lette at overskue et for et, når man drejer rundt på stedet: Sidevinduerne mod vest bag kontorerne, som mest anes som reflekslys på balkonundersiderne. Det lange tagvindue foroven, også mod vest, der sender rettet lys ned over alting, omtrent som en sløret sol ville gøre det. Det lavtsiddende tagvindue mod øst, der fylder ud, der hvor hovedlyset ikke når. Sydvinduet (det man ser først, når man kommer ind) danner sit eget lokalrum med direkte udsigt og lys ind. Hver af disse fire åbninger danner et „lysrum“, der er i overensstemmelse med det fysiske rum. Man kunne ønske, at el-lyset fulgte en lignende orden.



Situationsplan 1:1.200.

1. Udstillingsbygning.
2. Restaurant.
3. Eksisterende lagerbygning.

Rummets overflader er valgt, så detaljering og farver danner et hierarki af stofligheder, fra glat glasur, beton, malet puds til bræddestruktur og de store betonelementer. De udvalgte skalatrin er forskellige fra de udstillede møblers, som derved fremhæves. Rum, ting og overflader lader sig let aflæse – med øjnene og med „rumfornemmelse“. Der er overensstemmelse mellem belysning og synsopfattelse.”

Flemming Skude:

„Kombinationen af rytterlys, en tilbageliggende glasfacade, et mindre glasparti i syd og en lysrende mod øst, sikrer en jævn og gennemgående karakterfuld almenbelysning, hvor de udstillede møblers farver og tekstur over alt opfattes med al ønskelig tydelighed.

De lysegrå gulvklinker medvirker til at styrke det rolige helhedsindtryk. Direkte under den centrale ovenlysrende stiger lysintensiteten hierarkisk som en yderligere understregning af husets 3 etager.

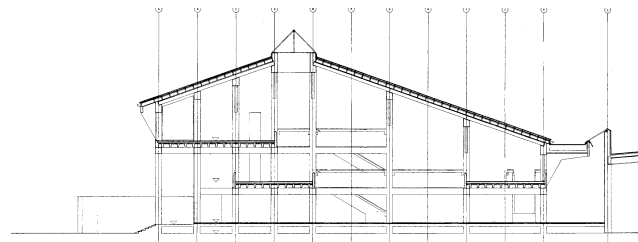
2. salens brystning mod lysskanten fremstår således påfaldende rustik, mens 1. salens brystning nærmest henligger i selvskygge. Tagets rytterlys er suppleret med opadrettede projektører og nedadrettede spots, der accentuerer.“

Johan Fogh:

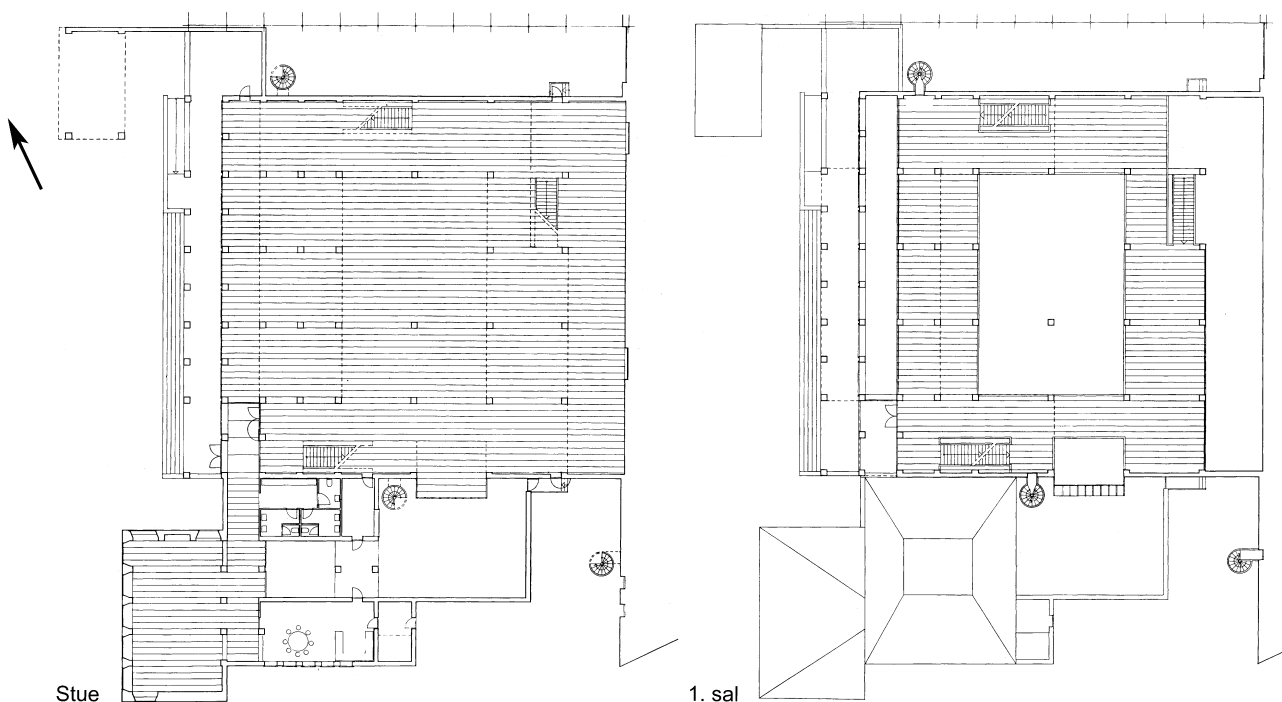
„Primært et gennemgående rytterlys i tagfladen. Derudover sidelys i fuld højde mod havnen, delvis tilbagetrukket bag første søjlerække. Desuden mindre oven- og sidelys.

Rummet har karakter af søjlehal med udpræget vertikal virkning. Dagslyset fra det meget højt placerede rytterlys reflekteres og spredes fra store kantdragere, balkonbrystninger og søjler, alle hvide.

Snit i udstillingsbygning.



0 50 m





Gulvfladerne er lyse, hvilket yderligere bidrager til, at dagslyset fordeles jævnt i rummet.

Rummet opnår en særlig spænding ved at dagslysets kulmination, de stærkt belyste kantdragere langs rytterlyset, ligger forskudt i forhold til den søjlefri midterhal.

På grund af store udhæng og stærkt tilbagetrukne facader mod havnen spiller glasfacaderne her en større rolle som udsigtsvinduer end som bidrag til det samlede lysniveau. Rummets karakter er derfor i en vis forstand indadvendt, idet det samler sig om ovenlyset.

Opholds- og arbejdspladser på balkonerne er forbløffende behagelige. Måske på grund af det milde, reflekterede lys fra ovenlyset, kombineret med udsigten udad og nedad under store udhæng og dermed uden himmelblænding.

Den samlede virkning af dagslysets spil i rummet er betagende, og man får det indtryk, at man om dagen kan færdes og arbejde overalt uden kunstlys“.

Niels Frimer-Larsen:

„Et langt ovenlys resulterer i rigeligt dagslys, også helt nede på stuegulvet fire etager nedenunder. Det er interessant, at ovenlyset er placeret forskudt i forhold til det centrale rums midterakse, og endda over en balkon. Det gør rummet spændende, og medfører en klar bygningsorientering.

Selv under balkonerne og i siderummene er der tilstrækkeligt dagslys.

Bygningen får også tilført dagslys i siderne, dels fra høje facadevinduer og dels fra et ovenlys langs den bageste væg. Ud over at give dagslys til de facadenære rum giver disse dagslys et meget vigtigt bidrag til den samlede oplevelse i det centrale rum og hele bygningen.

Luminanser på de lodrette flader i rummet, såsom vægge, balkonrækværker og trapper, er meget forskellige. Dette opleves som et positivt bidrag til rumoplevelsen.

Kontorer på 2. sal: Det er meget forståeligt, at de medarbejdere, som sidder her, føler sig privilegerede med hensyn til dagslys på og udsyn fra deres arbejdspladser. Selv når en arbejdsplads er placeret langt fra facaden, er forholdene perfekte.

Udstillingshallen. Set fra 1. sal.

> Arbejdspladser på 2. sal.

>> Ovenlys mellem udstillingshallen og lagerbygningen.



Dagslyset anvendes smukt og optimalt i denne bygning. Det kunne vanskeligere være gjort bedre.

Dagslyset er funktionelt, behageligt og bidrager i betydelig grad til kvaliteten af dette smukke hus.“

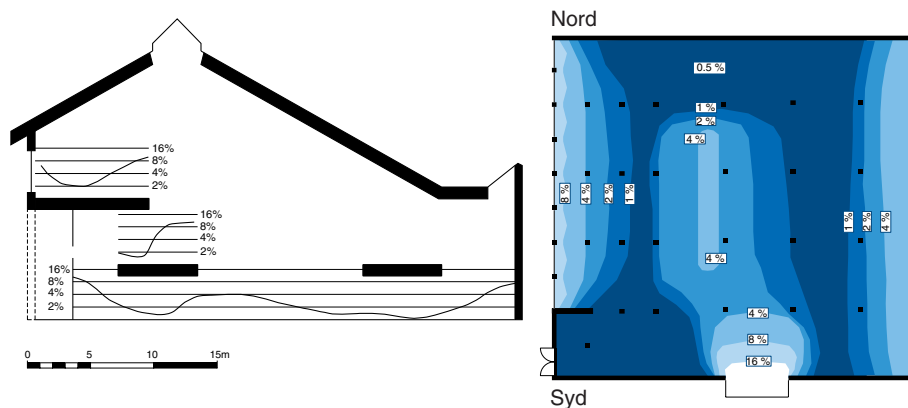
### Målinger af dagslys

#### Dagslys på stueplan

Dagslysadgangen fra det nord-syd orienterede ovenlys sammen med variationen af åbne, forskudte balkoneter giver et tilstrækkeligt dagslysniveau i centralrummet. Under ovenlyset hænger store, hvide plader, der fungerer som afskærmning af det direkte sollys, mens reflekslyset giver dagslys til stueplanet og balkoneterne. Dagslysmålinger i centralrummet viser en jævn, ensartet dagslysfaktor, der varierer fra 1–4 %, hvor de laveste værdier er nær balkoneterne. Det arkitektoniske konstruktionsprincip for vestfacaden med forlængelse af tagfladen og brugen af søjler og dragere reducerer dagslysadgangen og giver reduceret afskærmning af direkte sollys. Imidlertid viser de målte horisontale dagslysfaktorer et relativt højt niveau fra 8 % tæt ved vinduet til 1 % ca. 5 m fra vestfacaden. Det mindre ovenlys i overgangen mellem udstillingshallen og lagerbygningen giver en variation i dagslysfaktoren fra 1 % til 4 %.

Udstillingshallen set fra 2. sal.





<< Lodret snit i udstillingsbygningen med kurver over dagslysfaktorer.

< Iso-dagslysfaktorkurver på et horisontalt plan i stueetage.

### Dagslys på balkonetagerne

Dagslyset på de indskudte balkonetager kommer fra ovenlyset og fra vestfacaden. Balkonetagen på 2. sal er ført helt frem til vestfacaden, mens 1. sal er tilbagetrukket i forhold til 2. sal. Det giver en forholdsvis lav dagslysfaktor på 1–2 % ved vestfacaden, mens dagslysfaktoren ved centralrummet under det store ovenlys er 10 %. Dagslysadgangen på 2. sals balkonetage bliver reduceret på grund af tagfladens forlængelse og de udvendige søjler og dragere. Alligevel er der tilstrækkeligt med dagslys, idet de målte dagslysfaktorer varierer fra 2 % i midten til 6 % tæt ved facaden og 10 % ved centralrummet.

### Energiforbrug

Hovedbelysningen er placeret i centralrummet og består af indirekte, metal halogenlamper, mens spotlys (glødelamper, lavvolts halogenglødelamper) anvendes til at belyse de udstillede møbler. Målinger viser, at belysningsniveauet i bygningen fra den kunstige belysning varierer fra 50–175 lux. Lyset tændes og slukkes manuelt. På forespørgsel om tænd/sluk-frekvensen blev det oplyst, at belysningen normalt er tændt hele dagen. Dagslysadgangen i bygningen giver en variation i dagslysets fordeling og oplevelsen af et velbelyst, indvendigt rum, der tillader, at den indirekte kunstige belysning slukkes helt eller delvist. Ved bevidst tænd/sluk-styring af den indirekte belysning og zoneopdelt spotbelysning vil energiforbruget kunne reduceres, uden at den positive oplevelse af lyset og bygningen forringes.

### Byggeriets data

Paustians Hus

Adresse: Kalkbrænderiløbskaj 2, 2100 København Ø

Bygherre: Paustian A/S

Opførelsesår: 1986–87

Arkitekter: Utzon Associates

Ingeniør: Johs. Jørgensen, Rådgivende Ingeniørfirma

Hovedentreprenør: H. Hoffmann & Sønner



# Sukkertoppen

## Bygningen

I Valby (København) ligger det tidligere sukkerraffinaderi, Sukkertoppen. Industrikomplekset, der blev bygget i 1913, blev i 1991 renoveret og udbygget til et 18.000 m<sup>2</sup> stort byggeri for kontor- og undervisningsvirksomhed. Udbygningen består af tre selvstændige bygninger, hvoraf de to er sammenbygget med det gamle kompleks. Den største af de nye bygninger er et længehus, beliggende syd for det gamle kompleks og forbundet med dette af en glasoverdækket atriumgård med glasgavle.

Det gamle bygningskompleks er opført med grundmurede ydervægge med etageadskillelser i jernbeton. Tagkonstruktionerne består af træ, stål og jernbeton. Tagdækningen er hovedsageligt tagpap, men tårnet med sukkertoppen er dækket med tegl. Ved renoveringen er der overalt etableret nye tagdækninger med isolering.

De nye bygninger har taget udgangspunkt i den gamle industribygningers karakter og etagehøjder. De er udført i betonelementer, suppleret med søjle-dragerkonstruktioner og forspændte betondækelementer.

Atriet anvendes til ankomst- og fordelingsrum samt til ophold og arrangementer. Gulvet i atriet er belagt med teglklinker. Den „indvendige“ facade

Atriet.





Atriet mellem den gamle bygning (tv.) og den nye bygning (th.).

mod atriet på nybygningen mod syd er udført som en let konstruktion med stort vinduesareal og lukkede felter med perforerede gipsplader.

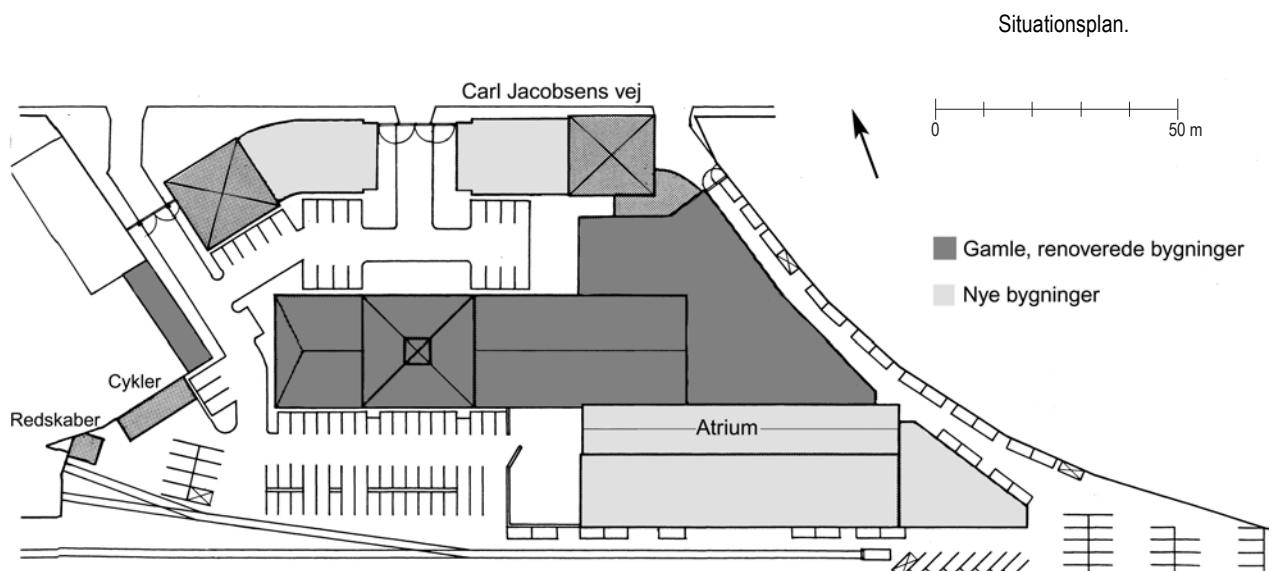
## Atriet

### Lysforhold

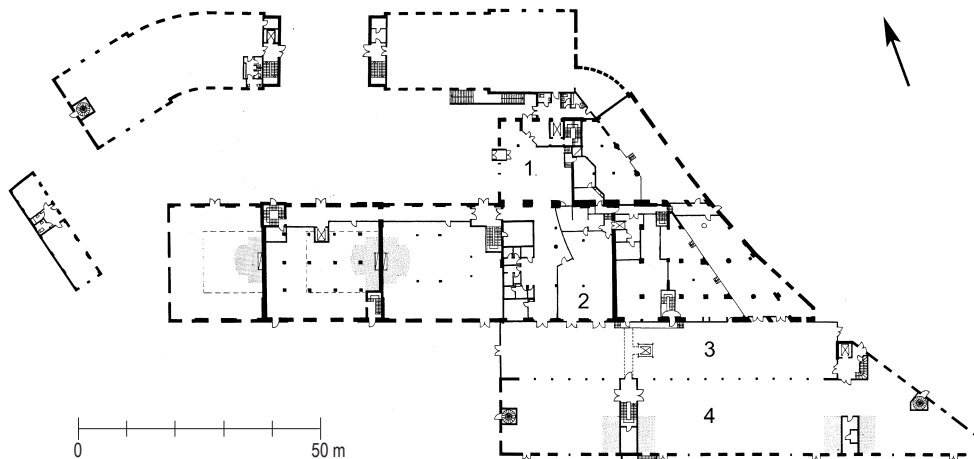
Atriet, der er forholdsvis smalt i forhold til dets højde (10 m bredt, 60 m langt og 19 m højt), blev designet og optimeret for både at opnå reduktion af rumopvarmningen i de tilstødende bygninger og at give tilstrækkelig dagslysgang til begge bygninger. Atriet har 2-lags energiruder i glasfacaderne (transmittans 56 %), mens der i den nye bygning er anvendt 1-lags glas for vinduer (transmittans 88 %), der støder op til atriet og almindelige 2-lags termoruder (transmittans 76 %) i de resterende, udvendige facader. Der er ovenlys i fuld bredde og sidelys i gavle – i den ene ende dog i reduceret omfang.

Facaden i den nye bygning er hvid (reflektans 86 %), mens den gamle bygning har de eksisterende røde mursten (reflektans 21 %). Atriet er naturligt ventileret, og der er automatisk solafskærmning i atriets syd-vendte tagflade.

Blandt brugerne i bygningerne har der været stor tilfredshed med atriet, men nogle gange om sommeren er der meget høje indetemperaturet i atriet.



- Plan.  
 1. Reception.  
 2. Café.  
 3. Atrium.  
 4. Ny bygning.



### Panelets evaluering

Johan Fogh:

„Glasgadens lysvirkning er behagelig og med udpræget eksteriørkarakter.“

Ebbe Christensen:

„Atriet fungerer tilsyneladende godt. „Bedste“ lys i det nye hus er i øverste og nederste etage. De to meget forskellige dagslysprocenter her er således ikke et udtryk for synskvalitet. Det er de relative lysheder, der afgør synsforholdene – derfor den megen brug af persienner.“

Niels Frimer-Larsen:

„Det er positivt at erfare, at der ikke er mærkbar kvalitetsforskel på dagslyset i nederste og øverste etage. En af årsagerne hertil er, at der er arbejdet meget med vinduerne, som har tiltagende størrelse, jo længere de er nede i atriet. Hertil kommer, at lyse gulve reflekterer dagslyset lige inden for vinduerne.“

Endelig medfører den lave luminans på modstående facade et lavt adaptationsniveau, hvorved det tilstedeværende dagslys opfattes højere, end måleresultater sikkert vil vise.“

### Målinger af dagslys

Atriet har en hel glasfacade mod vest og en delvis glasfacade mod nord og øst. Dagslysmålinger i atriet viser en jævn, ensartet dagslysfaktor, der vari-

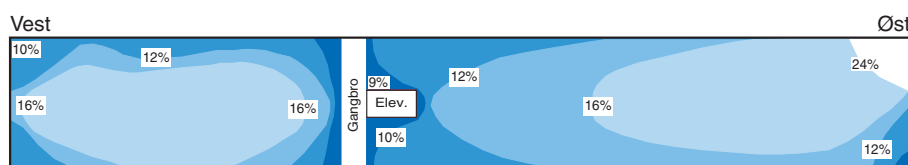
Atriet set mod vest.





Atriets tagkonstruktion og den nye bygnings facade mod atriet.

erer fra 8–21 %, hvor de laveste værdier skyldes gangbroen og elevatortårnet i midten af atriet. På grund af reflektansen af den gamle bygnings røde murstensfacade blev dagslysfaktoren reduceret på tværs af atriet med 2–3 % i forhold til målinger ved den nye bygning. Yderligere viste vertikale målinger på facaden for de enkelte etager i den nye bygning, at dagslysfaktoren blev reduceret fra 22 % for de øverste etager til 7,5 % for stueetagen.



Iso-dagslysfaktorkurver på et horisontalt plan i atriet.

## Energiforbrug

Atriets belysning består primært af halogen kviksølvlamper under glastaget. Den installerede effekt er 4.700 W, svarende til 8 W/m<sup>2</sup>. Lamperne er tilsluttet døgnur, så der kan etableres natbelysning. Belysningen omfatter desuden væglamper og lamper ved gangbroen med en installeret effekt på 900 W. Disse lamper er forsynet med forsinket udkobling og er kun tændt i få minutter ad gangen.

## Generelt om kontorerne

For at kunne overholde gældende byggelovgivning om dagslysadgang har den nye bygning varierende vinduesareal på de enkelte etager. Glasarelets andel af facaden er henholdsvis 70 % i stueetagen, 50 % på 1. og 2. sal og 35 % på 3. sal, den øverste etage.

Den begrænsede afstand mellem bygningerne giver problemer med dagslysadgangen i rum, der støder op til atriet. Selvom der er anvendt store vinduespartier i rummene på stueplan, er dagslysmængden her utilstrækkelig. En lysere farve og højere reflektans på den eksisterende, ældre bygning

ville kunne forbedre dagslystilgangen, således at der ikke altid er behov for kunstig belysning. For de øvrige kontorer mod atriet vil dagslysmængden fra en skyfri eller delvist overskyet himmel give et tilstrækkeligt dagslysniveau og reducere behovet for supplerende, kunstig belysning. De store vinduer mod syd skaber flere problemer end fordele, men en effektiv solafskærmning vil kunne reducere de fleste gener.

### **Energiforbrug**

Valg af almenbelysningen i de nye kontorer varierer fra lejer til lejer. I hovedtræk består almenbelysningen af indbyggede loftsarmaturer med 1 x 36 W lysstofrør. Armaturerne er forsynet med en spejlreflektor og afskærmet med et åbent tværlamelgitter. Den installerede effekt fra almen- og særbelystningen er 10–15 W/m<sup>2</sup>, hvilket er lavere end Energistyrelsens nøgletal for energiforbruget til rumbelysning i små kontorer (15–20 W/m<sup>2</sup>).

## **Lokaler i stueetagen**

### **Lysforhold**

Storrumskontor/værksted i stueetagen i ny bygning har to områder: Et ud mod atriet og et med vinduer til det fri.

### **Panelets evaluering**

Flemming Skude:

„Med sit jævne, milde lys forekommer det dagslyssvage laboratorie- og værkstedsrum i stueetagen ganske attraktivt. Det gode arbejdslys med ringe luminanskontraster her beror på kombinationen af rummets gavlvinduer, sydvendte vinduespartier og naboskabet til atriet.“

Niels Frimer-Larsen:

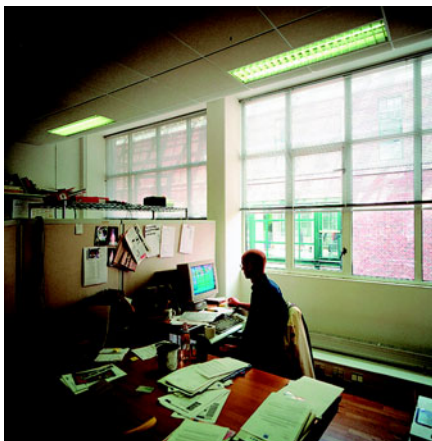
„Området mod atriet modtager kun reflekteret lys fra atriet, der giver et behageligt og jævnt lys, der er svagt, men tilstrækkeligt.

Det er en stor kvalitet, at den modstående facade af mørke mursten har så lav en luminans, at der ikke fremkommer kontrastblending i de store vinduesfacader.

I området med vinduer direkte til det fri er der rigeligt dagslys på arbejdspladserne nærmest facaden, men lyset virker hårdt. Der er ubalance i området, fordi den bageste del modtager relativt lidt dagslys.“

Storrumskontor/værksted  
i den nye bygning





<< Kursuslokale, 1. sal i den nye bygning.

< Kontor mod atriet, 2. sal i den nye bygning.

Johan Fogh:

„Lysets fordeling i rummet virker behagelig og uden større kontraster, men dog nok for mørkt til at undgå kunstlys. Medvirkende til den jævne fordeling af lyset er nok den lyse gulvbelægning i glasgaden, der reflekterer glasgaden ovenlys ind i rummet.

Det milde, diffuse lys bliver hårdt og blændende i gavlen, hvor to vinduer tillader direkte solindfald.“

## Lokaler på 1. og 2. sal

### Lysforhold

Kursuslokalet på 1. sal i den nye bygning har vinduer til begge sider af huset. Mod atriet ligger desuden et 4 m bredt korridorområde, hvis vinduer går næsten til gulv.

Kontoret mod atriet på 2. sal i den nye fløj får ensidigt dagslys fra glasgaden i rummets fulde bredde fra lav brystning til hævet loft langs facaden.

### Panelets evaluering

#### Kursuslokale på 1. sal

Ebbe Christensen:

„Her er lys nok, og det rigelige udsyn til genbo og atriegulv giver en næsten luksuriøs stemning. Hvis el-lyset slukkes, viser det sig som oftest, at dagslyset alene er tilstrækkeligt: Enheden i lysfarve virker afslappende.“

Niels Frimer-Larsen:

„Meget fint lysmiljø, selvom der kun tilføres dagslys fra den ene facade i det dybe rum. Det skyldes formentlig et meget lyst gulv, der er friholdt for inventar ved facaden og derved får mulighed for at reflektere dagslyset ind i rummet.“

#### Kontor mod atriet på 2. sal

Johan Fogh:

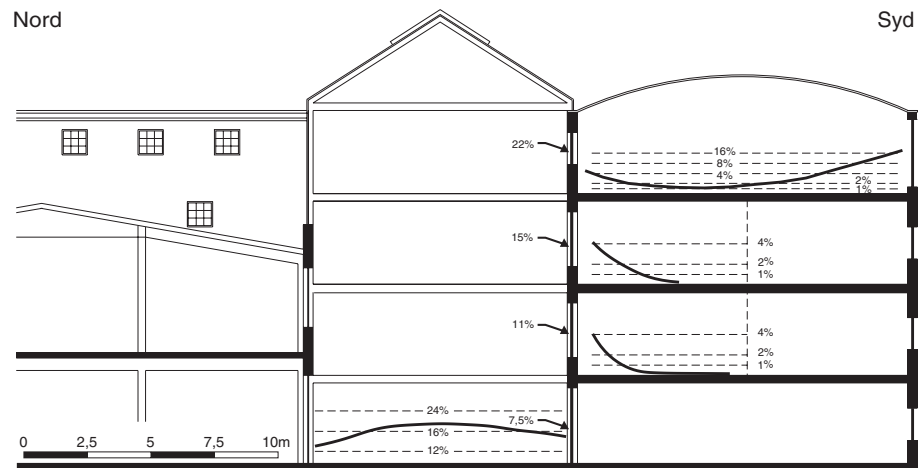
„Rummets virkning er en smule indelukket og „akvarieagtig“, vel på grund af den korte afstand til den modstående bygning med mørk facade. Arbejdspladserne er dog rimeligt belyst, vel bl.a. på grund af de belyste sidevægge og den store højde på rum og vindue.

Et tilsvarende rum ved enden af glasgaden har udsigt og virker attraktivt.“

Ebbe Christensen:

„Også her er persienerne meget brugt. Kun arbejdspladserne nærmest vinduerne får dagslys nok – el-lyset er tændt i loftet på trods af det lyse gråvejr. Ved de frie vinduer mod atriet ses glasfarvens adderede grønfarvning gennem 3 lag glas og energibelægning, og dagslyset er lidt „surt“ nogle steder.“

Snit nord-syd i atriet og den nye bygning med kurver for dagslysfaktoren samt variationen af de vertikale dagslysfaktorer på facaden.



### Målinger af dagslys

I kontoret på 2. sal er dagslysfaktoren ved vinduet 4 % og Arbejdstilsynets angivne mindsteværdi på 2 % for de enkelte arbejdspladser findes 2 m fra vinduet.

### Storrumskontor på 3. sal

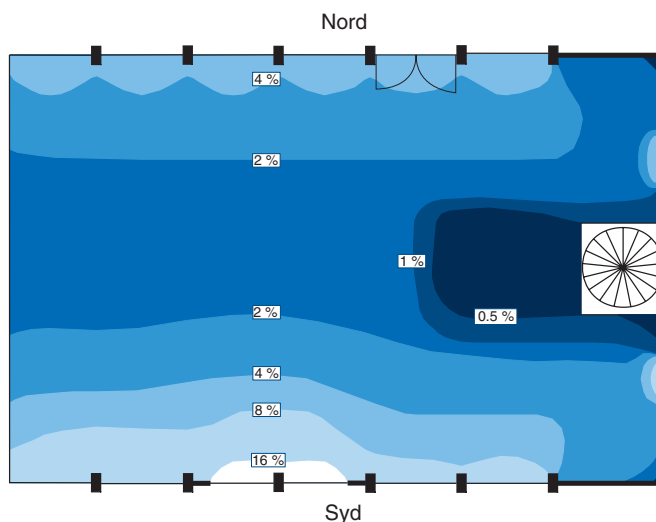
#### Lysforhold

I kontorerne på øverste etage har nogle af vinduespartierne til det fri mod syd fuld rumhøjde, hvilket giver generende reflekser i skærmen og problemer med overophedning om sommeren. Disse problemer er søgt løst med udvendige gardiner (transmittans 8 %), der styres automatisk, og med indvendige, blanke persienner. Imidlertid fungerer de udvendige gardiner ikke, hvis det blæser for meget, og da den naturlige udluftning i lokalerne sker gennem indadgående vinduer, kan de indvendige persienner ikke anvendes på varme dage.

Storrumskontoret på 3. sal i den nye bygning får dagslys fra to sider – den ene via atriet. Kontoret har lav brystning, høje vinduer ved kviste og hvælvet loft.

Storrumskontoret, 3. sal i den nye bygning.





## Panelets evaluering

Johan Fogh:

„Dagslysets virkning er behagelig. Lyset fra vinduerne mod glasgaden blænder ikke, måske på grund af udsigten til den modstående bygning, eller måske på grund af glastagets dæmpning af lysniveauet. Modsat glasgaden er vinduerne afblændet med persiener.

Belyste sidefælde i høje kviste mod det fri, bidrager til at oplyse det hvælvede loft, så den samlede lysfordeling virker mild.

Midterste del af rummet bliver suppleret med opadrettet kunstlys, hvilket giver en uheldig farveforskel på lyset henover loftsfladen.“

Niels Frimer-Larsen:

„Der er rigeligt med dagslys fra begge sider, og kun i sol volder den ene facade nogen problemer.

Der er måske for mange muligheder for regulering af dagslyset overladt til medarbejderne at styre og blive enige om.“

Ebbe Christensen:

„Mod atriets giver udsigten til det fri og til genbohuset så meget lys ind, at mange persiener her er lukkede. Der savnes en skillevæg midt i huset til at standse det distraherende dobbeltlys og -udsyn og give roligt reflekslys i stedet.“

## Målinger af dagslys

I storrumskontorerne på øverste etage kommer dagslyset ind fra 2 sider. Siden nogle af vinduespartierne mod det fri har fuld rumhøjde, giver det en dagslysfaktor på 2 % ca. 5 m fra sydfacaden. For arbejdspladser ved vinduerne, der støder op til atriets, er dagslysfaktoren reduceret til 3–4 %, hovedsageligt på grund af atriets tagkonstruktion.

## Byggeriets data

Sukkertoppen

Adresse: Carl Jacobsens Vej 25, Valby

Opførelsesår: 1913

Ombygning og tilbygning: 1991

Bygherre: Lønmodtagernes Dyrtidsfond

Arkitekt: Kristian Isagers Tegnestue A/S og Hjembæk Præstegaard A/S

Ingeniører: Seitzberg & Neltoft A/S (konstruktioner, VVS og EI) samt

KBI (konstruktioner)

Kunstnerisk udsmykning: Henning Damgård-Sørensen

Totalentreprenør: Højgaard & Schultz A/S



# Tegnestuen JUUL & FROST

## Bygningen

Bygning P på Wilders Plads er opført i 1917 som en del af Strandgadeværftet. Bygningen, der er projekteret af Christiani & Nielsen, er en af Danmarks første i jernbeton. Bygningen har tilhørt B&W og stod tom i en tid. I 1996 rykkede Tegnestuen JUUL & FROST ind i 120 m<sup>2</sup> af bygningen.

Lokalet var da ét stort rum med 6 meter facade, 10 meter i dybden og 10 meter til loftet. Rummet blev indrettet til tegnestue ved en omfattende ombygning, hvorved der blev etableret en indskudt etage, trukket tilbage fra facaden. På trods af den indskudte etage opleves lokalet fortsat som ét stort rum.

Underetagen og den indskudte etage er forbundet med en ligeløbstrappe i rummets ene side. Under trappen er der et arkivrum og et toilet. Gulvet i underetagen er grå klinker, gulvet på den indskudte etage er af træ og trappen er støbt i terrazzo. Væggene, loftet og undersiden af den indskudte etage er hvide. Møbleringen er enkel og mobil.

Den indskudte etage og facaden med vinduer.





Indgangspartiet og facaden med vinduer.

### Lysforhold – for bygningen generelt

Dagslyset til det store, dybe rum kommer fra to store glaspartier (transmittans 69 %) og en dobbelt glasdør mod vest-sydvest samt et stort ovenlys (transmittans 18 %). De to faste glaspartier er forsynet med persienner med mekanisk betjening. Det samlede glasareal udgør ca. 30 % af gulvarealet. De vertikale glasruder alene udgør 19 % af gulvarealet. Det nye, store ovenlys i det hvælvede loft har et glasareal på ca. 7,5 m<sup>2</sup>.

### Panelets evaluering af bygningen generelt

Flemming Skude:

„Kombinationen af vinduer i sydfacaden og loftets rytterlys giver en noget ustruktureret lysoplevelse: Det diffuse lys associerer således mere til vægophængninger i en gallerisituation, end det indbyder til møblering og indretning af attraktive kontorarbejdspladser.

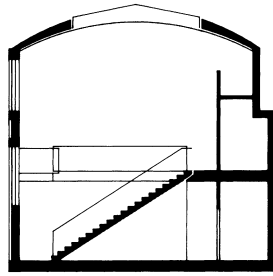
Den stramme bordopstilling kombineret med et forholdsvis lavt lysniveau betyder, at især underetagens ansatte uvægerligt blændes hver eneste gang, de kigger op fra skærmen.

Samtidig forvirrer den diffuse belysning i overetagen brugerne så meget med lysrefleksioner, at det næppe er muligt at finde et roligt sted at lokalisere en fast arbejdsplads.“

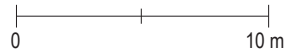
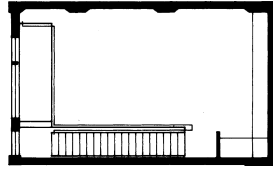
Niels Frimer-Larsen:

„Der er en uacceptabel forskel på dagslysniveauet her (i underetagen) og ovenpå. Nede er det helt nødvendigt at tænde det elektriske lys, ikke mindst når dagslysniveauet er højt.

Snit i bygningen.



Plan 1. sal.



Edb-skærme har en lav luminans, der ikke lader sig regulere. Af flere grunde reduceres læsbarheden på skærmen, når luminansen i omgivelserne er meget høje. Og det er de i dette rum (den indskudte etage).

Der burde derfor, og ikke mindst i ovenlyset, være yderligere mulighed for at neddæmpe tilførslen af dagslys.

Alle arbejdsborde og edb-skærme er udsat for kontrastblænding og/eller refleksblænding, særligt bagest i lokalet. Meget kunne afhjælpes med en 90 graders drejning af alle arbejdsborde og skærme.

Vurderet alene på dagslysforholdene findes bygningen uegnet som arbejdsplads for medarbejdere på fuld tid.“

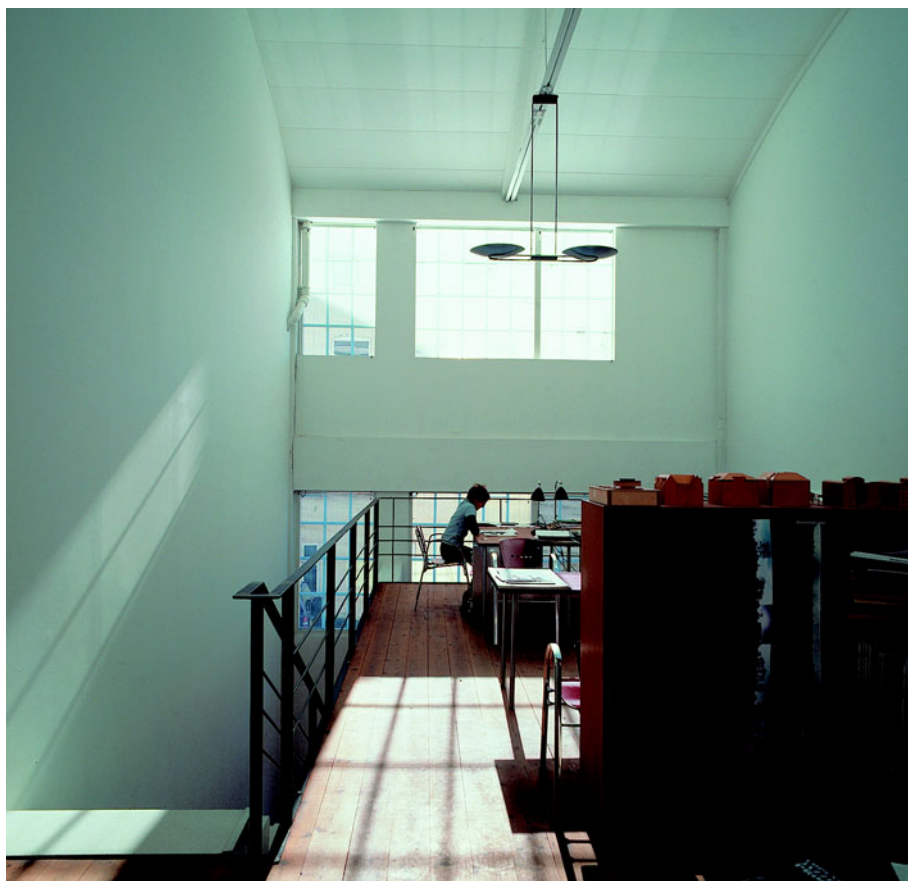
## Den indskudte etage

### Panelets evaluering

Ebbe Christensen:

„Den øverste gallerilignende etage domineres af ovenlysvinduet, hvis areal er ca. 1/3 af gulvets.

Den indskudte etage.  
Front mod vinduerne.





Den indskudte etage.  
Ovenlyset og de to store  
lampetter.

Lyset er kraftigst på vandrette flader, men også lodrette flader er lyse, fordi væggene får meget himmellys og direkte solskin.

Gennem to store facadevinduer, der spænder næsten fra væg til væg, kommer også meget lys, dels fra himlen og dels reflekteret fra genbohuset.

Med så store åbninger i tag og facade mistes en hovedretning på lyset, og opfattelsen af rum og møbler sløres.

Facadevinduerne er udstyret med persienner, så vinduesarealet kan begrænses i bredden og dermed give et lettere opfatteligt rum, og et tilskud til af ensrettet, lokalt sidelys.

De to vinduer af samme størrelse nedenunder bidrager ikke til belysningen på denne etage, men giver udsyn ned til gaden.“

Johan Fogh:

„For den besøgende, der går med lyset i ryggen op på balkonen, virker det høje, lyse, hvælvede rum umiddelbart tiltalende – som et parisisk galleri eller show-room. Største dagslysbidrag giver ovenlyset med dets refleksion fra sidevæggene.

På balkonen er der lys på arbejdspladserne, navnlig på dem, der har den stærkt belyste gavlvæg i ryggen. Desuden er der, trods afstanden til facaden, en god visuel kontakt med eksteriøret gennem de to rækker vinduer.”

### Målinger af dagslys

Målinger af dagslysfaktorer er foretaget både over og under den indskudte etage. Persienerne var nedrullet og i vandret lamelposition under målingerne.

Det store ovenlys skaber et diffust rum, hvor lysets hovedretning er sløret. Målinger på arbejdsplan viser en jævn, ensartet dagslysfordeling i hele rummet (dagslysfaktoren varierer fra 3–5 %). Dagslysniveauet er tilstrækkeligt en stor del af året, og loftsbelysningen bør kun tændes i vinterhalvåret.

## Energiforbrug

Over den indskudte etage består den kunstige belysning af 2 store opadlysende lampetter. Armaturerne er nedhængt under loftet og har 4 x 38 W 2D-formede kompaktlysstofrør. Loftsarmaturerne giver en horisontal belysningsstyrke på 100–150 lux.

## Underetagen

### Panelets evaluering

Ebbe Christensen:

„Underste etage virker mørk i sammenligning (med den indskudte etage). Dagslyset falder fladt ind, og er for svagt på tegnebordene. I solskin bliver den gule genbomur uden for vinduerne så lys, at blænding er uundgåelig i det dybe, garagelignende rum.“

En computer står op ad indervæggen og spejler både rum og udsigt i skærmen. Trods det lave, ensidige lys, arbejdes der ved to tegneborde med front direkte mod blændingen.

Spots belyser derfor side- og indervæg, og tegnelamperne er tændt på bordene.“

Johan Fogh:

„I stueplan er dagslysforholdene mindre heldige (end på den indskudte etage) på grund af lav loftshøjde, stor rumdybde og blænding fra vinduerne mod gaden. Der er derfor supplerende kunstlys på sidevæggene.“

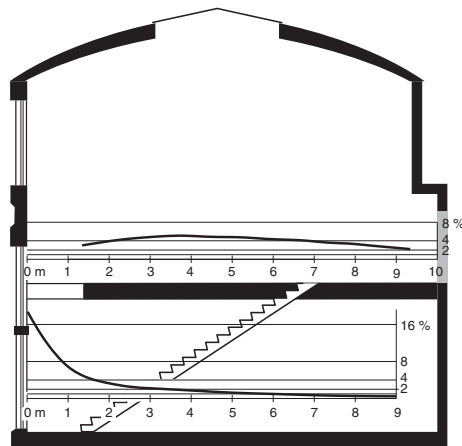
### Målinger af dagslys

I underetagen varierer dagslysfaktoren fra 18 % ved glasdøren til 0,4 % 10 m fra vinduet. Arbejdstilsynets angivne mindsteværdi på 2 % for den enkelte arbejdsplads findes ca. 2,5 m fra vinduet. På en solbeskinnet dag, om formiddagen, vil der være store luminansforskelle mellem rummets lys og lyset på den modstående facade.

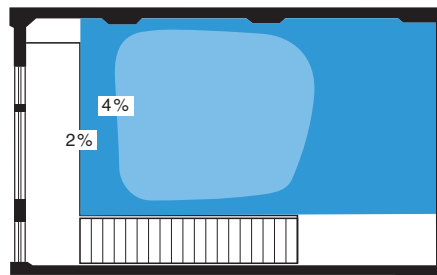
Facaden og de store glaspartier kan virke blændende, og lysniveauet i rummets forreste del kan blive meget højt. Da de individuelle arbejdspladser, med tegneborde og computere, vender enten mod facaden eller mod

Underetagen.  
Front mod vinduerne.





Snit sydvest-nordvest med kurver for dagslysfaktoren over og under den indskudte etage.



Iso-dagslysfaktorkurver på arbejdsplanet over den indskudte etage.

rummets bagvæg, vil der være behov for at udjævne luminansforskellen ved at tænde almenbelysningen.

### Energiforbrug

Langs underetagens sidevægge er der etableret en række kraftige halogen-spots (250 W). De individuelle arbejdspladser er forsynet med tegnelamper. Den installerede effekt fra almen- og særbelysningen er 8–20 W/m<sup>2</sup>. I underetagens bageste del er dagslysniveauet meget lavt, og den kunstige belysning ofte tændt. Når der arbejdes ved tegnebordene, er tegnelamperne altid tændt. Flere steder i rummet giver lysforholdene anledning til reflekser i computerskærmene.

### Byggeriets data

Tegnestuen JUUL & FROST

Adresse: Wilders Plads, bygning P, 1403 København K

Bygherre/totalentreprenør: Ejendomskontoret Wilders Plads v. N. Barfred

Ombygning: 1996

Arkitekt: Tegnestuen JUUL & FROST v. Arkitekterne MAA Helle Juul og

Flemming Frost; medarbejder arkitekt MAA Bolette Blædel

# Summary

## By og Byg Results 013: Architecture, energy and daylight

### Background

Accelerated development of glass technology has brought a wide selection of new and better insulating types of glazing and new construction solutions to the structuring of large glass facades and roofs. This is reflected in recent architecture as glass is increasingly used in buildings. This development, which can be expected to continue, offers scope for improved utilisation of daylight and reduced use of artificial lighting.

This development does, however, confront architects with the difficult task of fulfilling fundamental requirements to the visual environment indoors. Practising architects and consulting engineers may have insufficient knowledge of the importance of good light conditions for working. This can result in problems with glare and poor visual conditions, which may increase the need for artificial lighting. Consequently, examples of buildings are needed which successfully demonstrate good use of daylight that provides improved visual environment and reduces the need for artificial lighting.

### Purpose

The purpose of this research project was to enhance the designer's knowledge for designing buildings, rooms and window openings which utilise daylight in such a way that aesthetic and functional requirements can be met and energy consumption for electric lighting can be reduced at the same time. It was not the purpose of the project to develop guidelines but only to demonstrate how good daylight conditions and energy conservation can be achieved.

### Participants on the project

The project was initiated with "technical conversations" held by experts on daylight to establish the methodology of the research project and the selection of examples. The project was carried out by the Daylight in Buildings Group at the Energy and Indoor Climate Division of Danish Building and Urban Research. Moreover, a panel of four experts participated in the assessment of lighting conditions in the selected buildings. The four-member panel was made up of two designers, a reviewer of architecture and the head of the Lighting Laboratory at the Royal Academy of Fine Arts.

### Selection of buildings

One criterion for selecting buildings was that they could be considered good architectural quality. In this context, this meant that the selected buildings had been mentioned in quality architectural journals, had been awarded prizes in architectural competitions or won prizes established by e.g. organisations or municipalities.

Another criterion was that, based on their appearance and a general knowledge of them, the buildings were assumed to possess daylight conditions that made them particularly suited as study objects.

A third criterion was that the buildings should house commercial enterprises or institutions. This criterion limits the research task to buildings with traditional work places, but may include large rooms such as laboratories and common rooms.

Based on these criteria seven buildings were selected including five office buildings, a library and an entrance building.

## Registration and evaluation

The daylight conditions in the selected buildings were registered and assessed by the panel on two field trips in the spring of 1999. During these visits, the research team registered the location of rooms, their orientation, windows, artificial lighting etc. After the field trips, the buildings were photographed and the research group performed measurements and analyses of the lighting conditions in the rooms. However, the quality of daylight cannot be determined based only on measurements. The four professionals therefore supplemented the measurements with a subjective evaluation.

## Results

The study of these seven buildings led to a number of results that must be assumed to be generally valid. A main result is that good daylight conditions in no way prevents or impedes the creation of good architecture. On the contrary, quality of daylight creates both functional as well as aesthetically satisfactory architecture.

In all the investigated buildings, the ratio of glass area to floor area is higher than 10%. In Denmark, this ratio would ensure reasonable daylight access and a view out. However, when size of glass area and daylight measurements are compared, the relationship between them is not straightforward. The quantity and quality of daylight in buildings depend on other factors too, such as the depth of window openings, solar shading devices, opposite buildings, outdoor vegetation etc.

The study points out that there are no standard solutions of how to design facades and window openings which satisfy all requirements to daylight access and architecture. Often simple principles and traditional design might turn out to provide the most satisfactory results. Large glass areas require special attention during design to reduce problems with sunlight and glare from windows, especially with low winter sun.

In rooms or part of rooms - e.g. at the back of the room - where daylight is insufficient or does not fulfil its function, users will often supplement daylight with artificial lighting. In some of the investigated buildings, artificial lighting is switched on for a considerable time of the year - or the whole year. One reason is that daylight penetration can produce excessively bright areas near the window and gloomy areas at the back the room. Another reason is that occupants turn on the light in the morning or just to make the room more inviting, and they forget to turn off the light when it is sufficiently daylight or when the room is empty. However, establishment of lighting control systems will often give significant electricity savings or, if the office is used only a part of the day, instalment of movement sensors may result in significant savings.



# Referenceliste

Arbejdstilsynet. (1999). *Dispensationer og fortolkning af regler inden for faste arbejdssteders indretning ved projekteret byggeri* (At-cirkulæreskrivelse nr. 3/1999). København. Lokaliseret 20010118 på: <http://www.arbejdstilsynet.dk/Overblik/atviden/ATCIRKUL/Acir0399/acir0399.htm>

Boligministeriet. (1995). *Bygningsreglement 1995*. København.

Dansk Standard. (1997). *Kunstig belysning i arbejdslokaler* (5. udg.) (DS 700:1997). København.

Lys & Optik, & Lysteknisk Selskab. (1993). *God og energirigtig kontorbelysning*. Stenløse: Lysteknisk Selskab, & Energistyrelsen.

## Litteratur om bygningerne

### E. Pihl & Søn A/S

Det moderne snit: Administrationsbygning for E. Pihl & Søn AS. (1994). *Arkitektur DK*, 38(8), 457–479.

Wouters, P., & Demeester, J. (Eds.). (1999). *NatVent: A better way to work. Overcoming barriers to natural ventilation* [CD-rom]. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut et al.

### Hovedbibliotek i Gentofte

*Bibliotek 70*. (1985).

*Byggeri*. (1984). (6).

Hovedbibliotek i Gentofte. (1985). *Arkitektur DK*, 29(7), 318–328.

Hovedbibliotek i Gentofte. (1985). *Byggeindustrien*, 36(2), 4–9.

*LP & Co Nyt*. (1986). (497).

### Hovedindgangen til Zoologisk Have

Fogh, J. (1998). *Zoologisk Have* (Arkitekturgalleriet; 4). København: Dansk Arkitektur Center, Gl. Dok.

Zoologisk have København – ny hovedindgang. (1998). *Arkitektur DK*, 42(5), 238–247.

### Lærkehuset

Lærkehuset, Forskningscentret ved Hørsholm. (1997). *Arkitektur DK*, 41(6), 311–317.

### Paustians Hus

Christoffersen, J., & Petersen, E. (1998). Dansk dagslys. *Lys*, (1), 26–47.

Christoffersen, J., & Petersen, E. (1999). A stylish, totally daylight furniture showroom. In M. Fontoynt (Ed.), *Daylight performance of buildings* (pp. 289–292). London: James & James.

Paustians hus. (1989). *Arkitektur DK*, 33(8), 353–369.

### Sukkertoppen

BPS-centret. (1999). *Atrier – energi og miljø* (BPS-publikation 126). Hørsholm.

Christoffersen, J., & Petersen, E. (1998). Dansk dagslys. *Lys*, (1), 26–47.

Christoffersen, J., & Petersen, E. (1999). An atrium serves as a daylight link between new and renovated buildings. In M. Fontoynt (Ed.), *Daylight performance of buildings* (pp. 117–120). London: James & James.

Sukkertoppen. (1995). *Arkitektur DK*, 39(2), 100–111.

### Tegnestuen JUUL & FROST

Indretning af tegnestue. (1997). *Arkitektur DK*, 41(6), 342–343.

Man kan udmærket opfylde kravene til gode dagslysforhold uden at gå på kompromis med ønsket om at skabe god arkitektur. Det fremgår af en undersøgelse af syv bygninger, som er foretaget af forskere fra By og Byg i samarbejde med fire dagslyseksperter.

De syv bygninger er meget forskellige, men generelt viser undersøgelsen, at mængden og kvaliteten af dagslyset ikke blot afhænger af vinduernes størrelse, men også af andre forhold, bla. vinduesåbningernes dybde, rummenes overflader, solafskærmninger, skyggende bygninger og beplantning.

Undersøgelsen demonstrerer med forskellige eksempler, hvordan man kan reducere lysindfaldet og blænding fra vinduerne samt modvirke mørke områder bagest i rummene.

Og det påpeges i undersøgelsen, hvordan der kan opnås betydelige energibesparelser, når rummene har et tilstrækkeligt og funktionelt dagslys, som gør kunstig belysning overflødig en stor del af året.

ISBN 87-563-1094-3

ISSN 1600-8049

1. udgave, 2001

