



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R10:1991

**Hälsoeffekter vid arbete
i fönsterlösa klassrum**

**Rikard Küller
Carin Lindsten**

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135517

Byggforskningsrådet

R10:1991

HÄLSOEFFEKTER VID ARBETE I FÖNSTERLÖSA KLASSRUM

Rikard Küller & Carin Lindsten

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag från Statens Råd för Byggnadsforskning (projekt nr 810611-2) och Arbetsmiljöfonden (projekt nr 84-0525) till Miljöpsykologiska Enheten, Sektionen för Arkitektur, Lunds Tekniska Högskola, samt anslag från Lärarhögskolans Enhet för Utveckling och Fältförsök till Carin Lindsten.

REFERAT

Relativt nya forskningsrön har visat att ljuset har mer djupgående psykologiska och fysiologiska effekter än vad man tidigare känt till. Det är framför allt dessa så kallade icke-visuella effekter av ljuset som studeras i föreliggande undersökning. Syftet med studien var att fastställa belysningens inverkan på produktionen av stresshormon, prestationsförmåga och välbefinnande hos skolbarn. Omkring nittio barn undersöktes i sin skolmiljö under en tidsrymd av ett skolår. Barnen, som gick i grundskolans andra årskurs och således var i åldern åtta till nio år, var placerade i fyra klassrum som skilde sig åt avseende belysning och tillgång till dagsljus. Resultatet ger starkt stöd åt hypotesen att personer som lever på den norra hemisfären av jordklotet har mer stresshormoner om sommaren än om vintern. Nedgången tycks framför allt ske under perioden november-december. Denna följs av en kraftig uppgång som för södra Sverige tycks inträffa redan kring februari månad. Barnen i det klassrum som saknade fönster och inte heller var försett med dagsljuslysrör uppvisade emellertid en markant försening i denna uppgång. Detta talar för att man bör undvika att använda fönsterlösa klassrum för permanent bruk. Höga kortisolvärden kunde förknippas med benägenhet till socialt samarbete medan normala eller t.o.m. låga kortisolvärden ökade koncentrationsförmågan, en iakttagelse som direkt borde kunna utnyttjas vid planeringen av arbetet såväl under skoldagen som under skolåret i sin helhet. Barn med hög morgonkortisol hade också en något mindre tillväxt under året. Särskilt starkt blev detta omvända samband under perioden november till februari, som alltså åter igen framstår som en kritisk period. Det framkom också att kortisolproduktionen framför allt under november-december kan tänkas ha en viss, om än marginell, inverkan på sjukfrånvaron. Hög morgonkortisol under denna period synes kopplad till lägre sjukfrånvaro under höstterminen.

I Byggnadsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R10:1991

ISBN 91-540-5289-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

gotab Stockholm 1991

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	7
ABSTRACT	8
INLEDNING	9
TIDIGARE FORSKNING	10
STUDIENS SYFTE, FRÅGESTÄLLNINGAR OCH ALLMÄNNA UPPLÄGGNING	11
BESKRIVNING AV DEN FYSISKA MILJÖN	14
HUR BELYSINGSSTYRKAN OCH RUMSTEMPERATUREN VARIERADE	14
BARNEN, LÄRARNAS OCH OBSERVATÖREN	17
GENOMFÖRANDE OCH BEARBETNING	18
LJUSETS INVERKAN PÅ STRESSHORMONET KORTISOL	18
ÅRSTIDSRELATERADE VARIATIONER I SKOLBARNENS BETEENDE	22
<u>Observationstekniken</u>	22
<u>Faktoranalys av observationsdata</u>	23
<u>Barnens koncentrationsförmåga och benägenhet till samarbete vid olika årstider</u>	26
LÄRARNAS BEDÖMNINGAR	31
TILLVÄXT I KROPPSLÄNGD HOS BARNEN	35
SJUKFRÅNVARON HOS BARNEN	36
DISKUSSION	37
REFERENSER	40
APPENDIX	

FÖRORD

Kunskapen om människans biologiska rytmer går långt tillbaka i tiden, liksom vetenskapen om att dessa rytmer sammanhänger med växlingen mellan dagsljus och mörker. Ändå har denna kunskap knappast fått någon genomslagskraft vad gäller planeringen av människors arbetsmiljö. Den medicinska forskningen har emellertid under senare år skapat detaljerade modeller för hur dygns- och årstidsvariationer påverkar såväl hormonbalans som psykiskt välbefinnande. Det är därför både angeläget och möjligt att nu integrera denna kunskap i forskningen om arbetsmiljön.

Denna undersökning av skolbarn ingår i en serie studier av hälsa och välbefinnande hos människor som arbetar i miljöer med speciella belysningsförhållanden. Undersökningen har gjorts i samarbete mellan Lärarhögskolan i Malmö och Miljöpsykologiska Enheten vid Arkitektskolan, Lunds Tekniska Högskola. Projektet har finansierats genom anslag från Byggforskningsrådet och Arbetsmiljöfonden till Miljöpsykologiska Enheten, samt anslag från Lärarhögskolans Enhet för Utveckling och Fältförsök till Carin Lindsten.

Datainsamlingen genomfördes vid två skolor i Malmö. Författarna vill tacka berörda elever för deras medverkan liksom föräldrar, lärare, studierektorer, rektorer, vaktmästare och skolhälsovårdens personal. Ett tack riktas också till professor Ebbe Lindell vid Lärarhögskolan som ställt en litteratursökning till vårt förfogande samt till de tillverkare och distributörer av lysrörsarmatur som tillmötesgått våra önskemål genom att kostnadsfritt tillhandahålla sina produkter.

Kortisolanalyserna utfördes vid Kliniskt Kemiska Centrallaboratoriet, Lunds Lasarett. Vi vill framföra ett särskilt tack till docent Nils E Nordén, som ansvarade för analysernas genomförande. Slutligen vill vi också tacka Tekn Dr Jan Janssens, som framställt rapportens samtliga figurer, samt forskningsingenjör Marianne Küller, som redigerat manuskriptet.

Förutom denna studie om skolbarns arbetsmiljö, har Miljöpsykologiska Enheten tidigare genomfört liknande studier av kontorsarbetsplatser. Nyligen har också en studie av arbete i lokaler under jord genomförts och håller för närvarande på att bearbetas.

Lund i november 1990

Rikard Küller

Carin Lindsten

SAMMANFATTNING

Relativt nya forskningsrön har visat att ljuset har mer djupgående psykologiska och fysiologiska effekter än vad man tidigare känt till. Det är framför allt dessa så kallade icke-visuella effekter av ljuset som studeras i föreliggande undersökning. Syftet med studien var att fastställa belysningens inverkan på produktionen av stresshormon, prestationsförmåga och välbefinnande hos skolbarn. Omkring nittio barn undersöktes i sin skolmiljö under en tidsrymd av ett skolår. Barnen, som gick i grundskolans andra årskurs och således var i åldern åtta till nio år, var placerade i fyra klassrum som skilde sig åt avseende belysning och tillgång till dagsljus. Medan ett av klassrummen hade ordinära fönster på ena sidoväggen och ett annat var försett med ett stort lanterninfönster (takfönster) saknade de två övriga klassrummen fönster helt och hållet. Barnen studerades med lärarskattning, beteendeobservation och analys av morgonurin avseende stresshormonet kortisol. Dessutom registrerades tillväxten i kroppslängd samt sjukfrånvaro. Härtill kom mätningar av belysningsstyrka och rumstemperatur i respektive klassrum. Antalet mättillfällen för de olika parametrarna varierade mellan en och åtta gånger under läsåret.

Vad gäller sambandet mellan ljus, årstid och kortisol, visar totalresultatet för samtliga barn att det föreligger en systematisk årsvariation i kortisolinsöndringen. Resultatet ger starkt stöd åt hypotesen att personer som lever på den norra hemisfären av jordklotet har mer stresshormoner om sommaren än om vintern. Nedgången tycks framför allt ske under perioden november-december. Denna följs av en kraftig uppgång som för södra Sverige tycks inträffa redan kring februari månad. Barnen i det klassrum som saknade fönster och inte heller var försett med dagsljuslusrör uppvisade emellertid en markant försening i denna uppgång. Vad gäller skolbarnens beteende, speciellt förmågan till koncentration och benägenheten till samarbete, kunde vi också konstatera förekomsten av årstidsrelaterade variationer. Dessa kunde delvis knytas till skolårets förlopp, med sommarlov och jullopp som betydelsefulla moment, men också till klimatfaktorer som belysning och temperatur. Höga kortisolvärden kunde förknippas med benägenhet till socialt samarbete medan normala eller t.o.m. låga kortisolvärden ökade koncentrationsförmågan, en intressant iakttagelse som direkt borde kunna utnyttjas vid planeringen av arbetet såväl under skoldagen som under skolåret i sin helhet. Vad slutligen tillväxt och sjukfrånvaro beträffar, ger våra resultat också stöd för uppfattningen att det föreligger en viss årstidsrelaterad variation. Dels kunde det konstateras att de barn som hade hög morgonkortisol också hade en något mindre tillväxt under året. Särskilt starkt blev detta omvända samband under perioden november till februari, som alltså åter igen framstår som en kritisk period. Det framkom också att kortisolproduktionen framför allt under november-december kan tänkas ha en viss, om än marginell, inverkan på sjukfrånvaron. Hög morgonkortisol under denna period synes kopplad till lägre sjukfrånvaro under höstterminen.

Tillsammans antyder resultaten att vistelse i klassrum med otillräcklig belysning kan orsaka basala störningar i hormonbalansen och att detta i sin tur kan påverka barnens koncentrationsförmåga och benägenhet till samarbete samt eventuellt också kroppstillväxten och motståndskraften mot infektionssjukdomar.

ABSTRACT

Recent research has shown light to have a profound psychological and physiological impact on humans. The present study deals mainly with these non-visual effects of light. The aims of the study were to assess the effects of light on the production of stress hormones, classroom performance, and well-being of school children. About ninety children were investigated in their school environment for a duration of one school year. The children in the second grade, aged between eight and nine years, were situated in four classrooms differing in respect to the access to natural daylight. One room had ordinary windows on one side wall, while another had a large skylight in the middle of the ceiling. The other two classrooms completely lacked windows and natural daylight. The methods employed included teacher's assessment, behavior observation, as well as the analysis of morning urine for the stress hormone cortisol. Also body growth and sick-leave were recorded. In addition measurements of illuminance and room temperature were carried out in each classroom. Measurements were generally taken several times of the year.

The over all relationship between light and cortisol indicates the existence of a systematic seasonal variation with more stress hormones in summer than in winter. The decline seems to be most pronounced during a period lasting from November to December, followed by a noticeable rise, which in the south of Sweden seems to occur around February. The children situated in the one classroom lacking both natural and artificial daylight demonstrated a marked delay in this rise. As concerns behavior, seasonal patterns were found both in the ability to concentrate and to cooperate. To a certain degree these patterns were related to the major holidays during summer and Christmas. However, climatic factors such as natural daylight and indoor temperature also seemed to play important roles. High values of morning cortisol were associated with the inclination for social cooperation, while moderate or low values of cortisol seemed to promote the ability for individual concentration. This knowledge may be useful in planning work of the school day as well as the school year. Finally, seasonal factors also seemed to influence body growth and sick-leave. Those children with high values of morning cortisol had a somewhat smaller increase in annual body growth. This inverse correlation became most pronounced during the winter period from November to February. Furthermore, the production of cortisol, especially during November and December, seemed to have some influence of sick-leave. High values of cortisol during this period correlated with low rate of sick-leave.

Taken together the results indicate work in classrooms without daylight may upset the basic hormone pattern, and this in turn may influence the children's ability to concentrate or cooperate, and also eventually have an impact on annual body growth and sick-leave.

INLEDNING

Symptom såsom huvudvärk, trötthet och generella stressymptom har visat sig kunna hänföras till olämplig belysning (Küller, 1981). Detta kan i sin tur resultera i ökad sjukfrånvaro, sämre arbetsprestation, och på sikt även påverka det allmänna hälsotillståndet för speciellt utsatta grupper i miljöer där belysningsförhållandena är ogynnsamma. Relativt nya forskningsrön har visat att ljuset har mer djupgående såväl psykologiska som fysiologiska effekter än vad man tidigare känt till (Küller, 1987). Det är framför allt dessa så kallade icke-visuella effekter av ljuset som studeras i föreliggande undersökning.

När ljuset passerar in genom ögat förs impulser förutom till visuella centra även till olika nerv- och hormoncentra i hjärnan. Via en komplicerad koppling av nervbanor når ljusimpulserna småningom epifysen, eller tallkottkörteln som den också kallas. Det är inte förrän man under de senaste två decennierna på allvar börjat studera epifysens roll som man funnit, att den styr människans biologiska rytmer genom att reagera för växlingar mellan ljus och mörker.

Sömnhormonet melatonin, som utsöndras från epifysen under natten, hämmas då ögat utsätts för ljus. Hollwich har föreslagit en hypotetisk länk mellan öga och epifys, som han kallar "energetische Anteile der Sehbahn" (Hollwich, 1948, 1979). Flera försök har gjorts att precisera denna förbindelse, bland annat av Kappers (1969) samt Wurtman m fl (1968). I senare led påverkas också hypothalamus och hypofysen, varför ljuset indirekt får effekter på människans psykiska välbefinnande och hormonbalans, till exempel utsöndring av stresshormonet kortisol.

Sannolikt är både ljusets totala intensitet och dess spektrala karaktär av betydelse vid styrningen av människans dygns- och årsrytm (e.g. Boyce & Kennaway, 1987; Lewy et al, 1980). Wurtman och hans medarbetare har kunnat konstatera att ljus med en våglängd runt 530 nm (grönt) är mest verksamt då det gäller att hämma melatoninproduktionen hos råttor (Cardinali et al, 1972; Wurtman, 1975). Det är också möjligt att naturligt dagsljus är mer effektivt i sin påverkan än de artificiella ljuskällor som vanligen används inomhus.

Idag finns på marknaden ett stort antal olika lysrörstyper för inomhusmiljö. Dessa skiljer sig åt i huvudsak i tre avseenden, ljusflöde, ljusfärg och spektralbild. Den tekniska utvecklingen av lysröret har gått i två skilda riktningar. Ett mål har varit att få fram en så jämn spektralbild som möjligt för att efterlikna dagsljusets eller glödlampans behagliga ljuskaraktär. Det andra målet är att få högsta möjliga ljusutbyte (lumen per watt), utan att färgåtergivningen för den skull blir allför dålig. Detta har bland annat resulterat i att man numera kan välja mellan lysrör som, förutom sina visuella egenskaper, också kan tänkas vara mer eller mindre effektiva vad gäller den psykobiologiska inverkan.

TIDIGARE FORSKNING

Resultaten från ett fåtal undersökningar tyder på att människor som vistas i lysrörsbelysning påverkas av denna i flera avseenden. Olika typer av lysrör tycks inverka på olika sätt. Hollwich m fl (1977) undersökte personer, som arbetade under två olika belysningsförhållanden; först fjorton dagar med kallvita lysrör, därefter ytterligare fjorton dagar med dagsljusrör. I båda fallen var belysningsstyrkan hög, c:a 3 500 lux. Under den första perioden steg utsöndringen av ACTH (adrenocorticotropic hormone) och kortisol kraftigt, vilket tolkades som tecken på stress. Under den andra perioden sjönk värdena till mer normala nivåer. Maas m fl (1974) lät studenter arbeta under två olika belysningsförhållanden, dagsljusrör och kallvita lysrör. I det första fallet var syntröttheten mindre och synskärpan bättre (även Thorington et al, 1971). Küller (1982) fann emellertid att kontorspersonal rapporterade mer synbesvär vid arbete under dagsljusrör än under konventionella vita trebandslysrör. Dagsljusrören upplevdes också som obehagliga och kalla, framför allt vid kvällsarbete. Mayron m fl (1974) kunde visa att förekomsten av hyperaktivitet hos skolbarn var lägre i klassrum som belystes med dagsljusrör jämfört med kallvita lysrör. O'Leary m fl, som utförde en studie under liknande förhållanden, fann ingen sådan skillnad men däremot att syntröttheten var större under dagsljusrör (odaterad). Munson och Ferguson (1988) jämförde inverkan av kallvita lysrör och dagsljusrör på skolbarns beteende. De fann bland annat att skolbarnens motorik ökade i precision men minskade i styrka vid belysning med dagsljusrör. Dessutom minskade den motoriska oron vid denna belysning. De erhållna resultaten kan tyda på att dagsljusrören sänkte barnens generella stressnivå.

I en fältstudie jämförde Erikson och Küller (1983) effekten av två olika slags lysrör, dagsljusrör samt vanliga vita lysrör, på hormonbalans och välbefinnande. Undersökningen genomfördes vid en större industri i en stad i Mellansverige. För ändamålet utvaldes två i det närmaste identiska ritkontor belägna i samma byggnad men i olika våningsplan. Lokalerna var nybyggda och inflyttningen ägre rum sommaren 1981. Vid inflyttningen var lysrör av dagsljustyp installerade i den ena lokalen och vita lysrör av standardtyp i den andra. Arbetsrutinerna i de båda lokalerna var likartade liksom antalet personer som uppehöll sig där. Mätningarna påbörjades i december 1981 och pågick t.o.m. juni 1982. Härigenom täcktes såväl den mörkaste som den ljusaste perioden in. Skillnaden mellan dagens längd i juni och december på denna ort är mer än tolv timmar.

Resultaten visade att personalen hade färre synbesvär vid arbete i belysning av dagsljustyp än i konventionell lysrörsbelysning. Denna slutsats styrks bl a av att de personer, som arbetade i belysning av dagsljustyp, kände sig mindre trötta i ögonen än de som arbetade i konventionell lysrörsbelysning. Vad beträffar utsöndringen av hormoner antyder resultaten att det under normala förhållanden finns en årstidsvariation med mer stresshormon om sommaren och mer sömnhormon om vintern, relativt sett. För personer som exponeras för artificiell belysning kan olika slags störningar i denna årsrytm uppträda. Bl.a. minskade utsöndringen av sömnhormon om vintern hos dem som arbetade under dagsljusrör. Denna grupp upplevde också en mer uttalad vårtrötthet. Vidare

kunde en markant skillnad i produktion av stresshormon konstateras mellan personer som arbetade nära fönster respektive längre in i lokalerna. Denna skillnad uppgick på våren till mer än tjugo procent. Om detta resultat skulle visa sig hålla, har det direkt planeringsrelevans. Vi har därför nu genomfört en uppföljning av detta resultat.

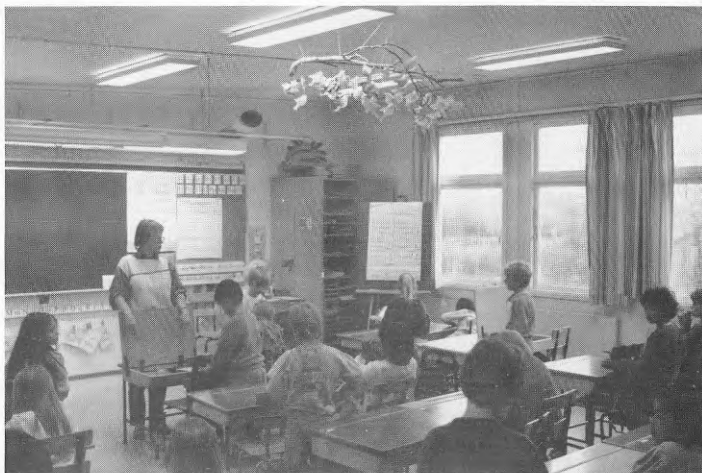
STUDIENS SYFTE, FRÅGESTÄLLNINGAR OCH ALLMÄNNA UPPLÄGGNING

Syftet med föreliggande studie har varit att fastställa belysningens inverkan på produktionen av stresshormon, prestationsförmåga och välbefinnande hos skolbarn. Härvid kommer tre viktiga frågor att tas upp. För det första, vilken belysningsstyrka erfordras för att påverka produktionen av stresshormon? För det andra, har belysningens spektrala sammansättning någon betydelse härvidlag? Och för det tredje, vid vilken tidpunkt på året är ljusets effekt starkast, och god belysning därför viktigast? Förutom generella effekter kan vi förvänta årstidsvariationer samt en individuell komponent.

I avsikt att studera på vilket sätt naturligt dagsljus kan tänkas påverka grundläggande psykologiska och fysiologiska funktioner undersöktes omkring nittio barn i sin skolmiljö under en tidsrymd av ett skolår. Barnen, som gick i grundskolans andra årskurs och således var i åldern åtta till nio år, var placerade i fyra klassrum som skilde sig åt avseende belysningen. Medan ett av klassrummen hade ordinära fönster på ena sidoväggen och ett annat var försett med ett stort lanterninfönster (takfönster) saknade de två övriga klassrummen fönster helt och hållet (figur 1).

I avsikt att studera betydelsen av artificiell belysning hade lysrör av dagsljustyp installerats i två av klassrummen (5.500° Kelvin, Colour Rendering Index =91), medan de andra två klassrummen var försedda med lysrör av så kallad trebandstyp (3.000° K, Colour Rendering Index =85). De förra lysrören var således av dagsljuskaraktär medan de senare var av det slag som vanligen kallas varmvita. Barnen studerades med lärarskattning, beteendeobservation och hormonanalys av morgonurin. Dessutom registrerades tillväxten i kroppslängd samt sjukfrånvaro. Härtill kom mätningar av belysningsstyrka och rumstemperatur i respektive klassrum. Antalet mättillfällen för de olika parametrarna varierade mellan en och åtta gånger under läsåret.

Som framgår av tabell 1 insamlades urinprover för hormonanalys vid två tillfällen under höst- respektive vårterminen, medan beteendeobservation, lärarskattning samt mätning av belysningsstyrka och rumstemperatur utfördes fyra gånger på hösten och fyra gånger på våren. Efter en preliminär granskning av data beslöt vi att dela in materialet för hela året i fyra perioder, där period 1 och 2 motsvarade förra och senare hälften av höstterminen och period 3 och 4 förra och senare hälften av vårterminen. Genom skolsjukvårdens försorg erhöles också i efterhand för varje elev mått på tillväxten i kroppslängd under skolåret (kroppslängden i början av skolåret jämfört med kroppslängden i början av efterföljande skolår). Den dokumenterade sjukfrånvaron under skolåret erhöles genom lärarnas anteckningar.



Figur 1. Klassrum med och utan fönster som ingick i undersökningen. (Barnen på bilderna deltog inte.)

Tabell 1. Försökets tidsplan. Samtliga mätningar utfördes i de fyra olika klassrummen.

Period 1

September 5 & 6	Urinprov för hormonanalys Beteendeobservation Lärarskattning Mätning av belysningsstyrka och rumstemperatur
Oktober 3 & 4	Beteendeobservation Lärarskattning <u>Mätning av belysningsstyrka och rumstemperatur</u>

Period 2

November 14 & 15	Beteendeobservation Lärarskattning Mätning av belysningsstyrka och rumstemperatur
December 5 & 6	Urinprov för hormonanalys Beteendeobservation Lärarskattning <u>Mätning av belysningsstyrka och rumstemperatur</u>

Period 3

Januari 16 & 17	Beteendeobservation Lärarskattning Mätning av belysningsstyrka och rumstemperatur
Februari 27 & 28	Urinprov för hormonanalys Beteendeobservation Lärarskattning <u>Mätning av belysningsstyrka och rumstemperatur</u>

Period 4

April 17 & 18	Beteendeobservation Lärarskattning Mätning av belysningsstyrka och rumstemperatur
Maj 22 & 23	Urinprov för hormonanalys Beteendeobservation Lärarskattning <u>Mätning av belysningsstyrka och rumstemperatur</u>

I efterhand	Kroppslängd Sjukfrånvaro
-------------	-----------------------------

(Anmärkning: Beteendeobservationer och lärarskattningar utfördes även 24 & 25 oktober. Dessa data har endast utnyttjats för faktoranalys.)

BESKRIVNING AV DEN FYSISKA MILJÖN

De fyra klassrummen var belägna i två låg- och mellanstadie-skolor i Malmö. Klassrummen var av ordinär typ och storlek, med en kateder och krittavla i ena änden. Däremot skilde sig rummen avsevärt vad gäller belysning. Ett av klassrummen var av ordinär typ och försett med relativt stora fönster på ena sidoväggen (figur 2 A). I ett annat nådde dagsljuset in genom ett stort, centralt placerat lanterninfönster (figur 2 B). I båda dessa rum varierade belysningen och i sal B även rumstemperaturen avsevärt. I de övriga två klassrummen saknades fönster (figur 2 C & D). Dessa rum var belägna ganska djupt in i skollokalerna, varför det inte heller förekom fönster i anslutande korridorer.

Avsikten var primärt att studera vilka konsekvenser avsaknaden av fönster skulle medföra, men också om dagsljusrör kunde tänkas kompensera för avsaknaden av naturligt dagsljus. Därför försågs ett av de klassrum (C) som saknade fönster med varmvita lysrör (3000°K) av den nya energisnåla typen, sk trebandsrör, som rekommenderas för bruk i skolsalar. Jämfört med naturligt dagsljus har detta lysrör en taggig spektralbild men ändå ganska god färgåtergivning (CRI=85, APPENDIX 1.). Det andra fönsterlösa klassrummet (D) försågs med lysrör av dagsljustyp (5500°K), vilket ger ett något blåaktigt sken av utpräglad dagsljuskaraktär. Detta lysrör har en spektralbild som ganska väl överensstämmer med naturligt dagsljus samt god färgåtergivning (CRI=91). Även i de två klassrummen med dagsljus varierades typen av lysrör. I det rum (A), som hade vanliga fönster, installerades de varmvita lysrören (3000°K , CRI=85) och i det lanterninförsedda klassrummet (B) lysrör av dagsljustyp (5.500°K , CRI=91). Denna kombination av fönster och lysrör gav förutsättningar för en experimentell design enligt tabell 2.

Tabell 2. Den experimentella designen som den ursprungligen var planerad.

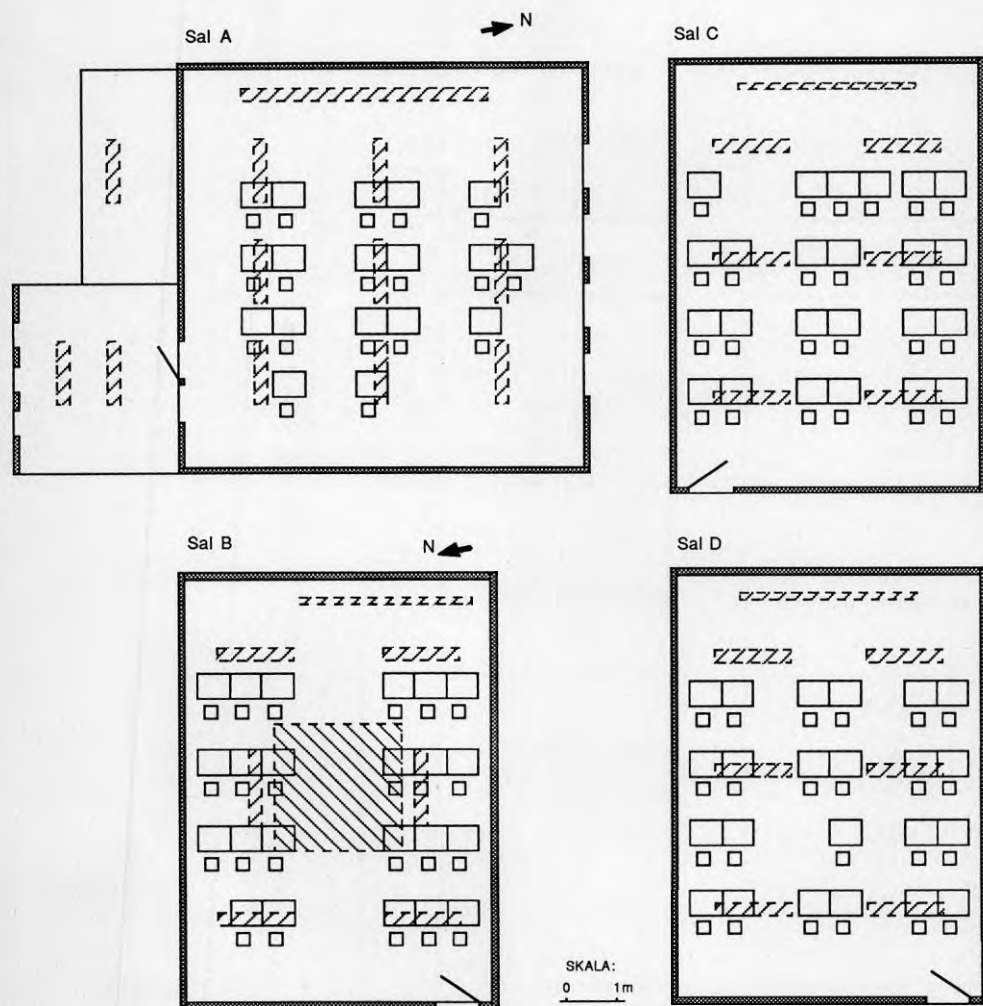
	Varmvita lysrör	Dagsljuslysror
Fönster finns	Klassrum A	Klassrum B
Fönster saknas	Klassrum C	Klassrum D

Tyvärr visade det sig småningom att såväl belysnings- som temperaturförhållanden i det med lanterninfönster försedda rummet (B) tidvis var tämligen onormala och därför kom att påverka tolkningen av resultaten.

HUR BELYSNINGSSTYRKAN OCH RUMSTEMPERATUREN VARIERADE

Belysningsstyrkan mättes vid totalt åtta tillfällen under skolarbetet. Mätningarna utfördes mitt på dagen med en luxmätare på varje elevs arbetsbord. (Horisontell belysningsstyrka ca 80 cm över golv). Eftersom fönstren i klassrum (A) vetter mot norr och klassrum (B) är försett med lanterninfönster blir mätvärdena i

dessas rum approximativa maximivärden under dagen. De genomsnittliga mätvärdena för de två höst- respektiv vårperioderna återfinns något förenklat i figur 3.



Figur 2 A-D. Planer över de fyra klassrum, som ingick i undersökningen, med skolbänkar, fönster, lanterninfönster och belysningsarmaturer utritade.

Sal A

Sal B

Sep - Okt

650	1000	1050
600	700	1300
550	700	1000

800	1000	750
2350	2350	1350
1850	2300	1350

Nov - Dec

500	600	800
450	650	800
450	550	600

300	400	300
550	750	500
550	750	500

Jan - Feb

500	600	800
550	650	800
450	550	650

400	450	400
700	1150	650
900	1200	550

Sal C Hela året

350	350	400
300	300	300
300	300	250

Apr - Maj

550	650	900
550	750	900
500	600	1000

650	900	750
3000	3350	2200
6950	3800	2100

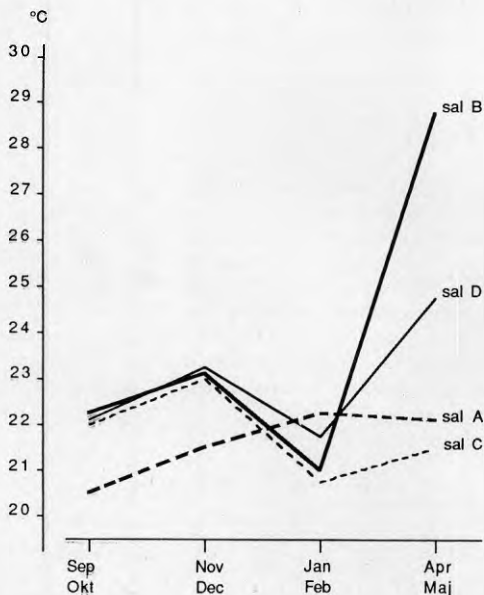
Sal D Hela året

200	200	250
200	200	200
200	200	200

Figur 3.

Ljusfördelningen i de fyra klassrummen uppmätt mitt på dagen med takbelysningen tänd. (Värden angivna i Lux.)

Även klassrumstemperaturen mättes vid samtliga undersökningstillfällen mitt på dagen, såväl vid observationslektionens början som vid dess slut. Temperaturökningen efter en lektion var sällan mer än 1°C . Däremot fanns det en avsevärd variation mellan de olika årstiderna. Som framgår av figur 4, uppvisade klassrummet med lanterninfönster (B) särskilt höga temperaturer under senare hälften av vårterminen. Vid något enstaka tillfälle visade mätningen på 32°C . Rumstemperaturer av denna storleksordning nedsätter såväl vakenheten som den mentala prestationsförmågan (Wyon et al, 1979).



Figur 4. Rumstemperaturen i fyra klassrum mitt på dagen vid fyra tillfällen under skolarbetet. (A = ordinära fönster, varmvita lysrör; B = lanterninfönster, dagsljusrör; C = fönster saknas, varmvita lysrör; D = fönster saknas, dagsljusrör.)

BARNEN, LÄRARNÄ OCH OBSERVATÖREN

I undersökningen deltog totalt 88 barn i åldern åtta till nio år. Bortfallet var c:a fem procent, främst beroende på frånvaro och flyttning till annan ort, utom vad gäller tillväxten i kroppslängd där bortfallet var femton procent. Som underlag för flertalet slutbearbetningar återstod därför minst 83 elever fördelade på de olika klassrummen enligt vad som framgår av tabell 3.

Tabell 3. Fördelningen av skolbarn i respektive klassrum som deltog i hela undersökningen.

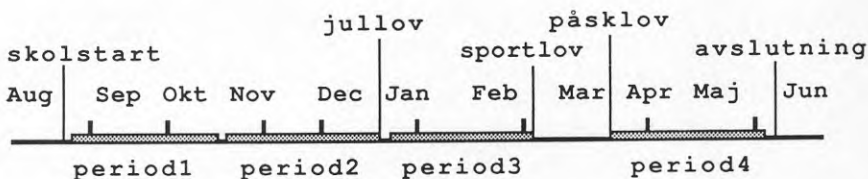
Klassrum	A	B	C	D	Totalt
Flickor	9	12	10	9	40
Pojkar	7	11	12	13	43
Summa	16	23	22	22	83

Barnens skoldag började i regel kl. 8 på morgonen och pågick till mellan kl. 13 och 14 om eftermiddagen med en timmes uppehåll för lunch, i regel kl. 11 - 12. En rast om tjugo minuter var inlagd på såväl för- som eftermiddagen. Om det var uppehållsväder vistades barnen på skolgården, annars i korridorer eller uppehållsrum inomhus.

Föreståndarna för respektive klass medverkade direkt i undersökningen dels genom att leda lektionerna då barnens beteende observerades dels genom att utföra lärarskattningarna. Alla fyra var yngre kvinnor. Som observatör tjänstgjorde en av författarna (CL), utbildad pedagog med tolv års erfarenhet som lärare för lågstadiet. Barnens föräldrar informerades skriftligen i förväg om studiens syfte och uppläggning.

GENOMFÖRANDE OCH BEARBETNING

Som tidigare nämnts önskade vi belysa skeendet under ett helt skolår. Höstterminen började den 20 augusti och pågick utan längre avbrott till jullovetets början den 22 december. Vårterminen började den 7 januari och pågick t.o.m. 7 juni med två längre avbrott, sport-, och påskloven. Som framgår av figur 5 lades mättillfällena så att barnen hunnit vistas några veckor i skolan då mätningarna genomfördes. Dessa utfördes också alltid under senare hälften av skolveckan, i regel onsdagar och torsdagar. Härigenom försökte vi i görligaste mån eliminera inverkan av skollov och veckoslut.



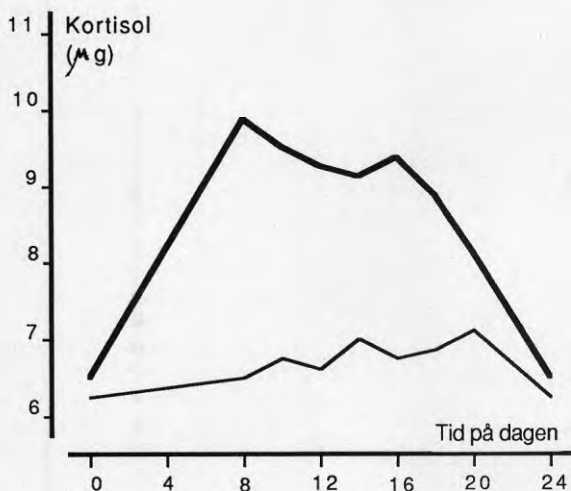
Figur 5. Försöksperiodernas fördelning över skolåret med mättillfällena markerade.

Vid bearbetningen var det vanligt att några barn varit frånvarande under något enstaka mättillfälle. I stället för att helt utesluta barnet ifråga från bearbetningen valde vi då att använda de mätvärden som fanns. Saknades värden ersattes de av medelvärden beräknade över övriga mätvärden för barnet ifråga. Detta förfarande verkar statistiskt i konservativ riktning, d.v.s. mot våra hypoteser. Närmare uppgifter beträffande metodik och genomförande ges i samband med att resultaten redovisas.

LJUSETS INVERKAN PÅ STRESSHORMONET KORTISOL

Hormonet kortisol produceras i binjurebarken och produktionen regleras bl.a. av neurosekret från hypotalamus via hypofysen. Kortisol verkar mobiliserande på organismens motståndskraft, och kortisolkoncentrationen i blodet varierar därför med skiftande behov. Insöndringen av kortisol uppvisar en markant dygnsrytm.

Det insöndras framför allt under dagen med toppvärden tidigt om morgonen samt på eftermiddagen (figur 6). Via hypothalamus kommer också varje form av stress som belastar organismen (feber, smärtor, skador och psykisk påfrestning) att leda till ökad insöndring av kortisol, vilket stärker organismens förmåga att neutralisera de skadliga påverkningarna och återställa normala förhållanden. (Bra Böckers Läklexikon, 1981)



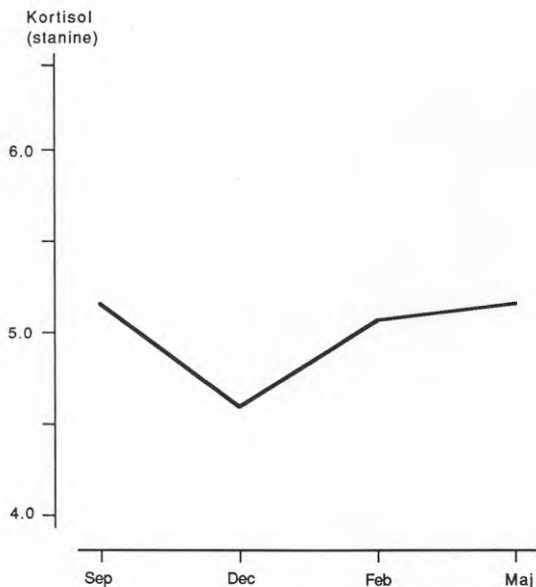
Figur 6. Koncentrationen av kortisol i plasma vid olika tider på dygnet hos tio patienter med grå starr före operation (tunn linje) och efter (tjock linje). (Efter Hollwich & Dieckhues, 1971.)

Kortisolanalyser på elevernas morgonurin företogs två gånger under hösten och två gånger under våren. Eleverna hade dagen innan erhållit provrör med hem och medförde proverna till skolan, där de lämnades till skolsköterskan. Vi utnyttjade således morgonurin som underlag för hormonanalysen. Om proverna tas omkring kl 07 innebär detta att analysvärdena kommer att spegla stigningsfasen under de tidiga morgontimmarna fram till provtagningsstillfället. Detta torde ge en god uppfattning om den mer långsiktiga variationen i utsöndringen, medan däremot arbetssituationen under dagen inte kommer att inverka särskilt mycket. (För att undersöka det senare bör man istället insamla proverna om eftermiddagen.)

Proverna frystes ned för senare analys, som utfördes vid Kliniskt Kemiska Centrallaboratoriet* vid Lunds Lasarett med RIA-teknik (Radio Immuno Assay enligt Farmos. Felmarginalen för denna teknik är relativt liten med en variationskoefficient bättre än 7.2%.)

* Docent Nils E. Nordén ansvarade för analysernas genomförande och författarna vill uttrycka sitt varma tack för hans medverkan.

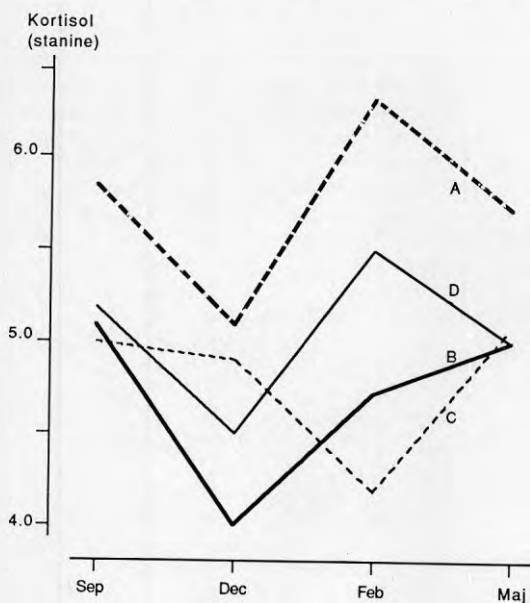
Koncentrationen av kortisol i morgonurinen kunde variera kraftigt mellan de enskilda mätningarna från en individ till en annan (max = 1200; min = 10 nmol/liter), men även samma individ kunde variera avsevärt från gång till annan (t ex sept = 60; dec = 65; febr= 1000; maj= 60). Förutom en betydande naturlig variation spelar här mer tillfälliga faktorer in, t ex kost, sömn, stress, infektioner, och medicinering. Insamlingsförfarandet medgav inte någon ordentlig kontroll av sådana faktorer. I stället infördes en statistisk kontroll i samband med databearbetningen i syfte att nedtona betydelsen av enstaka mycket höga värden. För hela gruppen av 84 barn var då den genomsnittliga koncentrationen av kortisol i morgonurinen 132 nmol/liter (s=98). Detta värde baseras på fyra mätningar under året (september, december, februari och maj). Motsvarande värde var för pojkarna 145 nmol/liter (s=99) och för flickorna 118 nmol/liter (s=98). Någon signifikant skillnad mellan könen förelåg inte. Före slutbearbetning transformerades råvärdena till en niogradig normalfördelad skala, s.k. stanine (Ferguson, 1959, sid 223).



Figur 7. Den genomsnittliga kortisolnivån hos samtliga barn vid fyra olika tider på året (Staninepoäng, N=84).

Det genomsnittliga resultatet för samtliga barn återfinns i figur 7. Som framgår av figuren sjönk koncentrationen av kortisol från september till december, då den började öka igen. I maj hade värdena stigit till den nivå de hade i september. (ANOVA BMDP 2V, för period 1 till 4, $F=3.16$, $df=3$, $p=.025$). Kurvans utseende ger starkt stöd åt hypotesen att det föreligger en systematisk årsvariation och att personer som lever på den norra hemisfären har mer stresshormon om sommaren än om vintern. Notera att skillnaden i dagens längd mellan sommar och vinter i det aktuella fallet uppgår till mer än tio timmar.

Årstidsvariationen återfinns också i kurvorna för de enskilda klassrummen (figur 8). Från ett högt septembervärde sjönk utsöndringen av stresshormon och nådde ett minimum i december (med undantag för klassrum (C), vilket diskuteras senare). Därefter började utsöndringen öka igen och hade redan i februari nått en hög nivå. I två fall (klassrum A och D) var februarinivån till och med högre än i maj. Resultatet pekar således på att kortisolproduktionen efter december ökar ganska drastiskt och under vissa betingelser når en topp redan i februari.



Figur 8. Kortisolnivån hos barn i fyra olika klassrum (A = ordinarie fönster, varmvita lysrör; B = lanterninfönster, dagsljusrör; C = fönster saknas, varmvita lysrör; D = fönster saknas, dagsljusrör.)

Vi ska nu återkomma till klassrum (C). Av figur 8 framgår att eleverna i detta klassrum uppvisade en påtaglig avvikelse i sin årsrytm. (Interaktion, $F=2.93$, $df=3$, $p=.035$). Hos dessa barn fortsatte kortisolnivån att sjunka även efter december och nådde inte sitt minimum förrän i februari. Därefter följde en stark uppgång till det höga värdet i maj. Skillnaderna i februari mellan de olika klassrummen når en mycket hög signifikansnivå ($F=13.62$, $df=1$, $p=.0004$). Eftersom klassrum (C) saknade fönster och inte heller var försett med dagsljusrör, så var det barnen i just detta klassrum som erhöll den minsta mängden dagsljus totalt sett. Detta resultat tyder därför på att frånvaro av dagsljus kan förorsaka en försening på ett par månader i den uppgång av kortisolproduktionen som normalt inträffar tidigt på våren.

Slutligen kan det konstateras att barnen i klassrum (A), det med normala fönster, genomgående uppvisade de högsta kortisolvärdena (ANOVA för råvärden, $F=5.52$, $df=1$, $p=.02$). Det bör emellertid i detta sammanhang framhållas att barnen i denna klass verkade

vara något mer rastlösa än de andra barnen, vilket skulle kunna bero på de höga kortisolvärdena men också kan tänkas sammanhånga med bakomliggande, t.ex. sociala orsaker. I stället för att jämföra den absoluta kortisolnivån mellan de olika klassrummen är det därför säkrare att studera förloppet för respektive klassrum.

ÅRSTIDSRELATERADE VARIATIONER I SKOLBARNENS BETEENDE

Observationstekniken

Vid fyra tillfällen under såväl höst- som vårterminen observerades elevernas beteende i samband med intellektuellt i huvudsak självständigt arbete. Systematisk observation är en teknik som används då man vill studera mänskliga aktiviteter utan att alltför mycket ingripa i dem. Människor i arbete respektive människor som förflyttar sig, är två exempel då denna teknik är lämplig att använda. Tekniken används med fördel för att studera barn, som ju inte själva kan ge uttömmande svar eller fylla i ett frågeformulär (t.ex. Ahlfors et al, 1979; Lindholm & Lundquist, 1973). För att tekniken skall kunna användas fordras att beteendet kan indelas i ett antal delbeteenden som går att iaktta och känna igen. Barn är på grund av sin spontanitet relativt lätta att observera för en tränad person.

Forskargruppen hade erfarenhet av observationsteknik bl.a. från studier av patienter med senil demens, där miljöförändringar visat sig kunna avläsas i förändrat beteende (Küller, 1988; Küller & Mattsson, 1986). Utifrån dessa resultat samt flerårig erfarenhet av klassrumsarbete utarbetades ett schema som i största möjliga utsträckning skulle täcka de olika beteenden som kunde förekomma i samband med självständigt skolarbete i klassrummet. Efter praktisk utprovning av beteendeschemat fastställdes den definitiva utformningen vilken omfattade aderton olika beteendekategorier (tabell 4). Utprovningen, vilken skedde i andra klassrum än de i studien aktuella, tjänade också som träning för observatören.

Observationerna utfördes onsdagar eller torsdagar mitt på dagen efter lunchrasten. Varje undersökningstillfälle omfattade en fyrtyominuters lektion. Observatören började tio minuter in på lektionen. Då hade läraren hunnit instruera eleverna, och dessa hade hunnit få fram sitt arbetsmaterial och börjat arbeta. Under de resterande trettio minuterna observerades varje elev tjugo gånger, varav tio gånger under periodens första hälft och tio gånger under dess senare hälft. Observationerna utfördes av en av författarna, CL, som stod vid svarta tavlan längst fram i klassrummet, d.v.s. en position där lärare ofta uppehåller sig. Skolbarn är vana vid detta och de föreföll inte störda i sitt arbete. Själva observationen tillgick så, att varje elev i tur och ordning fixerades och beteendet markerades i ett protokoll. (Endast ett beteende skulle registreras för varje elev under samma tillfälle även om flera kunde iakttagas. Observatören markerade då det beteende som först iakttogs.) Då samtliga elever observerats gjordes en kort paus varefter förfarandet upprepades tills totalt tjugo observationsrundor genomförts.

Tabell 4. De observationskategorier som användes i undersökningen.

- 1 Arbetar självständigt
- 2 Frågar, får/ger hjälp
- 3 Ler, skrattar, gnolar, skojar
- 4 Gäspar, suger på tummen, ligger på bänken
- 5 Gnuggar ögonen, sträcker på sig, sitter slappt i bänken
- 6 Bladdrar förstrött i bok el. dyl.
- 7 Motorisk oro, skrapar med fötterna, gnider på stolen, skjuter stol/bord fram och tillbaka, plockar/petar på kroppsdel, penna o. dyl.
- 8 Ledsen, gråter
- 9 Visar ängslan, t ex tar sig för bröstet/magen
- 10 Spelar pajas, grimaserar, räcker tungan, o.s.v.
- 11 Retas/irriterar kamrater/lärare, t ex kastar saker/petar på kamrat, drar i håret, nyps
- 12 Protesterar, tjuvar, trotsar
- 13 Sitter ordinärt i bänken men utan att arbeta
- 14 Pratar med kamrat
- 15 Tittar ut genom fönster
- 16 Uppe och går utan anknytning till arbetet
- 17 Annan relevant aktivitet
- 18 Annan irrelevant aktivitet

Faktoranalys av observationsdata

I tidigare studier har observationstekniker av detta slag visat sig ha god reliabilitet. I en av våra tidigare undersökningar utförde tre observatörer oberoende av varandra samtliga skattningar av aderton observationskategorier. I 83 procent av skattningarna uppnåddes total enighet mellan observatörerna (Ahlman m.fl., 1986). Validiteten i observationerna kan vara svårare att fastställa. Även om ett beteende är lätt att iakttaga, uppstår svårigheter i samband med tolkningen. Vad innebär det t.ex. att en elev tittar ut genom fönstret? För att öka validiteten hos observationsdata har forskargruppen utarbetat en statistisk teknik som innebär, att rådata sammanförs i en matris vilken läggs

till grund för en faktoranalys (Küller et al, forthcoming). Med faktoranalysens hjälp kan data från ett stort antal observationskategorier reduceras till ett fåtal beteendefaktorer vilka kan ges en mer allmängiltig tolkning än de enskilda kategorierna. Man kan därefter utnyttja faktorerna i den fortsatta bearbetningen.

För att erhålla ett stabilt underlag för faktoranalysen är det viktigt att ha ett tillräckligt antal markeringar i så många av observationskategorierna som möjligt. Därför baserades korrelationsmatrisen på barnens beteenden beräknade som medelvärden för hela året. Av de totalt aderton kategorierna var det endast åtta som förekommit tillräckligt ofta för att kunna ingå i faktoranalysen. Användbara värden erhöles för åttioåtta barn, varför faktoranalysen baseras på en korrelationsmatris med åtta variabler och åttioåtta individer (Tabell 5).

Tabell 5. Faktoranalys av skolbarnens beteende i samband med självständigt, intellektuellt arbete, (BMDP 4M Ortogonal rotoring. Laddningar mindre än .30 har ej skrivits ut. N = 88)

Nr	Beteende	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
13	Sitter ordinärt i bänken men utan att arbeta	.80		
7	Motorisk oro (kroppsdel, stol/bord)	.67		
6	Bladdrar förstrött	.55		
1	Arbetar självständigt	-.63	-.77	
14	Pratar med kamrat		.71	
2	Frågar, får/ger hjälp		.70	
17	Annan relevant aktivitet			.84
4	Gäspar, suger tummen, ligger på bänken	.36		.56
Andel av total varians (%)		33	15	14

Den bästa faktorlösningen gav tre ortogonala (okorrelerade) faktorer varav två kunde ges meningsfulla tolkningar. Den första faktorn (tabell 6) kan förefalla motsägelsefull, eftersom beteenden som 'Sitter ordentligt i bänken' och 'Motorisk oro' båda erhåller höga positiva laddningar och således är korrelerade. Men om dessa båda beteenden ses i motsats till 'Arbetar självständigt', som är det enda beteendet med negativ laddning i denna faktor, blir innebörden klar. Faktorn innebär att vi å ena sidan har tillfällena då barnet är koncentrerat och målinriktat, dvs arbetar självständigt. Som motsats härtill har vi tillfällena då barnet är motoriskt oroligt, bladdrar förstrött, gäspar eller sitter ordentligt i bänken men utan att arbeta. I den fortsatta

bearbetningen har vi valt att invertera skaleringen för de enskilda beteendena, varigenom det blir möjligt att tolka denna faktor som barnets förmåga till koncentration.

Tabell 6. Faktor I: Barnets förmåga till koncentration. (Observera att skalorna måste inverteras för att kunna tolkas på detta sätt. Faktorn svarar för 33% av den totala variansen barnens i beteende.)

Beteende	Laddning
Sitter ordentligt i bänken men utan att arbeta	.80
Motorisk oro (kroppsdela, stol/bord)	.67
Blåddrar förstrött	.55
Gäspar, suger tummen, ligger på bänken	.36
Arbetar självständigt	-.63

Den andra faktorn (tabell 7) är enklare att tolka. Här beskrivs beteendet i termer av samarbete eller självständigt arbete och faktorn utgör således ett slags social dimension. Vi kommer i den fortsatta bearbetningen att betrakta denna faktor som barnets benägenhet till samarbete.

Tabell 7. Faktor II: Barnets benägenhet till samarbete. (Faktorn svarar för 15% av den totala variansen i barnens beteende).

Beteende	Laddning
Pratar med kamrat	.71
Frågar, får/ger hjälp	.70
Arbetar självständigt	-.77

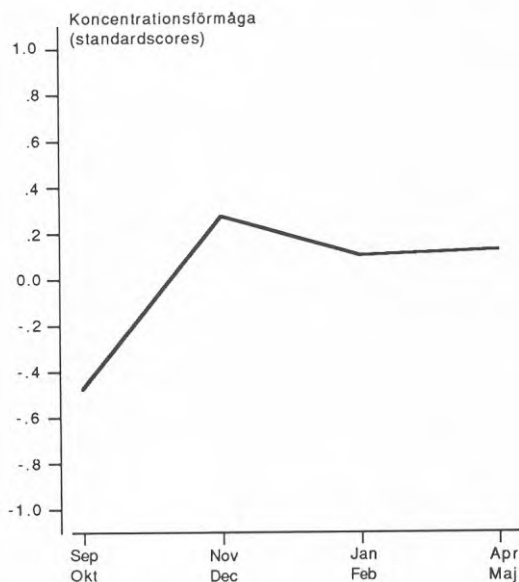
Den tredje faktorn i analysen innefattar endast två beteenden, och kan sannolikt anses som en restfaktor utan egentlig innebörd. Vi avstår därför ifrån att vidare bearbeta den.

Utifrån aderton observationskategorier har vi således filtrerat fram två övergripande mått på beteendet, förmåga till koncentration och benägenhet till samarbete. Detta kan synas vara en alltför långtgående reduktion, men vi måste hålla i minnet att av de ursprungliga kategorierna, tio var så sällsynta att flertalet elever inte uppvisade dem under något observationstillfälle under hela året. Utifrån de åtta kategorier som återstod har vi etablerat två meningsfulla beteendefaktorer, vardera baserad på flera kategorier. Genom att beräkna faktorvärden, d.v.s.

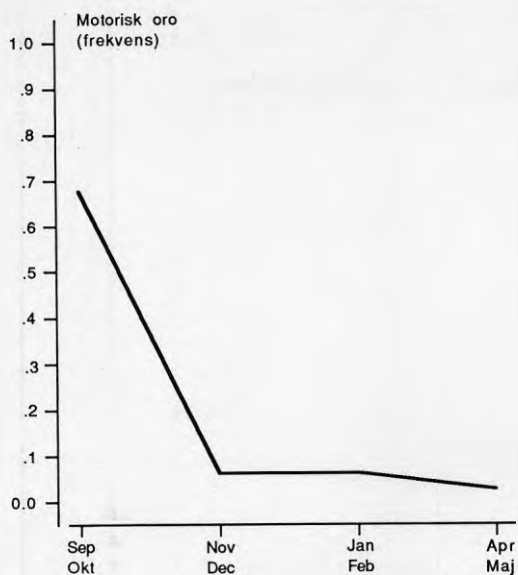
standardiserade medelvärden baserade på de i faktorn ingående kategorierna, för varje barn under läsårets olika perioder, blir det nu möjligt att undersöka om det finns några systematisk samband mellan årstid, ljusförhållnaden och kortisolproduktion å ena sidan, samt koncentrationsförmåga och benägenhet till samarbete å den andra. Som komplettering har vi naturligtvis fortfarande möjlighet att studera de enskilda observationskategorierna.

Barnens koncentrationsförmåga och benägenhet till samarbete vid olika årstider

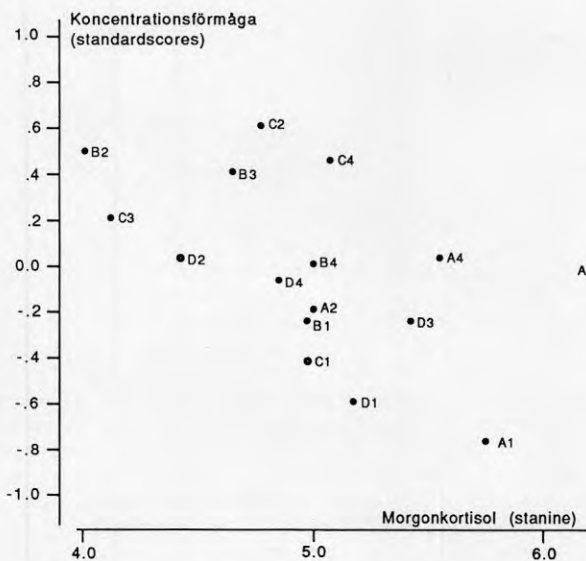
Av figur 9 framgår att barnens koncentrationsförmåga varierade under skolåret. Under de första en å två månaderna efter sommarlovet var koncentrationsförmågan låg med påtagliga inslag av motorisk oro (figur 10). Därefter ökade förmågan till koncentration avsevärt och nådde under perioden november/december sitt högsta värde. Efter jullovet har värdet sjunkit något men ligger ändå kvar på en ganska hög nivå under hela vårterminen. (Förändringen i koncentration är statistiskt säkerställd, $F=42.94$, $df=3$, $p=.0000$). Koncentrationskurvans utveckling tyder på att det under höstterminen förekommer en tillvänjning till skolarbetet, så att man arbetar allra mest koncentrerat mot höstterminens slut. Den mindre sänkning i koncentrationsförmåga som sker under vårterminen skulle kunna bero på vårtrötthet eller skolläda. Det finns dessutom ett inverterat förhållande mellan koncentrationsförmågan och årsvariationen i kortisolproduktion. Om man jämför figur 9 med figur 7 så framgår det tydligt att koncentrationsförmågan är högst då kortisolproduktionen är som lägst.



Figur 9. Hur barnens förmåga till koncentration förändrades under skolåret ($N=84$, skalan baseras på standard scores för beteendevariabler, $(V1-V6-V7-V13)/4$).

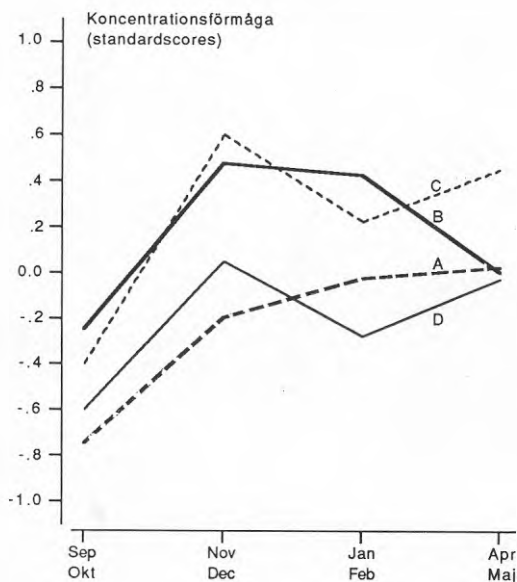


Figur 10. Förekomst av motorisk oro under skolåret ($N=84$, skalan är baserad på beteendevariabel 7 och avser genomsnittlig förekomst per 20 observationstillfällen).



Figur 11. Sambandet mellan morgonkortisol och koncentrationsförmåga i fyra klassrum (A-D) vid fyra tider på året (1-4). Produktmomentkorrelation, $r = -.50$, $p = .05$.

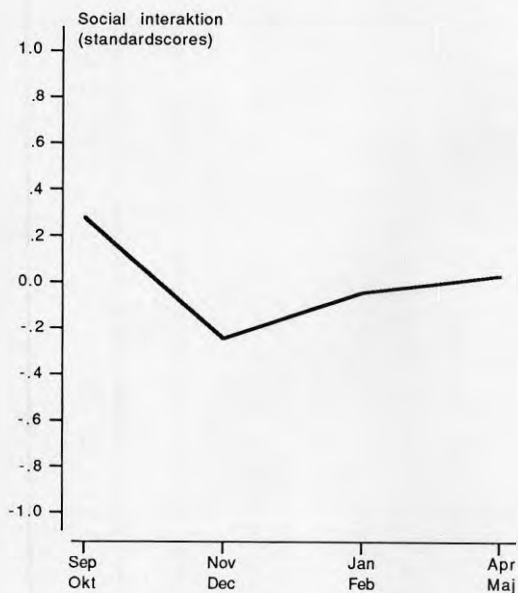
I figur 11 har kortisolproduktionen plottats mot koncentrationsförmågan. Ett måttligt negativt samband mellan kortisol och koncentrationsförmåga föreligger (produktmomentkorrelation, $r = -.50$, $p = .05$). Lägga märke till att korrelationen inte grundar sig på den individuella variansen utan på variansen mellan de fyra klassrummen och de fyra tidsperioderna. Man skall därför vara ytterst försiktig med att dra generella slutsatser beträffande sambandet mellan kortisol och koncentrationsförmåga. Vi får en klarare bild av sambandets innebörd om vi studerar koncentrationsförmågans utveckling i de fyra olika klassrummen.



Figur 12. Koncentrationsförmågan under skolåret hos barnen i fyra olika klassrum (A = ordinära fönster, varmvita lysrör; B = lanterninfönster, dagsljusrör; C = fönster saknas, varmvita lysrör; D = fönster saknas, dagsljusrör).

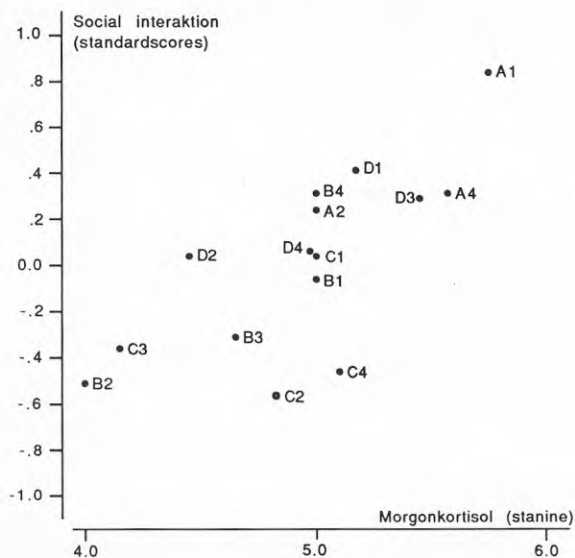
Som framgår av figur 12 finns det såväl likheter som olikheter mellan de olika klassrummen vad avser koncentrationsförloppet. I genomsnitt var koncentrationen högre i klassrum B och C än i de två andra klassrummen ($F=18.85$, $df=1$, $p=.0000$), men det fanns också en betydande årsvariation. Mest slående var den kraftiga uppgången från september till december i samtliga fyra klassrum. I de två klassrum som har fönster (A & B) bibehölls sedan denna koncentrationsnivå från december till februari, medan koncentrationen i de fönsterlösa klassrummen (C & D) sjönk kraftigt. Från februari till maj inträffade en återhämtning i de fönsterlösa klassrummen, medan koncentrationsförmågan sjönk avsevärt i det lanterninförsedda klassrummet (B). Det senare är sannolikt en effekt av den stora ökningen i rumstemperatur som skedde i detta klassrum under denna tidsperiod (jmf figur 4). Totalt sett kan man säga att koncentrationsförloppet utvecklas på ett jämnare och lugnare sätt i det klassrum som har ordinära fönster (A), medan förloppet i övriga klassrum var betydligt mer ojämnt ($F=2.90$, $df=3$, $p=.035$). Resultatet skulle kunna tolkas som att

koncentrationsförmågan är känslig för störningar av olika slag såväl vad gäller ljussituation som rumstemperatur. En viss fysiologisk årsvariation kan inte heller uteslutas. Det finns anledning följa upp detta resultat i fler studier av longitudinellt slag.

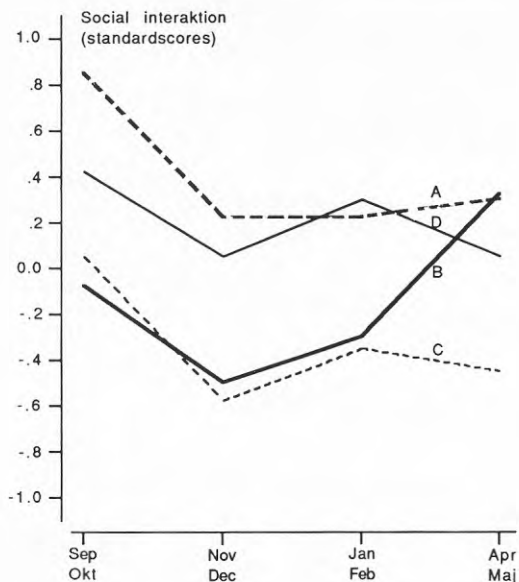


Figur 13. Hur barnens benägenhet till samarbete förändrades under skolåret. ($N=84$, skalan baseras på standardscores för beteendevariabler, $(V2+V14-V1)/3$).

Den andra beteendefaktorn avsåg skolbarnens benägenhet till samarbete. Som framgår av figur 13 varierade också detta beteende under skolåret. Från ett relativt högt värde i början av höstterminen minskade samarbetet under november och december för att åter öka under vårterminen ($F=14.44$, $df=3$, $p=.0000$). Förloppet påminner om kortisolkurvan (figur 7) och som figur 14 visar är korrelationen mellan samarbete och kortisol starkt positiv ($r = .66$, $p = .01$). Utvecklingskurvan för samarbete är delvis inverterad i förhållande till utvecklingskurvan för koncentrationsförmåga. I genomsnitt var benägenheten till samarbete högre i klassrum A och D än i de båda andra klassrummen ($F=30.24$, $df=1$, $p=.0000$). I samtliga klassrum var benägenheten till samarbete störst i början av höstterminen (figur 15). Under resten av skolåret arbetade man sedan betydligt mer självständigt. Ett undantag härifrån utgör det lanterninförsedda klassrummet (B), där samarbetet ökade drastiskt under perioden april-maj ($F=3.37$, $df=3$, $p=.02$). Detta kan återigen sättas i samband med rumstemperaturen som då var extremt hög (jämför figur 4).



Figur 14. Sambandet mellan morgonkortisol och benägenhet till samarbete i fyra klassrum (A-D) vid fyra tider på året (1-4). Produktmomentkorrelationen $r = .66$, $p = .01$.



Figur 15. Benägenheten till samarbete under skollåret hos barnen i fyra olika klassrum (A = ordinära fönster, varmvita lysrör; B = lanterninfönster, dagsljusrör; C = fönster saknas, varmvita lysrör; D = fönster saknas, dagsljusrör).

Barnens klassrumsbeteende i samband med intellektuellt arbete har således kunnat delas upp i två komponenter, koncentrationsförmåga respektive benägenhet till samarbete. Tyvärr är de båda komponenterna inte helt oberoende, bl a därför att ett delbeteende ingår i båda. Trots detta är det utomordentligt intressant att koncentrationen av morgonkortisol uppvisar starka samband med barnens beteende och åtminstone delvis kan förklara beteendeförändringarna under skolarbetet. Tre sannolika orsaker till variationen i beteende under skolarbetet har kunnat urskiljas, dels en tillvänjning till skolarbetet i början av höstterminen, (eventuellt också men i mindre omfattning i början av vårterminen), dels en samverkan med årstidsvariationen i morgonkortisol och eventuellt även med belysningsförhållanden i klassrummet, samt slutligen rumstemperaturen i klassrummet.

Bakom detta mönster kan emellertid också finnas individuella och sociala komponenter som inte framkommit i studien. Resultaten måste därför följas upp i större skala innan det blir möjligt att dra några helt säkra slutsatser om sambandet mellan ljus och skolbeteende.

LÄRARNAS BEDÖMNINGAR

De lektionstimmar, då eleverna observerades, bedömdes också i efterhand av respektive klasslärare. Bedömningen, som avsåg klassen i sin helhet, skedde med hjälp av femgradiga skalor och omfattade tre delområden, hur arbetet förflutit, hur stämningen varit, samt hur klassen uppträtt (Tabell 8). Skalorna har i huvudsak hämtats från en modell för emotionell analys som utvecklats av Küller (1980, in press), där individernas känslor beskrivs i fyra dimensioner, aktivering, orientering, värdering och kontroll.

Tabell 8. De skalor som användes vid lärarnas bedömning av klassens beteende. Varje skala omfattade fem steg. Lärarnas uppgift var att ringa in de alternativ de ansåg bäst stämma med klassens beteende.

Arbetet i klassen flöt

Lätt och smidigt/Långsamt och trögt

Stämningen i klassen var

Lugn och trygg/Rastlös och ängslig

Pigg och vaken/Trött och dåsig

Arg och ledsen/Glad och vänlig

Klassen uppträdde

Tystlåtet och reserverat/Pratsamt och sällskapligt

Ivrigt och engagerat/Avvaktande och oföretagsamt

Undergivet och obeslutsamt/Starkt och självsäkert

Systematiska observationer, som genomförs av en utomstående observatör, blir naturligtvis mer objektiva än lärarnas egna bedömningar. En orsak härtill är att observatören bedömer samtliga klasser enligt samma normer, medan varje lärare har sina egna normer, delvis baserade på erfarenheterna av klassen ifråga. Att lärarskattningar ändå kan vara av värde sammanhänger med att läraren väl känner sin klass och därför kan urskilja stämningar som förbises av en utomstående.

För att få en uppfattning om hur väl lärarskattningarna fungerat genomfördes en faktoranalys på korrelationsmatriser för de sju skattningsskalorna. Korrelationerna hade baserats på trettiosex fall, dvs fyra klasser vardera bedömda vid nio tillfällen. Efter oblik rotering erhöles en med tanke på underlaget förvånansvärt väl avstämd lösning med två faktorer (tabell 9).

Tabell 9. Faktoranalys av lärarnas skattningar av sina respektive klasser. (BMPD 4M Oblik rotering. Laddningar mindre än .30 har ej skrivits ut. $N = 36$).

Skattningsskala	Faktor 1	Faktor 2
Avvaktande och oföretagsamt (Ivrigt och engagerat)	.82	
Glad och vänlig (Arg och ledsen)	-.81	
Långsamt och trögt (Lätt och smidigt)	.79	.31
Trött och dåsig (Pigg och vaken)	.71	
Rastlös och ängslig (Lugn och trygg)	.63	.59
Pratsamt och sällskapligt (Tystlåtet och reserverat)		.82
Starkt och självsäkert (Undergivet och obeslutsamt)	-.51	.70
Andel av total varians (%)	45	23

Den första faktorn svarar för nästan hälften av den totala variansen i lärarnas skattningar (tabell 10). Det rör sig uppenbarligen om en allmän värdering åt det positiva eller negativa hållet. Denna typ av allmän värdering faller ofta ut som första faktor i skattningar med semantiska ordskalor (Jmf Osgood et al, 1957; Küller, 1972; Sorte, 1982).

Tabell 10. Faktor I: Lärarnas värdering av klassens arbetsförmåga, stämningläge och uppträdande. (Faktorn svarar för 45% av den totala variansen i lärarnas skattningar. Skattningsskalor som innebär negativ värdering har inverterats.)

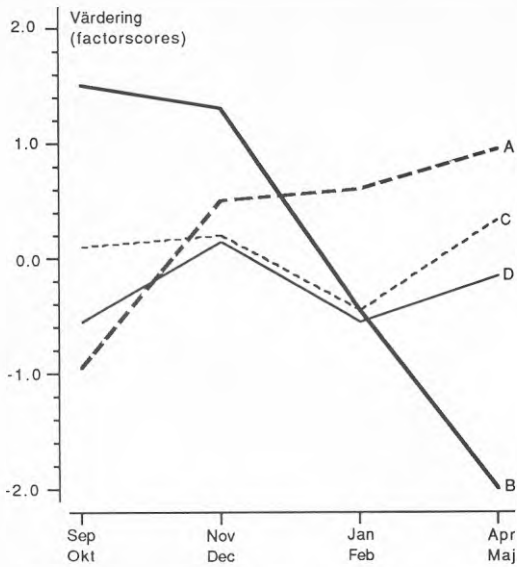
Skattningsskala	Laddning
Ivrigt och engagerat (Avvaktande och oföretagsamt)	.82
Glad och vänlig (Arg och ledsen)	.81
Lätt och smidigt (Långsamt och trögt)	.79
Pigg och vaken (Trött och dåsig)	.71
Lugn och trygg (Rastlös och ängslig)	.63
Starkt och självsäkert (Undergivet och obeslutsamt)	.51

Den andra faktorn tycks avspegla klassens förmåga att dominera situationen (Tabell 11). Skalor som pratsam, stark och rastlös står här i motsats till tystlåtet, undergivet, lugn, lätt och smidigt. Det finns här inslag av de faktorer som Osgood (1957) kallade Activity respektive Potency, men även av begreppet Control enligt Küller (1980; in press).

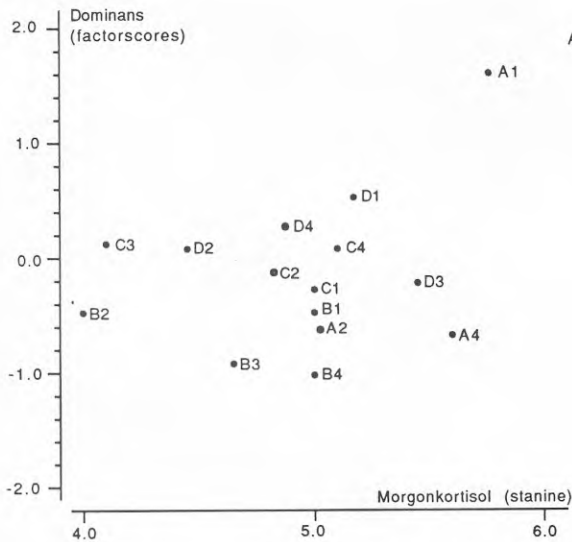
Tabell 11. Faktor II: Lärarnas bedömning av klassens dominans. (Faktorn svarar för 23% av den totala variansen).

Skattningsskala	Laddning
Pratsamt och sällskapligt (Tystlåtet och reserverat)	.82
Starkt och självsäkert (Undergivet och obeslutsamt)	.70
Rastlös och ängslig (Lugn och trygg)	.59
Långsamt och trögt (Lätt och smidigt)	.31

Vi skall nu på liknande sätt som tidigare undersöka om det finns några systematiska variationer över skolåret för dessa båda lärarskattade faktorer. Vad gäller lärarnas allmänna värdering av sina respektive klasser förändras denna under året, men på olika sätt för de olika klasserna (Figur 16. ANNOVA. Interaktion: $F=4.71$, $df=3$, $p=.02$). Vad gäller det klassrum (A), som hade vanliga fönster, så blev värderingen allt mer positiv under hela skolåret. Det lanterninförsedda klassrummet (B), uppvisar en helt annan bild. Här var värderingen under höstterminen mycket positiv men sjönk kraftigt under våren. Den mycket negativa värderingen i slutet av vårterminen kan sannolikt sättas i samband med den temperaturstegring som då inträffade. För de båda fönsterlösa klassrummen (C & D), var värderingen mer jämn under året, dock med en negativ fas i början av vårterminen. Bilden i sin helhet överensstämmer ganska väl med förloppet var gällde den beteendefaktor som avsåg barnens förmåga till koncentration (jmf figur 9). Någon korrelation mellan lärarnas värdering och kortisolkoncentrationen förelåg inte.



Figur 16. Lärarnas värdering av sina respektive klasser vid fyra tillfällen under skolåret i fyra olika klassrum. (A = ordinära fönster, varmvita lysrör; B = lanterninfönster, dagsljusrör; C = fönster saknas, varmvita lysrör; D = fönster saknas, dagsljusrör.)



Figur 17. Sambandet mellan morgonkortisol och klassens dominans i fyra klassrum (A-D) vid fyra tider på året (1-4). Produktmomentkorrelation, $r = .56$, $p = .025$.

Den andra komponenten i lärarskattningarna, dvs barnens dominans, uppvisade inte något signifikant årsförlopp vare sig totalt eller för de enskilda klassrummen. För tre av dessa var årstidsvariationen helt obetydlig, medan klassrummet (A) med vanliga fönster företedde drastiska svängningar med höga värden i början och låga i slutet av varje termin. I variansanalysen yttrar sig detta som en signifikant interaktion mellan klassrummen totalt sett ($F=17.98$, $df=1$, $p=.01$). Dessutom finns det en positiv korrelation mellan barnens dominans och morgonkortisol (figur 17) vilken i huvudsak beror på de höga värdena för klassrum (A) under period 1 och 3 men även på olikheter mellan klassrummen totalt sett ($r=.56$, $p=.025$).

Sammanfattningsvis kan det konstateras att lärarskattningarna, även om de grundades på ett relativt litet underlag, ändå ger visst stöd åt de mer precisa samband som beteendeobservationerna gav insikt i.

TILLVÄXT I KROPPSLÄNGD HOS BARNEN

Det finns vissa indikationer på att tillväxten hos barn påverkas av tillgången till dagsljus. I en studie på blinda barn påvisade Kaloud (1970) en viss underutveckling av tillväxten. De barn som efter operation återfick synen fick en snabbare tillväxt, medan barn som blev blinda efter puberteten inte skilde sig från barn med normal syn. Hollwich (1973) och Dieckhues (1974) har också visat att ljusperceptionen inverkar på omsättningen av tillväxthormon.

Genom skolsjukvårdens försorg erhöles uppgifter om barnens tillväxt i kroppslängd under skolåret jämfört med kroppslängden efterföljande skolår. Mätningarna skedde i regel under förra hälften av höstterminen och omfattade inklusive sommarlovet en period av ca 400 dagar. Uppgifter erhöles för 75 barn och tillväxten för dessa var i genomsnitt sex centimeter ($M = 6.2$, $s = 1.3$. Årstillsväxt 5.7 cm). Tillväxten var i genomsnitt en halv centimeter större hos flickorna än hos pojkarna. (Chi-square-analys baserad på genomsnittlig tillväxt, samt tillväxt över respektive under genomsnittet, ger Chi-square = 7.68, $df=2$, $p=.025$).

Det hade varit önskvärt att man kunnat mäta kroppslängden vid flera tillfällen eller åtminstone vid skolårets början och slut. Som det nu är har vi endast ett mycket grovt mått som innefattar såväl den mörka som ljusa perioden under ett helt år. Vi får därför nöja oss med att jämföra tillväxten i de olika klassrummen, totalt sett. Medeltillväxten för de olika klassrummen varierar mellan 5.7 och 6.7 cm. Skillnaden mellan klassrummen var inte signifikant

Även om vi således, eventuellt på grund av brister i mätförfarande, inte kunnat finna något samband mellan belysningssituation och tillväxt, kan det finnas anledning relatera tillväxten och kortisoldata. Vi har gjort detta genom att korrelera tillväxten med den genomsnittliga produktionen av morgonkortisol under hela året. Som framgår av tabell 12 (överst) föreligger ett inte obetydligt samband vilket innebär, att de barn som har hög morgonkortisol också har något mindre tillväxt under året.

Av tabell 12 framgår också att sambandet är lika stort mellan årstillväxten å ena sidan och höst- respektive vårkortisol å den andra. Analysen kan emellertid föras ett steg vidare genom att tillväxten korreleras med kortisolvärden för var och en av de fyra mätperioderna. Det framgår då av tabellen att korrelationen är högst under vinterperioderna. Det kan vara värt att erinra om att det i regel var i dessa perioder, som kortisolproduktionen först sjönk och därefter sköt i höjden (jmf figur 7 & 8).

Tabell 12. Sambandet mellan morgonkortisol vid olika tider på året och årstillväxten hos skolbarn (N=74).

Årstid	Korrelation	Signifikansnivå
Hela skolåret	r = -.30	p = .009
Höstterminen	r = -.28	p = .02
Vårterminen	r = -.26	p = .03
September	r = -.19	p = .10
December	r = -.26	p = .03
Februari	r = -.29	p = .01
Maj	r = -.15	p = .22

Tillväxten regleras bl.a. av hormonet somatotropin som produceras i hypofysen, delvis under kontroll från hypothalamus. Det kan således tänkas att det negativa sambandet mellan morgonkortisol och tillväxt kan återföras till den intrikata balansen mellan kortisol och melatonin, som via ljuspåverkan reglerar såväl dygnsrytm som årstidsvariation.

SJUKFRÅNVARON HOS BARNEN

I forskningen kring ljusets hälsoeffekter har det då och då framkastats att tillgång till dagsljus inomhus skulle kunna tänkas ha en positiv effekt på hälsan. Vi syftar då inte på den ultravioletta delen av spektrum, som finns i naturligt dagsljus, och som bevisligen stimulerar bildningen av vitamin D i huden (Küller, 1981), utan på okulär ljusstimulering. Visst stöd för att ljusstimulering via ögat påverkar det allmänna hälsotillståndet finns belagt i tidigare forskning (t ex Hollwich, 1979; Wurtman, 1975). Det kunde därför vara av intresse att studera sjukfrånvaron i de fyra olika klassrummen.

Den dokumenterade sjukfrånvaron under skolåret, fördelad på höst- respektive vårtermin, erhöles genom lärarnas anteckningar. Totalt sett varierade frånvaron mellan noll och fyrtio dagar med ett genomsnitt av fem dagar. (Hela skolåret Md = 5, höstterminen Md = 2, vårterminen Md = 3.) Chi-square-analys visar att skillnaden mellan terminerna är signifikant, (Chi-square = 7.59, df=1, p<.01) men då måste man betänka att vårterminen är något längre än höstterminen.

Sjukfrånvaron i de fyra olika klassrummen jämfördes, dels för höst- respektive vårtermin, dels för hela skolåret, men några statistiskt säkerställda skillnader kunde inte konstateras. Frånvaron i dagar räknat transformerades därefter till stanine-poäng (Ferguson, 1959, sid 223), varefter korrelationer kunde beräknas mellan frånvaro och morgonkortisol. Som framgår av tabell 13 var sambanden mycket låga. Det fanns dock under höstterminen en tendens som vid närmare analys tydde på att kortisolvärdet framför allt under perioden november-december kunde ha en viss om än marginell inverkan på sjukfrånvaron. Hög morgonkortisol under denna period syntes kopplad till lägre sjukfrånvaro under höstterminen ($r = -.23$, $p = .03$). Det finns anledning tolka denna korrelation med den yttersta försiktighet. Dels är sjukfrånvaro naturligtvis ett mycket grovt mått, dels är sambandet lågt. Man bör emellertid hålla i minnet att kortisol mobiliserar kroppens reserver och bl.a. ökar motståndskraften mot infektioner. Vi erinrar också om, att det var framför allt i perioden november/december som kortisolvärdet sjönk som mest för flertalet skolbarn. Det är därför inte orimligt att tänka sig att det finns ett negativt samband mellan morgonkortisol och sjukfrånvaro för just denna period. Uttryckt på annat sätt innebär ett sådant samband att de individer vars vinterkortisol bibehålls på en högre nivå kan tänkas vara något mer motståndskraftiga mot vanliga förkylningssjukdomar, influensa etc.

Tabell 13. Sambandet mellan morgonkortisol och sjukfrånvaro hos skolbarn vid olika tider på året (höstterminen, $N = 84$; vårterminen och hela året, $N = 83$).

Årstid	Korrelation	Signifikansnivå
Hela skolåret	$r = -.01$	$p = .92$
Höstterminen	$r = -.19$	$p = .09$
Vårterminen	$r = .05$	$p = .67$

DISKUSSION

Syftet med undersökningen var att försöka fastställa om belysningen har någon inverkan på produktionen av stresshormon, prestationsförmågan och välbefinnandet hos skolbarn. Genom att jämföra skolbarn i klassrum som helt saknade fönster med barn i klassrum, där belysningsförhållandena var av normal dagsljuskaraktär, hoppades vi få fram eventuella skillnader i den årstidsrelaterade hormonbalansen. Genom att förse två av klassrummen med lysrör av dagsljuskaraktär hoppades vi också få ökad kunskap om den artificiella belysningens betydelse.

Undersökningen genomfördes under ett helt skolår med ganska komplicerad metodik som dels omfattade analys av kortisol i den första morgonurinen dels systematiska beteendeanalyser och lärarskattningar samt data om sjukfrånvaro och tillväxt. I stort sett förlöpte datainsamlingen tillfredsställande, även om vi i vissa avseenden hade önskat oss ett något mer detaljerat underlag. Bortfallet blev ganska obetydligt, varför bearbetningen också kunde genomföras på ett tillfredsställande och statistiskt

tillförlitligt sätt. Emellertid visade sig i efterhand valet av det lanterninförsedda klassrummet (B) något olyckligt, eftersom man i detta klassrum fick en kraftig temperaturstegring mot slutet av vårterminen. Hade undersökningen i stället omfattat två klassrum med mer normala fönster hade slutsatserna i vissa avseenden kunnat bli mer allmängiltiga. Följande resultat kan sammanfattningsvis sägas ha framkommit av undersökningen.

Vad gäller sambandet mellan ljus, årstid och kortisol, visar totalresultatet för samtliga barn att det föreligger en systematisk årsvariation i kortisolinsöndringen. Resultatet ger starkt stöd åt hypotesen att personer som lever på den norra hemisfären av jordklotet har mer stresshormoner om sommaren än om vintern. Nergången tycks framför allt ske under perioden november-december. Denna följs av en kraftig uppgång som för södra Sverige tycks inträffa redan kring februari månad. Barnen i det klassrum som saknade fönster och inte heller var försett med dagsljusrör uppvisade emellertid en markant försening i denna uppgång. Detta resultat är viktigt, eftersom det antyder att arbete i lokaler med otillräcklig belysning kan orsaka basala störningar i hormonbalansen. Resultatet stödjer härvidlag resultatet från vår tidigare undersökning vid ASEA i Ludvika (Erikson & Küller, 1983). Betraktade i ett sammanhang kan dessa resultat tolkas så att summan av det naturliga dagsljuset och den artificiella belysningen har en styrande inverkan på hormonbalansen och den därav betingade årstidsvariationen och att kritiska perioder infaller framför allt under senhösten och tidigt på våren.

Vad gäller skolbarnens beteende, speciellt förmågan till koncentration och benägenheten till samarbete, kunde vi också här konstatera förekomsten av årstidsrelaterade variationer. Dessa kunde delvis knytas till skolårets förlopp, med sommarlov och jullov som betydelsefulla moment, men också till klimatfaktorer som belysning och temperatur. Koncentrationskurvens utveckling tyder på att det under höstterminen förekommer en tillväxning till skolarbetet, så att man arbetar mest koncentrerat mot höstterminens slut, medan det under vårterminen sker en mindre nergång, som kan tänkas bero på vårtrötthet eller skolleda. Det finns dessutom ett ur vår synpunkt mycket intressant omvänt förhållande mellan koncentrationsförmågan å ena sidan och årsvariationen i kortisolproduktion å den andra. I det lanterninförsedda klassrummet, slutligen, sjönk koncentrationsförmågan avsevärt i samband med den kraftiga ökningen av rumstemperatur under slutet av vårterminen. Resultatet kan tolkas som att koncentrationsförmågan är känslig för störningar av olika slag såväl vad gäller ljussituation som rumstemperatur. En viss fysiologisk årsvariation kan inte heller uteslutas. Det finns anledning följa upp detta resultat i flera studier av longitudinellt slag.

Utvecklingskurvan för samarbete mellan skolbarnen är delvis inverterad i förhållande till koncentrationsförmågan. Benägenheten till samarbete var störst i början av höstterminen, medan man under resten av skolåret arbetade betydligt mer självständigt. Ånyo var bilden något annorlunda i det lanterninförsedda klassrummet. Där ökade samarbetet drastiskt under slutet av vårterminen, vilket åter igen kan sättas i samband med den kraftiga ökningen av rumstemperaturen, som kan tänkas ha försvårat den enskilda koncentrationen. Det förekom också ett påtagligt positivt samband mellan morgonkortisol och benägenhet till samarbete.

Detta var den högsta korrelation som erhöles i undersökningen över huvud taget. Beräknad över de fyra klassrummen vid de fyra olika årtiderna, uppgick den till $r = .66$ ($p = .01$). Det förhållandet att höga kortisolvärden kan förknippas med socialt samarbete och mera normala eller t.o.m. låga kortisolvärden med koncentrationsförmåga är en mycket intressant iakttagelse, som direkt borde kunna utnyttjas vid planeringen av arbetet såväl under skoldagen som under skollåret i sin helhet.

Vad gäller lärarnas bedömningar avsåg dessa ju klasserna i sin helhet, vilket inneburit att bearbetningen blivit ganska begränsad. Vi ska därför nöja oss med att konstatera att lärarskattningarna, det gäller då framför allt lärarnas värdering av klassens arbetsförmåga, stämningsläge och uppträdande sammantaget, ger visst stöd åt de mer precisa samband som beteendeobservationerna gav insikt i.

Vad slutligen tillväxt och sjukfrånvaro beträffar, ger våra resultat också stöd för uppfattningen att det föreligger en viss årtidsrelaterad variation. Dels kunde det konstateras att de barn som hade hög morgonkortisol också hade en något mindre tillväxt under året. Särskilt starkt blev detta omvända samband under perioden november till februari, som alltså åter igen framstår som en kritisk period. Det framkom också att kortisolproduktionen framför allt under november-december kan tänkas ha en viss, om än marginell, inverkan på sjukfrånvaron. Hög morgonkortisol under denna period synes kopplad till lägre sjukfrånvaro under höstterminen. Uttryckt på annat sätt innebär ett sådant samband att de barn vars vinterkortisol bibehölls på en högre nivå kan tänkas vara något mer motståndskraftiga mot vanliga förkylningssjukdomar, influensa etc. Resultaten ger således också visst stöd åt förekomsten av ett samband mellan å ena sidan de årtidsrelaterade förändringarna i hormonproduktion och å den andra kroppstillväxt och sjukfrånvaro. Även här är det möjligt att den totala belysningsituationen kan ha en reglerande inverkan. Det synes angeläget att dessa resultat följs upp med en mer förfinad metodik än den som stått till vårt förfogande. Vi har emellertid redan nu valt att i ett yttrande till Malmö skolor påtala de brister i den fysiska miljön som kan utläsas av undersökningen (APPENDIX 2).

Om vi återvänder till de frågor som inledningsvis ställdes, d.v.s. Vilken belysningsstyrka erfordras för att påverka produktionen av stresshormon? - Har belysningens spektrala sammansättning någon betydelse härvidlag? samt - Vid vilken tidpunkt på året är ljusets effekt starkast och god belysning därför viktigast?, så har samtliga dessa frågor, åtminstone delvis, kunnat besvaras. Om vi tar dem i omvänd ordning, så kan vi konstatera att en markant årtidsvariation verkligen förekommer, och att den kritiska perioden tycks infalla mellan november och februari på våra breddgrader. Det tycks vara under denna period som de stora omställningarna i hormonbalans sker och belysningen därför blir en kritisk faktor. Vad gäller belysningens inverkan tycker vi oss skönja en additiv effekt mellan det naturliga dagsljuset och den artificiella belysningen. Det kan heller inte uteslutas, att lysrör av dagsljustyp har en mer påtaglig inverkan än konventionella lysrör. Det finns emellertid här en lång rad detaljfrågor, som det inte varit möjligt att studera under rådande fältmässiga förhållanden. Vi har t.ex. inte kunnat kartlägga den relativa betydelsen av belysningsstyrka och ljusets

spektrala sammansättning. Vi känner inte betydelsen av olika luminansförhållanden, t.ex. de starka luminanser man utsätts för när man tittar ut genom ett fönster mot klar himmel. Vi vet inte heller om ljuspåverkan är lika viktig på morgonen, mitt på dagen, eller på eftermiddagen. Detta är frågor som måste prövas i laboratoriestudier, där man bättre kan kontrollera yttre betingelser. En sådan studie har också genomförts och håller för närvarande på att bearbetas (Küller & Wetterberg, in progress).

REFERENSER

Ahlfors, R., Grimsvik, S., Laurine, H. & Ågren, B. 1979. Jämförda beteenden i grundskolans första klass mellan barn med deltid- respektive heltidsförskola som bakgrund. C1 uppsats Nr: 376. Pedagogiska Institutionen. Stockholms Universitet, Stockholm

Ahlman, L., Billing, M. & Persson, A. 1986. Vårdmiljöns betydelse för åldersdementas tillvaro. Psykologexamensuppsats Nr 30. Institutionen för Tillämpad Psykologi, Lunds Universitet, Lund

Boyce, P. & Kennaway, D.J. 1987. Effects of light on melatonin production. *Biological Psychiatry*, 22, 473-478

Bra Böcker Läkarelexion. 1981. Bra Böckers Bokförlag AB. Höganäs

Cardinali, D.P., Larin, F. & Wurtman, R.J. 1972. Action spectra for effects of light on Hydroxyindole-O-Methyl transferases in rat pineal, retina and harderian gland. *Endocrinology*, 91, 877-886

Dieckhues, B. 1974. Die Bedeutung der Lichtperzeption durch das Auge auf den Hormonhaushalt des Menschen. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 165, 291

Erikson, C. & Küller, R. 1983. Non-visual effects of office lighting. CIE 20th Session, Amsterdam 1983, (Vol. 1, D602/1-4). Commission Internationale de L'Eclairage

Ferguson, G.A. 1959. *Statistical analysis in psychology and education*. McGraw-Hill Book Company, New York.

Hollwich, F. 1948. Untersuchungen über die Beeinflussung funktioneller Abläufe, insbesondere des Wasserhaushalters durch energetische Anteile der Sehbahn. *Graefes Arch. Ophthal.* 149, 592

Hollwich, F. 1973. Influence of light on metabolism. In: *Int. Congress: 'The sun in the service of mankind'*. B35, pp 1-10. Unesco-House, Paris

Hollwich, F. 1979. *The influence of ocular light perception on metabolism in man and in animal*. Springer Verlag, New York.

Hollwich, F. & Dieckhues, B. 1971. Augenlicht und Hormonhaushalt. *Z. Physik. Med.* 2, 485

Hollwich, F., Dieckhues, B. & Schrameyer, B. 1977. Die Wirkung des natürlichen und künstlichen Lichtes über das Auge auf den Hormon- und Stoffwechselhaushalt des Menschen. *Klin, Mbl. Augenheilk.* 171, 98-104.

Kaloud, H. 1970. Zur somatischen Entwicklung und Motorik blinder Kinder. *Wiener Med. Wschr.* 120, 895

Kappers, J.A. 1969. The mammalian pineal organ. *Journal of Neuro-visc. Relat. Suppl.* 9, 140.

Küller, R. 1972. A semantic model for describing perceived environment. National Swedish Institute for Building Research, Document No 12, Stockholm.

Küller, R. 1980. Architecture and emotions. In: B. Mikellides (Ed). 1980. *Architecture for people.* (pp. 87-100), Studio Vista, London.

Küller, R. 1981. Non-visual effects of light and colour. Annotated bibliography. (Document No 15), Swedish Council for Building Research, Stockholm.

Küller, R. 1982. Subjektiva effekter av kontorsbelysning. I: M. Küller (Red). *Icke-visuella effekter av optisk strålning.* Miljöpsykologiska Monografier nr. 2, sid 37-44. Sektionen för Arkitektur, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Küller, R. 1987. The effects of indoor lighting on well-being and the annual rhythm of hormones. CIE 21st Session. Venice 1987, (Vol. 1. No 601, pp. 342-345). Commission Internationale de L'Eclairage.

Küller, R. 1988. Environmental activation of old persons suffering from senile dementia. In: H. van Hoogdalem, NL. Prak, TJM van der Voordt & HBR. van Wegen. (Eds.). *Looking back to the future.* Proceedings IAPS 10. Volume 2, pp 133-139, Delft University Press, Delft

Küller, R. Environmental assessment from a neuropsychological perspective. In: T. Gärling & GW. Evans. (Eds). *Environment, cognition and action: An integrated approach,* Oxford University Press, Oxford (In press)

Küller, R. & Mattsson, R. 1986. The dining room at a geriatric hospital. In: M. Krampen (Ed). *Environment and human action.* Proceeding IAPS 8. pp 137-141, Hochschule der Kuenste, Berlin

Küller, R., Mattson, R. & Steen, B. Psycho-social effects of redecorating the dining room at a geriatric hospital. (forthcoming)

Küller, R. & Wetterberg, L. The impact on hormones and physiological activation of fluorescent light differing in illuminance and spectral composition (preliminary title, forthcoming)

Lewy, A.J., Wehr, T.A., Goodwin, F.K., Newsome, D.A. & Markey, S.P. 1980. Light suppresses melatonin secretion in humans. *Science* 210, 1267-1269.

Lindholm, L.P. & Lundquist, B. 1973. Cooperation and independence. Särtryck Nr: 144. Institutionen för Pedagogik, Lärarhögskolan, Malmö

Maas, J.B., Jayson, J.K. & Kleiber, D.A. 1974. Effects of spectral differences in illumination on fatigue. *Journal of Applied Psychology*. 59(4), 524-526.

Mayron, L.W., Ott, J.N., Nations, R. & Mayron, E.L. 1974. Light, radiation, and academic behavior. Initial studies on the effects of full-spectrum lighting and radiation shielding on behavior and academic performance of school children. *Academic Therapy*, 10(1), 33-47.

Munson, P. & Ferguson, R. 1988. The influence of fluorescent illumination on the behavior of school children. (Unpublished manuscript). School of Child Care, University of Victoria, Victoria, British Columbia

O'Leary, K.D., Rosenbaum, A., Brook, S. & Hughes, P.C. Fluorescent lighting; A purported source of hyperactive behavior. (Manuscript accepted for publication in the *Journal of Abnormal Child Psychology*, April 1977)

Osgood, C.E., Suci, G.J. & Tannenbaum, P.H. 1957. The measurement of meaning. University of Illinois Press, Urbana

Sorte, G.J. 1982. Visuellt urskiljbara egenskaper hos föremål i den byggda miljön (Rapport Nr 5). Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm

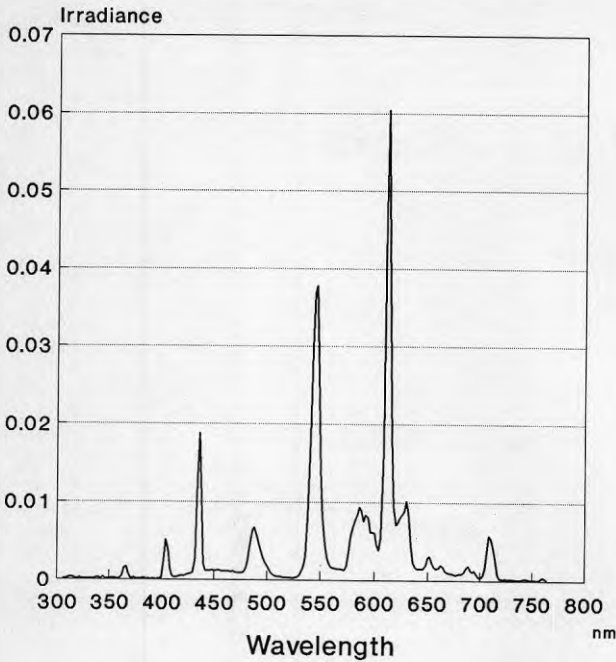
Thorington, L., Parascandola, L. & Cunningham, L. 1971. Visual and biologic aspects of an artificial sunlight illuminant. *Journal of Illuminating Engineering Society*, 67, 33-41.

Wurtman, R.J. 1975. The effect of light on the human body. *Scientific American*, 233(1), 68-77

Wurtman, R.J., Axelrod, J. & Kelly, D.E. 1968. The pineal. Academic Press, New York

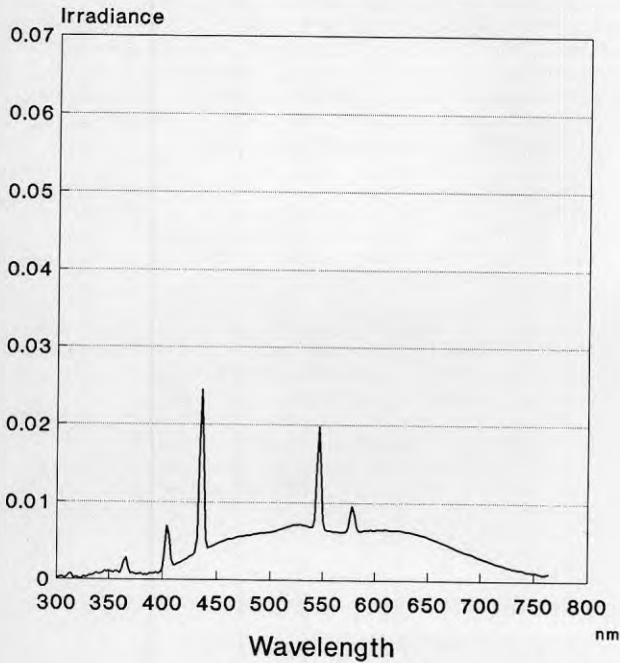
Wyon, D.P., Andersen, I. & Lundqvist, G.R. 1979. The effect of moderate heat stress on mental performance. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*. 5, 352-361

Philips TLD 83



Relativ irradiation hos de två lysrörstyper som användes i klassrummen. Varmvitt lysrör överst. Dagsljusrör nederst. Mätningarna är utförda med Spectroradiometer LI-1800, bandbredd 4 nm, avsökningshastighet 30 nm/sekund i steg om 2 nm.

Duro Test True-Lite





MILJÖPSYKOLOGISKA ENHETEN

SEKTIONEN FÖR ARKITEKTUR · TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND

21 december 1988

██████████
Malmö Skolor
██████████ Rektorsområde
██████████ Malmö

Angående belysningen vid ██████████ skolan

Tillsammans med docent Carin Lindsten vid Lärarhögskolan i Malmö har undertecknad genomfört en undersökning av belysningsförhållanden i ██████████ skolan, dels i klassrum 15 och 17, där dagljus helt saknades, dels i klassrum 16, som erhöll dagljus genom ett lanterninfönster. Det som studerades var sambandet mellan belysningsförhållanden å ena sidan samt årstidsrelaterad hormonutsöndring, hälsoläge och skolbeteende å den andra.

Forskningsprojektets utgångspunkt var bl a att symptom såsom huvudvärk, trötthet och generella stressymptom har visat sig kunna hänföras till olämplig belysning. Vad beträffar utsöndringen av hormoner antyder resultat från tidigare forskning att det under normala förhållanden finns en årstidsvariation med mer stresshormon om sommaren och mer sömnhormon om vintern, relativt sett. För personer som exponeras för artificiell belysning kan olika slags störningar i denna årsrytm uppträda. Detta kan i sin tur resultera i ökad sjukfrånvaro, sämre arbetsprestation, och på sikt även påverka det allmänna hälsotillståndet för speciellt utsatta grupper i miljöer där belysningsförhållandena är ogynnsamma.

Undersökningen genomfördes under ett helt skolår med ganska komplicerad metodik, som dels omfattade analys av stresshormonet kortisol i den första morgonurinen, dels systematiska beteendeanalyser och lärarskattningar samt data om sjukfrånvaro och tillväxt.

Vad gäller sambandet mellan ljus, årstid och kortisol, visar totalresultatet för samtliga barn att det verkligen föreligger en systematisk årsvariation i kortisolinsöndringen med mer stresshormoner om sommaren än om vintern. Nergången tycks framför allt ske under perioden november-december. Denna följs av en kraftig uppgång som för södra Sverige tycks inträffa redan kring februari månad. Barnen i det klassrum som helt saknade fönster och dagljus uppvisade en markant försening i denna uppgång.

Postadress:
Box 118
221 00 Lund

Besöksadress:
Sölvegatan 24
Lund

Telefon:
046-10 76 04
10 76 15

Vad gäller skolbarnens beteende, speciellt förmågan till koncentration och benägenheten till samarbete, kunde vi också här konstatera förekomsten av årstidsrelaterade variationer. Dessa kunde delvis knytas till skolårets förlopp, med sommarlov och jullov som betydelsefulla moment, men också till klimatfaktorer som belysning och rumstemperatur. I det lanterninförsedda klassrummet sjönk koncentrationsförmågan avsevärt i samband med den kraftiga ökningen av rumstemperatur under slutet av vårterminen. Medeltemperaturen var då nästan 29^o C.

Slutligen framkom också att kortisolproduktionen framför allt under november-december kan tänkas ha en viss, om än marginell, inverkan på sjukfrånvaron. Hög morgonkortisol under denna period synes kopplad till lägre sjukfrånvaro under höstterminen. Uttryckt på annat sätt innebär ett sådant samband att de barn, vars vinterkortisol tack vare god tillgång på dagsljus bibehölls på en högre nivå, kan tänkas vara något mer motståndskraftiga mot vanliga förkylningssjukdomar, influensa etc.

Utifrån de samlade resultaten kan slutsatsen dras, att belysningsituationen i de tre studerade klassrummen är klart otillfredsställande, och att dessa därför inte bör utnyttjas som permanenta klassrum. I klassrum 15 och 17 är det avsaknaden av fönster som är otillfredsställande, medan klassrum 16 får en oacceptabelt hög rumstemperatur framför allt i slutet av vårterminen.

Lund den 21 december 1988

Rikard Küller
Docent

Kopia till Docent Carin Lindsten

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810611-2 från Statens råd för byggnadsforskning och 84-0525 från Arbetsmiljöfonden till Miljöpsykologiska enheten, Sektionen för Arkitektur, Lunds Tekniska Högskola, samt anslag från Lärarhögskolans enhet för utveckling och fältförsök till Carin Lindsten.

R10:1991

ISBN 91-540-5289-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6811010

Abonnemangsgrupp:
Y. Byggnadsfunktion

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirka pris: 45 kr exkl moms