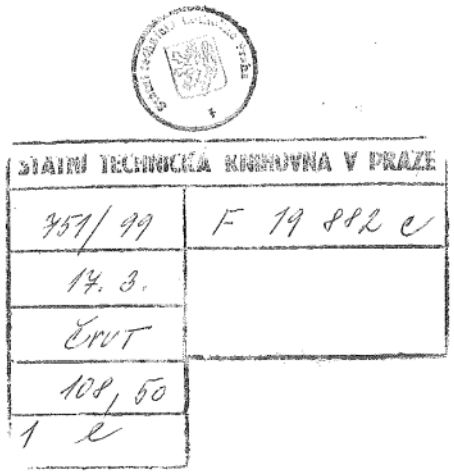
Ing. Jiřina Weiglová, CSc.
Ing. Jan Kaňka

STAVEBNÍ FYZIKA 10

Denní osvětlení a oslunění budov

STK PRAHA
2660173459

1999
Vydavatelství ČVUT



Lektor: Ing. Marcel Pelech

© Jiřina Weiglová, Jan Kaňka, 1999
ISBN 80-01-01913-6

Předmluva

V těchto skriptech jsou rozebírány základní problémy vztahu slunce a denního světla k budově, k vytváření světelné pohody pro její uživatele. Snahou autorů bylo ukázat na význam slunečního záření pro urbanistický, architektonický a konstrukční návrh budov.

Skripta jsou určena posluchačům stavební fakulty oboru pozemní stavby, pozemní stavby a architektura a modulu stavební fyzika.

Autoři děkují Ing. Jiřímu Slezákovi za zpracování kapitoly o měření denního osvětlení.

V Praze, listopad 1998

Autoři

1. Slunce a jeho záření

Slunce a jeho záření umožnilo vznik života na Zemi a dále podmiňuje rozvoj všech forem života v živočišné i rostlinné říši.

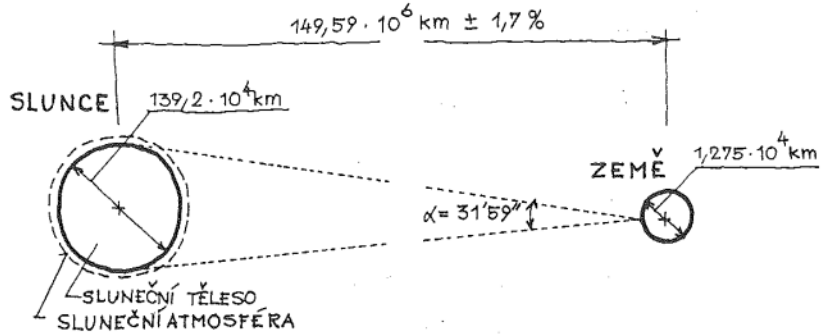
Podrobné poznatky o slunečním záření, jeho složení a množství, které je dosažitelné, v určité geografické lokalitě a v konkrétním čase jsou nezbytné v celé řadě oblastí. S ohledem na studijní zaměření se omezíme na oblast projektování budov, na vytváření příznivých podmínek, pro práci, bydlení, odpočinek, rekreaci a pod. t.j. na tvorbu umělého životního prostředí.

Na zemském povrchu existují rozdíly v dostupnosti sluneční radiace, které závisí na zeměpisné šířce. Proto musí být i rozdílný přístup k jejímu využívání v činnosti architekta, urbanisty i konstruktéra.

1.1. Slunce - primární zdroj energie

I když domněnka, že Země krouží okolo Slunce byla vyslovena už ve 3. stol. př.n.l. (Aristarchos) teprve v 16. stol. se tento názor stal všeobecně uznávaným a na jeho základě se začal upřesňovat vztah Slunce k Zemi. Podrobnější informace o Slunci ze začaly získávat až po objevení dalekohledu (r.1608). Koncem 17. stol. Newton rozložil pomocí skleněného hranolu bílé sluneční světlo na jednotlivé barvy spektra. Mnohem později bylo objeveno magnetické pole Slunce a to, že Slunce je zdrojem záření, které zemská atmosféra pohltí (radiové, kosmické, ultrafialové, infračervené a rentgenové). Vzhledem k tomu, že Slunce je zdrojem energie a nositelem života na Zemi probíhá jeho výzkum neustále, nyní pomocí raket, družic či kosmických stanic obíhajících kolem Země nad hranicí její atmosféry.

Z fyzikálního hlediska je Slunce obrovskou masou velmi horkých plynů resp. plazmy přibližně tvaru koule. Základní rozměrové charakteristiky Země a Slunce viz obr. 1.1.



Obr. 1.1: Rozměrové charakteristiky Slunce a Země

Věk Slunce se odhaduje přibližně na 5 miliard let. Teplota slunečního povrchu (nejspodnější vrstvy sluneční atmosféry se určuje podle barvy světla - mluvíme o *barevné teplotě*. Kromě toho se určuje tzv. *efektivní teplota* (přibližně 5710 K) z celkové sluncem vyzářené energie.

Teplota jádra Slunce, dosahuje hodnoty 14.10^6 K. Tady probíhají termonukleární reakce, které jsou zdrojem energie Slunce. Základní údaj charakterizující Slunce a jeho záření je *sluneční konstanta.* Je definována jako plošná hustota zářivého toku sluneční radiace dopadající na jednotkovou plochu kolmou na směr slunečních paprsků umístěnou na hranici (vnější) zemské atmosféry (při průměrné vzdálenosti Země od Slunce $149{,}59.10^6$ km). Měrnou jednotkou je Wm^{-2}. Sluneční konstanta je tedy průměrná roční hodnota mimozemského slunečního záření na hranici zemské atmosféry s přibližnou odchylkou v průběhu roku ± 3%. Velikost sluneční konstanty se určuje přímo měřením. Bylo tak potvrzeno, že v důsledku sluneční aktivity se v malém rozsahu mění i solární konstanta E_o. Světová meteorologická organizace (WMO) doporučuje normovou hodnotu $E_o = 1367 \pm 7\ Wm^{-2}$. (Kromě této konstanty byla zavedena také *světelná sluneční konstanta* pro oblast viditelného záření, používaná při světelně technických výpočtech).

Význam sluneční konstanty spočívá v tom, že je poměrně přesným výchozím údajem pro výpočet celkového energetického výkonu Slunce a základním údajem pro výpočtové určování dostupného množství slunečního záření a jeho energie na zemském povrchu.
Celkový výkon Slunce N_o můžeme určit pomocí sluneční konstanty E_o

$$N_o = P_o . E_o \qquad [W] \qquad (1.1.)$$

kde P_o je povrch koule s poloměrem rovným průměrné vzdálenosti Země od Slunce

je-li $r = 1{,}4959.10^{11} Km$
$E_o \doteq 1{,}37 Kwm^2$

pak $N_o = 3{,}85.10^{23}$ [kW]

Na Zemi z toho množství připadá jen velmi malá část

$$N_2 = F_2 . E_o \qquad [W] \qquad (1.2.)$$

kde F_2 je průřezová plocha země $= \pi r^2$

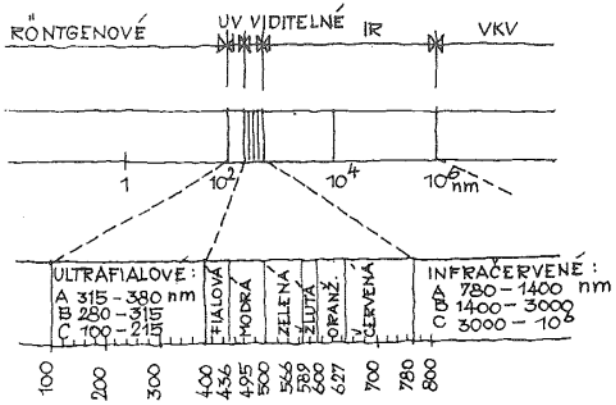
je-li r (poloměr Země) $= 6{,}375.10^6$m

pak $N_2 = 1{,}746.10^{14}$ [kW]

Z uvedeného celkového výkonu Slunce tedy připadá na naší Zemi jen velmi malá část, přibližně $0{,}453.10^{-9}$ N_o. Kromě toho se asi jedna třetina z příkonu Země N_2 odrazí od atmosféry zpět do vesmírného prostoru a záření vnikající do atmosféry je dále redukované absorpcí a rozptylem částečkami atmosféry. Stále ještě ale na zemský povrch dopadá mnohem větší množství energie než jaké je třeba k zachování a rozvoji všech forem života na naší planetě. Využívání byť jen malé části této přebytečné sluneční energie ku prospěchu lidí je proto velmi významné.

1.2. Fyzikální charakteristika slunečního záření.

Sluneční záření je z fyzikálního hlediska úzká, ale pro člověka velmi významná část širokého spektra elektromagnetického záření (vlnění) o vlnovém rozsahu $\lambda = 100 \div 10^6$ nm - viz obr.1.2.



Obr. 1.2: Hrubé členění části spektra elektromagnetického záření v závislosti na vlnové délce λ

Záření o vlnové délce $\lambda = 100 \div 380$ nm se nazývá *ultrafialové.* Dělí se na oblast C o vlnové délce λ 100 - 280 nm. Toto krátkovlnné záření je pohlcené zemskou atmosférou. Na zemský povrch se proto dostane záření B $\lambda = 280 \div 315$ nm a záření A $\lambda = 315 \div 380$ nm. *Viditelné (světelné) záření* o vlnové délce $\lambda = 380$ - 780 nm lze rozložit (skleněným hranolem) na světelné spektrum resp. monochromatické světelné paprsky reprezentující určité barvy. Složením barev celého spektra dostaneme bílé světlo. Od vlnové délky $\lambda = 780$ do 10^6 nm je záření nazýváno *infračervené.*

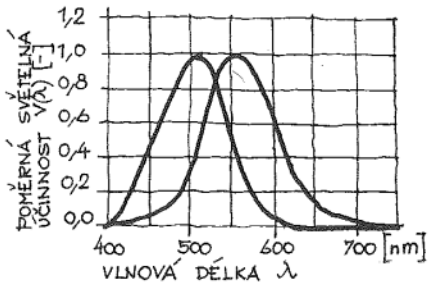
1.3. Sluneční záření a jeho fyziologický a hygienický význam

Vliv slunečního záření na člověka se uplatňuje přímo, za neustálých změn množství tohoto záření (léto, zima, den, noc), ale také nepřímo, působením na jeho životní prostředí, na klimatické podmínky.

Přímé působení slunečního záření na lidský organismus se projevuje různými způsoby.

- Ultrafialové záření podporuje životně důležité procesy látkové výměny v pokožce, část UV záření (skupina A) rozkládá bilirubin nahromaděný v krvi. Předávkování (skupina B) může mít za následek poškození pokožky, různé fotoalergie až rakovinu kůže. Může také nepříznivě působit na celkový fyziologický stav - snížení rychlosti tepu, snížení krevního tlaku a pod.

• Střídání noci a dne, jeho složitý vliv na psychologické a biochemické proměny v lidském organismu je nejvýraznějším vztahem mezi světlem a člověkem. Množství světla vstupujícího do oka a jeho spektrální složení ovlivňuje spotřebu potravy a vody, teplotu těla, vylučování hormonů a další základní funkce. Světlo v zorném poli je také nositelem vizuálních informací. Citlivost lidského oka na světlo různých vlnových délek, které představují různé barvy, není stejná. Nejcitlivější je při denním vidění na vlnovou délku $\lambda = 550$ nm - žlutozelené světlo obr. 1.3.



To znamená, že pro dosažení stejného zrakového vjemu může být množství světla dopadající na sítnici oka menší než při jiných vlnových délkách.

Obr. 1.3: Citlivost lidského oka na světlo

• Infračervená složka slunečního záření vniká do pokožky a svalů, způsobuje zvýšenou cirkulaci krve a lepší prokrvení. Tělesná teplota ovlivňuje fyzickou i duševní výkonnost v celé řadě činností.

1.4. Slunce a životní prostředí člověka

Sluneční záření ovlivňovalo a ovlivňuje vývoj člověka také nepřímo, působením na jeho životní prostředí. Sluneční záření ovlivňuje podnebí - klima - na zemském povrchu. Pojmem *klima* rozumíme celou řadu meteorologických prvků (sluneční záření, teplota, tlak, vlhkost vzduchu, srážky, vítr, oblačnost atd.) a jejich průměrnou nebo extrémní hodnoty. Na zemském povrchu existují značné rozdíly v dostupnosti slunečního záření proto byla vytvořena klimatická pásma, t.j. oblasti, které se vzájemně liší svým podnebím. Např. teplé vlhké subtropické pásmo, horké suché tropické pásmo. Subtropické pásmo odděluje teplé a mírné pásmo; mezi mírným a polárním pásmem je pásmo subpolární. Existence těchto pásem je odvozena od množství slunečního záření, které je v nich dostupné.

Vývoj člověka, jeho společenské, kulturní i hospodářské podmínky jsou v jednotlivých klimatických pásmech odlišené; odlišný je i způsob stavění. Kromě klimatických podmínek (potřeby vytvořit si k životu optimální podmínky) je způsob stavění ovlivněn i dostupným stavebním materiálem a stupněm technického rozvoje v dané oblasti.

2. Slunce (světlo) - prostor - člověk.
Vývoj vztahu v historii architektury a stavění.

Vztah mezi Sluncem (světlem), uzavřeným prostorem a člověkem prochází celou historií stavění a architektury. Je utvářen myšlením a kulturou lidí, klimatickými podmínkami a dostupným stavebním materiálem. Proto nabývá v závislosti na době a místě na Zemi různých forem.

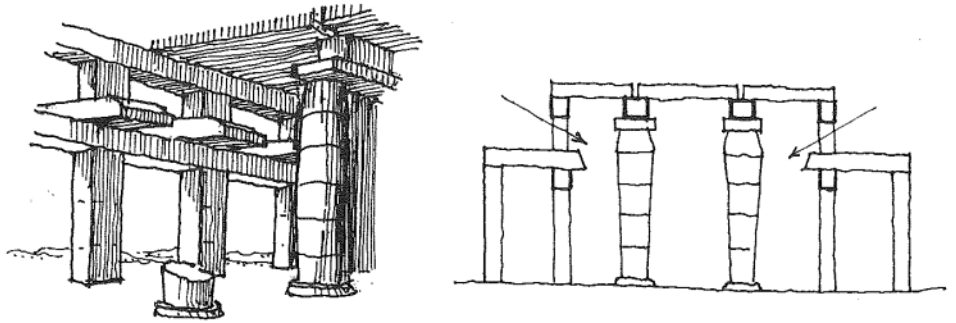
Vzájemné působení světla a prostoru (světlo prostor tvaruje a umožňuje jeho vnímání a naopak prostor, který je vnímán vyvolává potřebu neustálého zdokonalování) se vyvíjí od téměř úplné negace světla až po prostor zaplavený světlem. Motivace těchto proměn jsou náboženské, umělecké, materiálově technologické, funkční a samozřejmě klimatické. Le Corbusier považoval světlo za jeden ze základních stavebních prvků. Na začátku 30. let formuloval: „Historie architektury je staletí starý boj o světlo - boj o okno".

2.1. Světlo, prostor, člověk v příkladech z historie

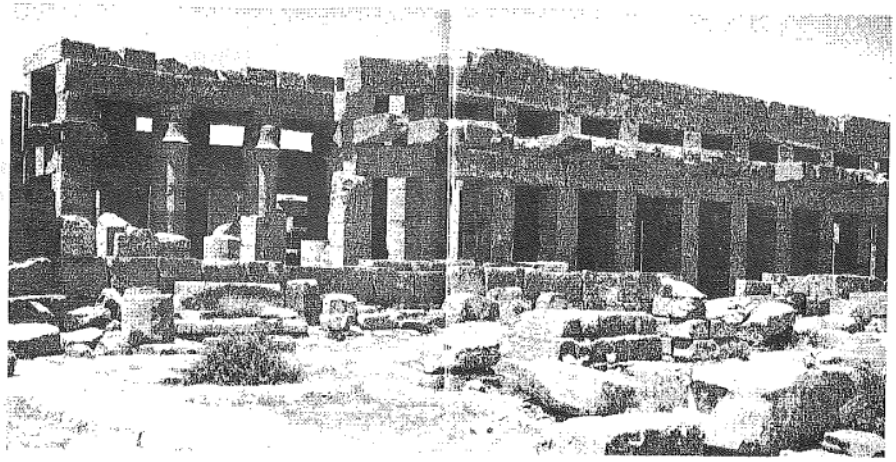
2.1.1. Egyptská architektura (časové období cca 3500 ÷ 70 př.n.l.)

Chrámové stavby. Chrámy tvořily dominantu každého města. V myšlení Egypťanů je chrám mýtickým místem vzniku světa. Chrám představuje vesmír a je příbytkem Boha. Strop jsou nebesa, podlaha povrch země, husté řady sloupů symbolizují pozemskou vegetaci.

Protože tyto stavby nebyly určeny k shromáždění lidí, nevznikla potřeba vytvoření volného prostoru ani jeho osvětlení, pouze pološero. Paprsek světla proniká do prostoru úzkou štěrbinou ve stropě nebo bazilikálním otvorem - obr. 2.1. a vyvolává dramatický účinek.

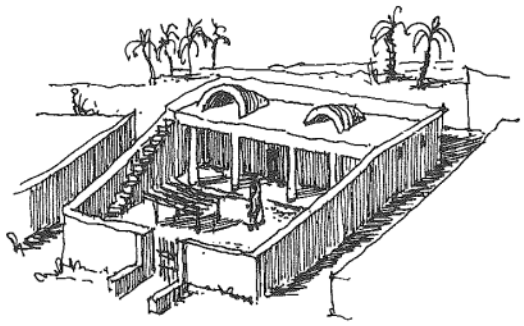


Obr. 2.1: Osvětlení chrámu - axonometrie, řez



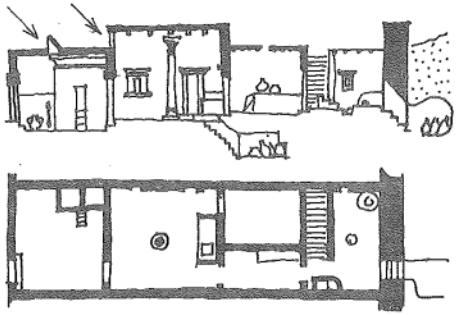
Obr. 2.2: Karnak - Slavnostní síň Thutmose III /52/

Obytné stavby - domy, paláce. Klimatické podmínky vyžadují především ochranu před sluncem. Světlo proniká do prostoru hlavně dveřmi a štěrbinami ve střeše, které zároveň umožňují větrání obr. 2.3. V pozdějším období se objevuje u městských domů okno, především však jako architektonický prvek a bývá zakryto kamenným mřížováním. Plošně jsou okna velmi malá a umístěná pod stropem. Hlavní funkce okna je větrání, kontakt s exteriérem chybí - obr. 2.4. a 2.5.



Vnější podmínky (viz klimatická oblast) nabízejí přemíru slunce, světla, jasu. Proto neměli staří Egypťané potřebu intenzivního osvětlení a oslunění vnitřních prostorů.

Obr. 2.3: Osvětlení a větrání izolovaného domu (Egypt cca 2000 př.n.l.) - /55/



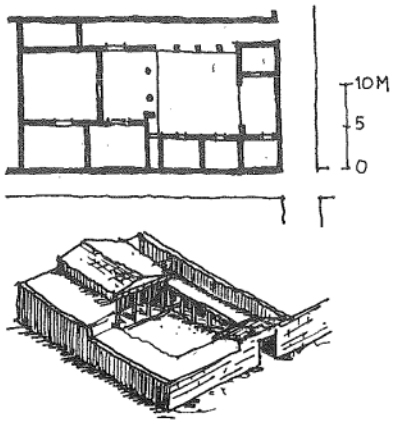
Obr. 2.4: Domek egyptského dělníka /60/

Obr. 2.5: Městský dům v Thébách /55/

2.1.2. Řecká architektura (časové období cca 650 až 30 př.n.l.)

Chrámy. Obvykle jsou zasvěceny bohům, nejsou určeny shromáždění věřících. Světlo proniká do vnitřního prostoru hlavně dveřmi, někdy volným otvorem stropním, hypetrální - podnebský - chrám. Před sochou Boha byla často plochá nádrž naplněná olejem. Plastika tak byla osvětlována odraženým světlem zespodu. Okenní otvory v bočních stěnách se vyskytují jen vyjímečně.

Obytné stavby. Odlišný je typ městského a venkovského domu.
Venkovský dům je přízemní, po obvodě uzavřený - viz obr. 2.6. Hlavní zásadou je rozvržení místností kolem ústředního dvora, který ze dvou někdy ze všech čtyř stran obklopovalo laubí - portikus - z něhož byl přístup do místností. Do dvora byla také orientována všechna okna.



Městské domy byly často patrové. V přízemí mají komunikační prostor - dvůr, často se sloupovou předsíní - prostas - obytnými místnostmi a kuchyní. Ložnice byly v patře. Okna v patře byla ve vnější stěně, těsně pod stropem. Kromě staveb pro majetné občany stavěli Řekové také vícepatrové domy nájemné, s minimální obytnou buňkou. Průčelí těchto domů byla členěna mnoha okny.

Obr. 2.6: Starořecký atriový dům /24/

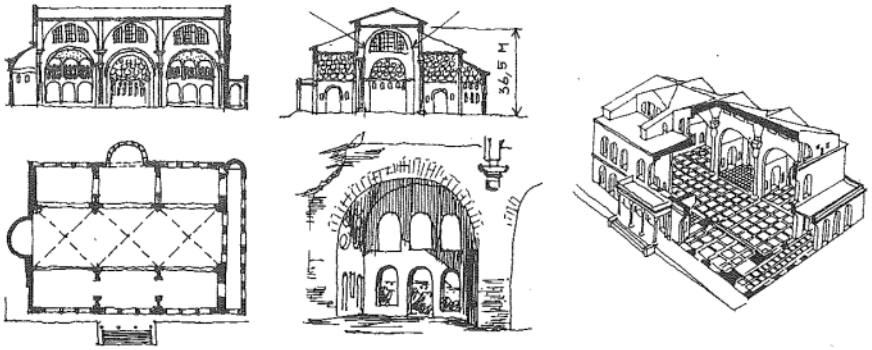
Veřejné budovy - senát, školy - otvory ve stěnách se vyskytují velmi málo a mají funkci spíše dekorativní.
Obecně lze říci, že okna plnila především funkci větrání a dekorace. Jako zdroj světla pro vnitřní prostor neměla velký význam.

2.1.3. Římská architektura (časové období) cca 300 před n.l. až 365 n.l.)

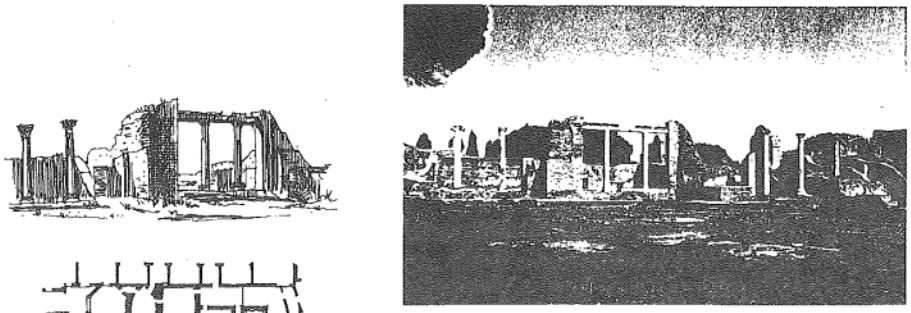
Římané rozvíjení řecký způsob stavění. Stavějí chrámy, ale vzniká také řada staveb, které žádné národy před nimi (kromě Řeků) neměly potřebu stavět. Společensky závažné stavby vytvářejí veřejná prostranství přístupná všem, svobodným i otrokům. Uspořádáním staveb obytných (soukromých i nájemných domů) a prolomením vnějšího průčelí okenními otvory, vytvořili Římané ulici našeho stylu. Okno dostává funkci spojovacího článku (vizuálně) mezi interiérem a exteriérem.

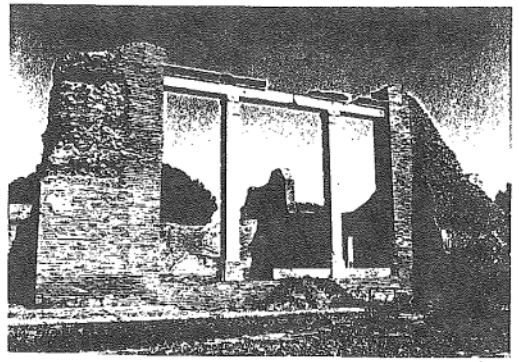
Chrámové stavby mají nejen charakter náboženský, ale také mocensko - representační. Menší jsou osvětlovány pouze dveřmi, větší navíc otvorem ve stropě, či klenbě.

Veřejné budovy - baziliky, tržnice, lázně, knihovny - obklopovaly fórum a sloužily politické činnosti, obchodování, sportu, zábavě a vzdělání.
Baziliky byly určeny k soudnímu nebo obchodnímu jednání, či k promenádě občanů. Byly promyšleně osvětleny velkými okenními otvory obr. 2.7. Římské lázně byly nádherné, technicky výborně vybavené zděné stavby - komplexy budov - kde se střídaly kryté a otevřené prostory sloužící lázeňskému provozu s prostory knihoven, studoven, přednáškových sálů a heren. Hlavní zásadou bylo zalití všech prostorů světlem a sluncem - obr. 2.8.

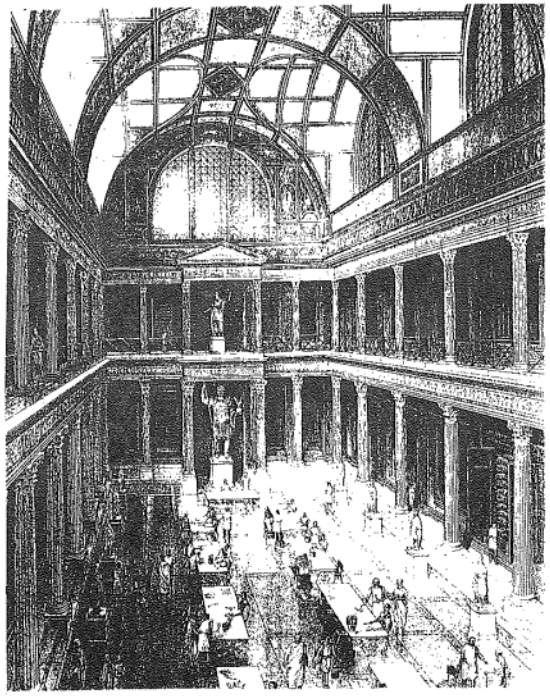


Obr. 2.7: Konstantinova bazilika v Římě (310 - 313 n.l.) - nakresleno podle /27/



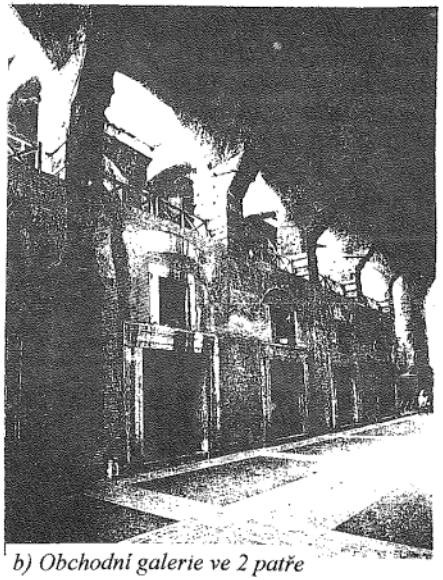


Obr. 2.8: Římské lázně v Ostii 2 stol. n.l.-Půdorys /26/ - Foto současný stav

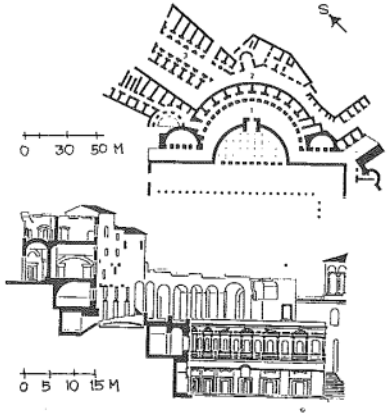


Obr. 2.9: Grafická rekonstrukce knihovny - Trajánovo Forum v Římě (107-112 n.l.) /57/

a) Celkový pohled



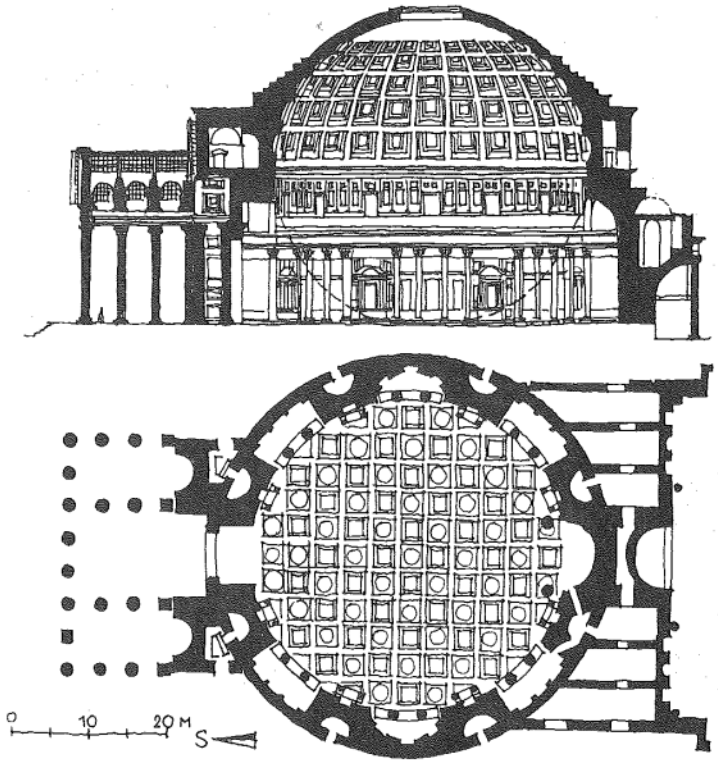
b) Obchodní galerie ve 2 patře



c) Půdorys a řez

Obr. 2.10: Trajánova tržnice v Římě (107 - 112 n.l.) /57/

Skutečně mimořádným architektonickým dílem je budova Panteonu v Římě, obr. 2.11. kterou dal postavit císař Hadrian původně jako dynastický chrám.
Vnitřní průměr kopule je 44 m, výška od podlahy po kruhový zenitový otvor ∅9 m je rovněž 44m. Je to největší kopule zhotovená v tomto období, která přetrvala skoro 2 tisíciletí beze změn.



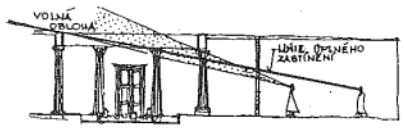
Obr. 2.11: Panthenon - Řím (121 n.l.) - 57

Obytné stavby můžeme rozdělit do tří skupin:

a) Římské paláce - uzavřené komplexy s okenními otvory většinou pouze do nádvoří. Vnější stěny mají zaslepené arkády jako dekoraci. Podobně jsou otevřené do vnitřního dvora skrytými sloupovými ochozy i menší městské domy. Typ tohoto domu se prakticky nemění od 2. tis. před n.l. - Mezopotámie.

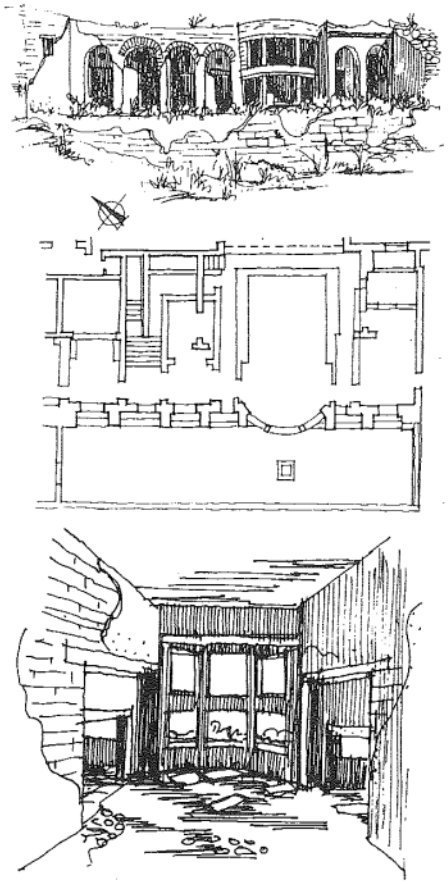
b) Venkovské domy bohatých vrstev dostávají v 1. stol.n.l. jiný charakter. Obydlí už není třeba chránit před nepřítelem (mírová úmluva Pax Romana). Prostory se otvírají do okolního světa, vytváří se vztah domu k okolí. Umístění oken je vědomě navrhováno tak, aby obyvatel měl co nejrozmanitější výhled, co nejvíce světla - obr. 2.12.

c) Ve 2. stol. n.l. dochází ke změně i ve městech. Domy dostávají okna s výhledem do okolí. Podle Vitruvia existovala pravidla pro návrh dobrého osvětlení obytných prostor. Základní pravidlo: navrhovat okna na všech stranách domu odkud je vidět volná obloha. Pokud je obloha zakryta protější stěnou, konzolou a pod. nutno okenní otvor zvětšit - obr. 2.13.



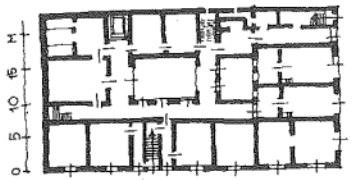
Obr. 2.13: Pohled oknem na volnou oblohu- linie úplného zastínění (nakresleno podle Vitruvia)

V císařském Římě převládaly počtem nájemné domy nad atriovými (44600 domů nájemných na 1790 domů atriových). Výška domů byla nejprve omezena na cca 20,7 m později na 17,5 m. Nájemné domy byly nejčistěji 4 až 5ti ale i vícepodlažní. Fasáda je členěna mnoha okny a průběžnými balkóny, arkýři. Okna mají okenice, často jsou zakryta látkou, sklo je poměrně vzácné. V přízemí byly často byty majetných občanů, nebo dílny a obchody - obr. 2.15.

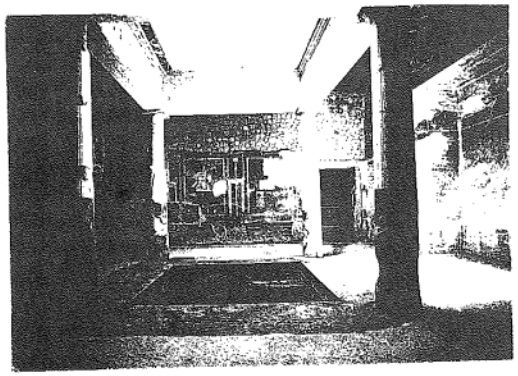


Obr. 2.12: Venkovská vila - Pompeje (79 n.l.) - vykopána 1959 / 26 /

Římané vytvořili monumentální vnitřní prostor, zcela volný, nezaplněný sloupy. Vědomě využívají světlo k tvarování vnitřního prostoru. Světlo v interiéru se stává impulsem pro rozvoj kleneb a ten zpětně ovlivňuje velikost oken. Okno má dvě základní funkce - osvětlení interiéru a spojení vnitřního umělého prostoru s vnějším prostorem, s přírodou (vizuální kontakt). U římských lázní přibírá ještě funkci slunečního kolektoru. Od 1. stol. n.l. je užíváno v oknech sklo.

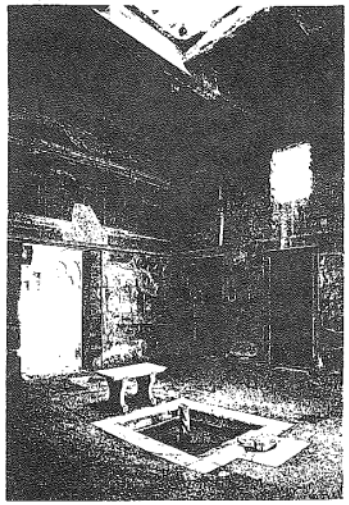


Obr. 2.15: Nájemný dům pro dělníky z doku - Ostie. Půdorys a rekonstrukce pohledu /24/



Obr. 2.14: Vila v Pompejích / 57 /

a) atrium



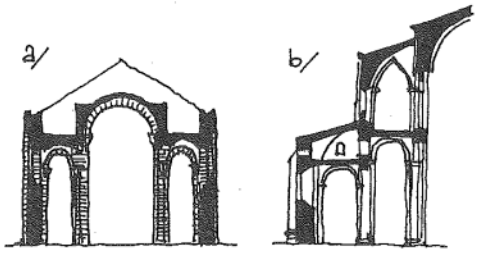
b) horní osvětlení domu v Herkulaneu

2.1.4. Středověká architektura (časové období cca 500 - 1500 n.l.)

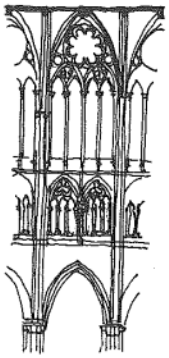
Zahrnuje předrománské, románské a gotické období. Myšlenkovou náplní se stává křesťanství. Úsilí o spojení s Bohem má úzkou souvislost s výtvarným uměním a odráží se v architektuře. Klenba s použitím kamene a pálené cihly výrazně ovlivňuje tvorbu prostoru. Hmota je rozčleněna do mnoha tvarů, aby se co nejméně uplatňovala. Určujícím slohem se postupně stává gotika (vzniká po roce 1150).

Křesťanské chrámy se zásadně liší od chrámů starověkých. Jsou shromaždištěm věřících - což vyžaduje vytvoření volného prostoru. Vyvíjí se podélný jedno a vícelodní (bazilika) a centrální typ chrámu, jehož prostor je poměrně spoře osvětlen a jasně ohraničen stěnami - obr. 2.16. Gotická katedrála se stává nejcharakterističtějším stavebním typem tohoto slohu. Stěny vymezující prostor se mění v soustavu mohutných pilířů, okenních otvorů a výplňkového zdiva - obr. 2.17. Rozetové okno je symbolem slunce a světla. V rafinovaném užití světla vyniká klenba a celý odhmotněný prostor.

Ústřední knihovna Praha

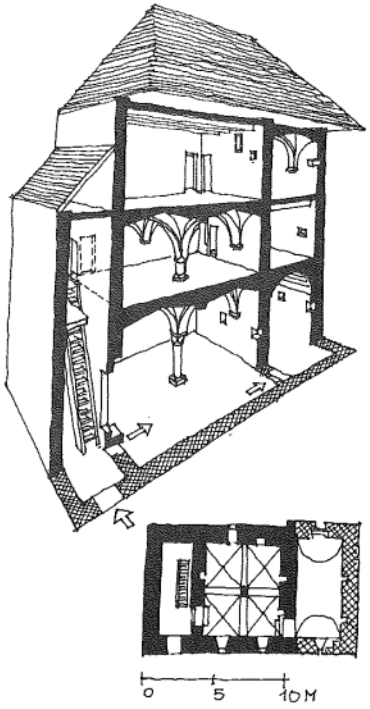


Obr. 2.16: Osvětlení románské baziliky

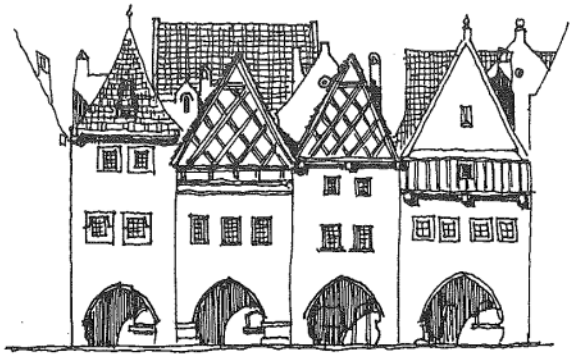


Obr. 2.17: Stěna s okny hlavní lodi gotické katedrály /60/

V obytných stavbách se středověké kamenné stavitelství rovněž rozsáhle uplatňovalo. Románské soukromé městské domy zpravidla napodobují palácové budovy a podle územní polohy se značně liší. K nejstarším patří pražské domy z konce 12. a začátku 13. století - obr. 2.18. Od druhé poloviny 13. Století je tento dům vytlačován domem gotickým, který často vychází z románského půdorysu. Městská zástavba vytváří souvislou uliční frontu - obr. 2.19. Osvětlení vnitřního prostoru není věnována zvláštní pozornost.



Obr. 2.18: Románský obytný dům v Praze



Obr. 2.19: Gotické domy na Malostranském náměstí v Praze

2.1.5. Renesanční architektura (časové období cca 15. až 17. stol.)

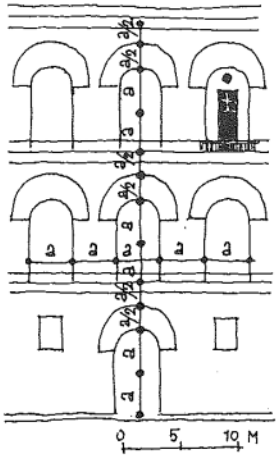
Renesanční architektura navazuje na starověkou architekturu i životní styl tohoto období. Smyslem života člověka se stává jeho pozemské bytí. Vytváří se nový názor na prostor a hmotu - prostor je jasně tvarově vymezen, hmota zdůrazněna. V tvorbě se uplatňují zákony a pravidla vycházející z vědeckého poznání.

V chrámových stavbách převládá centrální typ, který je zakončen kopulí. Osvětlení bazilikální - okny umístěnými v kruhové nebo polygonální základně kopule.

Obytné stavby - paláce, městské domy. Paláce jsou rozložité budovy s vnitřním dvorem obklopeným arkádami. Průčelí ploché, dominantním prvkem se stávají okna. Nadpraží rovná nebo oblouková, je používán nadsvětlík a dřevěné okenice - obr. 2.21. Rozměry okna navrhovány podle pravidel respektujících modulační proporce fasády i vnitřního prostoru - obr. 2.20. Pevná pravidla vypracoval Palladio (1508 ÷ 1580) na základě studia Vitruvia.

1. Výšku okna tvoří 2 díly z 3,5 dílů světlé výšky podlaží, šířka okna je (1 - 1/6) dílu.
2. Šířka okna 1/5 až 1/4 šířky pokoje
3. Výška okna (2+1/6) x šířka okna
4. Proporce pokoje 5:3 (hloubka : šířce)

Obr. 2.21: Příklady tvarování renesančních oken /60/



Obr. 2.20: Modulační síť fasády paláce Pitti ve Florencii - Brunelleski /23

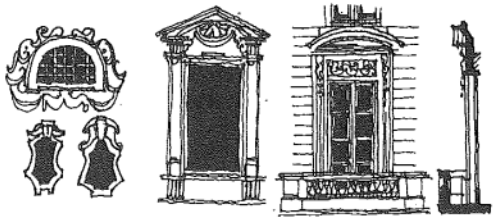
Renesanční městský dům je menší obdobou paláce. V Čechách byl realizován jen vyjímečně, většinou pouze slohové a materiálové úpravy fasád (štíty). Klenba se uplatňuje i v obytných budovách.

Obecně okno a vstupní portál jsou významným architektonickým prvkem průčelí budov. Vyvíjí se tvar a orámování oken. Rozměry a proporce oken se váží na průčelí jako celek, ale i na vnitřní prostor s ohledem na jeho osvětlení přírodním světlem. Zasklívá se dále do olova - čočky - ale zároveň se vyvíjí výroba skla, což umožňuje zasklívat větší plochy. U venkovských sídel se objevuje „nová" úloha okna - výhled do přírody.

2.1.6. Barokní architektura (cca 17. ÷ 18. stol.)

Barokní architektura ustupuje od úměrnosti a řádu. Přináší neklid a dojem pohybu. Krajina je ve větší míře začleněna do architektury.

V chrámové architektuře je pravoúhlý půdorys zprohýbán křivkami, vnitřní prostory jsou propojeny. Světlo má v tvorbě prostoru významnou úlohu. Umocňuje pocity, vytváří dojem pohybu, spoluvytváří představy dalekých prostorů. Okno dostává nové rámování a tvar - kasulový, půlkruhový - obr. 2.22.



Obr. 2.22: Tvary barokních oken /60/

Paláce, zámky - jejich půdorys je uvolněn; místo uzavřeného dvora jsou křídla, propojená se zahradou a parkem. Městské domy se vyznačují bohatým dekorem průčelí, oken i říms - hra světla a stínu - obr. 2.23.

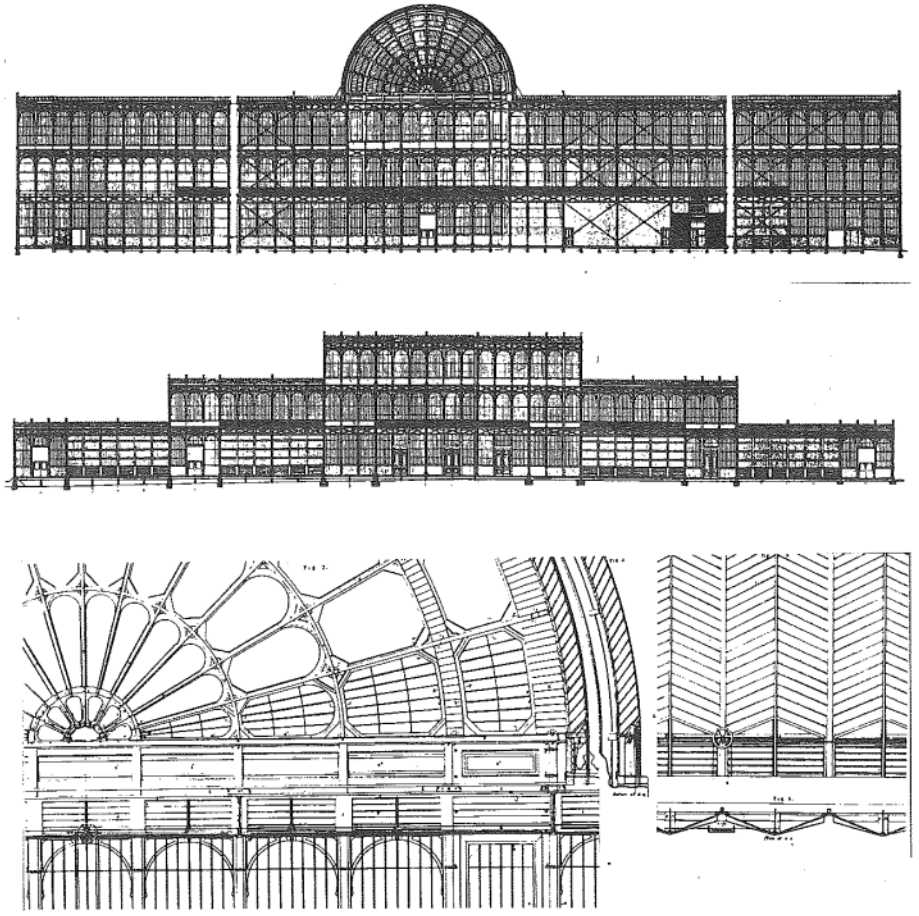
Obr. 2.23: Dům u Zlatého jelena na Malé Straně (K. a K.I.Dinzenhoferové)

Barokní stavění se promítlo i do lidové architektury použitím klenby a přetvořením prvků „velké" architektury na průčelí vesnických domů - obr. 2.2.4. Vnitřní prostor není vědomě světlem tvarován. V nastupujícím zděném stavitelství se původní třídílná disposice (světnice, síň s černou kuchyní, komora) obohacuje zvýšením do patra.

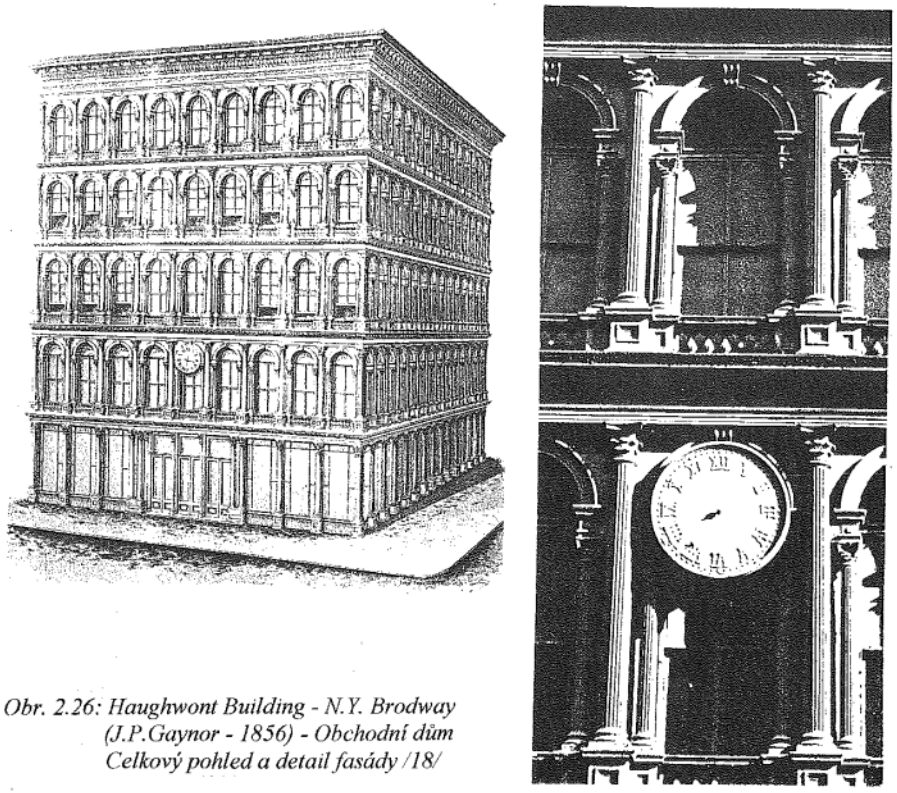
Obr. 2.24: Lidová barokní architektura jižních Čech

2.1.7. Architektura 19. a 20. století

V celém 19. století převládá slohově a tvarově nejednotná architektura historických návratů, volených bez ohledu na funkční typ budovy. Stavby chrámů, klášterů a paláců ustupují do pozadí a vznikají nové druhy staveb: továrny, kancelářské budovy, školy, tržnice, obchod. domy - obr. 2.26 musea, nemocnice atd., vily měšťanů, ale také městské nájemné domy a kolonie dělnických domků. V druhé polovině 19. století se prosazuje tzv. inženýrská architektura na bázi litiny a oceli, zvláště v souvislosti se Světovými výstavami. Dominují celoprosklenné monumentální haly - obr. 2.25. Na přelomu 19. a 20. století vznikají hospodářské, sociální a kulturní podmínky, které podmiňují vznik moderní architektury, architektury odmítající tradice v dispozici, konstrukci i vnější vzhledové formě. Motivací se stává funkce a účelnost, ekonomika opřená o možnosti hromadné výroby.

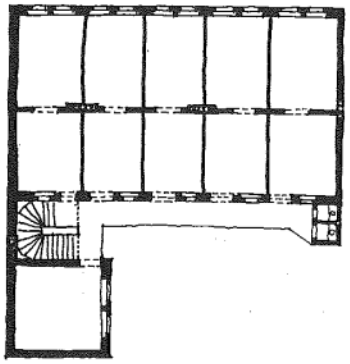


Obr. 2.25: Crystal Palace - Londýn 1851 - Pohled, řez a detail zasklení /25/



Obr. 2.26: Haughwont Building - N.Y. Brodway (J.P.Gaynor - 1856) - Obchodní dům Celkový pohled a detail fasády /18/

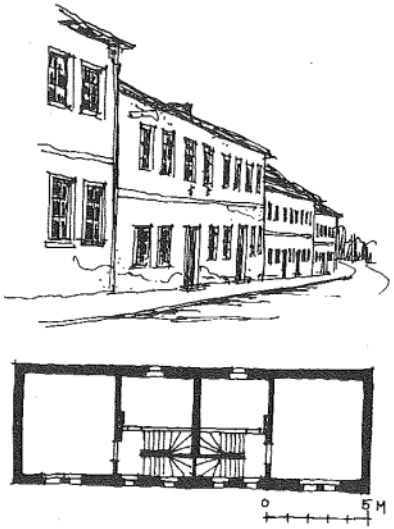
U obytných budov 19. století převládá ve městě nájemný dům, často pavlačový s byty o jednom maximálně o dvou pokojích, bez hygienického vybavení (WC společné na chodbě či pavlači) viz. obr.2.27. Osvětlení denním světlem není věnována zvláštní pozornost, v mnoha případech je nedostatečné. Dispozice domu je limitována setrvávající hlubokou parcelou. Později realizovány domy schodišťového typu, většinou třítraktové s mnoha neosvětlenými a nevětranými prostory. Není přihlíženo k orientaci budovy na světové strany (využívání slunce). V blízkosti továren, které se přesouvají na okraj města vznikají kolonie dělnických domků viz. obr. 2.28, 2.29.



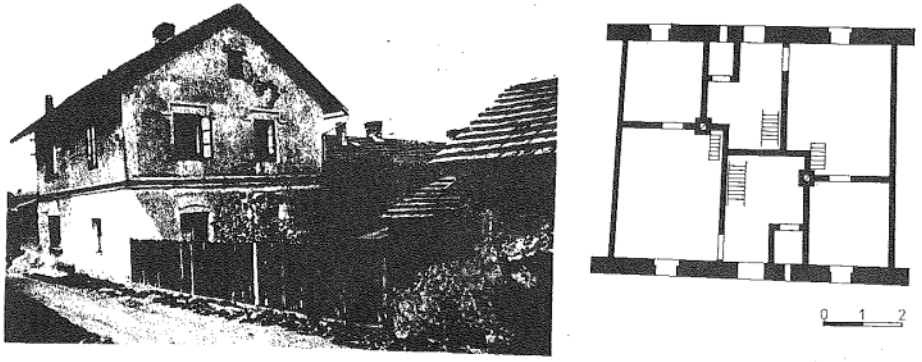
Obr. 2.27: Půdorys nájemného domu v Praze - Žižkově /15/

K pronikavé změně ve způsobu bydlení dochází na počátku 20. století. Moderní architektura formuluje a vypracovává koncepci účelného, pohodlného bytu, propojeného velkými okny, balkóny a terasami s vnějším, prostředím jak v rodinném tak i nájemním městském domě - s dostatkem světla a slunce.

V roce 1926 Le Corbusier píše: „Okno patří k základním elementům domu. Železobeton znamená v historii okna revoluci. Okna mohou probíhat bez přerušení po celé délce fasády."
Obr. 2.30 a 2.31

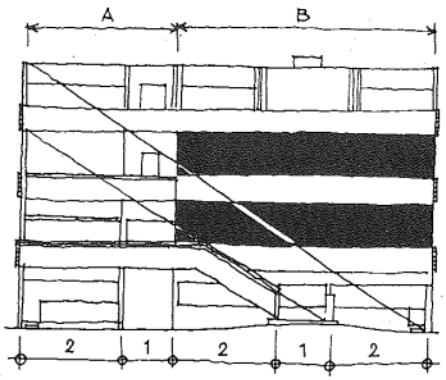


Obr. 2.28: Dělnická kolonie Praha-Smíchov Mrázovka (nakresleno podle 15/)



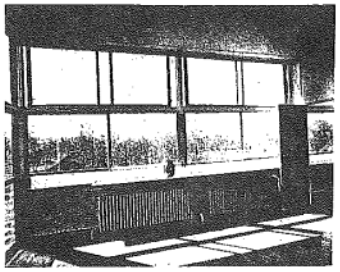
Obr. 2.29: Dělnická kolonie „ Brandýsek „ - Kladno 1852 /15/

Shrnutí
Koncem 19.stol. se okna výrazně mění, seskupují se, mizí vysoké okno z období baroka a následného empíru. Secese přináší uvolnění a rozmanitost tvarů. Postupně okno nabývá tvaru čtvercového a protáhlého až průběžného po celé délce průčelí.

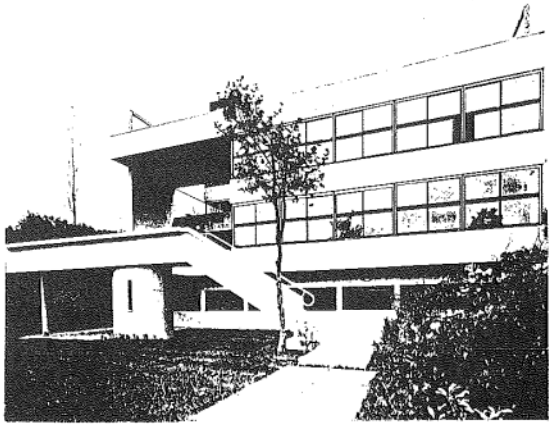


Obr. 2.30: Modulace fasády domu v Garches - Le Corbusier 1927 /43/

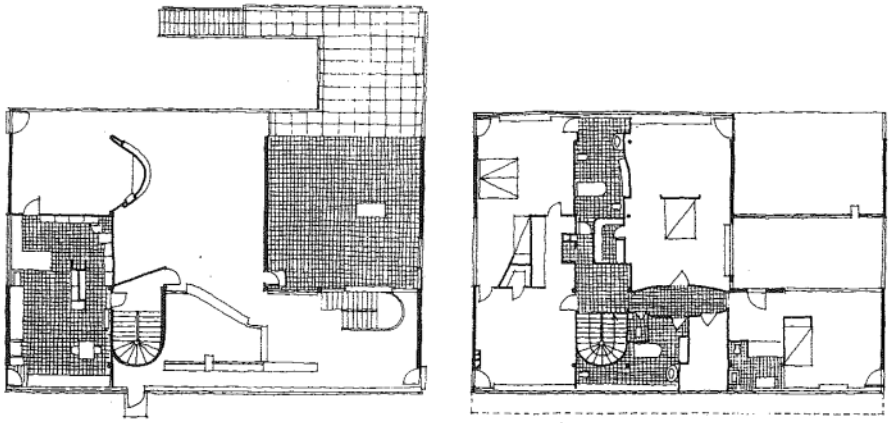
Okno v moderní architektuře dostává funkční tvar, reaguje na potřebu denního osvětlení, oslunění, spojení s vnějším prostředím a větrání. Přestává být jen slohovým dekorativním prvkem.



Jídelna



Pohled ze zahrady



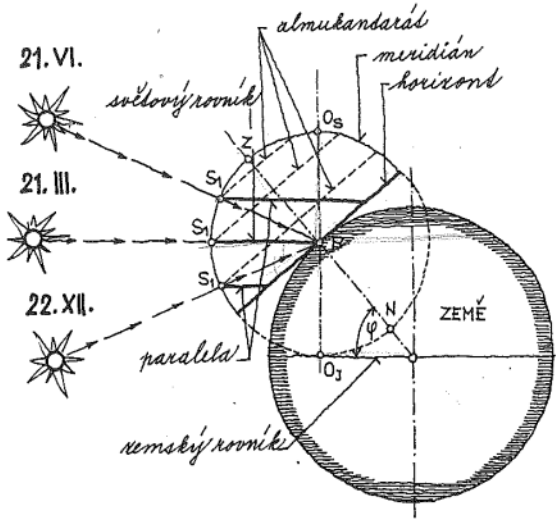
Obr. 2.31: Dům v Garches a) Půdorys 1 a 2 patra /43/

Znalost a pochopení motivací i forem vztahu slunce (světlo) - prostor - člověk v jejich historickém vývoji je důležitým předpokladem pro současnou tvorbu. Nejen proto, že dochází k jejich transformovanému uplatnění, ale především proto, že umožňuje jak vědomé začlenění do kontinuity vývoje, tak i její odmítnutí.

3. Základy sférické astronomie

Pro sledování změn slunečního záření jsou důležité dva pohyby, které Země koná ve vesmírném prostoru. V průběhu roku obíhá kolem Slunce po mírně výstředné eliptické dráze a v průběhu dne se otáčí kolem své vlastní osy. Doba oběhu Země kolem Slunce je přibližně 365,26 dní. Každý rok 3. ledna prochází Země periheliem, kdy je vzdálenost Země od Slunce nejmenší cca 147.10^6 km, 3. dubna a 5. října je tato vzdálenost průměrná cca 149,6. 10^6 km a 4. června při apoheliu je největší cca 152.10^6 km. Odhlédneme-li od jistých dlouhodobých a proto pro naše sledování nepodstatných změn (precese, nutace), zachovává si zemská osa v prostoru stále stejný směr. Rovina zemského rovníku tak svírá s rovinou ekliptiky stále stejný úhel 23,45°.

Pozorovatel na zemském povrchu vnímá tyto pohyby jako změny polohy slunce na obloze. K popisu těchto změn slouží sférická astronomie, kdy reálný *heliocentrický systém* (Slunce je středem, kolem kterého se Země otáčí) se nahrazuje *topocentrickým sférickým systémem*, kde středem je místo pozorování na zemském povrchu. Změny polohy slunce i ostatních nebeských těles se pak sledují jako průměty na myšlené kulové ploše – *hemisféře* – se středem v místě pozorování. K tomu slouží dvojí systém souřadnic.



Obr. 3.1: Topocentrický systém v řezu s kulminací slunce při letním a zimním slunovratu a při rovnodennosti

3.1. Horizontové souřadnice

Horizontové souřadnice jsou definovány vzhledem k vodorovné rovině vedené místem pozorování. Tato rovina protíná hemisféru v kružnici zvané *horizont*. Svislá osa procházející místem pozorování protíná hemisféru ve dvou bodech: *zenitu* Z a *nadiru* N. Vodorovná rovina vedená průmětem S_1 slunce na hemisféře protíná hemisféru v kružnici zvané *almukantarát slunce*. Svislá rovina vedená bodem S_1 a místem pozorování se nazývá *vertikál slunce*. Polohu slunce vzhledem k pozorovateli a jeho stanovišti na zemském povrchu lze v každém okamžiku stanovit pomocí dvou úhlů.

Výška slunce $h_o[°]$ je úhel, který svírá sluneční paprsek s horizontální rovinou proloženou místem pozorování. Je-li slunce nad obzorem, má jeho výška vždy kladnou hodnotu. Své maximální hodnoty nabývá výška slunce při *kulminaci*. Ke kulminaci dochází vždy v poledne pravého slunečního času, kdy v našich zeměpisných šířkách je slunce vždy na jihu – má nulový azimut. Namísto výšky slunce se někdy používá *zenitová vzdálenost slunce* $z_o = 90° - h_o$.

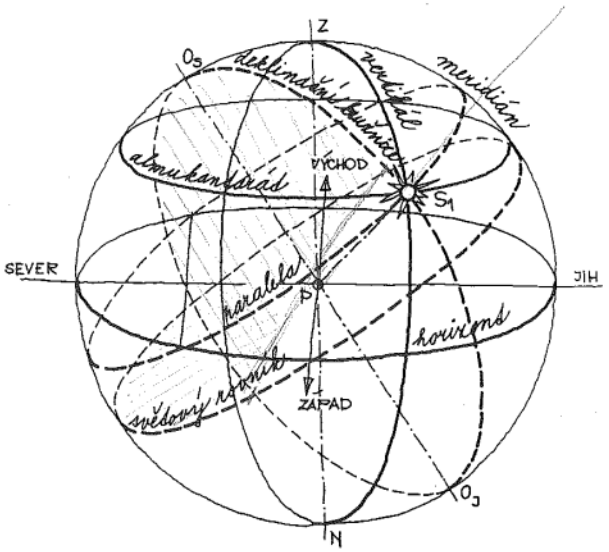
odborná knihovna Praha

Azimut slunce A_o [°] je úhel, který svírá kolmý průmět slunečního paprsku do vodorovné roviny s jižním směrem. Azimut slunce nabývá záporných resp. kladných hodnot, nachází-li se slunce východně resp. západně od jižního směru. V poledne, kdy slunce kulminuje a je pro naši zeměpisnou polohu slunce vždy na jihu, je azimut nulový, dopoledne nabývá záporných a odpoledne kladných hodnot.

3.2. Rovníkové souřadnice

Rovníkové souřadnice jsou definovány k rovině světového rovníku. Rovina světového rovníku je vedena místem pozorování rovnoběžně s rovníkem planety Země. Hemisféru protíná v kružnici zvané *světový rovník*. Osa kolmá k rovině světového rovníku protíná hemisféru ve dvou bodech: ve světovém severním O_s a světovém jižním pólu O_j.

Rovina vedená průmětem S_1 slunce na hemisféře rovnoběžně (paralelně) s rovinou světového rovníku se nazývá *paralela slunce*. Jen dvakrát v roce v okamžiku rovnodennosti je paralela slunce totožná se světovým rovníkem. Rovina vedená bodem S_1 a místem pozorování kolmo k rovině světového rovníku se nazývá *deklinační kružnice slunce*. Při kulminaci slunce je deklinační kružnice totožná s vertikálem slunce a tvoří významnou kružnici, která se nazývá *meridián*. V meridiánu leží oba světové póly, zenit i nadir. Úhlová vzdálenost severního světového pólu od horizontu i úhlová vzdálenost zenitu od světového rovníku je *zeměpisná šířka* φ [°] místa pozorování. Polohu slunce vzhledem k pozorovateli a jeho stanovišti na zemském povrchu lze i v rovníkových souřadnicích v každém okamžiku stanovit pomocí dvou úhlů.



Obr. 3.2: Prvky topocentrického systému /50/

Deklinace δ [°] je v rovníkových souřadnicích obdobou výšky slunce. Je to úhel, který svírá sluneční paprsek s rovinou světového rovníku. Hodnota deklinace se mění v průběhu roku a může nabývat hodnot od -23,45° dne 22. prosince (zimní slunovrat) do +23,45° dne 21. června (letní slunovrat), přičemž 21. března a 23. září (jarní a podzimní rovnodennost) je hodnota deklinace nulová. Hodnoty deklinace pro jednotlivé dny v roce se rok od roku nepatrně mění a lze je nalézt ve hvězdářských ročenkách, pro technickou praxi však vystačíme se vztahem převzatým z literatury [50]

$$\delta = 23{,}45 \sin (0{,}98\ D + 29{,}7\ M - 109) \qquad (3.1)$$

kde D je číslo dne a M číslo měsíce v datu posuzování.

Hodinový úhel τ [°] je v rovníkových souřadnicích obdobou azimutu. Je to parametr závislý na hodnotě *pravého slunečního času* PSČ [h] a mění se v průběhu dne podle vztahu

$$\tau = 15\ (PSČ - 12) \qquad (3.2)$$

kde PSČ nabývá během dne hodnot z intervalu 0 až 24. Znaménková konvence pro hodinový úhel je obdobná jako u azimutu slunce. Dopoledne jsou hodnoty záporné, v poledne je hodinový úhel rovný nule a odpoledne nabývá kladných hodnot. Pravý sluneční čas PSČ však není shodný s časovými údaji středoevropského času, které ukazují naše hodinky.

3.3. Časová rovnice

Pravý sluneční čas PSČ získáme rozdělením intervalu mezi dvěma za sebou následujícími kulminacemi slunce na 24 hodin. V souladu s druhým Keplerovým zákonem není však pohyb Země po dráze kolem Slunce rovnoměrný. Během roku se tak délka pravého slunečního dne mění a pravý sluneční den proto nemůže být základem jednotného času. Tato nevýhoda se odstranila zavedením *středního slunečního času* SSČ. Vychází se přitom z idealizovaného předpokladu, že Země obíhá kolem Slunce konstantní rychlostí po kruhové dráze s poloměrem, který se rovná střední vzdálenosti Země od Slunce. Časový rozdíl mezi pravým a středním slunečním časem určuje *časová rovnice* η [h].

$$\eta = PSČ - SSČ \qquad (3.3)$$

Hodnoty časové rovnice se odvozují z astronomických pozorování a lze je nalézt v astronomických ročenkách. Přibližně platí vztahy

$$\eta = 0{,}125 \sin (32° - t) - 0{,}165 \sin (2t - 38°) \qquad (3.4)$$

$$t = 0{,}98° D + 29{,}7° M \qquad (3.5)$$

kde D je číslo dne a M číslo měsíce v datu posuzování.

Stejná hodnota slunečního času platí ve všech místech na jednom zemském poledníku. Časový rozdíl příslušný k rozdílu 1° zeměpisné délky je

$$\Delta = \frac{24}{360} = 0{,}066\overline{6}\ \text{hod} = 4\ \text{minuty}$$

Rozdílu 15° zeměpisné délky pak odpovídá jedna hodina. Země byla rozdělena po 15° na 24 časových pásem vždy s rozdílným časem o jednu hodinu. *Středoevropský čas* SEČ je totožný s SSČ na poledníku λ = 15° východní zeměpisné délky (v.z.d.) a platí pro celé pásmo mezi poledníky od λ = 7,5° do λ = 22,5° v.z.d. Pravý sluneční čas lze stanovit v závislosti na SEČ a na zeměpisné délce λ [°] místa pozorování pomocí vztahu

$$PSČ = SEČ + \frac{\lambda - 15°}{15°} + \eta \qquad (3.6)$$

3.4. Výpočet azimutu a výšky slunce

Pro stanovení doby oslunění resp. stínění posuzovaného místa v exteriéru, na průčelí budovy nebo i v jejím vnitřním prostoru je důležité znát parametry zdánlivé dráhy slunce po obloze. Těmito parametry jsou azimut a výška slunce. K jejich výpočtu je třeba znát tři údaje:

1) zeměpisnou šířku místa posuzování φ [°]
2) deklinaci δ [°]
3) hodinový úhel τ [°]

Pro celé území České republiky lze v technických výpočtech použít hodnotu φ = 50°. Hodnotu deklinace resp. hodinového úhlu stanovíme podle vztahů (3.1) a (3.2). Požaduje-li se vazba výpočtu na SEČ, pak je nutno použít i časovou rovnici.

Pomocí dále uvedených vztahů převzatých z literatury [47] lze stanovit azimut A_o a výšku h_o slunce pro libovolné místo na severní polokouli a libovolný časový okamžik během roku.

$$\sin h_o = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos\tau \tag{3.7}$$

$$\cos A_o = \frac{\operatorname{tg}\varphi}{\cos h_o}\left(\sin h_o - \frac{\sin\delta}{\sin\varphi}\right) \tag{3.8}$$

Pro výpočet výšky kulminace slunce, kdy τ = 0, lze vztah (3.7) upravit na

$$h_o = 90° - \varphi + \delta \tag{3.9}$$

Například pro letní resp. zimní slunovrat je pro naši zeměpisnou šířku výška h_o [°] kulminace slunce

$h_o = 90° - 50° \pm 23{,}45 = 63{,}45°$ resp. $16{,}55°$

Ze vztahu (3.7) lze určit i hodinový úhel τ_1 [°] resp. τ_2 [°] při východu resp.západu slunce

$$\tau_{2,1} = \pm \arccos(-\operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\delta) \tag{3.10}$$

Časový interval mezi pravým slunečním časem východu a západu slunce se nazývá *astronomicky možný sluneční svit* S_a [h]. Lze ho stanovit pomocí jednoduchého vztahu

$$S_a = \frac{\tau_2}{7{,}5} \tag{3.11}$$

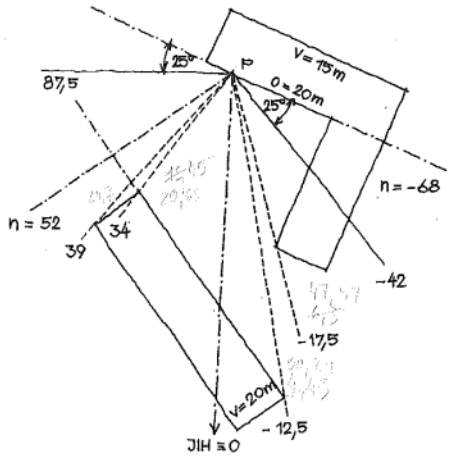
4. Grafické způsoby znázornění slunečních drah

Protože přesný výpočet podle vztahů uvedených v kapitole 3 je relativně pracný, používají se v praxi pro určení polohy slunce na obloze a pro stanovení doby oslunění grafické pomůcky. Z nich nejužívanější jsou pravoúhlý sluneční diagram, stereografický sluneční diagram a diagram zastínění. Méně užívané jsou diagramy: ortografický, ekvidistantní a kotangensový.

4.1. Pravoúhlý sluneční diagram

Pravoúhlý sluneční diagram je zobrazení zdánlivé sluneční dráhy v pravoúhlých souřadnicích, kde abscisou je azimut A_o a pořadnicí výška h_o slunce. V příloze 3 je pravoúhlý sluneční diagram sestrojený pro 50° severní zeměpisné šířky. Plnou čárou jsou zakresleny *datumové křivky* znázorňující zdánlivou dráhu slunce ve vybraných dnech v roce. Přerušovanou čárou jsou zakresleny *hodinové křivky* spojující místa polohy slunce vždy v určitou hodinu během celého roku.

Pro zjišťování doby stínění okolní výstavbou a jinými překážkami se používá *doplňkový diagram stínicích překážek* (příloha 4). Jedná se o zobrazení v pravoúhlých souřadnicích, kde abscisou je azimutální odklon od kolmice vedené z posuzovaného místa ke stínicí překážce a pořadnicí *elevační úhel* ε [°] stínicí překážky. Vodorovné hrany vertikálních překážek (např. atiky budov s plochou střechou) pro různé elevační úhly jsou na diagramu zobrazeny plnými čárami. Přerušovanými čárami jsou znázorněny vodorovné hrany překážek půdorysně kolmých k původně zobrazované překážce, což umožňuje snazší konstrukci diagramu trojrozměrných objektů jako jsou budovy ap. S oběma diagramy se pracuje pomocí průsvitného papíru tak, že doplňkový diagram je možno v systému pravoúhlého slunečního diagramu vodorovně posouvat tak, aby počátek doplňkového diagramu se ztotožnil s azimutem A_n [°] kolmice vedené z posuzovaného místa ke stínicí překážce. Ve směru této kolmice se také zjišťuje elevační úhel ε [°], který se stanoví z *odstupu* o [m] a *převýšení* v [m] překážky nad posuzovaným místem podle vztahu

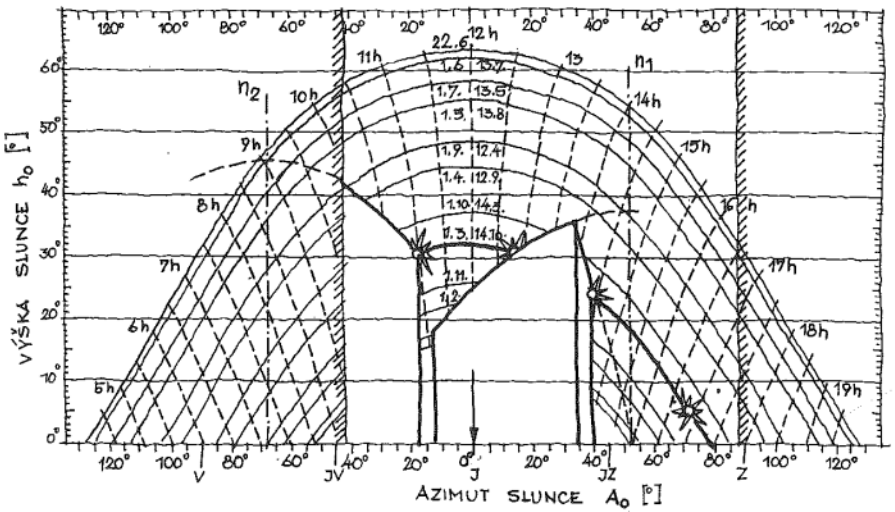


Obr. 4.1: Příklad urbanistické situace

$$\operatorname{tg}\varepsilon = \frac{v}{o} \tag{4.1}$$

Na obr. 4.1 je znázorněna jednoduchá urbanistická situace s posuzovaným místem P na rovinném terénu. Dobu dopadu slunečních paprsků do místa P ve vybraných dnech v roce včetně uvažování stínění okolní zástavbou lze odečíst pomocí hodinových křivek z pravoúhlého slunečního diagramu na obr 4.2. V příkladě na obrázku bude dne 1.III. slunce

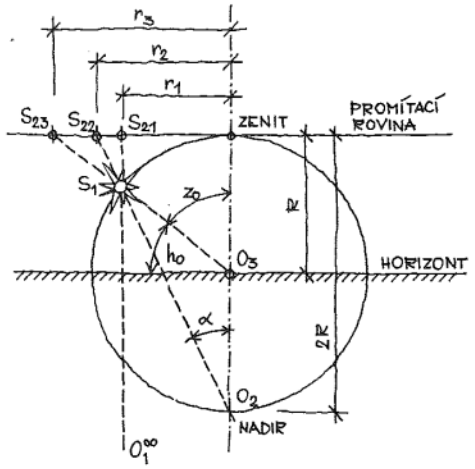
svítit do posuzovaného místa v intervalech od 11,00 do 12,50 hodin a 14,25 do 16,50 hodin, kdy výška slunce klesá pod hodnotu 5°. Výhodou pravoúhlého slunečního diagramu je jeho názornost a možnost zjišťování délky slunečního svitu v kterýkoli den v roce. V obou dílčích diagramech lze mezi křivkami interpolovat. Nevýhodou zejména pro posuzování v místech s nízkou zeměpisnou šířkou je zkreslení slunečních drah v oblasti okolo zenitu.



Obr. 4.2: Příklad použití pravoúhlého slunečního diagramu

4.2. Polární diagramy

Na rozdíl od pravoúhlého slunečního diagramu lze polární diagramy sestrojit relativně jednoduchým geometrickým postupem, který spočívá v promítání obrazu S_1 slunce na hemisféře do vodorovné roviny (obr. 4.3). Geometrická místa průmětů S_2 slunce do této roviny pro jednotlivé dny v roce resp. jednotlivé hodiny pak tvoří datumové a hodinové křivky v diagramu. Poloměr polárního diagramu závisí na poloměru R [m] myšlené hemisféry. Jednotlivé typy diagramů se navzájem odlišují různou polohou středu promítání. Pro každý diagram lze odvodit vztah mezi výškou slunce h_o [°] a vzdáleností r [m] průmětu S_2 slunce od středu diagramu.



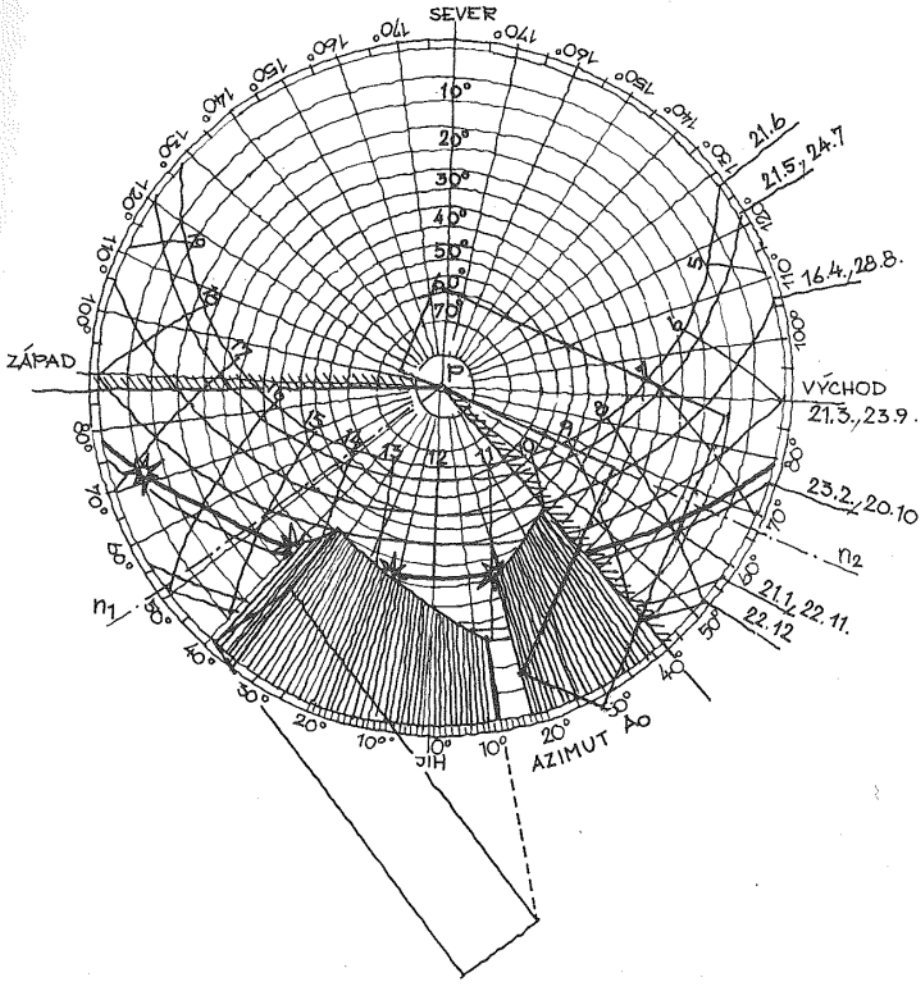
Obr. 4.3: Schématické znázornění způsobů projekce polohy slunce na obloze

4.2.1. Ortografický diagram

Obrazy S_1 slunce na hemisféře se promítají svisle do vodorovné roviny. Střed promítání je v nekonečnu.

$$r_1 = R \cos h_o = R \sin z_o \qquad (4.2.)$$

V ortografickém slunečním diagramu mají zdánlivé dráhy slunce (datumové křivky) tvar eliptických křivek. Nevýhodou ortografického slunečního diagramu je malá rozlišitelnost datumových a hodinových křivek při nízkých výškách slunce a tím i snížená přesnost diagramu pro tyto polohy.



Obr. 4.4: Příklad použití stereografického slunečního diagramu

4.2.2. Stereografický sluneční diagram

Nevýhoda předchozího diagramu je podstatně snížena ve stereografickém slunečním diagramu. Tento diagram vzniká jako centrální průmět oblohové hemisféry se zdánlivými dráhami slunce na vodorovnou rovinu vedenou v místě posuzování, kde středem promítání je nadir.

$$r_2 = 2R \operatorname{tg}\alpha = 2R \operatorname{tg}\frac{z_o}{2} = 2R \operatorname{tg}\frac{90° - h_o}{2} \qquad (4.3.)$$

Stereografický diagram sestrojený pro 50° severní zeměpisné šířky je v příloze 5. Má tvar kruhu, kde stupnice azimutů se nachází na jeho obvodě a stupnice výšek slunce je zobrazena jako soustava soustředných kružnic. Stejně jako pravoúhlý obsahuje stereografický diagram datumové i hodinové křivky drah slunce. Specialitou a výhodu stereografického zobrazení je skutečnost, že všechny tyto křivky jsou kruhovými oblouky.

Doplňkový diagram stínicích překážek je v příloze 6. S diagramy se pracuje opět pomocí průsvitky tak, že se ztotožní jejich středy Z (zobrazení zenitu) a doplňkovým diagramem se okolo tohoto středu otáčí tak, aby paprsek tohoto diagramu vycházející ze středu Z označený nulou se ztotožnil s azimutem A_n. Ke zobrazení stínicí překážky se použije jeden z oblouků doplňkového diagramu v závislosti na elevačním úhlu překážky stanoveném pomocí vztahu (4.1). Řešení situace z obr. 4.1 je provedeno na obr. 4.4.

Stereografický sluneční diagram lze s úspěchem použít ke zobrazení zdánlivých slunečních drah pro kterýkoli den v roce a pro libovolnou zeměpisnou šířku posuzovaného místa včetně možnosti zobrazení polohy slunce v zenitu.

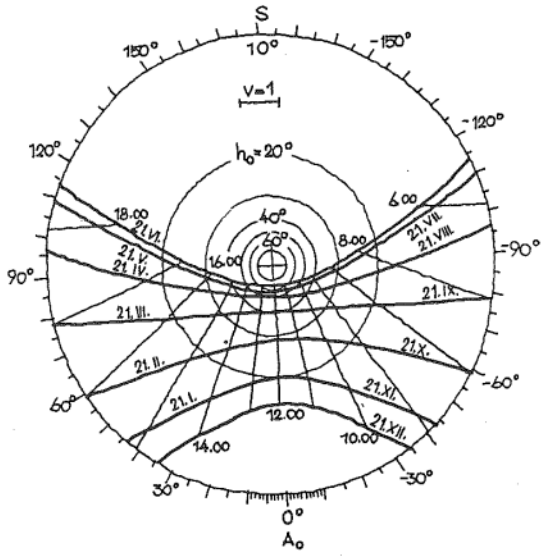
4.2.3. Kotangensový diagram

Kotangensový diagram sestrojíme gnomonickým promítáním. Střed promítání je ve středu hemisféry.

$$r_3 = R \,.\, \operatorname{tg} z_o = R \,.\, \operatorname{cotg} h_o \qquad (4.4)$$

Hodinové křivky mají v tomto diagramu tvar svazku přímek, datumové křivky jsou hyperboly s výjimkou křivky pro rovnodennost, která je přímkou (hyperbola s nulovou excentricitou). velikost diagramu není omezena, protože obraz S_2 slunce při jeho východu resp. západu se nachází v nekonečnu

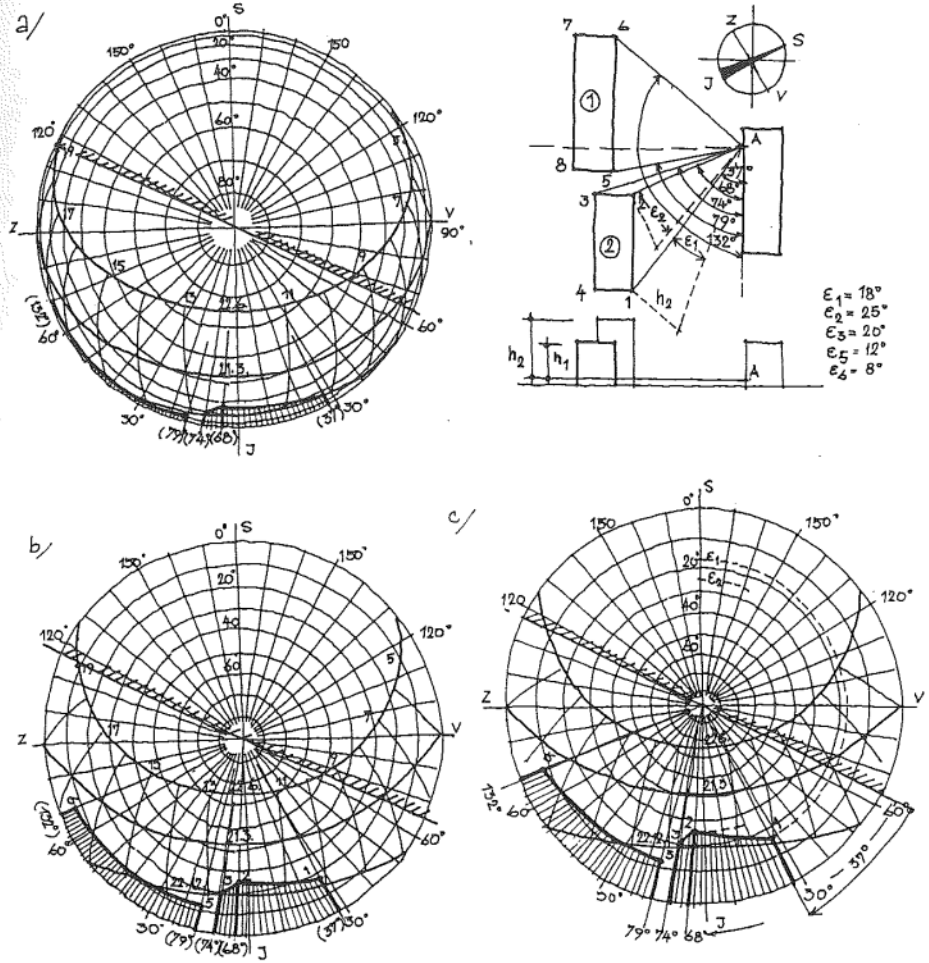
$$r_3 = \lim_{h_o \to 0} (\operatorname{cotg} h_o) = \infty \qquad (4.5)$$



Obr. 4.5: Kotangensový diagram /50/

Místo východu nebo západu slunce tak nelze v kotangensovém diagramu zobrazit, což je nevýhodou této grafické pomůcky. Naopak výhodou je skutečnost, že vzdálenost průmětu S_2 slunce v diagramu od středu diagramu udává přímo délku stínu na vodorovné rovině způsobenou svislou překážkou jednotkové výšky. Kotangensový sluneční diagram sestrojený pro 50° severní zeměpisné šířky je na obr. 4.5.

Gnomonická projekce se používá při konstrukci slunečních hodin. Kotangensový diagram se v transformované podobě používá jako diagram zastínění.



Obr. 4.6: Příklad znázornění stínicích překážek v a) ortografickém, b) ekvidistantním, c) stereografickém zobrazení

4.2.4. Ekvidistantní diagram

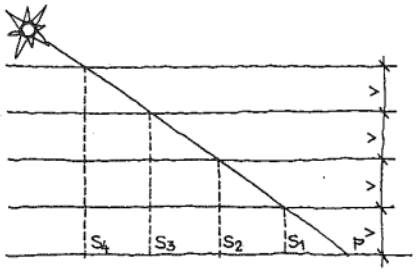
Stupnice výšek slunce v polárních diagramech má vždy charakrter soustředných kružnic. Ani v jednom z předchozích typů diagramů však není tato stupnice lineární, což činí potíže při interpolaci. V ekvidistantním diagramu je vzdálenost hlavních kružnic hemisféry rovnoměrná. Jejich poloměr se určí ze vztahu

$$r_4 = R\left(1-\frac{2h_0}{\pi}\right) \qquad (4.6)$$

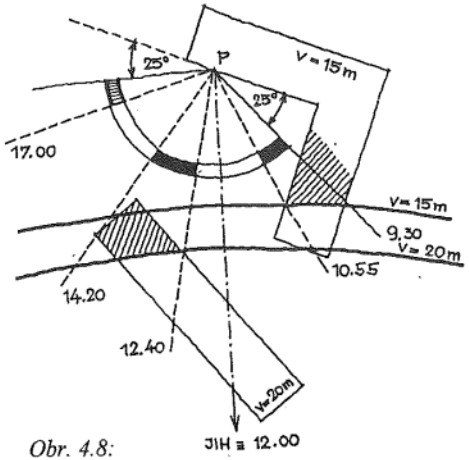
Ekvidistantní diagram nelze geometricky sestrojit jednoduchým promítáním. Pro porovnání je na obr. 4.6 řešena tatáž situace pomocí ortografického, ekvidistantního a stereografického slunečního diagramu .

4.3. Diagram zastínění

Diagram zastínění je velmi praktickou pomůckou pro stanovení doby oslunění v konkrétních urbanistických situacích. Vzniká jako společný průmět většího počtu kotangensových slunečních diagramů s různými jednotkovými výškami *v* do vodorovné roviny procházející místem posuzování. Na obr 4.7 je znázorněn vznik diagramu zastínění složeného ze čtyř kotangensových diagramů. Universální diagram zastínění by byl velmi nepřehledný a proto se konstruují tyto diagramy vždy jen pro určité z hlediska normových požadavků důležité vybrané datum v roce. Diagram zastínění pro 50° severní zeměpisné šířky a pro den 1. března je v příloze 1 a pro den 21. června v příloze 2.



Obr. 4.7: Konstrukce diagramu zastínění



Obr. 4.8: Příklad použití diagramu zastínění k posouzení urbanistické situace z obr. 4.1.

Pro práci s diagramem zastínění je třeba mít k dispozici nejlépe na průsvitce urbanistickou situaci v libovolném měřítku. Střed S diagramu se ztotožní s posuzovaným místem na situaci tak, aby paprsek diagramu označený 12 h směřoval na jih. Je-li v poli diagramu stínící překážka, vyneseme v měřítku situace její převýšení nad posuzovaným místem na měřítko výšek diagramu (nachází se ve spodní části diagramu). Získáme tak číslo hyperbolické křivky, podle které rozhodneme zda a v jakém rozsahu překážka v daný den brání přístupu slunečního záření do posuzovaného místa. Ta překážka nebo její část, která se nachází v situaci blíže k posuzovanému místu než křivka uvedeného čísla, stíní. Mezi křivkami je možno interpolovat. Řešení situace z obr. 4.1 je provedeno na obr. 4.8.

Nespornou výhodou diagramu zastínění je jednoduchá manipulace přímo v urbanistické situaci bez nutnosti konstruovat další speciální zobrazení. Nevýhodou je snížená přesnost výsledku, menší názornost a omezení metody jen na posouzení pro jeden den v roce.

5. Grafické řešení úloh insolace obytných budov

Požadavky na proslunění interiéru budov nebo naopak na omezení přístupu slunečních paprsků do interiéru vyplývají z účelu vnitřního prostoru budovy. Proslunění je žádáno především tam, kde se uplatní kladný vliv přímého slunečního záření na psychiku uživatelů vnitřního prostoru spolu s baktericidním působením UV záření. Obytné místnosti, kmenové učebny škol, denní místnosti mateřských škol a jeslí, lůžkové pokoje zdravotnických zařízení by měly být vždy dostatečně prosluněny.

Požadavky na proslunění obytných budov stanoví ČSN 734301 *Obytné budovy*. Tyto požadavky jsou též uvedeny v kapitole 17.1.2 těchto studijních textů. Pro správné pochopení dalšího textu je vhodné se s nimi seznámit.

5.1. Podklady pro posuzování

Při posuzování doby proslunění se používá pro celé území České republiky jednotná zeměpisná šířka 50°. Orientaci urbanistické situace a orientaci objektů ke světovým stranám je nutné při posuzování proslunění doložit spolehlivými nejlépe mapovými podklady. Jsou-li tyto podklady založeny na pravoúhlé kartografické síti, pak svislé čáry této sítě se nemusí shodovat se směrem zemského poledníku. Poledníky (meridiány) totiž nemohou být rovnoběžné, protože se sbíhají (konvergují) k zeměpisnému pólu. Geografická a kartografická souřadnicová síť se liší o odchylku, která se nazývá *meridiánová konvergence* C [°]. O její velikost je nutno pootočit ve směru hodinových ručiček svislé souřadnicové čáry kartografické sítě, abychom stanovili skutečný severojižní směr. Velikost meridiánové konvergence je možné s vyhovující přesností ± 0,5° zjistit těmito způsoby:

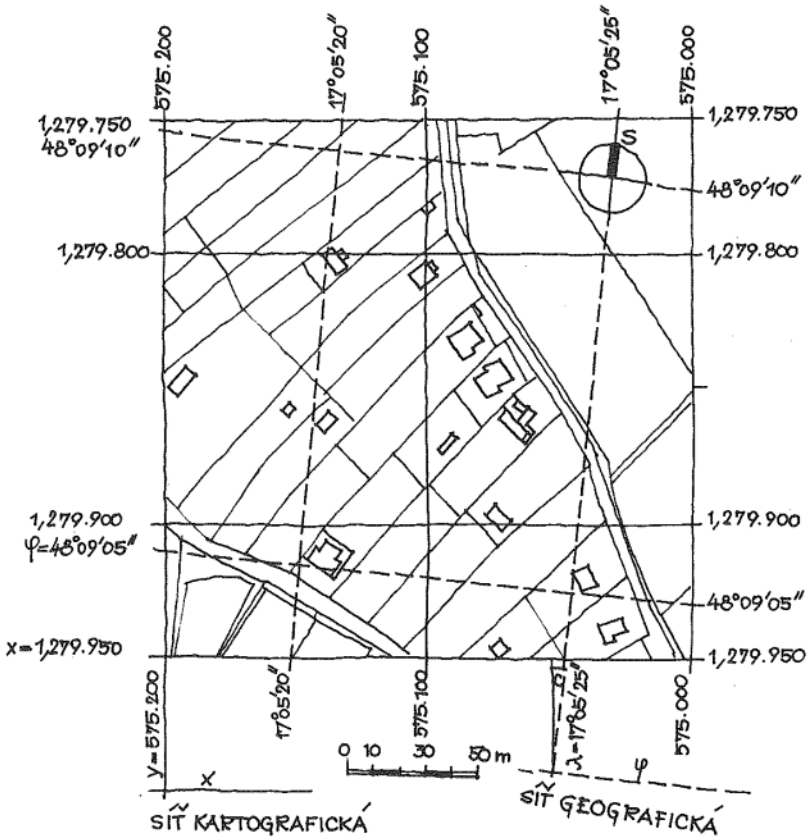
a) odečtením z mapového podkladu, je-li na něm meridiánová konvergence vyznačena

b) dotazem u územně příslušného střediska geodézie a kartografie. Je-li mapový podklad zpracován v systému jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) - např. technickohospodářské mapy - pak též:

c) ze zeměpisné délky dané lokality pomocí přibližného vzorce

$$C = \frac{24°50' - \lambda}{1{,}34} \qquad (5.1)$$

kde λ je zeměpisná délka východně od Greenwiche. Příklad části katastrální mapy s vyznačením kartografické a geografické souřadnicové sítě je na obr. 5.1 , který byl převzat z literatury [50].



Obr.5.1: Část katastrální mapy s vyznačením kartgrafické a geografické souřadnicové sítě

5.2. Řešení úloh insolace pomocí diagramů zastínění

Manipulace s diagramy zastínění je jednoduchá a v krátké době lze touto metodou posoudit velké množství míst v zastavovací situaci. Výsledkem je stanovení doby přímého dopadu slunečních paprsků do posuzovaných míst v datu, pro který je diagram sestrojen. V praxi se používá diagram pro den 1.III (příloha 1). Je-li v tento den doba oslunění dostatečná tj. delší než 90 minut, pak lze předpokládat vyhovující stav i v ostatní dny v roce až do 14.X. Jen v případě stínění překážkou shora a v některých případech stínění velmi vysokými budovami je nutno provést kontrolu diagramem zastínění i pro 21.VI. (příloha 2). S diagramy lze pracovat v situacích libovolného měřítka. Přesnost stanovení doby oslunění závisí právě na měřítku zastavovací situace, ale není veliká (cca ± 5 minut). Většinou však lze o přípustnosti posuzovaného řešení rozhodnout, protože požadovaných 90 minut je dodrženo (případně nedodrženo) s vysokou rezervou, takže malá přesnost práce s diagramem zastínění není na závadu. Případy, kdy je nutno k posouzení použít přesnější metodu jsou ojedinělé. Kromě posouzení lze diagramy použít i pro návrh základních rozměrových parametrů budov, jejich vzájemných odstupů a orientace ke světovým stranám.

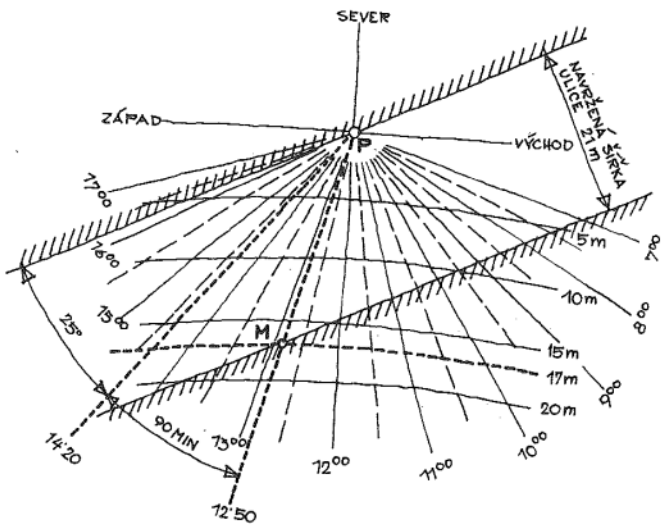
5.3. Příklad návrhu a posouzení odstupové vzdálenosti

Na obr. 5.2 je proveden návrh nejmenší možné odstupové vzdálenosti dvou řad budov (návrh šířky ulice) pomocí diagramu zastínění pro 50° severní šířky a pro den 1. března. Jsou zadány:

a) orientace průčelí ke světovým stranám – odklon normály průčelí od meridiánu 26°

b) převýšení atiky nad posuzovaným místem 17 m.

Ve zvoleném bodě P průčelí, které má být prosluněno, vyneseme neefektivní úhel dopadu slunečních paprsků 25°. Získáme tak směr a hodinu (14:20) dopadu slunečních paprsků v závěru doby proslunění. Minimální požadovaná doba proslunění je 90 minut. Sluneční paprsky proto musí do bodu P dopadat nejpozději od 12:50 hodin. Získáme tak směr k místu, kde bude slunce vycházet za atikou stínících budov. Interpolací vyhledáme křivku pro převýšení 17 m. Průsečíkem M této křivky se směrem pro 12:50 hodin bude procházet i uliční čára stínících budov. Nejmenší možná odstupová vzdálenost tak byla stanovena na 21 metrů.



Obr. 5.2: Návrh nejmenší odstupové vzdálenosti dvou řad budov pomocí diagramu zastínění

Kontrolu nalezeného místa východu slunce za atikou stínících objektů je možno provést početně s využitím vztahů sférické astronomie (viz část 3 těchto učebních textů). Stanovíme výšku h_o slunce dne 1, března ve 12 hodin 50 minut:

$$\delta = 23{,}45 \sin(0{,}98 \,.\, 1 + 29{,}7 \,.\, 3 - 109) = -7{,}6°$$

$$\tau = 15 \,.\, (50/60) = 12{,}5°$$

$$\sin h_o = \sin 50° \sin(-7{,}6°) + \cos 50° \cos(-7{,}6°) \cos 12{,}5° = 0{,}5207$$

$$h_o = 31{,}38° = 31°22'45''$$

Půdorysná vzdálenost mezi body P a M na obr. 5.2 je 28 m. Stanovíme elevační úhel ε_m bodu M:

$$\operatorname{tg} \varepsilon_m = 17/28 = 0{,}6071$$

$$\varepsilon_m = 31{,}26° = 31°15'49''$$

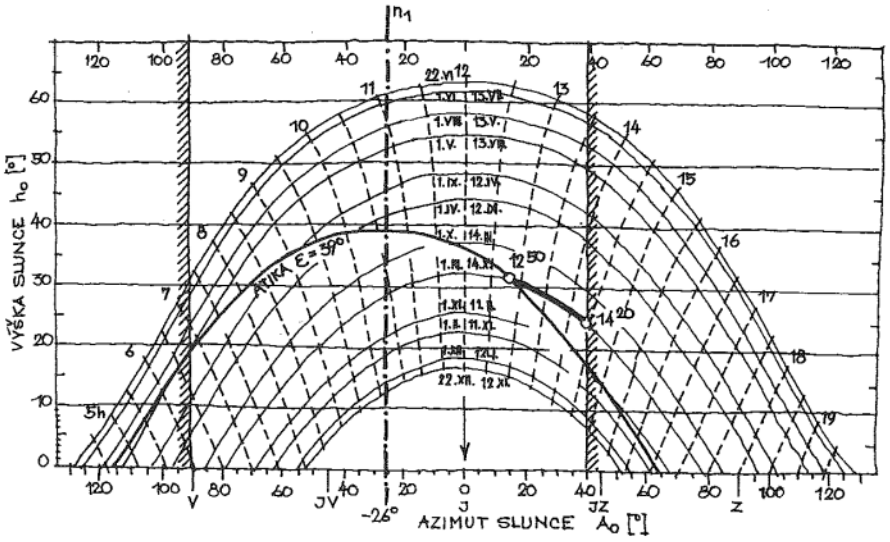
Elevační úhel ε_m se shoduje s výškou slunce h_o s dostatečnou přesností. Slunce vychází za atikou v bodě M.

Posouzení navržené odstupové vzdálenosti lze provést i některým z diagramů slunečních drah. Na obr. 5.3 je pravoúhlý sluneční diagram zadané úlohy. Stanovíme elevační úhel ε stínící překážky v kolmém směru

$$\operatorname{tg} \varepsilon = 17/21 = 0{,}8095$$

$$\varepsilon = 38{,}99° \cong 39°$$

Normála n_1 k průčelí má azimut – 26°. Osa doplňkového diagramu se ztotožní s touto normálou. Interpolací vyhledáme a vyneseme křivku odpovídající elevačnímu úhlu atiky 39°. Neefektivní úhly dopadu slunečního záření vymezíme svislicemi se šrafováním. Datumová křivka diagramu pro den 1.III. protíná křivku atiky v bodě s časovým údajem 12:50 hodin a do neefektivního úhlu slunce vstupuje v bodě s časovým údajem 14:20 hodin. Posuzované průčelí bude dne 1. března prosluněno právě 90 minut.



Obr. 5.3: Posouzení navržené odstupové vzdálenosti pravoúhlým slunečním diagramem

6. Význam insolace v urbanismu

6.1. Význam slunečního záření pro tvorbu prostředí.

Základní úlohou architektonické a urbanistické tvorby jednotlivých budov, sídel a měst je realizace účelného, ekonomického, zdravého a estetického prostředí, která má sloužit člověku. Využití přímého slunečního záření a světla v architektonickém prostoru (vnitřním i vnějším) má v této činnosti rozhodující význam.

Každá stavba je urbanistickým zásahem do krajiny. Výstavbou budov dochází k omezení přímého slunečního záření a osvětlenosti povrchů i prostorů a tím zároveň ke změně teplotních poměrů v urbanistickém prostředí. Proto je žádoucí analyzovat podmínky příslušného území, určit možnosti využití slunečního záření a na tomto základě zvolit optimální polohu (orientace ke světovým stranám), tvar i proporce budov a jejich seskupení. Zároveň se nesmí zapomenout na nepříznivé vlivy slunečního záření což znamená vyřešit i účinnou ochranu před nadměrnou insolací.

Celý problém využití slunečního záření dělíme na dvě části:

1) insolaci - tzn. pronikání přímého slunečního záření do interiéru (nebo vnějšího prostředí)
2) osvětlení interiéru přírodním difúzním světlem (světelné záření slunce a oblohy) - viz. kap. 9.

Nejprve je si třeba ujasnit co oslunění pro město a budovu znamená ve vztahu k bydlení. Můžeme pojmenovat tři skupiny účinků:

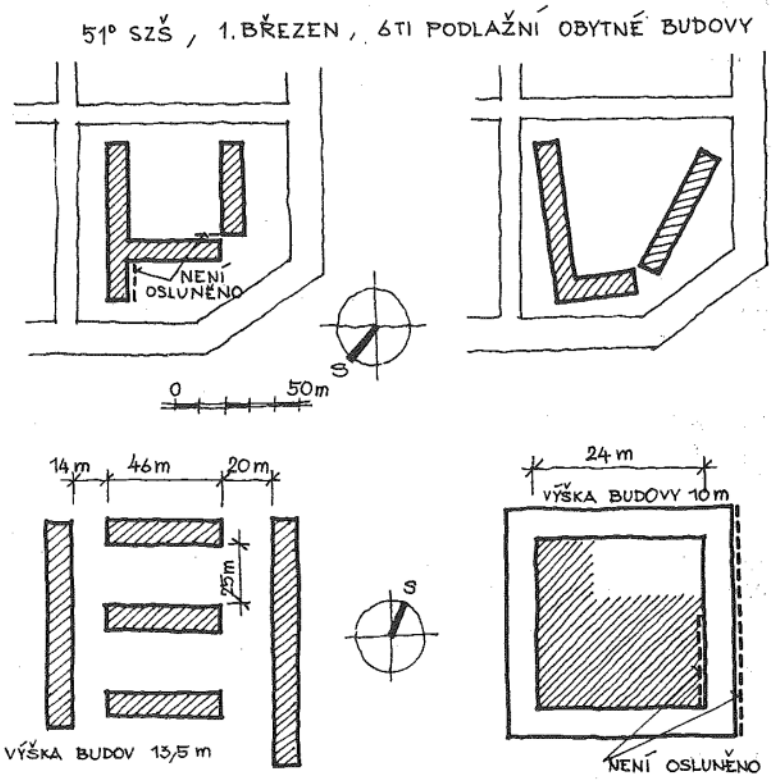
1) *účinky tepelné.* Jde o přímé působení na člověka a jeho okolí. Oteplování povrchu budovy (možné zatěžovací účinky na fasádu a styky), vnikání okny do interiéru, (přímé ozáření člověka, povrchů a oteplení vzduchu) může znamenat narušení tepelné pohody člověka v interiéru v letním období. V zimním období energetický přínos.

2) *účinky zdravotní* - viz. kap.9

3) *účinky psychologické a estetické.* Osluněné interiéry vytvářejí příznivý dojem, navozují dobrou náladu obyvatel, ovlivňují výkon člověka. Vzbuzují pocit zdravého (lidové přísloví: Kam nechodí slunce, chodí lékař) a z estetického hlediska působivějšího prostředí než interiéry neosluněné. Tyto účinky má přirozeně celkové záření včetně viditelné složky ve všech interiérech, nejen bytového charakteru.

6.2. Insolace

Využití slunečního záření závisí na znalosti vlastností a vlivu slunečního záření na člověka viz kap. 1.1. ale také zákonitostí tohoto záření, drah slunce, směru slunečních paprsků v různých ročních obdobích (vzájemná poloha Slunce a místa na Zemi). Úhel dopadu paprsků na rovinu, která sluneční záření zachytává je důležitý pro architekta - urbanistu, který musí řešit otázky orientace budov a ulic, rozestupy mezi budovami, šířky ulic v poměru k výšce budov. Vše s ohledem na příznivé i nepříznivé účinky insolace v interiéru různých druhů budov zejména však staveb bytových, ale také na vnější okolí budov.



Obr. 6.1: Příklady orientace budov a jejich seskupení s ohledem na oslunění bytů /58/

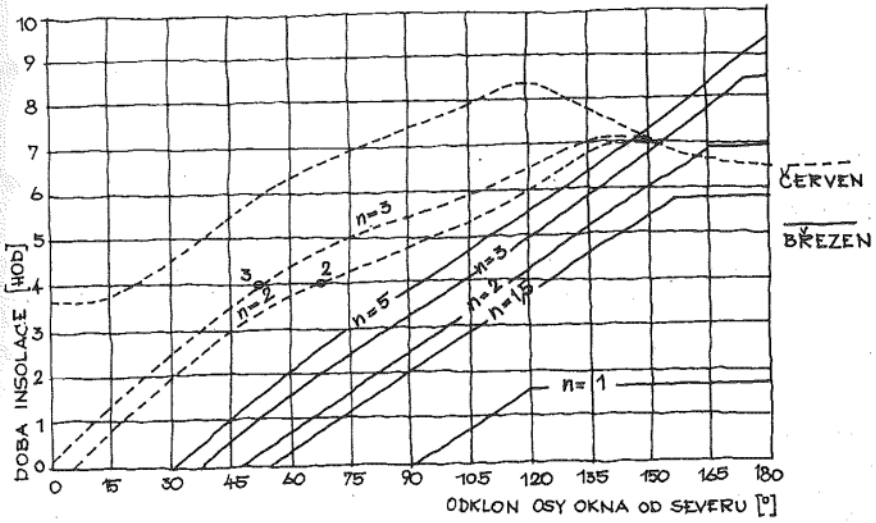
Jak je zřejmé závisí vlastnosti a intenzita působení ultrafialového světelného a infračerveného záření slunce především na jeho poloze na obloze. Vzájemným postavením slunce a místa na zemi (např. okna místnosti) je dán i čas insolace. Podkladem pro urbanistické řešení zástavby je z tohoto hlediska studie:

- slunečních stínů (v libovolnou roční i denní dobu od jakýchkoliv překážek) na sledované ploše a místě. Tato studie souvisí s předpokládanými zahradními úpravami pro rekreaci, odpočinek, dětská hřiště a pod. (landskipping) - viz. obr. 6.4.

- doby (trvání) oslunění libovolného místa při libovolné překážce v libovolném ročním i denním období. Tato studie je podkladem pro zjištění potřebné insolace interiérů bytových staveb. Ovlivní způsob zastavění pozemků, ale také energetické podmínky provozu budovy.
- velikosti prostorového úhlu oblohy pro libovolné místo v interiéru budovy omezené různými překážkami. Tato studie je podkladem pro využití světelného záření tj. pro návrh osvětlovacího systému budovy - viz kap.15

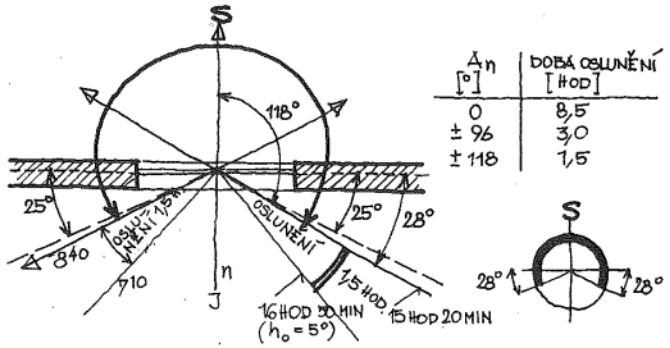
6.3. Orientace budov a doba oslunění

Určování doby oslunění (insolace) souvisí se vzájemným zastíněním fasád budov stojících proti sobě (případně jiných překážek) a jejich vnitřní dispozicí. Vyhodnocují se proto různé možné orientace ke světovým stranám s ohledem na odlišné sekce obytné budovy. Pro stanovení krajní orientace obytné budovy je rozhodující ranní a večerní oslunění v trvání min. 1,5 hod. - viz. kap 17, dne 1. března. Rozdíl v době insolace v březnu a červnu v závislosti na odstupu budov (n = 1 ÷ 5) je patrný z obrázku 6.2.



Obr. 6.2: Doba insolace interieru při různém zastínění (n = rozestup budov) a různé orientaci /39/

Na obr. 6.2. je znázorněn postup určení možných poloh azimutu normály fasády severním směrem, za předpokladu, že uvažujeme hygienicky účinné sluneční paprsky. To znamená paprsky dopadající s odklonem min 25° od roviny průčelí a min 5° nad horizontem (ho = 5°).



Obr. 6.3: Krajní polohy severního směru normály průčelí - 1.března na 50 ° SZŠ.

U řadové zástavby může nastat varianta dispozičního uspořádání jednoho bytu:

a) do dvou průčelí

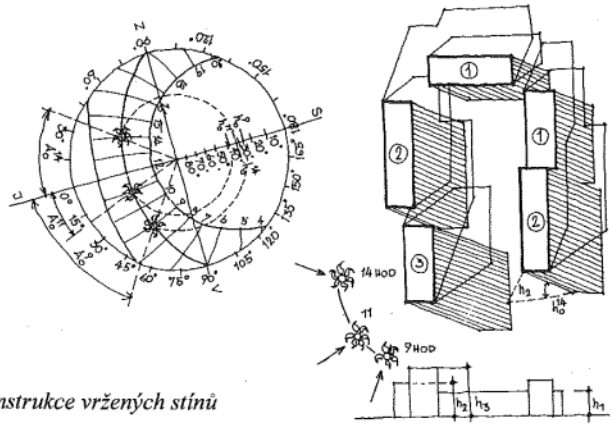
Orientace v tomto případě (alespoň 1/3 obytné plochy bytu je orientována do každého průčelí) nemá omezení - obr. 6.5.

b) obytnými místnostmi do jednoho průčelí.

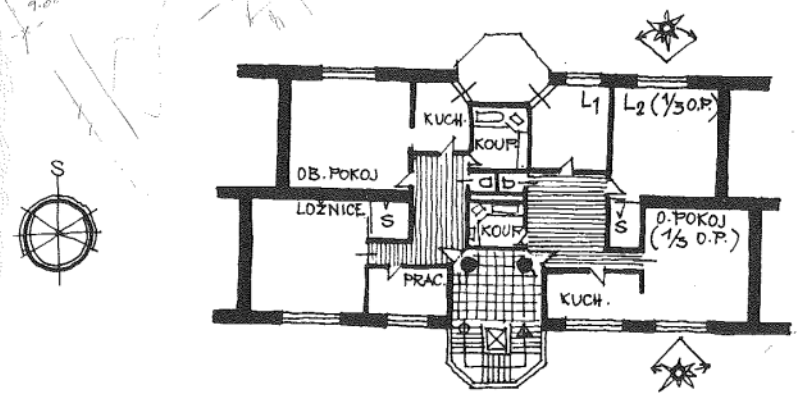
V tomto případě může být sever odkloněn v azimutálním rozsahu ± 118^{0}od normály průčelí - obr.6.6.

c) do jednoho průčelí, ale insolace je požadována na obou podélných průčelích budovy (byty jsou orientovány proti sobě). Toto je nejobtížnější, ale také nejčastější případ dispozičního uspořádání řadového obytného domu. Orientace severu (se zřetelem k zajištění minimální doby insolace pro každý byt) je možná v azimutálním odklonu od podélné osy budovy ± 28°- obr. 6.7.

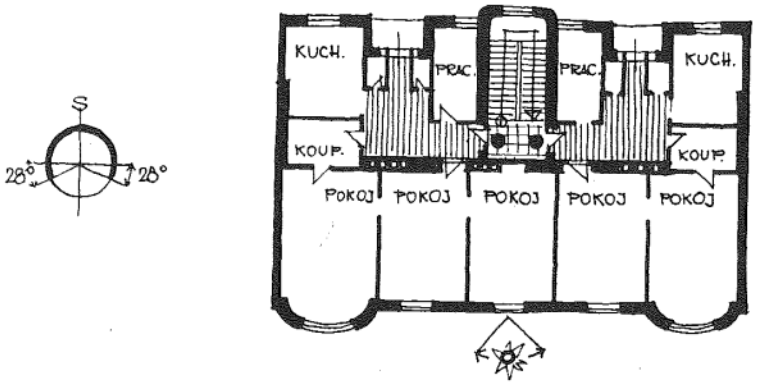
S orientací budov souvisí také oslunění terénu (zahrady, odpočinkových ploch, dětských hřišť). Hygienické požadavky na dobu oslunění jsou uvedeny v ČSN 734301 „Obytné budovy". Příklad viz. obr. 6.5. a 6.8.



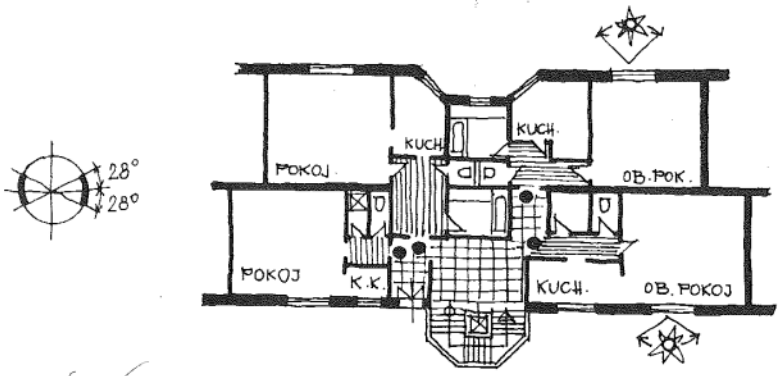
Obr. 6.4: Příklad konstrukce vržených stínů



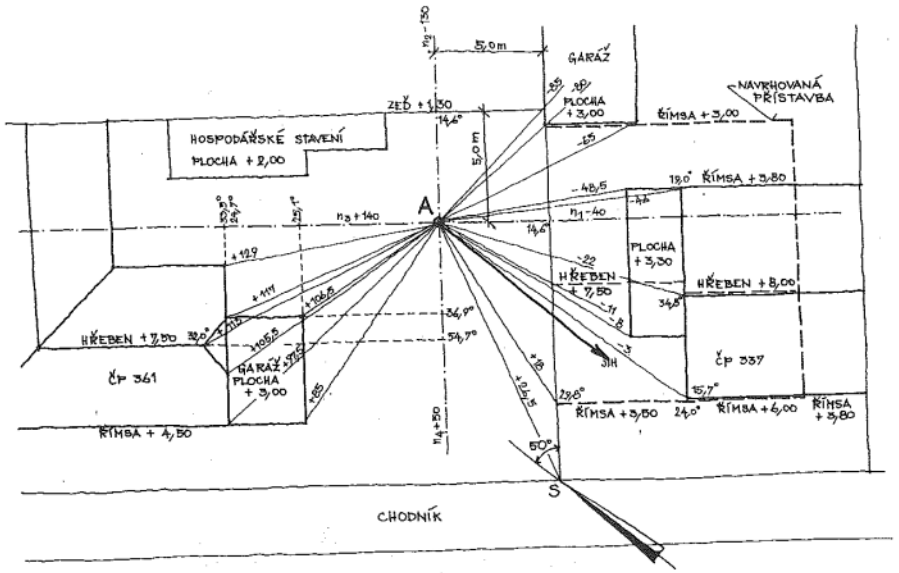
Obr. 6.5: Příklad orientace obytné budovy - byt orientován do dvou průčelí



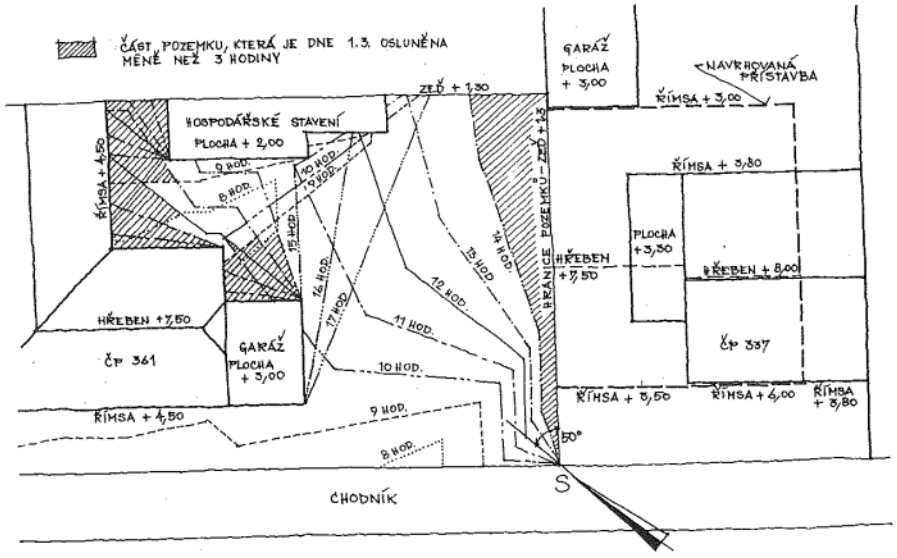
Obr. 6.6: Příklad orientace obytné budovy - byt orientován do jednoho průčelí



Obr. 6.7: Příklad orientace obytné budovy - byty orientovány do různých průčelí



Obr. 6.8: Situace ke studii oslunění pozemku rodinného domu

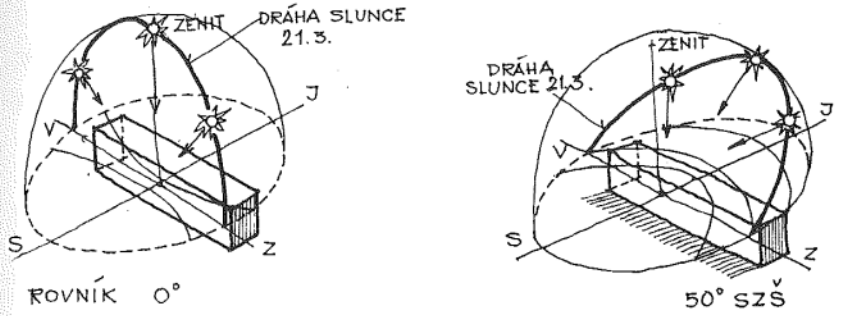


Obr. 6.8: Konstrukce vržených stínů a určení doby oslunění

6.4. Tvar budov

Tvar, poloha, orientace a proporce budov a jejich seskupení musí být navrhovány v závislosti na klimatickém pásmu. Pro názornost uvádíme porovnání horkého a vlhkého klimatického pásma (oblast rovníku) s kontinentálním (chladným) pásmem.

V prvním případě dráha slunce prochází zenitem od východu na západ. Maximálního ozáření dosahují vodorovné plochy (střecha) a západní stěna. Doporučení pro tvar budovy: Malé hloubky budov (provětrání), minimální povrch západní a východní stěny (redukce tepelných zisků), maximální celkový povrch (noční ochlazení).



Obr. 6.9: Ozáření povrchu budovy v rozdílných klimatických pásmech 22

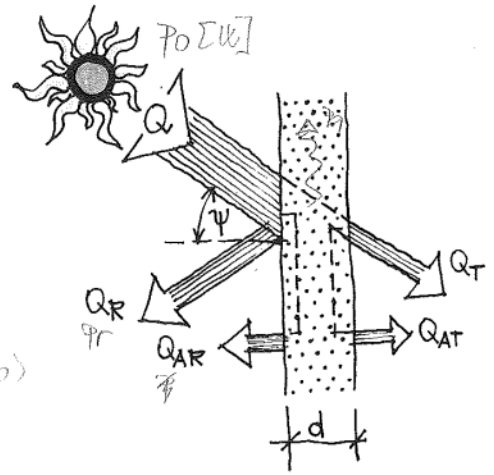
Ve druhém případě výška slunce nedosahuje zenitu, rovina dráhy slunce, není kolmá k horizontální rovině. Nejvíce jsou ozářené jižní a jihozápadní stěny budovy.
Doporučení pro tvar budovy: Z hlediska snížení tepelné zátěže budovy v létě je vhodné u nižších budov menší šířka jižní stěny. U věžových budov různých půdorysných tvarů lze vliv orientace na celkové ozáření objektu zanedbat. U staveb bytových však tepelná zátěž v letním období není jediné a rozhodující kritérium. Je třeba zahrnout požadavek dostateční insolace. Samozřejmě že i architektonická (estetická) hlediska mají svůj význam. Přímé sluneční paprsky, ale i difúzní světlo zvýrazňuje plasticitu fasády (vržené stíny). Zároveň je třeba mít na zřeteli také omezení tepelných ztrát v zimě i žádoucí tepelné zisky v tomto období u stěn orientovaných na slunečnou stranu.

Při koncepčním návrhu objemového a tvarového řešení budov bývají bohužel často nadřazovány architektonické záměry a nedoceněny fyzikální faktory, vytvářející vnitřní prostředí. Touto kapitolou chceme upozornit na nezbytnost komplexního přístupu k řešení dané problematiky.

7. Kontrola slunečního záření - sluneční clony

7.1. Obecně

Sluneční záření dopadající na zemský povrch (zmenšené o odraženou, rozptýlenou a absorbovanou část vlivem atmosféry) - přímé záření - tvoří největší tepelnou zátěž okna v letním období.



Zářivý tok Q (obr. 7.1.) dopadající na povrch zasklení se rozdělí na části

Q_A - část pohlcenou
Q_R - část odraženou
Q_T - část propuštěnou

$$Q = Q_A + Q_R + Q_T \qquad (7.1)$$

Zároveň platí, že

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \qquad (7.2)$$

Obr. 7.1: Schema rozložení zářivého toku sklem

Optické vlastnosti skel a zasklení určuje součinitel energetické propustnosti τ, součinitel energetické pohltivosti α a součinitel energetické odrazivosti ρ. Tyto hodnoty jsou udány jako průměrné pro celý spektrální rozsah slunečního záření v závislosti na úhlu dopadu slunečních paprsků ψ. Největší propustnost skla je v normálovém směru (úhel dopadu $\psi = 0°$). Se zvětšováním úhlu dopadu se energetická propustnost snižuje. Pro všesměrový dopad difúzního slunečního záření se uvažují optické parametry zasklení jako pro směrové přímé sluneční záření se směrem dopadu $\psi = 55° \div 60°$.

Energetické zisky zasklením od slunečního záření se stanoví pomocí součinitele efektivní energetické propustnosti $\mathbf{T_{ef}}$. Je to poměr hustoty celkového tepelného toku prostupujícího osluněnou plochou zasklení k intenzitě dopadajícího slunečního záření v závislosti na úhlu dopadu slunečních paprsků. Při hodnocení účinnosti zasklení z hlediska ochrany před sluneční radiací se určuje poměr efektivní energetické propustnosti hodnoceného zasklení $\mathbf{T_{ef}}$ k efektivní energetické propustnosti referenčního skla $\mathbf{T_{efo}}$ (používá se čiré sklo tl. 3mm). Tento poměr se nazývá součinitel zastínění **K.**

Hodnoty **K** pro různé druhy zasklení a jiné prostředky kontroly sluneční radiace jsou uvedeny v různých příručkách pro klimatechnické výpočty. Uvádíme v tab. 7.1. jen některé příklady.

Tabulka 7.1. Hodnoty součinitele K

druh clony	K
čiré sklo 3 mm (referenční zasklení)	1,00
determální sklo 6mm	0,66
reflexní sklo 6mm	0,36÷0,60
reflexní sklo + čiré sklo 2x6mm	0,20÷0,35
sklobeton	0,62
vnitřní roleta	
tmavá	0,81
světlá	0,62
vnitřní žaluzie	
tmavá	0,75
světlá	0,60

druh clony	K
vnější žaluzie	
tmavá	0,56
světlá	0,20
dřevěná roleta - vysouvací 60%	0,25
pevné svislé slunolamy	0,30
pevné vodorovné slunolamy	0,25
vnější stahovací rolety	0,25
textilní clony, markýza	0,25
pohyblivé slunolamy	0,10

Pro objektivní vyjádření energetické bilance zasklení se používají výpočtové metody viz. lit. [6, 7] pro podmínky průměrně zamračené oblohy.

Výpočet tepelných zisků ze slunečního záření zasklenými plochami obvodového pláště je podkladem pro dimenzování klimatizačního zařízení budovy. Cílem je vytvoření optimálních podmínek vnitřního prostředí z hlediska tepelné pohody a to jak v letním (redukce nadměrných tepelných zisků) tak v zimním (využití tepelných zisků ze sluneční radiace při návrhu otopného systému budovy) období. Důmyslným využíváním sluneční energie, zdůvodněnou regulací insolace (její intenzity a doby) různými prostředky ochrany přispíváme mimo jiné k ekonomickému provozu budov.

Podstatou ochrany budov před slunečním zářením je zastínění prosklení části oken. Z hlediska dosažení maximálního tepelného účinku ochrany před sluneční radiací je důležité její umístění na vnější straně okna, tak aby nebylo bráněno ohřátému vzduchu proudit vzhůru po obvodové stěně a aby byla umožněna rychlá výměna tepla mezi clonou a okolním prostředím. Zároveň navržená ochrana (clona) nesmí být zdrojem oslnění ani podstatně zhoršovat osvětlení denním světlem vnitřního prostoru.

7.2. Návrh způsobu kontroly sluneční radiace

Při návrhu ochrany před nadměrnou sluneční radiací musíme pamatovat i na příznivé a žádoucí účinky insolace zejména obytných budov (viz kap. 17.1.)

Návrh způsobu ochrany před sluneční radiací vychází ze znalosti:

- orientace budovy na světové strany
- polohy místa výstavby na Zemi (zeměpisná šířka)
- situace zástavby - okolní zástavba, terén, vzrostlá zeleň a pod.
- architektonických požadavků na fasádu budovy (okna - způsob otevírání a členění atd.)

Obecně můžeme sluneční radiaci regulovat těmito způsoby:

1) orientací budovy (fasády) na neslunečnou stranu, případně do okolní (stínící) zástavby či souvislé zeleně
2) redukcí zasklených ploch, zejména na intenzívně osluněných průčelích budovy
3) použitím speciálních druhů skel, redukujících tepelnou složku sluneční radiace
4) nakloněním prosklené plochy
5) slunečními clonami

7.3. Orientace budovy

Vyloučení nežádoucí insolace budovy, nebo její části je nejsnazší (tam kde je to z hlediska urbanistického možné viz kap.6.) orientací budovy na neslunečnou stranu, tedy S, SV příp. SZ. V husté zástavbě může být jednoduchým prostředkem regulace slunečního záření orientace budovy směrem k zastiňující zástavbě, případně vzrostlé, souvislé zeleni.

7.4. Redukce zasklených ploch

Sluneční záření dopadající na zasklené plochy budov s velkou propustností sluneční radiace může vyvolávat ve vnitřním prostředí velmi nepříznivý účinek - *skleníkový efekt*. Sklo jednosměrně propouští dovnitř interiéru krátkovlnné sluneční záření. To dopadá na vnitřní povrchy místnosti (stěny, strop, podlahu a zařízení) různě, podle polohy slunce na obloze. Ozářené plochy se zahřívají a vysílají dlouhovlnné záření, pro které jsou zasklené plochy prakticky nepropustné. Od zahřátých ploch se zahřívá okolní vzduch i plochy, které nejsou ozářené přímo. Dochází k narušení tepelné pohody. Redukce okenních otvorů je tedy možným způsobem kontroly sluneční radiace z hlediska tepelné pohody prostředí. Redukcí prosklené plochy fasády, ale bude zároveň ovlivňováno osvětlení vnitřního prostoru přirozeným (denním) světlem. Proto nelze snižovat plochu zasklení bez současné kontroly světelného stavu vnitřního prostředí.

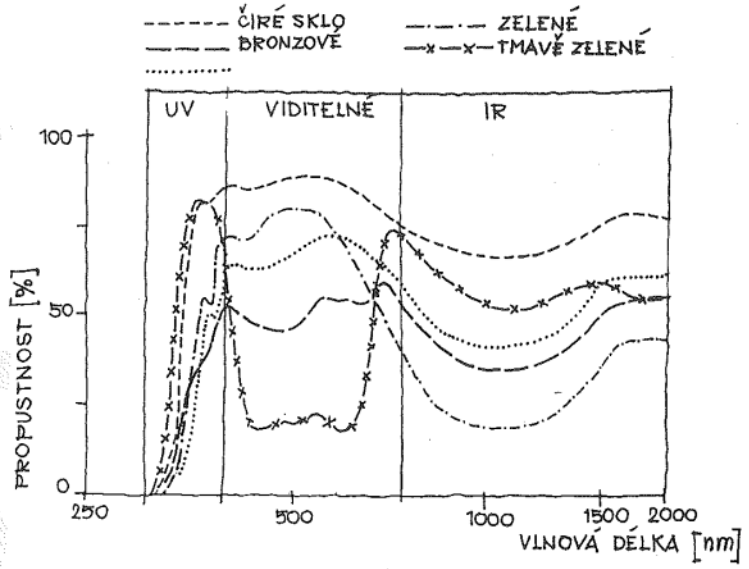
7.5. Speciální druhy skel

Rozlišujeme dva základní typy:

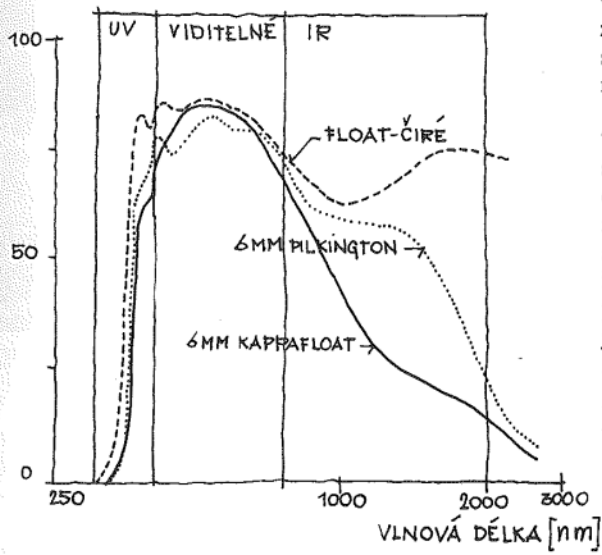
- skla tepelné záření pohlcující
- skla tepelné záření odrážející

Míra obsorbce a reflexe je závislá na technické úpravě oken. Například obyčejné čiré okenní sklo (3mm tl.) odráží přibližně 8% tepelného záření. U skel s povrchovou úpravou vrstvami kovu, nebo oxidů kovu (oxid ciničitý, oxid kobaltitý, oxid železitý....), které vyvolávají reflexi v infračervené oblasti spektra, se odrazivost může zvýšit až na 90%.

Mnohá zabarvená skla způsobují změnu barevného podání obrazu viděného sklem.



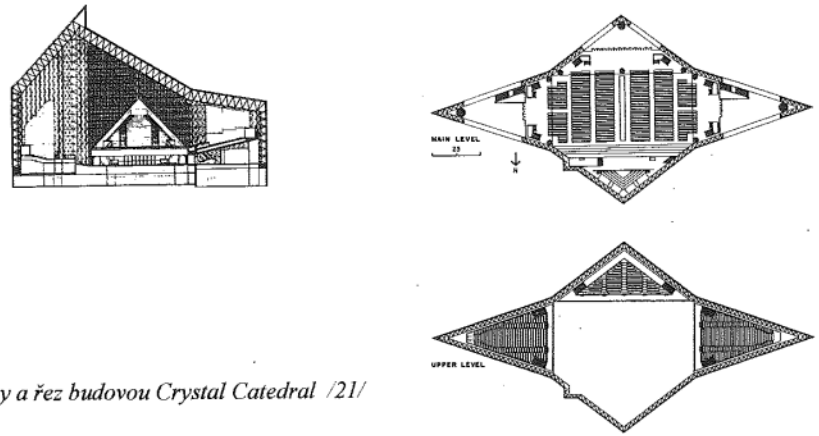
Obr. 7.2: Spektrální propustnost různých druhů skel /64



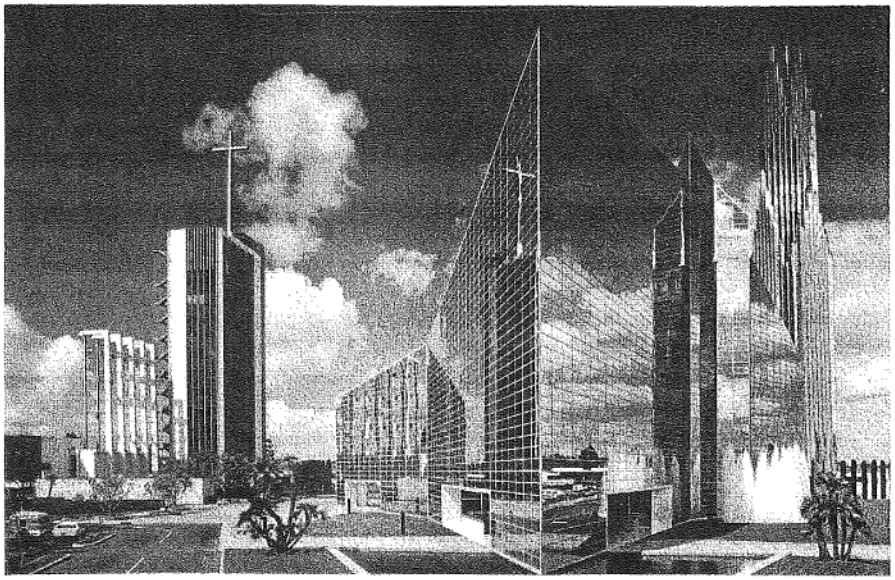
Obr. 7.3: Spektrální propustnost různých druhů skel /64

Používají se také izolační dvojskla s odrazovými vrstvami. U otočných oken (180°kolem svislé osy) je výhodné umístění reflexní vrstvy podle ročního období. V zimě na vnitřní (interiérové straně), v letním období naopak na vnější straně zasklení.

Jak je patrno z obrázku 7.2. a 7.3. znamená použití speciálního druhu zasklení s cílem redukce tepelných zisků zpravidla také značné snížení světelné propustnosti, tedy řešení, zhoršující světelné podmínky v interiéru. Navíc ještě mnohá zabarvená skla způsobují změnu barevného podání obrazu viděného sklem. Z psychologického hlediska jde o velmi nepříjemný účinek. Při volbě tohoto prostředku kontroly sluneční radiace je proto nezbytné zvážení všech negativních účinků a ověření osvětlenosti interiéru výpočtem.



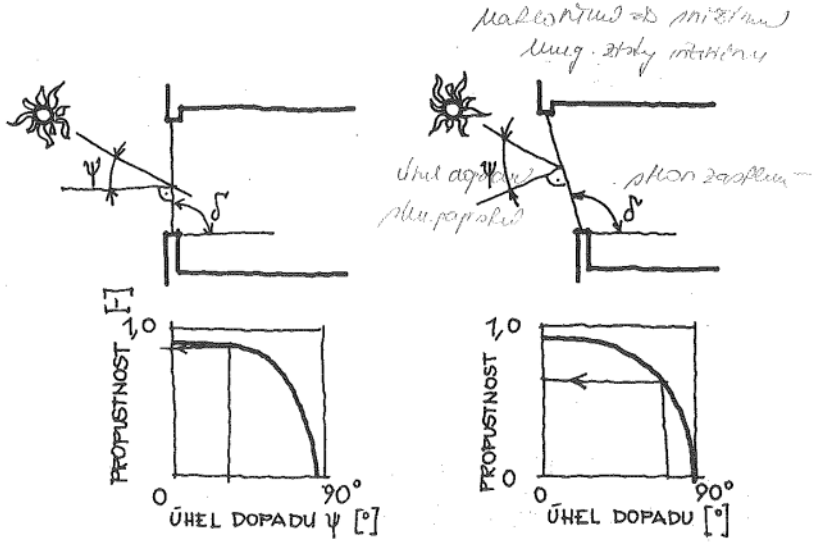
Půdorysy a řez budovou Crystal Catedral /21/



Obr. 7.4: Zrcadlový obraz okolí na fasádě Crystal Catedral - Garden Grove, California /21/

7.6. Naklonění zasklené plochy

Záměrným nakloněním roviny zaskleného průčelí budovy můžeme snížit energetické zisky interiéru. Zvětšováním sklonu zasklení δ přes 90° zvětšujeme úhel dopadu slunečních paprsků ψ a tím snižujeme intenzitu dopadajícího slunečního záření **I** a energetickou propustnost **T** - viz obr. 7.5.



Obr. 7.5: Změna energetické propustnosti v závislosti na úhlu dopadu slunečních paprsků

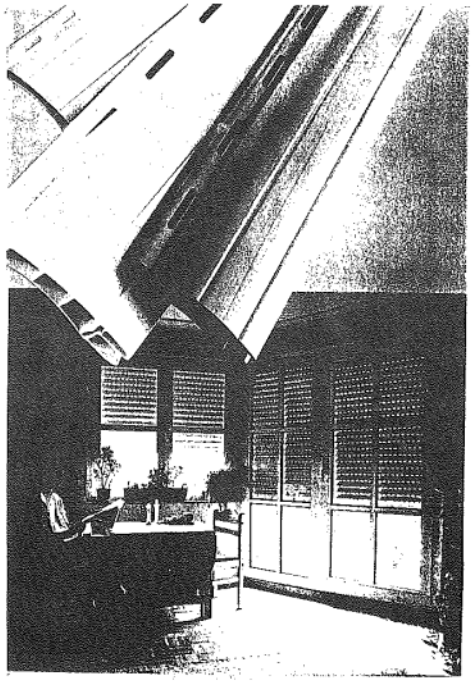
Z charakteristického průběhu obr. 7.5. vyplývá, že při úhlu dopadu nad 45° energetická propustnost prudce klesá (v letním období v naší zeměpisné šířce je úhel dopadu sluneční radiace na jižně orientovanou stěnu vždy větší než 45°). Se zvětšením úhlu dopadu se ale zároveň zvyšují ztráty viditelného záření, což znamená snížení osvětlenosti denním světlem, nejvíce v blízkosti okenního otvoru.

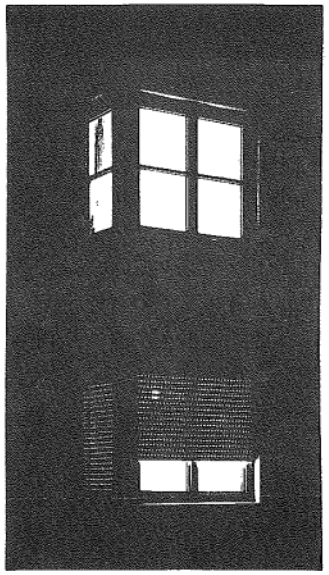
7.7. Sluneční clony

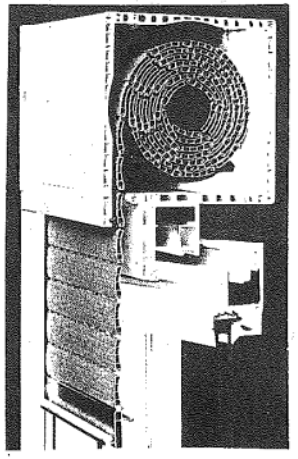
Sluneční clony, tedy prostředky regulace slunečního záření můžeme obecně roztřídit na vnitřní, vnější a zařízení vložené mezi zasklení okna.

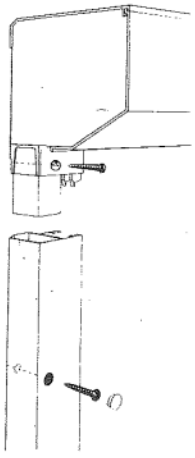
Vnitřní prvky jsou např. záclony, závěsy, textilní rolety a žaluzie. Z hlediska redukce tepelných zisků je tento způsob nejméně účinný. Používají se jako ochrana proti nadměrnému jasu případně oslnění. Zároveň redukují denní osvětlení. Proto se doporučují pouze v interiérech, které nemají na denní osvětlení vysoké nároky.

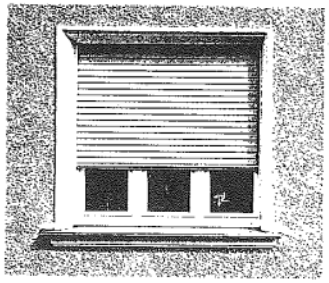
Pro různé typy pohyblivých lamelových clon umístěné na vnitřní (vnější) straně zasklení, případně vložené mezi skla je charakteristická ovládatelnost posunem v rovině rovnoběžné s plochou okna, kombinovaná s možností otáčení lamel a tím i regulovatelnosti účinku clonění. Tyto prostředky, podobně jako rolety článkové či textilní současně mohou plnit funkci zatemnění oken. Viz obr. 7.6.

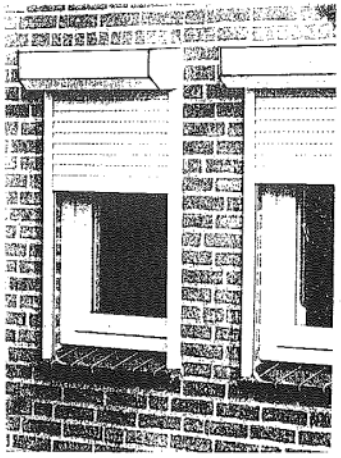












Obr. 7.6: Příklady pohyblivých lamelových clon

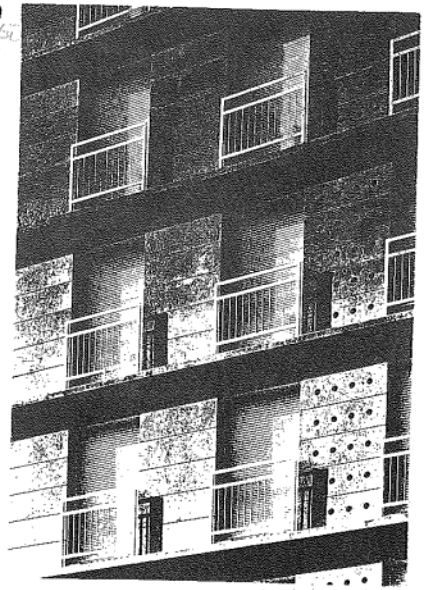
Vnější clony, tj. zařízení umístěná na exteriérové straně budovy můžeme podle způsobu ovládání a regulace slunečního záření rozdělit na

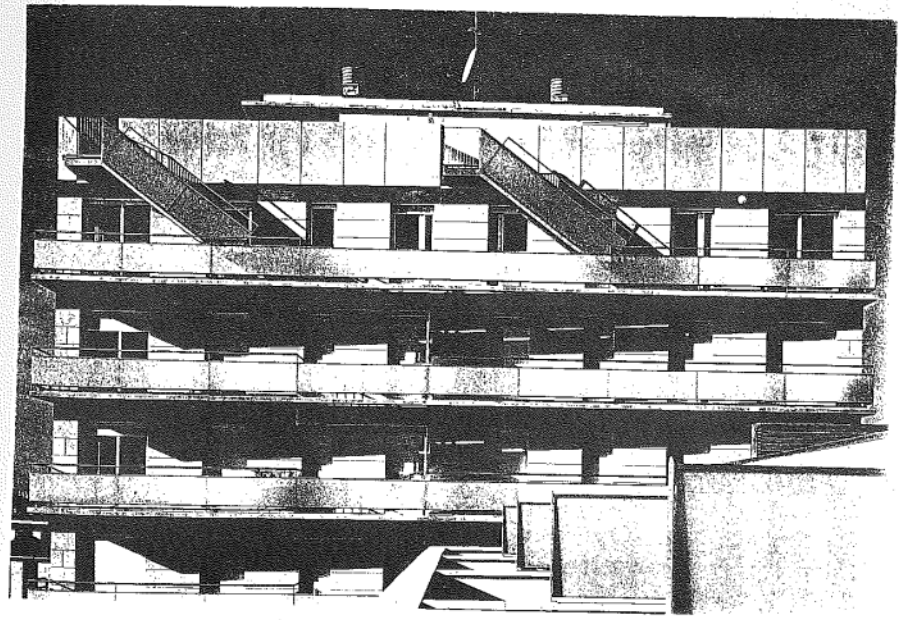
- pevné
- pohyblivé

dále z hlediska polohy k oknu na

- vodorovné
- svislé
- kombinované

Volba způsobu ochrany před nadměrným slunečním zářením závisí na vzájemné vazbě mezi chráněnou plochou (okno) a polohou slunce. Účinnost sluneční clony odpovídá míře zastínění posuzované zasklené plochy v době nejintenzivnější insolace průčelí. Tak např. horizontální clony jsou nejvhodnější pro jižně orientované průčelí budovy a především pro vyšší výšky slunce, tedy pro menší zeměpisné šířky - viz obr. 7.7. (foto)



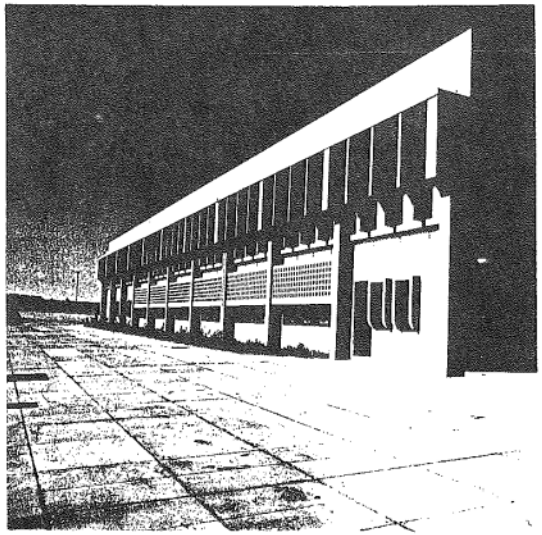


Obr. 7.7: Obytná budova (arch.Mateo) - Barcelona (41,5° SZŠ) s průběžnými balkony. Kombinace vodorovných pevných clon s lamelovými okenními clonami.

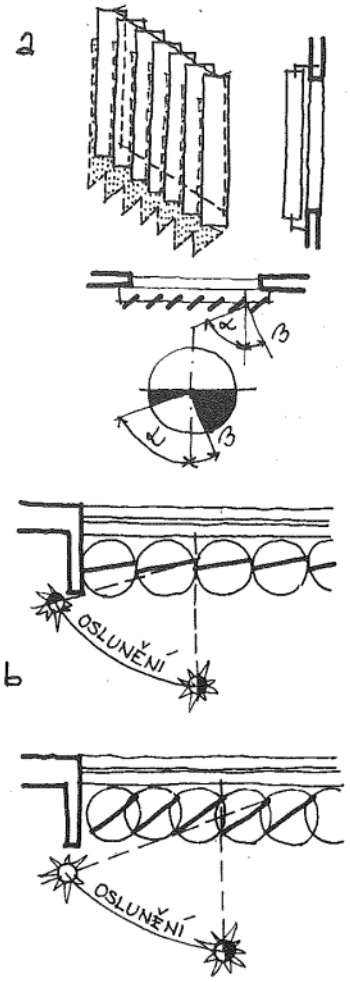
a) - celkový pohled b) - detail fasády

Horizontální clony se navrhují pevné plné, jako desky, nebo pevné lamelové, roštové a pod. Společnou nevýhodou pevných clon je trvalá redukce denního světla, která je nejnevhodnější při zatažené obloze. U plných clon se přidává další nevýhoda a to bránění zahřátému vzduchu v proudění vzhůru po fasádě. Viz obr. 7.8. Tuto nevýhodu nemají clony lamelové či roštové nebo vodorovné pohyblivé (otočné) clony, které jsou vhodné pro orientaci na všechny světové strany.

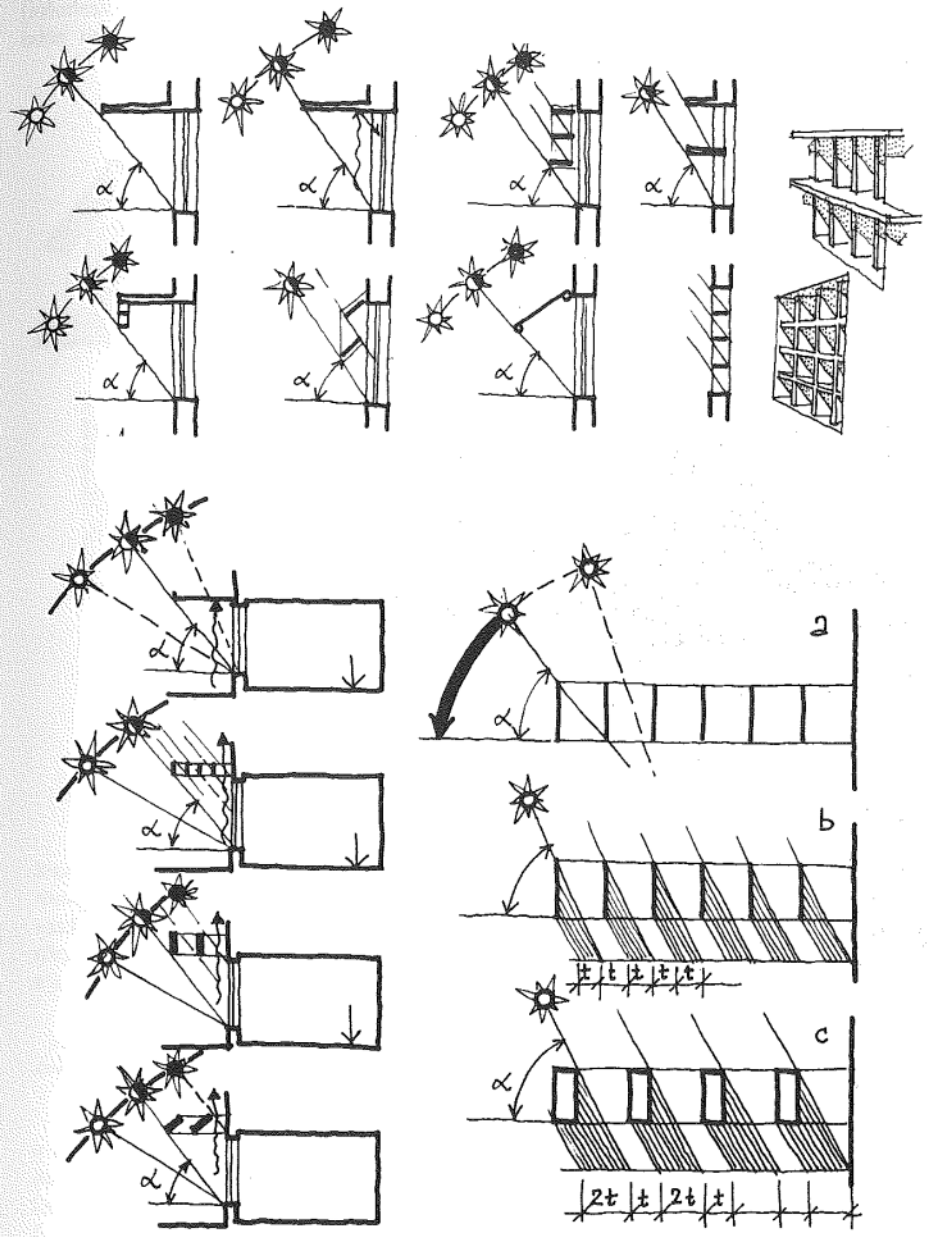
Vertikální clony mohou být pevné nebo pohyblivé. Pevné jsou účinné pro fasády orientované na východ či západ. Navrhují se jako ploché lamely jejichž účinnost je tím větší čím jsou uspořádány hustěji vedle sebe. Takovéto řešení však velmi omezuje výhled z interiéru, zejména v případě clon pevných. U lehkých obvodových plášťů bývají svislé clony často součástí nosného rastru obvodové stěny. Svislé pohyblivé (otočné) clony se obdobně jako vodorovné mohou orientovat na všechny světové strany a jejich funkce v zimním i letní období je prakticky stejná. Na obr. 7.9. a 7.10. jsou uvedeny příklady vertikálních clon.



Obr. 7.9: Příklad pevné vertikální clony
(Tripolis - 33° SZŠ)



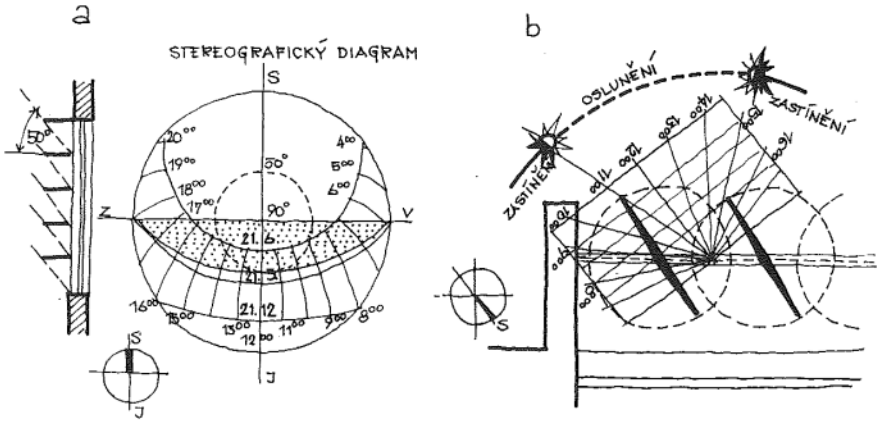
Obr. 7.10: Příklady vertikálních clon
a) - pevné b)- otočné



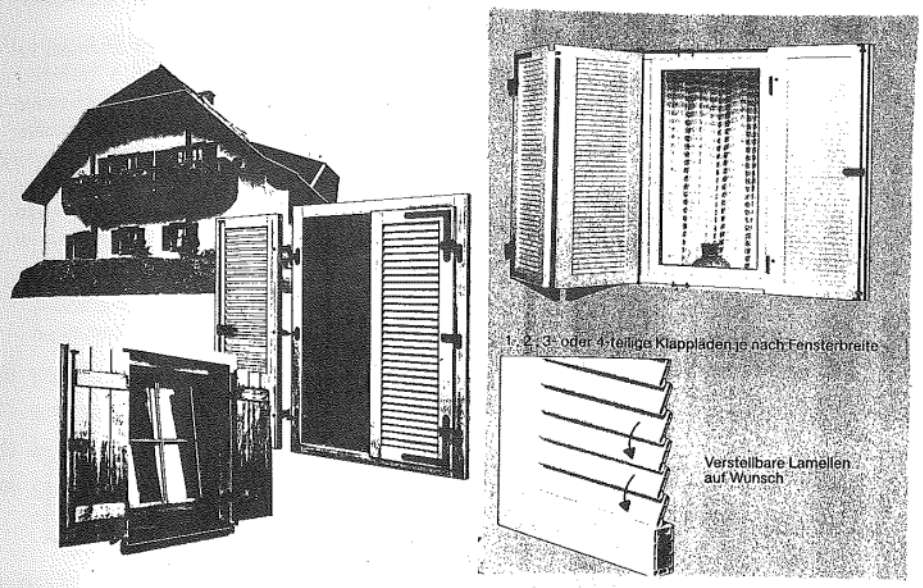
Obr. 7.8: Příklady pevných horizontálních clon a jejich stínícího účinku v závislosti na poloze slunce

Stínící účinek vnějších clon určujeme při předběžném návrhu způsobu kontroly slunečního záření. Zvolíme kontrolní bod okna - zpravidla v úrovni parapetu (100% zastínění) nebo v polovině výška okna (50% zastínění). Pomocí stereografického diagramu nebo diagramu zastínění určíme dobu zastínění (oslunění) viz. obr. 7.12.

Obr. 7.11: Příklad pevné šikmé clony (Tripolis - 33° SZŠ)



Obr. 7.12: Určení stínícího účinku sluneční clony a - horizontální , b - vertikální /62/



Obr. 7.13: Příklady použití okenic

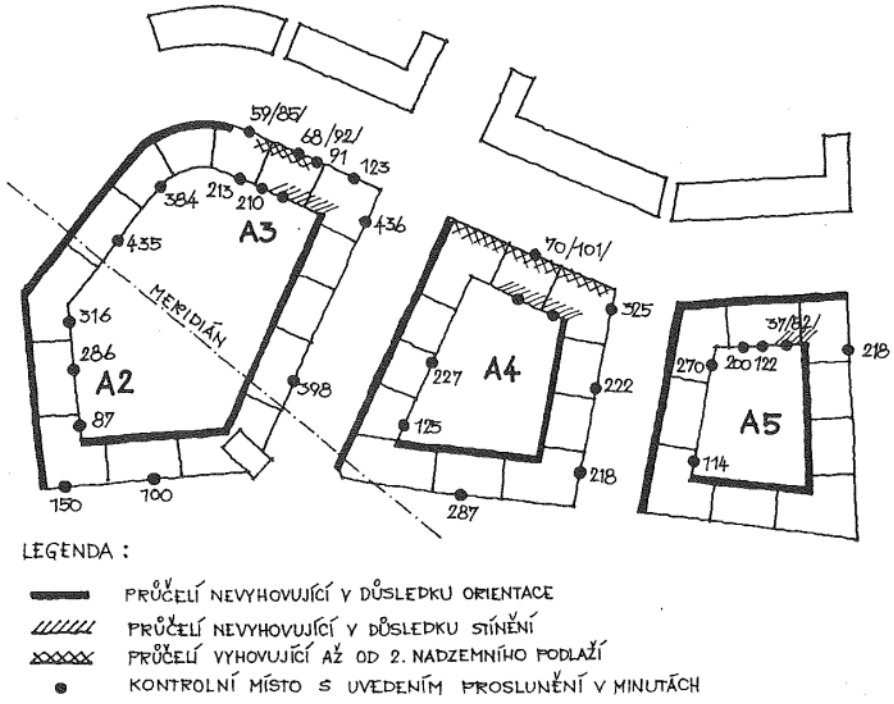
Mezi vnější pohyblivé clony můžeme zařadit i okenice obr. 7.13. Je to způsob clonění, který používáme v době maximální insolace fasády, tedy jako ochranu před nadměrným slunečním zářením. Při uzavření okenic dochází zároveň k podstatné redukci denního osvětlení vnitřního prostoru. Výhodou tohoto zařízení je i možnost použití pro zmenšení tepelných ztrát oknem v zimním období. Klesne-li vnější osvětlenost denním světlem (v zimě brzy odpoledne) a je třeba pro osvětlení interiéru použít umělé zdroje, pak již lze okenice uzavřít.

Základní doporučení pro návrh slunečních clon

Regulací přímého slunečního záření sledujeme zajištění optimálních podmínek v interiéru z hlediska tepelných a vizuálních požadavků. Přitom nesmí být opomenuty ani psychologické požadavky uživatelů interiéru (nezkreslený kontakt s vnějším prostředím). Vlastní konstrukční řešení vnějších slunečních clon musí také umožnit proudění ohřátého vzduchu vzhůru po fasádě budovy a otevíratelnost oken. Návrhem sledovaným cílem má být dosažení co největší účinnosti clony v době maximální ozářenosti fasády (plochy zasklení) při současném zajištění dostatečné osvětlenosti interiéru. Zároveň je důležité umožnit vyřazení clonícího zařízení z provozu, jestliže to exteriérové podmínky dovolují.

8. Metodika vypracování projektové studie nebo posudku proslunění budov

Proslunění velmi úzce souvisí s umístěním budovy v daném území a s její orientací ke světovým stranám. Má vliv na stanovení základních rozměrových proporcí budov a limituje i vzájemné odstupy mezi budovami. Proto je nutné proslunění řešit již na úrovni dokumentace pro územní řízení. Při zanedbání této věci je odstranění případných nedostatků v proslunění v pozdějším průběhu přípravy výstavby často velmi obtížné. Nové obytné objekty je třeba navrhovat tak, aby všechny byty byly prosluněny a je třeba zachovat proslunění bytů budov v místě již existujících, kterým by novostavba mohla stínit. Rozsah studie a forma jejího zpracování závisí na charakteru řešeného problému. Studie však vždy obsahuje technickou zprávu, výkresovou část a potřebné výpočty nebo diagramy.



Obr. 8.1: Situace obytného souboru se zakreslenými údaji o podmínkách proslunění

Kromě základních údajů (název, zpracovatel, datum) by technická zpráva měla obsahovat nejméně tyto další údaje:

1) cíl studie, kde se uvede účel nebo důvod, proč je studie vypracována a přesně se vymezí rozsah řešeného problému. Je možno i upozornit na okolnosti, které studie neřeší. Uvede se i návaznost na případná předchozí šetření nebo studie.

2) podklady, kde se uvede seznam použitých podkladů (výkresy, mapy, geodetické zaměření, výsledky vlastního šetření na místě)

3) situace se popíše z hlediska vlivu popisovaných objektů na proslunění. Uvedou se všechny okolnosti, které by mohly být z hlediska proslunění významné. Velmi významný je údaj o způsobu stanovení orientace objektů ke světovým stranám z výkresů nebo mapového podkladu. Při variantním řešení se zde popíšou jednotlivé varianty.

4) požadavky – uvedou se požadavky příslušné normy, které je nutno splnit

5) výběr míst k posouzení musí být odborně zdůvodněn. Obvykle není možné prověřit všechna okna řešeného objektu nebo obytného souboru. Vybraná místa pak vždy reprezentují situaci celého objektu nebo jeho části. K posouzení se vybírají zejména místa s nejméně příznivými podmínkami např. s největším stíněním (v nejnižším obytném podlaží). Z případného kladného výsledku posouzení takových míst pak vyplyne příznivé hodnocení celého objektu nebo jeho části.

6) uvedení metody stanovení doby proslunění

7) uvedení výsledků nejlépe přehledně v tabulkách pro jednotlivá místa a jednotlivé varianty.

8) hodnocení výsledků tj. uvedení zda vyhovují požadavkům dle bodu ad 4)

9) návrh řešení – je třeba si uvědomit, že vlastním cílem studie nejsou vypočtená čísla, ale návod k jednání. Studie by vždy měla vyústit v ovlivnění přípravy výstavby.

Výkresová část obsahuje situaci dokumentující způsob stanovení orientace ke světovým stranám včetně uplatnění meridiánové konvergence. Řezy a pohledy dokumentují výškové poměry zástavby. Jako další přílohy mohou být uvedeny sluneční diagramy posuzovaných míst. Výhodné je graficky vyznačit zjištěné skutečnosti. Příkladem je situace obytného souboru na obr. 8.1, kde jsou vyznačena vybraná posuzovaná místa s uvedením doby proslunění v minutách. Graficky jsou vyznačena průčelí, která jsou resp. nejsou dostatečně prosluněna podle požadavků normy. Situace bude soužit jako podklad při návrhu dispozic bytů.

9. Denní světlo a osvětlení

Ke vzniku zrakového vjemu člověk potřebuje světlo a zrakový orgán. Zdrojem denního světla je slunce a obloha. Denní světlo vstupuje do uzavřeného prostoru oknem - otvorem v obvodových stěnách nebo střeše. Tady prostupuje ovzduším a dopadá na povrchy předmětů i prostoru samého. Podle vlastnosti povrchu se buď odrazí, pohltí nebo prostoupí (průhledné, průsvitné materiály). Odraženým světlem nabývá předmět určitého jasu. Každý povrch odrážející světlo se tak stává druhotným zdrojem světla. Světlo odražené projde rovněž ovzduším a při dopadu na sítnici vyvolá zrakový vjem.

9.1. Zrakové vnímání

Jak je zřejmé je zrakové vnímání ovlivněno celou řadou faktorů. Abychom mohli vytvořit vhodné světelné prostředí je třeba tyto faktory analyzovat:

- světlo - zdroj, spektrální složení, světelný tok, směr (poloha osvětlovacích otvorů a pracovního místa) - kap.10.
- povrchy - vlastnosti povrchů prostoru i zařízení, odrazivost, struktura, barva
- čas - časová nestálost denního světla, délka pobytu člověka v uzavřeném prostoru, čas daný k zrakovému úkonu
- zrakový orgán - vlastnosti - viz kap. 10.1.
- ovzduší - vlastnosti (zejména u interiérů s vysokou prašností, kouřem apod.)

Pro vytvoření správného světelného prostředí, prostředí vyhovujícího konání zrakové činnosti je podstatné dostatečné množství i kvalita dopadajícího *světla*. Prvkem zprostředkujícím vstup světla do uzavřeného prostoru je otvor - okno. Na jeho velikosti, poloze (vzhledem k viditelnosti oblohy i k pracovní ploše), konstrukčním řešením a pod., závisí osvětlení celého prostoru - viz kap. 15.

Pro výsledný zrakový vjem je důležitým činitelem *schopnost povrchu* světlo odrážet, pohlcovat a propouštět. Světlé povrchy odrážejí více světla než tmavé. Chceme-li docílit přibližně stejných jasů vnímaných ploch musíme tedy tmavé povrchy osvětlit více než povrchy světlé. viz. kap. 13, tab. 13.1.

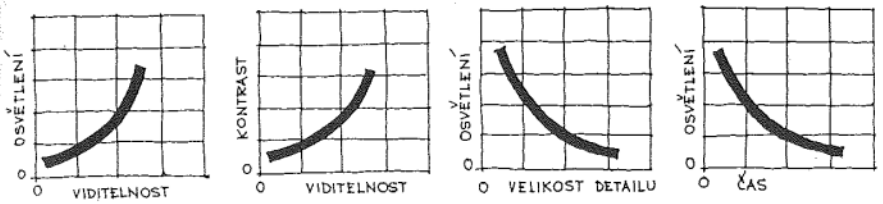
Hodnota činitele odrazu tj. podílu odraženého světelného toku a dopadajícího světelného toku na plochu je závislá také na spektrálním složení světla. Různě barevné plochy odrážejí totiž různé složky světelného spektra. Tato skutečnost může podstatně ovlivnit zrakový vjem. (Příklad: nevhodně zvolená sytá malba stěn a zařízení může vyvolat dojem nezdravé barvy na př. potravin nebo lidské pokožky.)

Barva povrchu je jeden činitel, dalším je matný či lesklý vzhled. Matné povrchy odrážejí světlo rozptylně, lesklé usměrněně. Lesklé povrchy, zrcadlí jasné plochy zejména osvětlovací otvory nebo svítidla. Zrcadlové odlesky mohou zhoršit zrakový vjem i celkovou světelnou pohodu prostředí. Odlesky světla se ale také záměrně využívají na př. k oživení prostředí, k docílení slavnostního vzhledu ve společenských a reprezentačních prostorech. Je však vždy třeba postupovat uvážněně. Zašpinění a stárnutí ovlivňuje světelné vlastnosti materiálů.

Vliv ovzduší na zrakový vjem. Částice prachu, kouř, mlha jsou příčinou světelných ztrát ve vzdálenosti dohledu lidského oka. Dochází ke snížení viditelnosti zejména ve vnějším prostředí. Ve vnitřních prostorech s prašnou výrobou (např. v textilní průmyslu - přádelny

apod.) je snížení viditelnosti velký problém pro návrh osvětlení. Nejde jen o nutné zvýšení množství světla, ale také nalezení správné polohy osvětlovacích otvorů.

Časová nestálost světla je nejvýraznější charakteristikou denního osvětlení. Jde o silný stimulující faktor s příznivými účinky na činnost zraku i lidský organismus ať mluvíme o změnách astronomických - pravidelných nebo povětrnostních - nepravidelných. Jsou příčinou (v důsledku vývoje člověka) široké jasové a chromatické adaptability našeho zraku. U člověka pohybujícího se v uzavřeném prostoru se neustálá proměnlivost denního světla projevuje v proměnlivosti denního osvětlení interiéru a při výhledu z okna do vnějšího prostředí.



Obr. 9.1: Závislost zrakové práce na podmínkách světelného prostředí /21/

Závislost zrakové práce na podmínkách světelného prostředí je patrna z obr. 9.1. Viditelnost předmětu zrakového úkolu vzrůstá s množstvím světla a kontrastem jasu mezi pozorovaným předmětem a jeho pozadím. Zrakovou práci také ovlivňuje vztah mezi osvětlením (jeho množstvím) a rozměrem předmětu i časem daným k zrakovému úkonu. Čím jemnější detail a kratší čas tím větší požadavek na osvětlení.

Světelné prostředí patří do skupiny smyslových vjemů, podle kterých člověk hodnotí svoje životní prostředí. Požadavky na jeho stav vyplývají z fyziologicko-psychologických a hygienických potřeb člověka a jsou definovány *zrakovou pohodou.* Zraková pohoda je příjemný psychofyziologický stav potřebný pro účinnou práci a odpočinek, splňují hygienické požadavky. Závisí především na množství a kvalitě osvětlení (kvantitativní a kvalitativní kritéria osvětlenosti denním světlem), na vlastnostech prostoru (barvy, tvary, proporce) a přirozeně na stavu zrakového orgánu

Psychicky vyvolává světlo pocit naplnění prostoru světlem. Z toho především vyplývá pravděpodobnost správného vidění a rozlišení. V důsledku působení světla vzniká také pocit prostorového ztvárnění s kterým souvisí spolehlivost prostorové orientace. Pocit barevného ladění je závislý na chromatičnosti světla ve vztahu ke koloritě významných ploch v prostoru.

Zraková pohoda znamená vytvoření přiměřených světelných podmínek odpovídajících pocitům vyplývajícím z vnitřního ladění organismu jako je

- ladění ergotropní. Toto ladění znamená připravenost organismu k výkonu (fyzickému i psychickému)
- ladění trofotropní. To znamená připravenost organismu k odpočinku při zachování bdělosti

- ladění histotropné. Toto ladění znamená připravenost k pasivnímu odpočinku tj. spánku.

Z hlediska využívání denního světla v uzavřeném prostoru je pro nás v prvé řadě důležité vytvoření příznivých podmínek pro práci - pracovní výkon.

Ergonomická (pracovní) kritéria vytyčují požadavky na osvětlení v závislosti na *vizuální obtížnosti.* Vizuální obtížnost charakterizuje zrakový úkol podle velikosti kritického detailu, pozorovací vzdálenosti a kontrastu jasů kritického detailu a jeho bezprostředního okolí. Definice kritického detailu u různých vizuálních operací je však často problematická.
Pro řadu prací např. s převahou psychické složky nedovedeme toto kritérium stanovit. Pracovní činnost s přesně definovanou vizuální obtížností lze přesně zařadit do světelně technických tříd, to znamená stanovit odpovídající kvantitativní požadavky na osvětlení. Rovněž lze stanovit vliv kvalitativních parametrů na zrakový a celkový pracovní výkon - viz. kap. 12.

9.2. Faktory ovlivňující světelný stav vnitřního prostředí

Při návrhu budovy, jejího začlenění do krajiny i okolní zástavby musí architekt a konstruktér vycházet z poznání (znalosti) potřeb člověka a společnosti. Vytvořením umělého prostoru vytváří pracovní, obytné prostředí, ale také prostředí pro vzdělání, zábavu, rekreaci apod. Požadavky na optimální podmínky prostředí jsou samozřejmě odlišné. Z hlediska zrakové pohody je prioritní odpověď na otázku: Kolik světla a jaké kvality v daném prostoru potřebujeme?

Množství a kvalitu denního světla ve vnitřním prostoru zprostředkuje navržený osvětlovací systém (poloha, plocha, konstrukce, seskupení okenních otvorů). Jeho návrh je determinován celou řadou faktorů a vazeb mezi nimi.

1) Urbanistické řešení zástavby-exteriérové podmínky. Patří sem lokalita výstavby, orientace ke světovým stranám, rozměry a rozměrové proporce objektů, jejich tvar a vzájemné rozestupy. Dále konfigurace terénu, odrazové vlastnosti terénu i zástavby.

2) Konstrukční systém budovy a její architektonické řešení - interiérové podmínky. Dispoziční návrh, konstrukční řešení - výška, hloubka traktů, rozměry a rozměrové proporce vnitřních prostorů, odrazivost povrchů prostoru i zařízení.

3) Obvodový plášť budovy. Konstrukční a materiálové řešení, míra perforace okenními otvory (plocha, tvar, poloha okna a jeho konstrukční řešení včetně použitých materiálů - zasklení, rámy, křídla, počet skel).

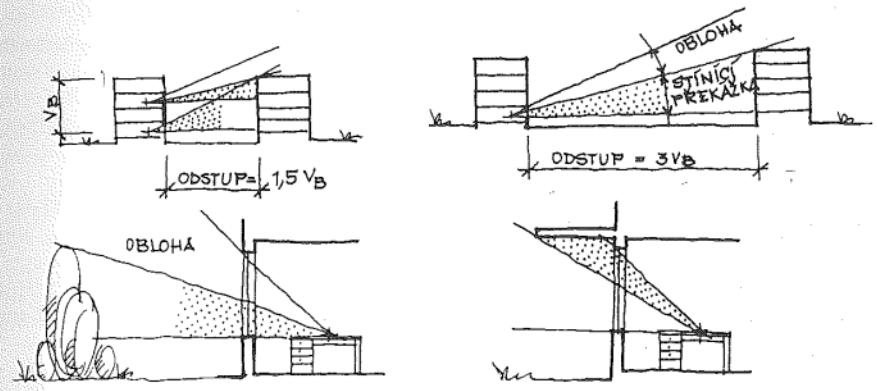
4) Funkce budovy a způsob využití jednotlivých prostorů - provoz.

9.3. Analýza jednotlivých faktorů

9.3.1 Urbanistické řešení zástavby - exterierové podmínky

Hustota zástavby, vzájemná orientace objektů i orientace ke světovým stranám, výběr místa zástavby, způsob zasazení do terénu, stejně jako výškové proporce jsou podmínky, které

architekt - urbanista ovlivňuje, navrhuje a realizuje. To znamená, že svým návrhem přímo ovlivňuje množství i kvalitu světla, které se z primárního zdroje (slunce a oblohy) může dostat do vnitřního prostoru. Chybný návrh, to jest takové řešení, které nepřihlíží k potřebě světla i slunce v budově má za následek obtížné, často neřešitelné problémy s denním osvětlením, případně osluněním budov - viz obr.9.2.



Obr.9.2: Exterierové překážky redukující pronikání oblohového světla do interieru - příklady

Vnější světelné klima je závislé na lokalitě místa na zemském povrchu. Podle toho můžeme charakterizovat zdroj denního světla jako:
1) jasná obloha - spolupůsobení přímého a oblohového (difuzního) světla (oblačnost 0÷2)
2) úplně a rovnoměrně zamračená obloha (oblačnost 10)
3) částečně zamračená obloha. Podle stavu oblačnosti se tento typ může blížit k úplně jasné obloze, ale i úplně zamračené.
V našich zeměpisných šířkách (mezi 40 ÷ 60 SZŠ) vycházíme z předpokladu úplně zamračené oblohy. To znamená, že za zdroj světla považujeme plošný zdroj - jas oblohy - kap. 11.
Urbanistické řešení zástavby musí proto mimo jiné reagovat na požadavek dostupnosti oblohového světla (denní osvětlení) a přímého sluneční záření (insolace).

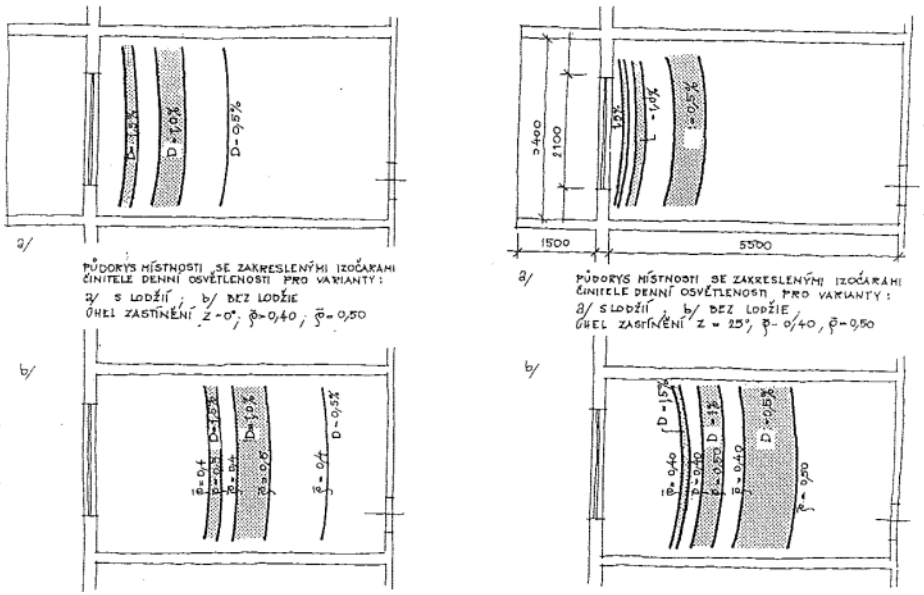
9.3.2 Konstrukční systém budovy a její architektonické řešení - interierové podmínky

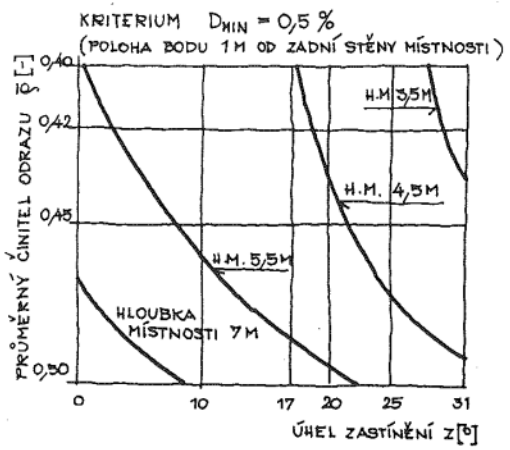
Konstrukční systém a dispoziční řešení budovy úzce souvisí. Rozměry a rozměrové proporce jednotlivých prostorů jsou limitovány konstrukčním systémem a naopak konstrukční systém je navrhován s ohledem na dispoziční a provozní požadavky budovy. Požadavky na denní osvětlení jednotlivých prostorů mohou podstatně návrh konstrukčního systému ovlivnit (např. horní osvětlení). Osvětlovací systém nevzniká náhodným způsobem (mylná představa, že

okno je jen estetický prvek fasády), nýbrž řeší problém jak dobře osvětlit daný prostor. U bočního osvětlení (osvětlovací otvory jsou v obvodové stěně) je rozhodující hloubka interiéru v závislosti na jeho světlé výšce a výšce okna (úroveň nadpraží). U osvětlení horního je pro úroveň osvětlení důležitá vzdálenost osvětlovací roviny od osvětlovacích otvorů (výška prostoru) a jejich uspořádání - viz. kap. 15. včetně plochy zasklení, tvaru a konstrukce.

Do interiérových podmínek ovlivňujících světelný stav vnitřního prostředí je dále třeba zahrnout vzájemnou polohu pracovního místa a zdroje osvětlení (osvětlovací otvor) zejména v případech, kdy pracovní místo je pevně fixováno (např. základy pod těžké obráběcí stroje a zařízení a pod.)

Podobně jako při urbanistické studii musí být součástí konstrukčních a dispozičních návrhů také studie osvětlovacího systému budovy.

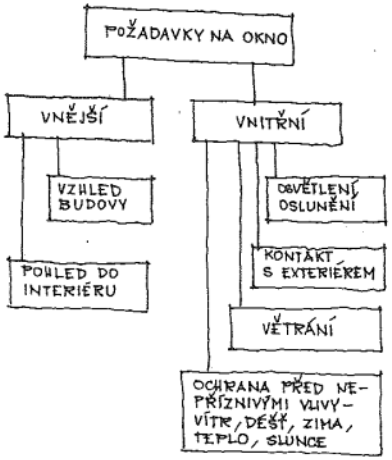




Obr. 9.3: Příklady osvětlenosti interieru v závislosti na jeho rozměrech, odrazivosti povrchů, velikosti okenních otvorů a úhlu zastínění. /53/

9.3.3 Obvodový plášť budovy

Obvodový plášť budovy nepochybně ovlivňuje vnější dojem pozorovatele a určuje výraz .budovy. Tvar, velikost a rozmístění oken jsou výrazné estetické prvky architektury. Funkce okna je ovšem mnohem širší pohlédneme-li na obr. 9.4. vidíme, že z řady požadavků na okno v budově kladených vyplývá, že jeho návrh bude téměř vždy výsledkem kompromisů ve kterých jednotlivé funkce nemusí být splněny zcela ideálně. Cílem má vždy být vytvoření vnitřního prostředí optimálně sloužícího jeho uživatelům. Další pozornost bude věnována pouze funkci okna, kterou je zajištění dobrého osvětlení (případně oslunění) interiéru po celý den nebo jeho převážnou část.



Obr. 9.4: Základní funkce okna

Množství světla, které do vnitřního prostoru pronikne značnou měrou závisí na

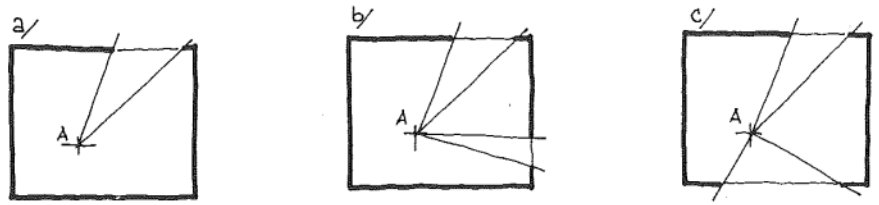
- ploše, tvaru a umístění okna v obvodové stěně
- konstrukci okna - zasklení, rámy
- konstrukčním a materiálovém řešení vlastní obvodové stěny včetně pevných prvků určených k redukci přímé sluneční radiace a sklonu okenního otvoru.

Podle umístění okna v obvodovém plášti budovy označujeme základní typy denního osvětlení interiéru.

Boční osvětlení. Osvětlovací otvory jsou umístěny v obvodové stěně budovy a to v jedné, pak mluvíme o jednostranném bočním osvětlení, nebo dvou i více, pak jde o dvou či vícestranné boční osvětlení - obr. 9.5.

Horní osvětlení. Osvětlovací otvory - světlíky - jsou umístěny ve stropě (střeše) budovy a podle polohy zasklení je dělíme na jednostranné, dvou i vícestranné a zenitové - obr. 9.6. Dále lze horní osvětlení dělit a označovat podle konstrukčního řešení světlíků - pilové, motýlkové, lucernové, bazilikální atd.

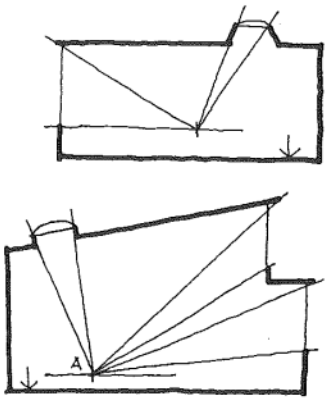
Kombinované osvětlení. Osvětlení interiéru zajišťují současně otvory v obvodové stěně i stropu. Jde tedy o kombinaci bočního a horního osvětlení obr. 9.7.



jednostranné *dvoustranné* *bilaterální*

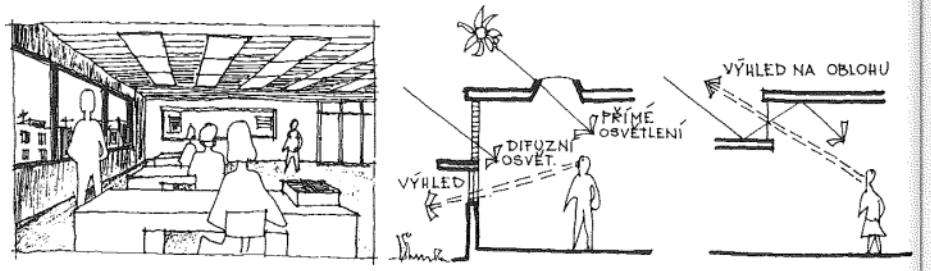
Obr. 9.5:Příklady bočního osvětlení interieru

Světelný tok pronikající obvodovým pláštěm (okenními otvory) do interiéru budovy je značně redukován vlivem velikosti okna - jeho konstrukčního řešení, znečištění zasklených ploch, ale i vlastní konstrukce (např. tloušťka ostění). Vyjadřujeme proto světelné ztráty - viz. kap. 15. - které jsou pochopitelně ovlivnitelné navrhovaným řešením. Okno je však nejen důležitým architektonickým prvkem ztvárnění fasády a druhotným zdrojem osvětlení interiéru, je také jeho součástí. Člověk pohybující se v uzavřeném prostoru potřebuje (z psychologického hlediska) navazovat kontakt s vnějším prostředím neboť váže svoje každodenní aktivity (práci, odpočinek, spánek) na pravidelné světelné změny, na růst a pokles jasů ve vnějším prostředí. Toto spojení se děje prostřednictvím okna, proto okno musí kontakt s vnějším prostředím umožňovat. Při omezené možnosti zrakové kontroly svého okolí, prostorově časového začlenění a vztahu k přírodě, lidem i architektuře (bezprostřední struktuře zástavby, terénu, horizontu) je člověk nejistý a nespokojený což se projeví negativně na efektivnosti pracovní činnosti i odpočinku. Proto je průhledné zasklení otvorů, umožňující byť jen částečný výhled, lepší než difúzní zasklení příp. použití speciálních druhů skel viz. kap. 7., které zprostředkuje vnější situaci zkresleně.



Obr. 9.7: Příklady kombinovaného osvětlení vnitřního prostoru

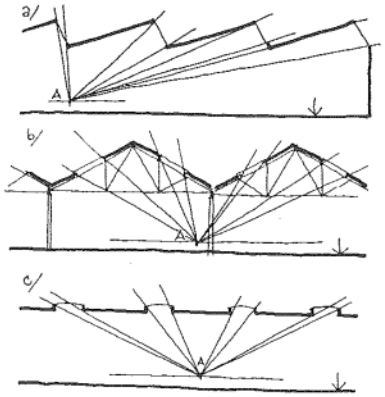
Osvětlení interiéru a kontakt s vnějším prostředím nemusí vždy zajišťovat jeden a tentýž otvor obr. 9.8. Zejména u objektů s horním a kombinovaným osvětlením mohou být tyto funkce odděleny.



Obr. 9.8: Osvětlení interieru denním světlem a výhled do exterieru

9.3.4. Funkce budovy a způsob využití jednotlivých prostorů

Požadavky na denní osvětlení vnitřních prostorů jsou definovány v závislosti na konané zrakové činnosti. Každá budova má z tohoto hlediska celou řadu odlišných prostorů. Ze světelně technického hlediska musí vnitřní prostředí vyhovovat zrakové činnosti a délce pobytu lidí v něm. S tímto cílem je třeba řešit osvětlení jednotlivých prostorů i celé budovy.



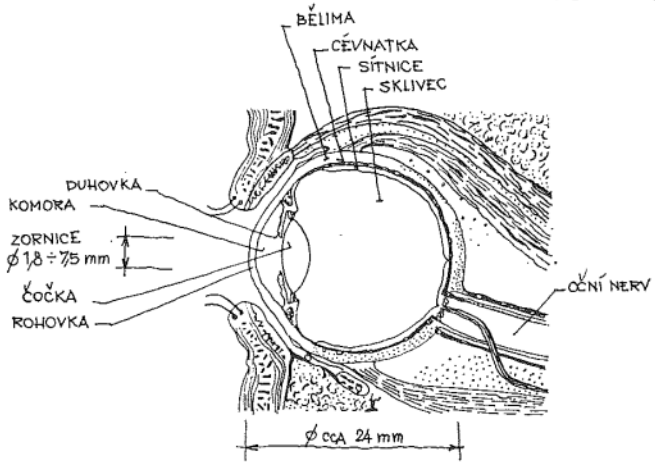
Obr. 9.6: Příklady horního osvětlení vnitřního prostoru a) jednostranné b) dvoustranné c) zenitové

10. Fyziologie vidění

Zrakový systém člověka je tvořen souborem orgánů, které zajišťují příjem, přenos a zpracování informace přenášené světelným podnětem v komplex nervových podráždění, jejichž výsledkem je zrakový vjem. Světlo je prostředkem, který umožňuje příjem uvedené informace a osvětlení tak může tento příjem usnadnit nebo ztížit. Základní znalosti anatomie a fyziologie zrakového sytému jsou proto nutnou podmínkou pro správný návrh a posouzení osvětlení. Zrakový systém se skládá zhruba ze tří částí:

1) *periferní* – oči člověka
2) *spojovací* – zrakové nervy
3) *centrální* – podkorové a korové části mozku

Vzájemná složitá propojení a vazby v centrální nervové soustavě potvrzují skutečnost, že osvětlení ovlivňuje nejen samotné zrakové vnímání, ale také celou řadu dalších funkcí organismu člověka a jeho psychický stav. Funkce periferní části – oka – jako části, která přijímá informace přenášené světlem z vnějšího prostředí a bezprostředně tak vstupuje v interakci s tímto prostředím, má na stav světelné pohody či nepohody podstatný význam.



Obr. 10.1: Svislý řez lidským okem /46/

10.1. Stavba oka

Obě oči jsou symetricky uloženy v lebce v tzv. *očnicích*. Tvar oka je přibližně kulový, uzpůsobený pro snadné a rychlé otáčení v očnici. Oční bulva dospělého člověka má předozadní průměr asi 24 mm. Stěnu oka v jeho zadní části tvoří tři vrstvy:

1) *bělima* (sclera) – je bělavá hustá tkáň, která tvoří nosnou vrstvou stěny oční bulvy
2) *cévnatka* (chorioidea) – má význam pro výživu nitra oka, zejména třetí vrstvy -
3) *sítnice* (retina) – obsahuje dva druhy světločivných buněk:
   a) *tyčinky* (asi $130 . 10^6$ kusů)
   b) *čípky* (asi $7 . 10^6$ kusů)

Nejvíce světločivných buněk je soustředěno v optické ose oka – v tzv. *žluté skvrně*. V místě, kde na sítnici ústí zrakový nerv – v tzv. *slepé skvrně* – naopak světločivné buňky chybí.

V přední části oka bělima přechází v průhledný pevný obal tvaru hodinového sklíčka zvaný *rohovka* (cornea), zatímco cévnatka přechází jednak v tzv. *řasnaté tělísko* (corpus ciliare), na kterém je zavěšena *oční čočka* (lens), jednak v *duhovku* (iris). Uprostřed duhovky je přibližně kruhový otvor – *zornice* (pupila), kudy vstupuje do oka světlo. Průměr zornice se mění v závislosti na činnosti hladkých svalů duhovky, a tím se upravuje hodnota světelného toku vstupujícího do oka. Duhovka tak tvoří jakousi optickou clonu oka. Činností hladkých svalů řasnatého tělíska lze v jistém rozmezí měnit tvar oční čočky a tím i její optické vlastnosti. Vnitřní prostor oka za čočkou vyplňuje čirá průhledná bezbarvá rosolovitá pružná hmota – *sklivec*.

10.2. Funkce sítnice

Oční čočka promítá obraz pozorovaného předmětu na sítnici, kde se obraz zachytí a je soustavou nervových vláken převáděn do mozku. Sítnice se skládá z 10-ti vrstev, kde v poslední vrstvě jsou světločivné buňky – tyčinky a čípky. Tyčinky jsou určeny k vidění za šera (*vidění skotopické*). Jsou vysoce citlivé, pracují i při velmi nízkých světelných podnětech, avšak neumožňují rozlišení barvy světla. Při skotopickém vidění vnímáme různé jasy v zorném poli s vysokým stupněm rozlišení jako různé odstíny šedé barvy od bílé po černou. Čípky jsou činné jen při dostatečně silném osvětlení a jsou určeny k vidění za dne (*vidění fotopické*). Jsou citlivé na všechny barvy světla, které jsou schopny velmi dobře rozlišovat. Naopak jejich schopnost registrovat rozdíl jasů je malá. Přechodem mezi oběma způsoby vidění je *vidění mesopické*, při kterém se současně uplatňují tyčinky i čípky. Podstatou vidění je fotochemický děj odehrávající se na sítnici, kde hlavním činitelem jsou látky *sítnicové pigmenty* (např. oční purpur – rhodopsin), které se rozkládají účinkem světla. Světločivné buňky tak nejsou drážděny přímo světlem ale chemicky v závislosti na koncentraci sítnicových pigmentů.

10.3. Akomodace

Oko není schopno současně stejně ostře zobrazit na sítnici předměty nacházející se v různých vzdálenostech. Normální oko hledící do dálky zobrazuje na sítnici ostře předměty ležící nekonečně daleko od oka, prakticky ve vzdálenosti větší než asi 6 m, kdy lze světelné paprsky přinášející informaci o těchto předmětech pokládat za rovnoběžné. *Akomodace* je schopnost oka přizpůsobit lomivost oční čočky vidění do blízka tj. do vzdáleností menších

než cca 6 m. Nejbližší resp. nejvíce vzdálený bod, který může oko vidět ostře se nazývá *blízký* resp. *vzdálený bod*. Rozsah akomodace není u všech lidí stejný a mění se s věkem. Jednotkou akomodačního rozsahu je dioptrie [D].

$$\text{akomodační rozsah} = 1/r_1 - 1/r_2 \qquad (10.1)$$

kde r_1 resp. r_2 [m] jsou vzdálenosti blízkého resp. vzdáleného bodu. Například u zdravého patnáctiletého člověka je akomodační rozsah $1/0{,}1 - 1/\infty = 10$ D, u padesátiletého jen $1/0{,}5 - 1/\infty = 2$ D. S věkem se tedy akomodační rozsah zraku zmenšuje. Krátkozraká osoba může mít akomodační rozsah $1/0{,}05 - 1/0{,}1 = 10$ D.

Akomodace probíhá bez účasti našeho vědomí při změnách fixace pohledu stažením řasnatého tělíska, na kterém je zavěšena čočka. Tím se mění zakřivení přední i zadní stěny čočky. Akomodace je tedy vždy spojena s jistým i když nevědomým úsilím. Nadměrná potřeba akomodace při pozorování příliš blízkých předmětů vede k únavě zraku. Jednou z důležitých funkcí okna v místnosti je možnost přerušení akomodačního úsilí při pohledu do exteriéru.

S akomodací souvisí pojem *konvenční zraková vzdálenost*. Je to vzdálenost 0,25 m, která se považuje za nejvhodnější pro pozorování blízkých předmětů při čtení, psaní nebo při jemné práci.

10.4. Vady zraku související s akomodací

Optická kvalita zobrazovacího systému oka je určena ostrostí zobrazení v úrovni sítnice. Jako každé optické zařízení může mít i oko určité nedokonalosti a chyby, které mohou být podmíněny stavbou oka, jeho anomálním vývojem, případně mohou být získávány během života. Za normální (*emmetropické*) se považuje oko mladého člověka s akomodačním rozsahem 10 až 12 D a se vzdáleností blízkého bodu od 80 do 100 mm. Při dalekozrakosti (*hypermetropii*) je ohnisková vzdálenost nedostatečně akomodovaného optického systému oka příliš dlouhá, takže obraz pozorovaného předmětu by byl ostrý až za sítnicí. Hypermetropie je nejčastější chybou očí a v určitém rozsahu ji má přibližně polovina populace. Zejména starší lidé trpí touto vadou v důsledku ochabnutí svalů řasnatého tělíska následkem celoživotního akomodačního úsilí (*presbyopie* – stařecké vidění). Také téměř všechny děti se rodí dalekozraké, ale normálním vývojem se jejich oko postupně prodlužuje, čímž dojde ke správnému umístění sítnice vzhledem k oční čočce. Předpokladem správného vývoje zraku je však dobré osvětlení prostor, kde děti nejvíce pobývají (předškolní zařízení, školy, byty). Hypermetropii lze korigovat brýlemi se spojnou čočkou.

Přílišným relativním prodloužením oční bulvy nastává opačná chyba *myopie*, krátkozrakost, při které je ohnisko oční čočky blíže, než je poloha sítnice. Následkem toho předměty pozorované na krátkou vzdálenost se zaostřují na sítnici snáze než v normálním oku, takže krátkozraký člověk je při zrakové práci nablízko ve výhodě. Vzdálené předměty však krátkozraké oko není schopno vidět ostře, protože žádné oko není schopno „záporné akomodace". Myopii lze korigovat brýlemi s čočkou rozptylnou.

Není-li sférické zaoblení oka zcela pravidelné, nemůže nastat stejné zaostření všech částí pozorovaného většího předmětu. Takováto chyba se nazývá *astigmatismus* a lze ji korigovat brýlemi, kde se použijí čočky s nestejným poloměrem křivosti v různých směrech. Osvětlování interiérů musí respektovat individuální potřeby lidí různých věkových skupin i lidí s běžnými vadami zraku.

10.5. Adaptace

Adaptací nazýváme schopnost zraku přizpůsobit se různým hladinám osvětlenosti. Zdravé oko je schopné vnímat již při osvětlenosti asi 2.10^{-9} lx. K vidění dochází v rozmezí od 0,25 do 10^5 lx. Těmto velkým změnám osvětlenosti se oko přizpůsobuje jednak změnou velikosti otvoru zornice – zornicový (*fotopupilární*) reflex, jednak změnou citlivosti světločivných buněk a změnou velikosti vjemových polí sítnice.

Průměr zornice se mění v rozsahu cca od 1,8 do 7,5 mm, což představuje změnu plochy zornice v poměru cca 1:17. Tato změna probíhá velmi rychle v průběhu 0,36 až 0,38 s, při náhlých změnách podnětu i během 0,1 s. Zvýšení hladiny osvětlenosti vede ke zúžení zornice a naopak. Změna průměru zornice probíhá bez účasti našeho vědomí. Zornicový reflex není hlavním adaptačním mechanismem zraku. Jeho předností je však uvedená vysoká rychlost reakce na náhlé změny osvětlenosti. Chrání zrak před náhlými změnami jasu.

Hlavním mechanismem adaptace oka je fotochemický děj probíhající na sítnici, jehož výsledkem je změna citlivosti světločivných buněk. Prostřednictvím fotochemické reakce sítnicových pigmentů spojené s chemickým drážděním světločivných buněk se energie světelného záření mění v energii nervových impulsů. Tato přeměna může probíhat s různou intenzitou a tím je zajištěna adaptace ve velmi širokém rozsahu osvětlenosti. Vlivem světla se sítnicové pigmenty rozkládají a ve tmě probíhá jejich syntéza. Obě fotochemické reakce neprobíhají tak rychle, jako zornicový reflex, ale vyžadují určitý čas.

Při adaptaci zraku z nižšího jasu na vyšší (při *adaptaci na světlo*) se v důsledku rozkladu sítnicových pigmentů zmenšuje citlivost světločivných buněk. Adaptace trvá asi jednu minutu a pak doznívá asi deset minut. Adaptace na nižší jas (*adaptace na tmu*) je podmíněna syntézou a vytvořením zásoby sítnicových pigmentů, což trvá poněkud delší dobu. Adaptace probíhá ve dvou etapách, kdy během cca 20-ti minut se zvyšuje citlivost čípků a tyčinek a pak asi dalších 40 minut se zvyšuje citlivost tyčinek.

Jas, na který je zrak v určitém prostředí a v určitém čase adaptován, se nazývá *adaptační jas*. Adaptační jas má vliv na rozlišovací schopnost zraku, na jeho *kontrastní citlivost*. Při malém adaptačním jasu jsme schopni rozlišit plochy s jasem v poměru 1:3, v prostředí s vysokým adaptačním jasem v poměru až 1:1,01. Pro návrh osvětlení interiérů budov jsou důležité dva poznatky:

1) adaptační jas je podmíněn nejen osvětleností kritického detailu, ale i osvětleností bezprostředního okolí.
2) třebaže lidský zrak je schopen se adaptovat na velmi rozdílné jasy v prostředí, musí-li adaptace probíhat často a v krátkém čase tj. zejména rychleji než umožňuje adaptační mechanismus sítnice (viz výše), pak dochází k *readaptaci*, která je provázena zrakovou i celkovou únavou.

Readaptace zraku znamená vždy vážné narušení zrakové pohody. Může být způsobena nerovnoměrným rozložením jasů ve vnitřním prostoru v důsledku nerovnoměrného osvětlení nebo nevhodného barevného řešení interiéru, případně kombinací obou příčin (světlá pracovní plocha a tmavé kouty místnosti, tmavá pracovní plocha a vysoký jas osvětlovacího otvoru v zorném poli).

Naopak relativně pomalé změny osvětlenosti vnitřního prostoru během dne v závislosti na vnějších podmínkách osvětlenosti (poloha slunce, atmosférické vlivy) lze považovat za prospěšné, protože jsou v souladu s možnou rychlostí adaptace zraku a udržují tak tuto jeho nezbytnou vlastnost ve funkci. To je jedním z důvodů preference denního osvětlení před osvětlením umělým. Cílem návrhu osvětlení je vyloučit readaptaci zraku uživatelů budov, zatímco je žádoucí aby potřeba adaptace zůstala zachována.

10.6. Fototropický reflex

S rozložením jasů v prostoru a speciálně v zorném poli souvisí další vlastnost lidského zraku - *fototropický reflex*. Při něm se oko automaticky obrací k tomu místu v zorném poli, kde je nejvyšší jas nebo nejvyšší kontrast jasů. Této vlastnosti zraku je možno využít k podpoře soustředění na zrakovou práci. Nutnost při práci fototropický reflex vědomě překonávat může být rovněž příčinou zrakového diskomfortu a únavy.

10.7. Rychlost vnímání

Zrak člověka nepracuje staticky. Naše oči se neustále pohybují a obraz na sítnici se mění s frekvencí asi 5 obrázků za sekundu. Dojem o neměnnosti pozorovaného prostředí vzniká díky kompenzačním mechanismům, které ruší informace způsobené pohybem očí, hlavy či těla. Zrakový vjem nevzniká ani nezaniká současně s popudem, ale s určitým časovým zpožděním. Rychlost vnímání se zvyšuje s jasem pozorovaného předmětu asi do hodnoty jasu 300 $cd.m^{-2}$ a roste také se zvyšováním kontrastu jasu detailu a pozadí. Při jasu 0,15 $cd.m^{-2}$ je čas potřebný ke vzniku vjemu asi 1 sekunda, zatímco při jasu 1 $cd.m^{-2}$ je tento čas 0,5 s. Tato okolnost je důležitá při osvětlování dopravních cest a prostorů, kde pozorované předměty (případně i pozorovatel) se rychle pohybují nebo náhle mění rychlost nebo směr pohybu (sportoviště, tělocvičny, některé průmyslové provozy).

10.8. Zorné pole

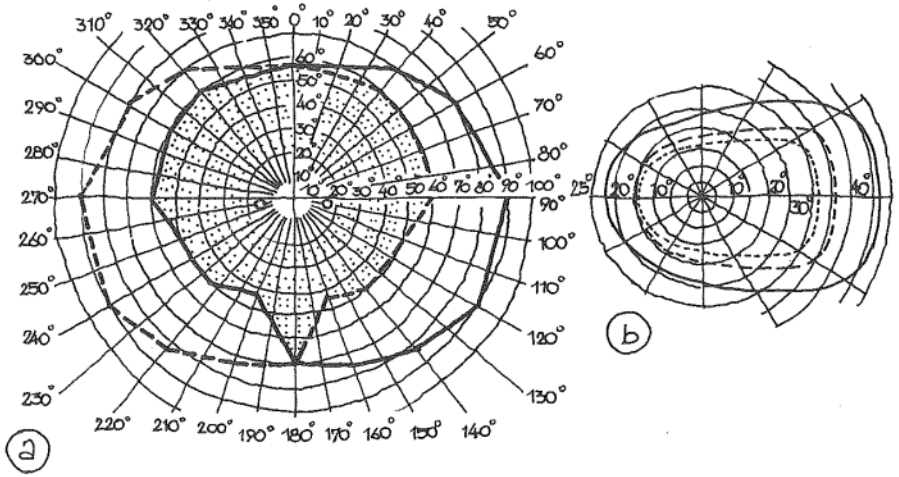
Část prostoru, kterou může pozorovatel postřehnout pohledem bez pohybu oka a hlavy se nazývá *zorné pole*. Přesně člověk vidí v úhlovém rozsahu asi 8° ve vodorovné a asi 6° ve svislé rovině. Největší ostrost vidění je asi v rozsahu 1,5°. Pro přesné vidění je třeba, aby obraz předmětu, který chceme ostře vidět, padl na žlutou skvrnu sítnice, což vyžaduje velmi přesnou souhru očních svalů, která zajišťuje nastavení optických os obou očí do jednoho bodu. Při disfunkci této vlastnosti zraku nastává zhoršené vidění, nevolnost, bolení hlavy a závrať. Velikost monokulárního zorného pole levého a pravého oka a jejich společné části tzv. binokulárního zorného pole závisí na jasu a barvě. Se zmenšujícím se jasem se zorné pole zmenšuje.

Pro posouzení zrakové náročnosti prováděné práce je důležitý tzv. *kritický detail*, který si oko reflexním pohybem umisťuje do centra zorného pole. Kritický detail se pak na sítnici zobrazuje do středu žluté skvrny. Kritický detail lze definovat jako nejmenší podrobnost, kterou musí zrak při dané práci rozlišit. Například při čtení může být kritickým detailem tloušťka kresby písma.

Pro rozlišení kritického detailu je důležité jeho *bezprostřední okolí*. To je část zorného pole omezená vrcholovým úhlem asi 20°. Kritický detail s bezprostředním okolím tvoří *pozorovaný předmět*. Část zorného pole mezi vrcholovými úhly 20° a 60° se nazývá *pozadí*. Zbývající část zorného pole od vrcholového úhlu 60° k okrajům zorného pole tvoří *vzdálené okolí*, které se na rozlišení kritického detailu podílí jen nepřímo.

Část prostoru, kterou můžeme postřehnout jen při pohybu očí aniž bychom pohybovali hlavou nebo tělem se nazývá *pohledové pole*. Připojíme-li navíc možnost pohybu hlavou, získáme *obhledové pole*.

Vědecká knihovna Praha



a – MONOKULÁRNÍ ZORNÉ POLE LEVÉHO OKA – PŘERUŠOVANÁ ČÁRA
– MONOKULÁRNÍ ZORNÉ POLE PRAVÉHO OKA – PLNÁ ČÁRA
– BINOKULÁRNÍ ZORNÉ POLE – TEČKOVANÉ

b – MONOKULÁRNÍ ZORNÉ POLE PRAVÉHO OKA PŘI RŮZNOBAREVNÝCH PODNĚTECH
– PRO ŽLUTÉ A MODRÉ SVĚTLO – PLNÁ ČÁRA
– PRO ČERVENÉ SVĚTLO – PŘERUŠOVANÁ ČÁRA
– PRO ZELENÉ SVĚTLO – TEČKOVANÁ ČÁRA

Obr. 10.2: Zorné pole

10.9. Rozlišovací schopnost zraku

Aby mohl pozorovatel rozlišit předměty pozorované v zorném poli, je třeba, aby předměty měly dostatečně rozdílné jasy resp. barvy – požaduje se kontrast jasů resp. barev. V případě trojrozměrných předmětů je nutné, aby bylo vhodně utvořenými stíny zajištěno vyniknutí prostorové struktury a uspořádání.

Možnost pozorování kritického detailu na stejnobarevném bezprostředním okolí je podmíněna rozdílem jasu L_a [cd.m^{-2}] kritického detailu a jasu L_b [cd.m^{-2}] jeho bezprostředního okolí. Stupeň rozeznatelnosti kritického detailu lze charakterizovat *kontrastem jasů* k [-]

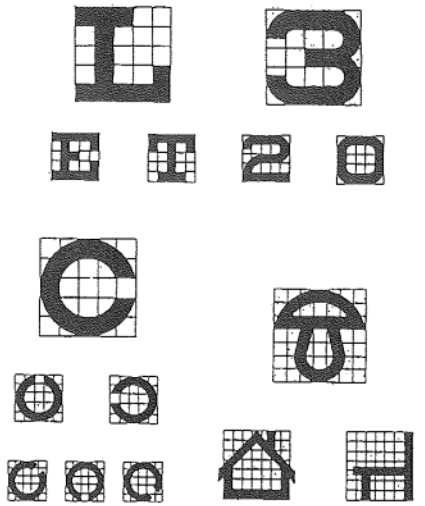
$$k = \frac{|L_a - L_b|}{L_b} \qquad (10.2)$$

Nejmenší rozlišitelný kontrast jasů k_{min} se nazývá *prahovým kontrastem*. Jeho hodnoty závisí nejen na jasu L_b bezprostředního okolí rozlišovaného detailu tj. na adaptačním jasu, ale také

na velikosti kritického detailu. Převrácená hodnota prahového kontrastu se nazývá *činitel rozlišitelnosti jasu*. Při malých adaptačních jasech je hodnota tohoto činitele malá, optimálních hodnot dosahuje přibližně v oblasti jasů 100 až 5000 cd.m^{-2} a při vyšších jasech jeho hodnota opět klesá v důsledku oslnění.

Při práci, která vyžaduje rozlišení malých kontrastů, se požaduje rovnoměrný jas zorného pole, který by se příliš nelišil od obou srovnávaných jasů. Pro vlastní zrakový výkon (např. čtení, psaní) je třeba dosáhnout kontrastu co nejvyššího.

Schopnost zraku rozeznat vůči danému pozadí dva detaily, které jsou velmi blízko sebe se hodnotí *zrakovou ostrostí*. Číselně je zraková ostrost rovna převrácené hodnotě nejmenšího úhlu (měřeného v minutách), pod kterým je oko schopno rozlišit oba detaily jako oddělené.



Obr. 10.3: Snellenovy optotypy, Landoltovy kruhy a obrázkové optotypy pro děti /46/

$$O = \alpha_{min}^{-1} \qquad (10.3)$$

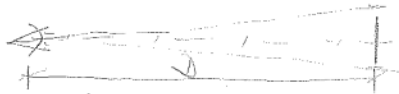
Zdravé oko rozezná dva detaily pod úhlem 1 minuta a má tedy zrakovou ostrost rovnou jedné. Prakticky se zraková ostrost zjišťuje s využitím vhodných obrazů, na kterých musí oko z určité vzdálenosti rozeznat jisté detaily. Příkladem mohou být Snellenovy optotypy nebo Landoltovy kruhy (obr. 10.3). Zraková ostrost je závislá na úrovni osvětlení.

$$O = a + 0{,}49 \log L_a \qquad (10.4)$$

kde L_a [cd.m^{-2}] je adaptační jas a konstanta *a* má při různých testech různou hodnotu. Při použití Landoltových kruhů, kde kritickým detailem je chybějící část kruhu, má *a* hodnotu 1,1.

Různé zrakové činnosti mají podle velikosti kritického detailu a pozorovací vzdálenosti rozdílné nároky na zrakovou ostrost a tedy i z toho plynoucí rozdílné nároky na úroveň osvětlení. Účelu normování požadavků na osvětlení slouží dělení zrakových činností do tříd v souladu se zrakovou obtížností. K zatřídění zrakové činnosti se používá veličina *poměrná pozorovací vzdálenost* P [-], která se stanoví jako podíl pozorovací vzdálenosti D [mm] a velikosti kritického detailu d [mm].

$$P = D/d \qquad (10.5)$$



Například pro čtení tištěného textu vychází poměrná pozorovací vzdálenost P = 250/0,3 = 833, pro sledování písma na tabuli v učebně např. P = 8000/5 = 1600.

10.10. Oslnění

Důležitou podmínkou zrakové pohody je vyloučení oslnění zraku uživatelů vnitřního prostoru. *Oslnění* je nepříznivý stav zraku, který zhoršuje či znemožňuje vidění. Podle stupně působení rozeznáváme oslnění *rušivé*, kdy si postižená osoba neuvědomuje příčinu svého diskomfortu, *omezující*, kdy vidění se stává namáhavé a *oslepující*, které znemožňuje vidění někdy i jistou dobu po tom, kdy již příčina oslnění zanikla. I rušivé oslnění, působí-li delší dobu, má nepříznivý vliv na zrakovou činnost a je příčinou zbytečné únavy.

Různá může být příčina oslnění. *Absolutní* oslnění vzniká, je-li v zorném poli tak velký jas, že zrak není schopen přizpůsobit se mu adaptací. Při denním osvětlení se jedná o jas asi 2.10^5 cd m^{-2}. *Přechodové* oslnění nastává náhlou změnou jasu zorného pole při přechodu z tmavého prostoru do osvětleného a naopak nebo při náhlé změně směru pohledu (tmavá tabule - sluncem osvětlený sešit ve škole). Zraková pohoda se narušuje již při poměru jasů 1:10 a k oslnění dochází již při poměru 1:100. Přechodové oslnění je časově limitováno. Po určité době se zrak adaptuje na nový jas. Nejčastější chybou při navrhování denního osvětlení je oslnění *kontrastem*. Vzniká, jestliže jsou v zorném poli plochy o velmi rozdílném jasu. Toto oslnění velmi ztěžuje zrakovou práci zejména je-li pozorovaný předmět tmavý, přičemž velké světlé okolní plochy určují vysokou úroveň adaptačního jasu (pozorování tmavého obrazu umístěného na meziokenním pilíři, četba na lůžku nevhodně obráceném proti oknu ap.). Při bočním osvětlení interiéru je vždy jisté riziko oslnění jasem osvětlovacího otvoru. Je-li osvětlovací otvor zasklen materiálem, který mění směr procházejících světelných paprsků (matné sklo, skleněné tvarovky), pak je při přímém slunečním světle nebezpečí oslnění značné. Pracoviště by proto měla být v interiéru orientována takovým způsobem, aby pracovník neměl v zorném poli okno, ale aby si současně vlastním tělem nestínil. Menší význam má oslnění *závojové*, které je způsobeno světlým matným prostředím nebo rozhraním. Příkladem může být pohled z okna přes sluncem osvětlenou záclonu nebo zrcadlící se odraz sluncem osvětleného průčelí budov na zasklení výkladní skříně obchodního zařízení.

Na oslnění, jehož zdroj se nachází v blízkosti osy zorného pole (*osové* oslnění), je zrak citlivější ve srovnání s oslněním *okrajovým*. Zvláště citlivý je zrak na oslnění, které přichází zdola. Proto je zvláště nebezpečný odraz jasného osvětlovacího otvoru nebo dokonce přímých slunečních paprsků od lesklého povrchu podlahy nebo stolu. K oslnění může dojít i odrazem od povrchů vnějších stínicích překážek, např. od proskleného průčelí nedaleké budovy.

10.11. Spektrální citlivost zraku

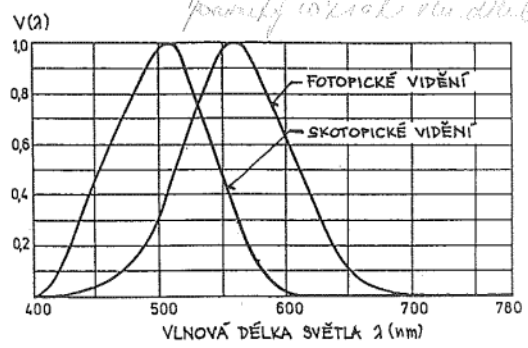
Lidské oko není stejně citlivé na všechny barvy. Největší citlivost vykazuje na světlo žluté, přičemž citlivost na barvu světla je poněkud jiná při fotopickém a jiná při skotopickém vidění. Odlišná křivka spektrální citlivosti čípků a tyčinek způsobuje při přechodu od fotopického ke skotopickému vidění zmenšování jasu červeného světla v porovnání se světlem modrým. Tento úkaz se nazývá Purkyňův jev.

Spektrální citlivost zraku je u různých osob odlišná. Aby se zajistila jednotnost světelně technických výpočtů, přijala Mezinárodní komise pro osvětlování CIE dohodu o spektrální citlivosti tzv. *normálního fotometrického pozorovatele*. Při fotopickém vidění je citlivost normálního fotometrického pozorovatele největší pro světlo vlnové délky λ_m = 555 nm. Od této vlnové délky, která se nazývá *základní*, na obě strany spektra citlivost klesá, až při vlnových délkách kratších než asi 380 nm a delších než asi 760 nm je prakticky nulová. Podíl spektrální koncentrace $P(\lambda)$ [$W.m^{-1}$] zářivého výkonu při základní vlnové délce λ_m = 555 nm

a spektrální koncentrace zářivého výkonu při uvažované vlnové délce λ [nm], který budí stejně intenzivní zrakový vjem, se nazývá *poměrná světelná účinnost monochromatického záření* V(λ) [-].

$$V(\lambda) = \frac{P(\lambda_m)}{P(\lambda)} \qquad (10.6)$$

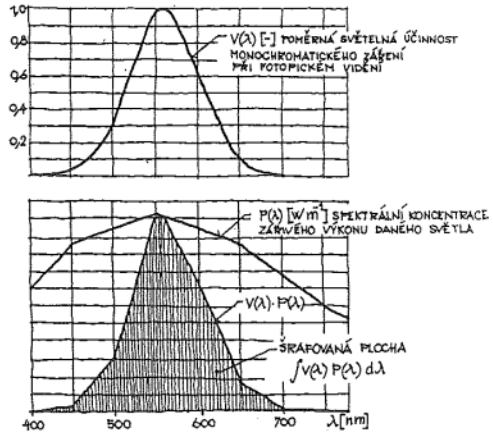
Je zřejmé, že V(555 nm) = 1 a V(380 nm) = V(760 nm) = 0. Poměrná světelná účinnost monochromatického záření pro fotopické a skotopické vidění je znázorněna na obr. 10.4.



Obr. 10.4: Poměrná světelná účinnost monochromatického záření [50]

11. Základy fotometrie

Při působení fyzikálních faktorů životního prostředí (zvuk, světlo, teplo) se kromě fyzikálních jevů (jako je výskyt určitých přírodních dějů, hodnota fyzikálních veličin, směr a čas jejich působení aj.) uplatňují i fyziologické a psychologické okolnosti vnímání těchto jevů člověkem. Tyto okolnosti obvykle nelze popsat objektivními fyzikálními veličinami, protože se jedná o jevy a procesy velmi složité s možnými velkými interindividuálními rozdíly. To je příčinou používání subjektivních veličin, které přihlížejí zejména k citlivosti smyslových orgánů na příslušné fyzikální jevy. Ve světelné technice se používají *fotometrické veličiny*, které jsou psychofyziologickou obdobou příslušných fyzikálních veličin a vycházejí z mezinárodně domluvené spektrální citlivosti zraku normálního fotometrického pozorovatele při fotopickém vidění. *Fotometrie* je část optiky, která se zabývá světlem z hlediska jeho působení na lidský zrak.



Obr. 11.1: K definici světelného toku

Obdobou zářivého výkonu zdroje je *světelný tok* Φ [lm].

$$\Phi = K_m \int_{-\infty}^{+\infty} V(\lambda) P(\lambda)\, d\lambda \qquad (11.1)$$

kde $V(\lambda)$ [-] je poměrná světelná účinnost monochromatického záření pro normálního fotometrického pozorovatele při fotopickém vidění, $P(\lambda)$ [$W.m^{-1}$] je spektrální koncentrace zářivého výkonu a $K_m = 683$ lm.W^{-1} je *světelná účinnost monochromatického světla základní vlnové délky* $\lambda_m = 555$ nm (největší světelná účinnost při fotopickém vidění).

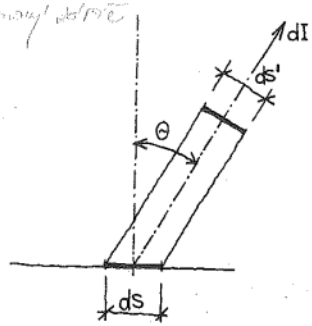
K popisu rozložení světelného toku do různých směrů v prostoru slouží veličina *svítivost* I (cd)

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \qquad (11.2)$$

kde $d\Phi$ je elementární světelný tok vyzařovaný do elementárního prostorového úhlu $d\Omega$ v daném směru. Oblohu s rozptýleným slunečním světlem v atmosféře považujeme ze plošný zdroj světla. Důležitou charakteristikou plošných zdrojů světla je *jas* L [cd m^{-2}]

$$L = \frac{dI}{dS'} = \frac{dI}{dS.\cos\Theta} \qquad (11.3)$$

kde dI je svítivost elementární plošky dS zdroje ve zvoleném směru určeném úhlem θ a dS′ je plocha průmětu plošky dS do uvedeného směru (viz obr. 11.2). Většina plošných zdrojů světla má vlastnosti *kosinových* (Lambertových) *zářičů*, jejichž jas L je konstantní nezávisle na směru pozorování. Ze vztahu (11.3) plyne, že svítivost takového zdroje se mění narozdíl od jasu se směrem pozorování podle vztahu



Obr. 11.2: Jas kosinového zářiče

$$dI = L.dS.\cos\theta \qquad (11.4)$$

Dopadá-li světelný tok na plochu (např. pracovního stolu), osvětluje ji. Intenzitu tohoto osvětlení v daném místě plochy vyjadřuje fotometrická veličina *osvětlenost* E [lx].

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \qquad (11.5)$$

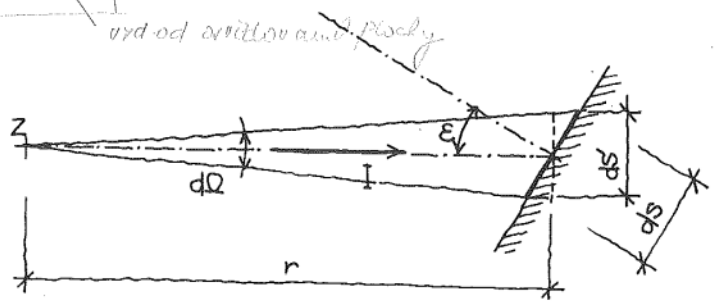
kde $d\Phi$ je světelný tok dopadající na elementární plochu dS. Osvětlenost je důležitým kritériem světelného stavu vnitřního prostoru budovy. Je-li zdrojem světla *zdroj bodový* (viz obr. 11.3), pak ze vztahu (11.2) a definice prostorového úhlu plyne

$$d\Phi = I\,d\Omega = I\frac{dS'}{r^2} = \frac{I\,dS\cos\varepsilon}{r^2} \qquad (11.6)$$

kde r (m) je vzdálenost zdroje od osvětlované plochy a ε je úhel dopadu paprsků.

Dosazením do vztahu (11.5) obdržíme

$$E = \frac{I\cos\varepsilon}{r^2} \qquad (11.7)$$



Obr. 11.3: Osvětlenost bodovým zdrojem

Plošný zdroj světla (například okno, kterým je vidět část oblohy – viz obr. 11.4) je možno považovat za soubor elementárních plošek dS, z nichž každá dané místo osvětluje jako bodový zdroj. Výslednou osvětlenost pak získáme integrací přes celou plochu světelného zdroje.

$$E = \int\frac{\cos\varepsilon}{r^2}dI = \int\frac{\cos\varepsilon}{r^2}L\cos\theta\,dS \qquad (11.8)$$

kde při úpravě integrálu bylo použito vztahu (11.4). Výraz $\frac{dS\cos\theta}{r^2}$ je elementárním prostorovým úhlem $d\Omega$, pod kterým vidíme plošku dS z osvětlovaného místa. Výraz (11.8) tak můžeme zjednodušit na

$$E = \int L\cos\varepsilon\,d\Omega \qquad (11.9)$$

Na povrchu myšlené kulové plochy o poloměru R vytíná prostorový úhel $d\Omega$ plochu $dS_1 = R^2.d\Omega$

$$E = \int L\frac{\cos\varepsilon}{R^2}dS_1 \qquad (11.10)$$

Součin $dS_1.\cos\varepsilon$ udává velikost kolmého průmětu dS_2 plochy dS_1 do osvětlované roviny a osvětlenost lze vyjádřit vztahem

$$E = \frac{1}{R^2} \int L \, dS_2 \qquad (11.11)$$

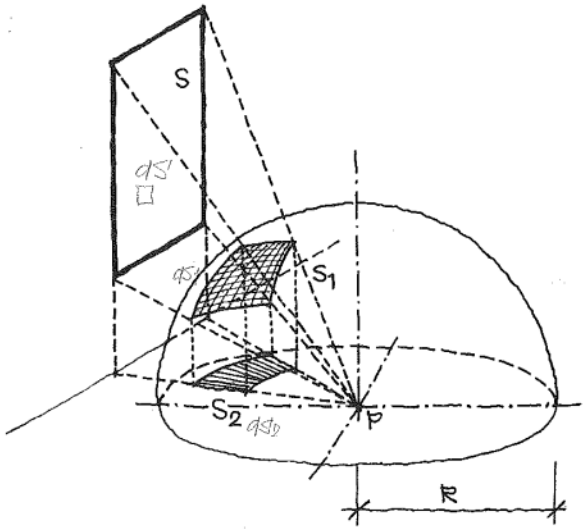
Soubor elementárních průmětů dS_2 tvoří plochu S_2 průmětu celého plošného zdroje do osvětlované roviny. Pro plošný zdroj konstantního jasu tak dostáváme jednoduchý vztah,

$$E = \frac{LS_2}{R^2} \qquad (11.12)$$

kterým se výpočet osvětlenosti převádí na geometrickou úlohu stanovení plošného obsahu průmětu S_2.

Důležitou veličinou ve stavební světelné technice je *horizontální exteriérová osvětlenost* E_H [lx]. Jedná se o osvětlenost nestíněné vodorovné roviny v exteriéru, kde zdrojem světla je celá obloha. Potom $S_2 = \pi R^2$ a za předpokladu konstantního jasu L [cd.m^{-2}] tohoto plošného zdroje získáme pro horizontální exteriérovou osvětlenost velice jednoduchý vztah

$$E_H = \pi L \qquad (11.13)$$



Obr. 11.4: Osvětlenost plošným zdrojem

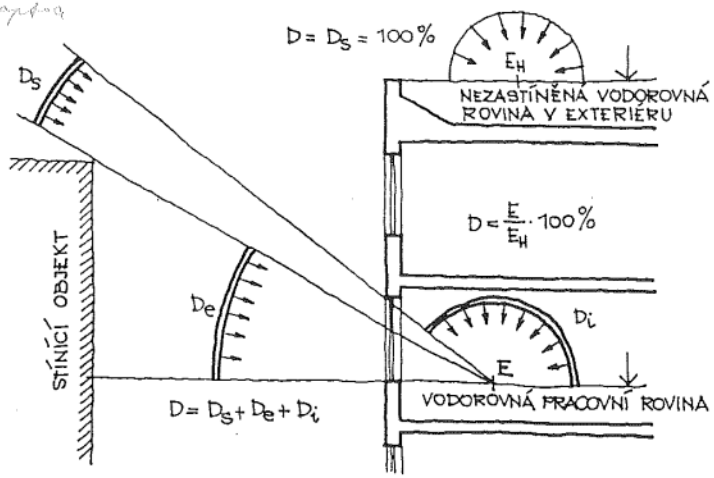
12. Kritéria a limity denní osvětlenosti

Ve stavební fyzice jsou *kritéria* vybrané fyzikální veličiny, které se používají k hodnocení fyzikálních faktorů prostředí budov. Aby mohla být kritériem, musí fyzikální veličina splňovat několik různých požadavků:

1) kritérium musí být v korelaci se skutečným působením fyzikálního faktoru na zdraví uživatelů vnitřního prostoru a na jejich pohodu pobytu v tomto prostoru. Proto se jako kritéria používají veličiny, které v sobě obsahují i subjektivní hledisko vnímání a prožívání fyzikálních jevů člověkem s ohledem na charakter citlivosti jeho smyslového vnímání. Ve stavební světelné technice se jedná o veličiny fotometrické.
2) musí existovat možnost kontroly hodnot kritéria dostatečně přesným a spolehlivým měřením (např. na hotových stavebních objektech).
3) musí existovat v praxi použitelná a dostatečně přesná a spolehlivá metoda předpovědi hodnot kritéria výpočtem nebo jiným postupem (např. ve stádiu projektování budov).

Hodnoty kritéria, vypočtené nebo zjištěné měřením, se obvykle porovnávají s *limitními hodnotami* tj. hodnotami stanovenými v legislativních dokumentech – zákonech, vyhláškách nebo českých státních normách. Obecně mohou být stanoveny *nejvyšší přípustné hodnoty* (např. hluku) nebo *nejnižší požadované hodnoty* (např. osvětlenosti), případně může být stanoven *přípustný interval hodnot* (např. teploty).

Z předchozích kapitol již víme, že o světelném stavu interiéru a o působení světla na člověka a jeho zrakový orgán nerozhoduje jen *množství* světla, ale i další okolnosti (rozložení světla v prostoru, dynamika změn světla v čase apod.). Proto ve stavební světelné technice nevystačíme jen s *kvantitativním kritériem*, ale vždy musíme při hodnocení vzít v úvahu i *kritéria kvalitativní*.



Obr. 12.1: K definici činitele denní osvětlenosti D (%) a jeho složek

12.1. Činitel denní osvětlenosti a výpočtové modely oblohy

Činitel denní osvětlenosti D [%] je základním kvantitativním kritériem při hodnocení osvětlenosti denním světlem. Definuje se jako poměr osvětlenosti E [lx] dané roviny v interiéru (v posuzovaném místě) k současné horizontální exteriérové osvětlenosti E_H [lx] - viz obr.12.1. Tento poměr vyjadřujeme v procentech.

$$D = \frac{E}{E_H}.100\% \qquad (12.1)$$

Oblohu s rozptýleným slunečním světlem považujeme za plošný zdroj světla pro interiér. Stav tohoto zdroje se během dne i roku dynamicky mění v závislosti na poloze slunce na obloze a na stavu oblačnosti. Stejně tak se mění i osvětlenost E [lx] v interiéru. Činitel denní osvětlenosti definovaný jako poměr dvou současných osvětleností již tolik nepodléhá uvedeným změnám. Přesto však jeho hodnota může být jednoznačná jen při určitých předem stanovených vlastnostech oblohy. Existují *výpočtové modely* jasné, polojasné a zatažené oblohy. Při běžném světelně technickém hodnocení nejčastěji vycházíme z nejméně příznivého stavu oblohy: zcela zatažená obloha v zimě, kdy úroveň jasu oblohy ovlivňují jen odrazivé vlastnosti terénu v důsledku mnohonásobného odrazu oblohového světla mezi zemským povrchem a spodní vrstvou oblaků. K poloze slunce na obloze se při tomto hodnocení nepřihlíží a jas oblohy je závislý pouze na elevačním úhlu ε [°] (výšce nad horizontem) podle vztahu

$$L_s = L_m \frac{3+6(1-\rho_T)^3 \sin\varepsilon}{7-4\rho_T{}^3} \qquad (12.2)$$

kde L_s [cd.m^{-2}] je jas oblohy v místě určeném elevačním úhlem ε [°],
L_m [cd.m^{-2}] je průměrný jas oblohy a
ρ_T [-] je činitel odrazu světla terénu.

Činitel odrazu světla ρ [-] je vlastností povrchu těles a vyjadřuje poměrnou hodnotu odraženého světelného toku vzhledem k dopadajícímu světelnému toku.

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi_0} \qquad (12.3)$$

kde Φ_0 [lm] je světelný tok dopadající na daný povrch a
Φ_r [lm] je světelný tok odražený

Činitel odrazu světla může tedy pro zcela pohltivé až po zcela odrazné povrchy teoreticky nabývat hodnot v intervalu 0 až 1.

Ve světelně technických výpočtech je zpravidla výpočtový model oblohy charakterizován *činitelem gradovaného jasu* q [-]. Tento činitel se definuje jako podíl jasu L_s [cd/m^2] oblohy v daném místě k průměrnému jasu L_m [cd/m^2] celé oblohy.

$$q = \frac{L_s}{L_m} \qquad (12.4)$$

12.1.1. Zimní zatažená obloha při tmavém terénu

Jako mezinárodně dohodnutý základ výpočtových metod denního osvětlení byla stanovena *zimní zatažená obloha při tmavém terénu* s činitelem odrazu světla ρ_T terénu v mezích 0 až 0,3, kdy ρ_T^3 se přibližně rovná 0. Činitel gradovaného jasu pak závisí na elevačním úhlu ε [°] podle vztahu

$$q = \frac{3}{7}(1+2\sin\varepsilon) \qquad (12.5)$$

Při horizontu, kde ε = 0, je jas zimní zatažené oblohy nejnižší s hodnotou činitele gradovaného jasu $q_H = 3/7$. Pro $q_m = 1$ je jas oblohy průměrný a lze stanovit elevační úhel ε_m [°] průměrného jasu

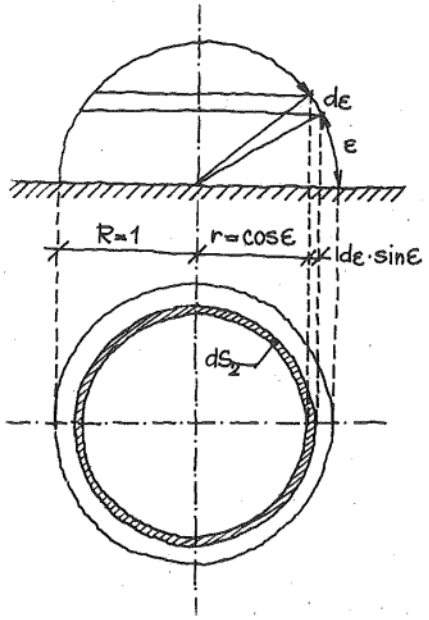
$$\sin\varepsilon_m = 2/3 \Rightarrow \varepsilon_m = 41{,}8° = 41°48'37''$$

Konečně v zenitu, kde ε = π/2, je jas oblohy nejvyšší s hodnotou činitele gradovaného jasu q_Z = 9/7. Užitečným parametrem zimní zatažené oblohy je poměr jasu v zenitu k jasu na horizontu

$$\frac{L_Z}{L_H} = \frac{q_Z}{q_H} = \frac{3}{1}$$

V zenitu je tedy třikrát větší jas, než při horizontu. To je jednou z příčin větší účinnosti horního osvětlovacího systému v porovnání se systémem bočním (o osvětlovacích systémech viz kapitola 15).

Horizontální exteriérovou osvětlenost E_H [lx] při zimní zatažené obloze lze odvodit podle obr 12.2. Hemisféra s jednotkovým poloměrem R = 1 má střed v osvětlovaném místě na vodorovné rovině v exteriéru. Elementární kulový pás určený elevačním úhlem ε [°] a „šířkou" dε se promítá do vodorovné roviny jako mezikruží s poloměry $r_1 = \cos\varepsilon$, $r_2 = \cos\varepsilon + d\varepsilon \sin\varepsilon$. Elementární osvětlenost dE [lx] způsobená částí oblohy vymezené uvedeným kulovým pásem je pak podle vztahu (11.12)



Obr 12.2: K odvození horizontální exteriérové osvětlenosti

$$dE = L_s \,.\, dS_2 = (L_m \,.q) \,.\, (2\pi \sin\varepsilon \cos\varepsilon \, d\varepsilon) = 6/7 \,.\, \pi \,.\, L_m \,.\, (1+2\sin\varepsilon)\sin\varepsilon\cos\varepsilon \, d\varepsilon$$

Horizontální exteriérovou osvětlenost získáme integrací

$$E_H = \frac{6}{7}\pi L_m \int_0^{\pi/2} (1+2\sin\varepsilon)\ \sin\varepsilon\ \cos\varepsilon\ d\varepsilon \qquad (12.6)$$

Protože hodnota integrálu ve vztahu (12.6) je 7/6, získáváme pro horizontální exteriérovou osvětlenost zimní zataženou oblohou při tmavém terénu vztah, který je obdobný vztahu (11.13).

$$E_H = \pi L_m \qquad (12.7)$$

12.1.2. Zimní zatažená obloha při zasněženém terénu

V místech s dlouhotrvající sněhovou pokrývkou (podle ČSN 730580-1 při nadmořské výšce vyšší než 600 m) lze použít výpočtový model *zimní zatažené oblohy při zasněženém terénu*, jehož činitel odrazu světla je v mezích od 0,7 do 0,8 a ρ_T^3 má přibližně hodnotu 0,5. Při rozložení jasu oblohy podle tohoto modelu, kde činitel gradovaného jasu stanovíme podle vztahu (12.8), obdržíme pro boční osvětlení interiéru příznivější hodnoty činitele denní osvětlenosti.

$$q = \frac{3}{5}(1+\sin\varepsilon) \qquad (12.8)$$

Při horizontu, kde $\varepsilon = 0$, je jas zimní zatažené oblohy nejnižší a je charakterizován činitelem gradovaného jasu $q_H = 3/5$. Pro $q_m = 1$ je jas oblohy průměrný a lze stanovit elevační úhel ε_m [°] průměrného jasu

$$\sin\varepsilon_m = 2/3 \Rightarrow \varepsilon_m = 41{,}8° = 41°48'37''$$

V zenitu, kde $\varepsilon = \pi/2$, je jas oblohy nejvyšší a je charakterizován činitelem gradovaného jasu $q_Z = 6/5$. Poměr jasu v zenitu k jasu na horizontu zimní zatažené oblohy se zasněženým terénem je

$$\frac{L_Z}{L_H} = \frac{q_Z}{q_H} = \frac{2}{1}$$

U tohoto typu oblohy je tedy v zenitu pouze dvakrát větší jas, než při horizontu.

Stejně jako u předchozího typu výpočtového modelu oblohy odvodíme horizontální exteriérovou osvětlenost.

$$dE = L_s \,.\, dS_2 = (L_m \,.q) \,.\, (2\pi \sin\varepsilon\ \cos\varepsilon\ d\varepsilon) = 6/5 \,.\, \pi \,.\, L_m \,.\, (1+\sin\varepsilon)\sin\varepsilon\cos\varepsilon\ d\varepsilon$$

$$E_H = \frac{6}{5}\pi L_m \int_0^{\pi/2} (1+\sin\varepsilon)\ \sin\varepsilon\ \cos\varepsilon\ d\varepsilon \qquad (12.9)$$

Protože hodnota integrálu ve vztahu (12.9) je 5/6, získáváme pro horizontální exteriérovou osvětlenost zimní zataženou oblohou při tmavém terénu vztah, který je identický se vztahem (12.7).

$$E_H = \pi L_m \qquad (12.10)$$

12.2. Požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti

Vnitřní prostory budov slouží rozmanitým činnostem a podle toho mají také rozdílné nároky na denní osvětlení. Podle zrakové obtížnosti se činnosti dělí do sedmi tříd. Kritériem zrakové obtížnosti je poměrná pozorovací vzdálenost (viz kapitola 10.9). Požadavky na hodnotu činitele denní osvětlenosti udává tabulka 12.1 převzatá z ČSN 730580-1.

Tabulka 12.1: *Požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti podle ČSN 730580-1*

Třída zrakové činnosti	Charakteristika zrakové činnosti	Poměrná pozorovací vzdálenost	Příklady zrakových činností	Požadovaná hodnota	
				minimální D_{min} (%)	Průměrná D_m (%)
I.	mimořádně přesná	3330 a větší	Nejpřesnější zraková činnost s omezenou možností použití zvětšení, s požadavkem na vyloučení chyb v rozlišení, nejobtížnější kontrola	3,5	10
II.	velmi přesná	1670 až 3330	Velmi přesné činnosti při výrobě a kontrole, velmi přesné rýsování, ruční rytí s velmi malými detaily, velmi jemné umělecké práce	2,5	7
III.	přesná	1000 až 1670	Přesná výroba a kontrola, rýsování, technické kreslení, obtížné laboratorní práce, náročné vyšetření, jemné šití, vyšívání	2,0	6
VI.	středně přesná	500 až 1000	Středně přesná výroba a kontrola, čtení, psaní (rukou i strojem), běžné laboratorní práce, vyšetření, ošetření,obsluha strojů, hrubší šití, pletení, žehlení, příprava jídel	1,5	5
V.	hrubší	100 až 500	Hrubší práce, manipulace s předměty a materiálem, konzumace jídla a obsluha, oddechové činnosti, základní a rekreační tělovýchova, čekání	1,0	3
VI.	velmi hrubá	menší než 100	Udržování čistoty, sprchování, mytí, převlékání, chůze po komunikacích přístupných veřejnosti	0,5	2
VII.	celk. orientace	-	Chůze, doprava materiálu, skladování hrubého materiálu,celkový dohled	0,25	1

Minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti musí D_{min} musí být splněny ve všech kontrolních bodech interiéru nebo jeho funkčně vymezené části. Mimoto u vnitřních prostorů s horním a kombinovaným osvětlením, kde převažuje podíl horního osvětlení, musí být splněna i průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti D_m. Tím se zajistí i přiměřená rovnoměrnost osvětlení v těchto prostorech. (Horní a kombinované osvětlení viz kapitolu

15.2) Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti se určí jako aritmetický průměr hodnot činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech zvolené sítě na vodorovné pracovní rovině v celém rozsahu vnitřního prostoru nebo jeho funkčně vymezené části. Požadavky na hodnoty činitele denní osvětlenosti podle tabulky 12.1 se zvyšují o polovinu rozdílu požadavku s požadavkem nejbližší nižší třídy v těchto případech:

a) při malém kontrastu jasů mezi kritickým detailem a jeho bezprostředním okolím
b) při omezení doby pozorování na krátký časový úsek nebo při rychlém pohybu a změnách rychlosti a směru pozorovaného předmětu nebo pozorovatele
c) může-li mít chyba nebo nepřesnost v pozorování závažné nepříznivé důsledky
d) při stáří nadpoloviční většiny uživatelů vnitřního prostoru nad 40 let
e) při zrakových vadách nebo nemocech uživatelů vnitřního prostoru
f) při zvláštních činitelích, zhoršujících závažným způsobem vidění a zrakovou pohodu (kouř, výpary, hluk, vibrace)

Jde-li o trvalý pobyt lidí ve vnitřním prostoru nebo v jeho funkčně vymezené části, musí být minimální hodnota činitele denní osvětlenosti rovna nejméně 1,5 % resp. průměrná hodnota pro horní nebo převažující horní osvětlení rovna 3 %, i když pro danou zrakovou činnost stačí nižší hodnoty. *Trvalý pobyt* je pobyt lidí ve vnitřním prostoru nebo jeho funkčně vymezené části, který trvá v průběhu jednoho dne (za denního světla) déle než 4 hodiny a opakuje se při pravidelném užívání budovy více než jednou týdně.

12.3. Kvalitativní kritéria denního osvětlení

K nejobtížnějším problémům návrhu denního osvětlení patří skutečnost, že se musí docílit zrakové pohody ve vnitřním prostoru budovy za velmi různých podmínek venkovního osvětlení. Návrh musí zachovat zrakovou pohodu při zatažené, jasné i polojasné obloze a při přímém slunečním světle. K zajištění zrakové pohody nestačí jen umožnit přístup světla v dostatečném množství, t.j. dosáhnout v místě zrakové práce požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti. Světelný stav vnitřního prostředí musí splňovat i určitou kvalitu.

Kvantitativním kritériem světelného stavu vnitřního prostředí charakterizujícím úroveň denního osvětlení je činitel denní osvětlenosti D [%]. Obvykle postačí stanovit jeho hodnotu při nejméně příznivém stavu venkovního osvětlení - při zatažené obloze v zimě. Kvalitativními kritérii jsou rovnoměrnost osvětlení, rozložení světelného toku, rozložení jasu ploch v zorném poli, výskyt oslnění a barevné řešení interiéru. Kvalitativní kritéria by měla být prověřena i pro jiné stavy venkovního osvětlení, než je zatažená obloha v zimě. Zejména je riziko výskytu oslnění při jasné obloze a při přímém slunečním světle.

12.3.1. Rovnoměrnost denního osvětlení

Rovnoměrnost denního osvětlení je podíl nejmenší a největší hodnoty činitele denní osvětlenosti zjištěné na vodorovné pracovní rovině v interiéru nebo jeho funkčně vymezené části. Pracovní rovina se zpravidla volí ve výšce stolu t.j. 850 mm nad podlahou, u komunikací v úrovni podlahy. Hodnota rovnoměrnosti nemá být při třídách zrakových činností I až IV menší než 0,2 a při třídě V menší než 0,15. Při třídách I až III se doporučuje rovnoměrnost osvětlení nejméně 0,3. Ve vnitřních prostorech s převažujícím horním osvětlením je přiměřené rovnoměrnosti dosaženo splněním požadované průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti.

12.3.2. Rozložení světelného toku

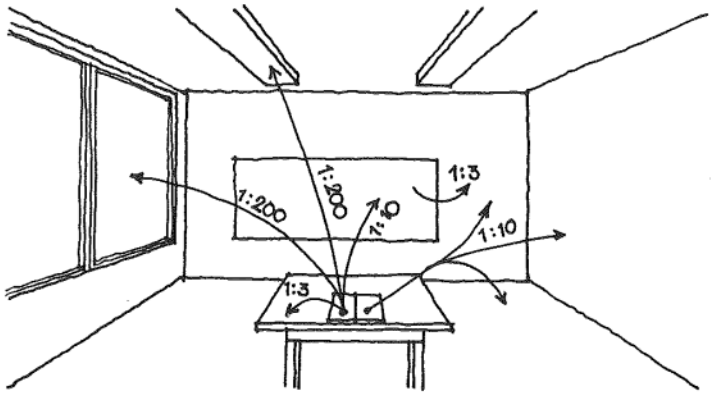
Rozložením světelného toku rozumíme směr světelného toku a jeho difuzitu či směrovost. Směr osvětlení musí být v souladu s povahou zrakové činnosti a musí být volen tak, aby nedocházelo ke stínění osobou pozorovatele nebo zařízením interiéru. Většinou se dává přednost osvětlení zleva nebo zleva a zpředu. Převládající směr osvětlení by měl být doplněn přímým nebo odraženým světlem z jiných směrů. Pro rozlišení plošných detailů je výhodnější rozptýlené (difúzní) osvětlení, zatímco směrované světlo podporuje prostorové vidění.

12.3.3. Rozložení jasu ploch v zorném poli

Požadavek souvisí s fototropickým reflexem a s požadavkem vyloučit oslnění. Pro namáhavou zrakovou činnost je důležité zajistit dostatečný kontrast mezi pozorovaným detailem a jeho blízkým pozadím. Pro vytvoření podmínek zrakové pohody doporučuje ČSN 730580-1 dodržet tyto hranice poměrů průměrných jasů v zorném poli pozorovatele (viz obr. 12.3):

a) mezi pozorovaným předmětem a jeho pozadím 1:1 až 3:1
b) mezi pozorovaným předmětem a vzdálenými tmavými plochami 1:1 až 10:1
c) mezi pozorovaným předmětem a vzdálenými světlými plochami 1:1 až 1:10

Jas osvětlovacích otvorů při průhledu na oblohu nebo při ozáření sluncem nesmí při běžném směru pohledu uživatelů vnitřního prostoru způsobovat oslnění. Při úhlu menším než 60° od obvyklého směru pohledu nemá poměr jasů pozorovaného předmětu a oblohy překročit hodnotu 1:200. Samotný jas osvětlovacího otvoru nemá překročit hodnotu 4000 cd.m^2. Aby nedocházelo k rušivému kontrastu mezi světlou plochou osvětlovacího otvoru s jeho okolím, doporučují se světlé nátěry konstrukce okna i světlý nátěr celé okenní stěny (s činitelem odrazu nejméně 0,75).



Obr. 12.3: Limity poměrů průměrných jasů v zorném poli pozorovatele

12.3.4. Zábrana oslnění

Návrh denního osvětlení by měl vyloučit všechny formy oslnění dle kapitoly 10.10 těchto studijních textů. Oslnění je rušivější, působí-li blíže osy zorného pole nebo působí-li zdola např. odrazem od lesklé plochy stolu nebo podlahy. Lesklé povrchy konstrukcí a předmětů vybavení interiéru bývají často pokládány za průvodní jev vysoké kvality. Z hlediska světelné techniky se však mnohdy jedná spíše o závadu.

Zdroj oslnění se zejména nesmí nacházet v zorném kuželi pozorovatele. Osa zorného kužele je totožná se spojnicí pozorovaného místa a oka. Úhel mezi osou a pláštěm kužele je 30°. Pracovní místa je nutno rozmístit tak, aby osvětlovací otvory nebyly v obvyklém zorném poli pracovníka. Uživatelé interiéru mají být chráněni proti oslnění nejen při zatažené obloze, ale zejména při přímém slunečním světle. V případech, kdy by přímé sluneční světlo zhoršovalo zrakovou pohodu, je třeba interiér chránit orientací osvětlovacích otvorů (nevyžaduje-li se proslunění místnosti) nebo pomocí pevných či pohyblivých zařízení k regulaci přístupu přímého slunečního světla (žaluzie, slunolamy, sezónní nátěry skel ap.)

12.3.5. Barevné řešení ploch v interiéru

S barvou povrchů souvisí jejich odrazivost, která má vliv na množství světla v uzavřeném prostoru. Pro obytné a občanské stavby se doporučuje světlý strop s činitelem odrazu min. 0,75 a stěny s činitelem odrazu min. 0,5 s výjimkou ploch sousedících s osvětlovacími otvory, kde se doporučuje min. 0,75. Barevné podání interiéru ovlivňuje prožitky a chování člověka a navozuje emotivní stavy a pocity (vzrušení, uklidnění, radost, smutek, teplo, chlad ap.)

13. Metody stanovení činitele denní osvětlenosti

Hodnotu činitele denní osvětlenosti lze určit měřením na hotové stavbě, měřením na modelu nebo výpočtem. O měření činitele denní osvětlenosti pojednává kapitola 14. Zejména ve fázi projektové přípravy se požaduje předpověď hodnot činitele denní osvětlenosti výpočtem. Výpočet se ale uplatní i při posouzení světelného stavu vnitřních prostor již existujících budov, protože měření se mohou provádět jen při určitých podmínkách venkovní osvětlenosti a jsou proto vázána převážně jen na zimní období v roce. K výpočtu činitele denní osvětlenosti je možno použít více metod, které se od sebe liší přesností, pracností a vhodností použití při různých okolnostech – např. pro posouzení nebo návrh různých osvětlovacích systémů, při různých podmínkách venkovního stínění, různých rozměrových a tvarových parametrech posuzované místnosti, osvětlovacích otvorů apod. Všem metodám je však společné stanovení výsledné hodnoty činitele denní osvětlenosti jako součtu tří složek.

Posuzované místo v interiéru (bod na pracovní rovině) může být osvětleno kombinací přímého oblohového světla, světla odraženého od vnějších stínících překážek (okolních budov) a světla odraženého od vnitřních povrchů místnosti (viz obr.12.1). Hodnota činitele denní osvětlenosti se proto skládá ze tří složek: *oblohové složky* D_s [%], *vnější odražené složky* D_e [%] a *vnitřní odražené složky* D_i [%]. Při výpočtu určujeme každou složku odděleně a výslednou hodnotu činitele denní osvětlenosti pak získáme jako součet všech tří složek podle vztahu

$$D = D_s + D_e + D_i \qquad (13.1)$$

kde v konkrétních případech může být i jeden z prvních dvou sčítanců nulový.

Metody stanovení činitele denní osvětlenosti výpočtem lze rozdělit na čistě početní a grafické. Oblíbené jsou grafické metody, z nichž největšího rozšíření v naší republice doznala metoda Daniljukova. Výhoda této metody spočívá v možnosti jejího mnohostranného použití pro různé výpočtové modely oblohy, různé sklony osvětlovacích otvorů i osvětlované roviny. Metoda používá řezové a půdorysné úhlové sítě, kde však odečtené hodnoty je nutno korigovat vzhledem k použitému výpočtovému modelu oblohy a v závislosti na směrové propustnosti zasklení. O tyto korekce jsou jednodušší metoda protraktorů doc. Kittlera a metoda využívající Waldramův diagram vyvinutá na stavební fakultě ČVUT v Praze. Zjednodušení však poněkud omezuje mnohostrannost použití těchto metod.

Každý výpočet musí respektovat tyto skutečnosti:

a) vlastnosti zdroje světla tj. způsob rozložení jasu po obloze, který je dán výpočtovým modelem oblohy (viz kapitola 12.1)
b) vnější podmínky tj. zejména existenci, tvar, velikost a jas stínících překážek
c) vlastnosti osvětlovacích otvorů tj. zejména jejich velikost, umístění a propustnopst světla
d) vlastnosti osvětlovaného vnitřního prostoru tj. zejména jeho rozměrové parametry a odrazivost světla jeho povrchů.

13.1. Světelně technické vlastnosti stínících překážek

Za stínící překážky se zpravidla považují budovy, inženýrské stavby a terénní útvary. Uvažování vzrostlé zeleně jako překážky pro přístup denního světla je méně obvyklé, protože listnaté stromy jsou v zimním období bez listí, takže nestíní, a v letním období působí zeleň naopak spíše příznivě, protože brání nadměrnému přístupu slunečních paprsků.

Světelně technické vlastnosti stínících překážek se vyjadřují pomocí *činitele jasu stínící překážky* k [-]. Ten je definován jako podíl jasu L_e [cd.m^{-2}] stínící překážky a jasu L_s [cd.m^{-2}] oblohy, kterou překážka zakrývá.

$$k = \frac{L_e}{L_s} \qquad (13.2)$$

Ve starší literatuře [35] se uvádí hodnota tohoto činitele mezi 0,1 a 0,2. Při posuzování vlivu stínících překážek na denní osvětlení interiérů se dosud v praxi uvažuje s méně příznivou hodnotou k = 0,1 bez ohledu na skutečnou kvalitu konkrétní stínící překážky. Je však zřejmé, že tato hodnota musí podléhat změnám v závislosti na odstínu barvy stínící překážky i na osvětlení povrchu této překážky denním světlem. Jas povrchu průčelí závisí jednak na hodnotě činitele odrazu světla ρ [-] povrchu a jednak na osvětlenosti E [lx] tohoto povrchu denním světlem podle vztahu

$$L_e = \frac{E.\rho}{\pi} \qquad (13.3)$$

Činitel odrazu světla ρ (-) je závislý na barvě a odstínu povrchu. Jedná se o poměr odraženého světelného toku ke světelnému toku dopadajícímu. Definice činitele odrazu světla je uvedena v kapitole 12.1. Hodnota činitele odrazu světla se zjišťuje měřením luxmetrem a jasoměrem nebo porovnáním povrchu s barevným vzorníkem. Orientační hodnoty uvádí tabulka 13.1.

Tabulka 13.1: *Orientační hodnoty činitele odrazu světla běžných povrchů (podle ČSN 730580-1)*

druh povrchu	činitel odrazu světla ρ (-)	*druh povrchu*	činitel odrazu světla ρ (-)
bílý	0,75 - 0,80	cihla (červená pálená)	0,25
krémový	0,60 – 0,70	písek světlý	0,50
světle žlutý	0,60 – 0,70	sádra bílá	0,80 – 0,92
tmavě žlutý	0,50 – 0,60	mramor bílý	0,55 – 0,80
světle červený	0,40 – 0,50	žula	0,40 – 0,50
tmavě červený	0,15 – 0,30	dřevo světlé	0,30 – 0,50
světle zelený	0,45 – 0,65	dřevo tmavé	0,10 – 0,25
tmavě zelený	0,05 – 0,20	zeleň, tráva	0,05 – 0,10
světle modrý	0,40 – 0,60	živičný povrch	0,10
tmavě modrý	0,05 – 0,20	betonová dlažba	0,30
hnědý	0,12 – 0,25	zemina	0,08 – 0,20
světle šedý	0,40 – 0,60	okno z vnější strany	0,10
tmavě šedý	0,15 – 0,20	okno se záclonou	0,30 – 0,40
černý	0,01 – 0,03	sníh	0,75 – 0,80

Barva průčelí budov není jen prostředkem architektonické tvorby objektu, ale má i důležitý světelně technický význam. Pomocí světlých nátěrů průčelí objektů a jejich pravidelné údržby lze účinněji využít denního světla k osvětlení vnitřních prostor budov. Použití příznivější hodnoty činitele jasu stínící překážky než k = 0,1 ve výpočtu činitele denní osvětlenosti je však třeba vždy podrobně zdůvodnit.

13.2. Světelně technické vlastnosti osvětlovacích otvorů

Při průchodu světla osvětlovacím otvorem se velikost světelného toku zmenšuje v závislosti na materiálu zasklení, vlivem neprůsvitných částí konstrukce okna a vlivem znečištění zasklení. K dalším ztrátám světla může dojít stíněním konstrukcemi posuzované budovy nebo jiným v interiéru trvale instalovaným zařízením.

Zmenšení světelného toku charakterizujeme *činitelem prostupu světla* τ [-], který je definován jako poměr prošlého světelného toku Φ_t [lm] ke světelnému toku Φ_0 [lm] dopadajícímu.

$$\tau = \frac{\Phi_t}{\Phi_0} \tag{13.4}$$

Je-li světelný tok kolmý na rovinu zasklení, hovoříme o *činiteli prostupu světla v normálném směru* $\tau_{s,nor}$ [-]. Jeho hodnoty pro některé materiály jsou uvedeny v tabulce 13.2. Při vícenásobném zasklení se výsledný činitel stanoví jako součin dílčích činitelů.

Propustnost světla závisí též na směru průchodu světla zasklením. Pro nejvíce častý případ zasklení dvojím sklem lze činitele prostupu světla stanovit podle vztahu

$$\tau_{s,\psi} = \tau_{s,nor}.\tau_{\psi} = \tau_{s,nor}.\cos\psi.\ (1+\frac{1}{2}\sin^2\psi) \tag{13.5}$$

kde ψ [°] je úhel mezi směrem prostupu světla a normálou zasklení,
τ_{ψ} [-] je veličina, která se nazývá *činitel směrové propustnosti*

Tabulka 13.2: *Hodnoty činitele prostupu světla $\tau_{s,nor}$ pro vybrané materiály (podle ČSN 730580-1)*

druh materiálu	činitel prostupu světla $\tau_{s,nor}$ [-]	druh materiálu	činitel prostupu světla $\tau_{s,nor}$ [-]
čiré tabulové sklo 3 až 4 mm	0,92	determální skla	0,35 až 0,70
surové sklo (nevzorované)	0,88	reflexní skla	0,55 až 0,65
vzorované sklo	0,85 až 0,90	skleněné tvárnice	
drátové sklo 6 až 7 mm	0,60 až 0,86	jednovrstvé	0,85 až 0,89
mdlené sklo	0,75 až 0,80	dvouvrstvé	0,55 až 0,62
		skleněné příčky Copilit	
laminát se skelným vláknem	0,35 až 0,85	jednovrstvé	0,86
akrylát čirý	0,85 až 0,92	dvouvrstvé	0,80
rozptylný	0,60 až 0,80	záclony	0,50 až 0,75

Vliv neprůsvitných částí konstrukce okna (okenních rámů, příčlí) vyjadřujeme jako podíl průsvitné plochy S_s [m^2] a celé skladebné plochy S_c [m^2] osvětlovacího otvoru

$$\tau_k = \frac{S_s}{S_c} \tag{13.6}$$

kde τ_k [-] se nazývá *činitel ztrát světla vlivem stínění neprůsvitnými konstrukcemi osvětlovacího otvoru.* Tento činitel významně zjednodušuje výpočty při relativně malé ztrátě přesnosti. Dovoluje totiž ve výpočtu pracovat pouze se skladebnými rozměry osvětlovacích otvorů.

Obdobný charakter má *činitel ztrát světla vlivem zařízení pro regulaci osvětlení* τ_r [-].

$$\tau_r = \frac{S_s - S_r}{S_s} \tag{13.7}$$

kde S_r [m^2] je plocha neprůsvitných konstrukcí zařízení pro regulaci osvětlení (např. žaluzií). U pohyblivých zařízení se pro stanovení nejmenších hodnot činitele denní osvětlenosti plocha S_r uvažuje při otevřené poloze, protože při zatažené obloze nebudou tato zařízení v činnosti.

Ztráty vlivem znečištění zasklení se vyjadřují pomocí *činitele znečištění* τ_z [-]. Jeho hodnoty uvádí tabulka 13.3.

Výsledný činitel znečištění získáme jako součin dílčích činitelů znečištění z vnější a vnitřní strany.

$$\tau_z = \tau_{ze}.\tau_{zi} \tag{13.8}$$

Znečištění venkovního vzduchu je malé při spadu prachu do 50 $Mg.km^{-2}.rok^{-1}$ a velké při spadu nad 200 $Mg.km^{-2}.rok^{-1}$. Znečištění vnitřního vzduchu uvažujeme střední v čistých dílnách, skladištích ap., velké při významných zdrojích prachu v interiéru - např. prašné dílny.

Tabulka 13.3: *Činitelé znečištění τ_z [-] (podle ČSN 730580-1)*

druh osvětlovacího otvoru	sklon zasklení osvětlovacího otvoru	znečištění vzduchu	činitel znečištění	
			na vnější straně τ_{ze} [-]	na vnitřní straně τ_{zi} [-]
svislý	90°	malé	0,95	0,95
		střední	0,90	0,85
		velké	0,85	0,65
šikmý	45°	malé	0,80	0,95
		střední	0,70	0,90
		velké	0,60	0,80
vodorovný	0°	malé	0,70	0,95
		střední	0,60	0,90
		velké	0,50	0,80

Zejména u halových staveb s horním osvětlením se často setkáváme se stíněním konstrukcemi budovy. *Činitel ztrát světla vlivem stínění konstrukcí budovy* τ_b [-] se stanoví podle skutečných podmínek nebo podle tabulky 13.4.

Tabulka 13.4: *Činitelé ztrát světla stíněním konstrukcí budovy τ_b [-] (podle ČSN 730580-1)*

druh konstrukce	Činitel ztrát světla τ_b [-]
Ocelová příhradová	0,90
Železobetonová nebo dřevěná příhradová	0,80
Plnostěnné vazníky a nosníky s výškou do 0,5 m	0,90
nad 0,5 m	0,80

Souhrnný činitel prostupu světla $\tau_{0,\psi}$ [-] stanovíme podle vztahu

$$\tau_{0,\psi} = \tau_{s,\psi} . \tau_k . \tau_r . \tau_z . \tau_b \qquad (13.9)$$

a *souhrnný činitel prostupu světla v normálném směru* $\tau_{0,nor}$ [-] stanovíme podle vztahu

$$\tau_{0,nor} = \tau_{s,nor} . \tau_k . \tau_r . \tau_z . \tau_b \qquad (13.10)$$

13.3. Světelně technické vlastnosti vnitřních prostorů

Vnitřní odražená složka D_i [%] činitele denní osvětlenosti je způsobena odrazem světla od vnitřních povrchů místnosti. Významnou roli zde hrají činitelé odrazu světla ρ_i [-] jednotlivých povrchů a předmětů v interiéru. Pro výpočet budeme potřebovat *průměrnou hodnotu* ρ_m [-] tohoto činitele, kterou stanovíme podle vztahu

$$\rho_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i \rho_i}{\sum_{i=1}^{n} S_i} \qquad (13.11)$$

kde *n* je počet povrchů v místnosti,

S_i [m^2] je plocha i-tého povrchu, který má v důsledku své barevnosti hodnotu ρ_i [-]činitele odrazu světla

Hodnoty činitelů odrazu světla různě zbarvených povrchů jsou uvedeny v tabulce 13.1. Při výpočtu průměrné hodnoty činitele odrazu světla vnitřních povrchů místnosti je třeba započítat i povrch vlastních osvětlovacích otvorů, jejichž $\rho_i = 0,1$. Hodnoty ρ_m tak nikdy nemohou vyjít příliš vysoké. Je-li $\rho_m = 0,5$, pak se jedná již o velmi světlý interiér.

13.4. Výpočet oblohové a vnější odražené složky činitele denní osvětlenosti

Nezávisle na použité metodě je výpočet oblohové a výpočet vnější odražené složky vždy obdobný. Rozdíl je jen v jasu zdroje, kde v prvním případě se jedná o gradovaný jas oblohy, zatímco jas překážky je možno uvažovat také gradovaný nebo konstantní, vždy však 1/k-krát nižší než jas oblohy. Výpočet vnější odražené složky se v porovnání s výpočtem složky oblohové tak může lišit jen v násobení výsledku činitelem jasu stínící překážky k [-].

13.4.1. Početní metody

Výpočet oblohové složky činitele denní osvětlenosti vychází z definice činitele denní osvětlenosti (12.1) a z řešení integrálu (11.11), který je však nutno doplnit o gradaci jasu plošného zdroje světla a o souhrnný činitel prostupu světla.

$$D_s = \frac{E_s}{E_H} = \frac{1}{\pi L_m R^2} \int L_s \, \tau_{0,\psi} \, dS_2 = \frac{\tau_{0,nor}}{\pi R^2} \int q \, \tau_\psi \, dS_2 \qquad (13.12)$$

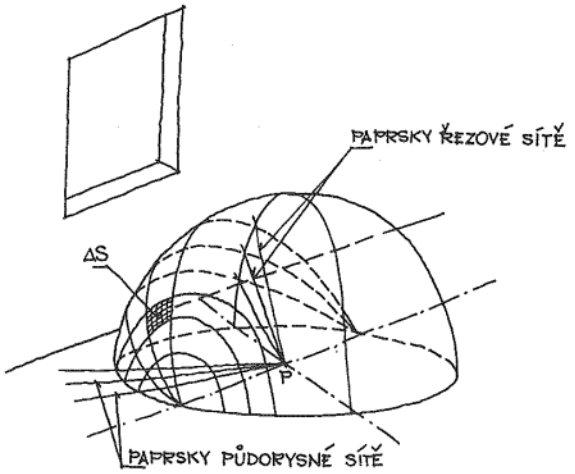
Při uvažování jasu stínících překážek gradovaného stejným způsobem jako jas zimní zatažené oblohy lze obdobně počítat i vnější odraženou složku činitele denní osvětlenosti

$$D_e = \frac{E_e}{E_H} = \frac{k}{\pi L_m R^2} \int L_s \, \tau_{0,\psi} \, dS_2 = \frac{k \, \tau_{0,nor}}{\pi R^2} \int q \, \tau_\psi \, dS_2 \qquad (13.13)$$

Různé početní metody se pak navzájem od sebe liší způsobem výpočtu zde uvedených integrálů. Některé z těchto metod slouží k vývoji programů pro personální počítače. Bez vysokého stupně automatizace jsou totiž početní metody velmi pracné. Proto se v praxi používají metody, které ke stanovení hodnot některých důležitých veličin ve výpočtu využívají grafické pomůcky.

13.4.2. Daniljukovy úhlové sítě

Princip Daniljukovy metody spočívá v rozdělení oblohové hemisféry na 10.000 plošek, z nichž každá v osvětlovaném místě vyvolá osvětlenost $\Delta E = E_H \, . \, 10^{-4}$ (viz obr 13.1). Řezová úhlová síť (viz příloha 7) vznikne rozdělením hemisféry svazkem rovin, které se protínají v přímce *p* procházející posuzovaným místem rovnoběžně s parapetem osvětlovacího otvoru tvaru pravoúhlého čtyřúhelníka. Půdorysná úhlová síť (viz příloha 8) vznikne rozdělením hemisféry soustavou navzájem rovnoběžných rovin, kolmých na přímku *p*. Metoda vychází z výpočtového modelu *zimní zatažené oblohy s konstantním jasem* a

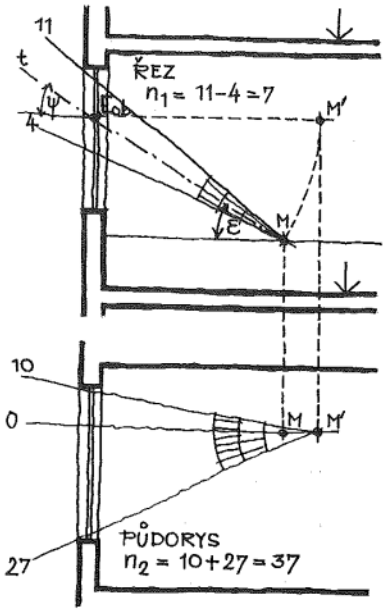


Obr. 13.1: Princip konstruce Daniljukových úhlových sítí

neuvažuje ztráty světla v osvětlovacím otvoru. Proto musí být při výpočtu korigována činitelem gradovaného jasu q [-] a souhrnným činitelem prostupu světla $\tau_{0,\psi}$ [-]. Nevýhodou tohoto uspořádání je vyšší pracnost v porovnání s ostatními grafickými metodami, ale naopak výhodu je možnost mnohostraného použití metody pro různé sklony osvětlovacích otvorů, různé sklony osvětlovaných rovin a různé gradace jasů oblohy.

Pro práci s Daniljukovými úhlovými sítěmi je třeba mít k dispozici na průsvitném papíře půdorys a svislý řez posuzovaného vnitřního prostoru. Řez prochází posuzovaným bodem a je kolmý k osvětlované rovině. Měřítko může být libovolné a konstrukce jsou zakresleny ve skladebných rozměrech. Práci s úhlovými sítěmi při stanovení oblohové složky činitele denní osvětlenosti lze sledovat na obr. 13.2.

Úhlovou síť pro řez proložíme do řezu místnosti tak, že bod *P* ztotožníme s posuzovaným bodem *M* a paprsky sítě označené číslem 0 se sklonem osvětlované roviny. Není-li okno stíněno vnější překážkou, pak parapet a nadpraží osvětlovacího otvoru vymezí počet n_1 dílků v řezu. Metodou lze řešit i situace, kdy osvětlovací otvor je stíněn velmi dlouhým a s oknem rovnoběžným objektem konstantní výšky (protější řadou domů v ulici). Pak počet n_1 dílků je vymezen horní vodorovnou hranou stínícího objektu a nadpražím okna. Důležitá je těžišťová osa *t* osvětlovacího otvoru, která prochází posuzovaným bodem *M* a má tu vlastnost, že v řezu půlí oblohovou složku činitele denní osvětlenosti. Nad osou i pod osou je stejný počet dílků Daniljukovy úhlové řezové sítě. V místech, kde těžišťová osa prochází rovinou zasklení, se nachází efektivní těžiště E_s oblohové složky osvětlovacího otvoru. Úhel, který svírá těžišťová osa *t* s vodorovnou rovinou označíme ε. Jedná se o elevační úhel potřebný ke stanovení činitele gradovaného jasu oblohy.



Obr. 13.2: Stanovení D_s Daniljukovými sítěmi

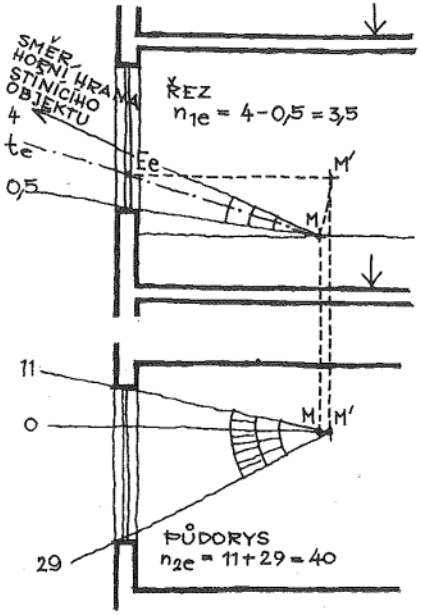
Úhel mezi těžišťovou osou *t* a normálou zasklení označíme ψ. Tento úhel je potřebný při stanovení směrového činitele prostupu světla. Uvědomíme si, že jen při svislém zasklení se úhly ε a ψ navzájem sobě rovnají.

Půdorysnou úhlovou síť je nutno proložit do roviny procházející těžišťovou osou *t* kolmo k rovině řezu místnosti. K tomu je nutno provést pomocnou konstrukci, nejlépe otočení posuzovaného bodu *M* okolo přímky procházející těžištěm E_s kolmo k rovině řezu místnosti. Získáme tak bod *M'*. S bodem *M'* v půdorysu ztotožníme bod *P* Daniljukovy úhlové sítě pro půdorys, přičemž paprsek sítě označený číslem 0 se nachází v rovině řezu místnosti. Levé a pravé ostění okna vymezuje počet n_2 dílků v půdorysu. Z hodnot n_1 a n_2 lze stanovit hodnotu *činitele oblohy* D_{sr} [%] podle vztahu

$$D_{sr} = \frac{n_1 . n_2}{100} \qquad (13.14)$$

Ke stanovení oblohové složky D_s [%] činitele denní osvětlenosti je nutno provést korekce zahrnující gradovaný jas výpočtového modelu oblohy a ztráty světla při průchodu světla osvětlovacím otvorem.

$$D_s = D_{sr} . q . \tau_{0,\psi} \qquad (13.15)$$



Obr. 13.3: Stanovení D_e Daniljukovými sítěmi

kde hodnotu činitele gradovaného jasu oblohy q [-] získáme dosazením hodnoty úhlu ε do vztahu (12.5) nebo (12.8) a hodnotu souhrn-ného činitele prostupu světla $\tau_{0,\psi}$ [-] určíme podle vztahu (13.9).

Při stanovení vnější odražené složky D_e [%] činitele denní osvětlenosti je práce s Daniljukovými úhlovými sítěmi obdobná jako při stanovení oblohové složky (viz obr. 13.3). Počet n_{1e} dílků v řezu odměříme mezi parapetem a horní úrovní stínícího objektu. Podle již popsaných zásad stanovíme těžišťovou osu t_e a efektivní těžiště E_e vnější odražené složky osvětlovacího otvoru. Po nezbytném otočení posuzovaného bodu *M* získáme bod *M''*, se kterým ztotožníme bod *P* Daniljukovy úhlové sítě pro půdorys a odměříme počet n_{2e} dílků v půdorysu. Hodnotu *činitele překážky* D_{er} [%] stanovíme podle vztahu

$$D_{er} = \frac{n_{1e} . n_{2e}}{100} \qquad (13.16)$$

Vnější odraženou složku D_e [%] činitele denní osvětlenosti obdržíme po provedení korekcí podle vztahu

$$D_e = D_{er} . k . \tau_{0,nor} \qquad (13.17)$$

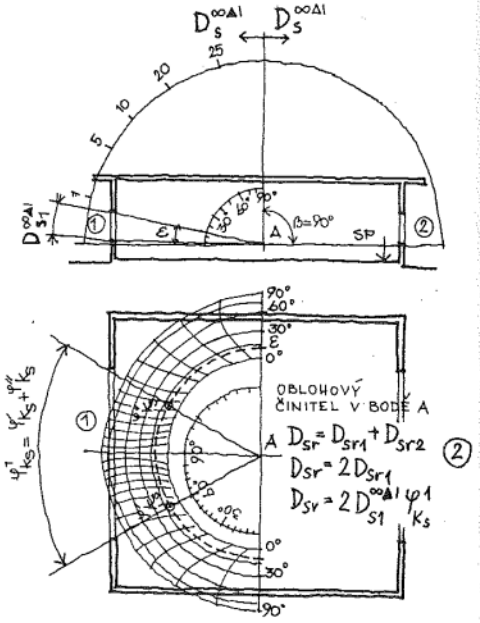
kde hodnotu činitele jasu stínící překážky k [-] získáme podle vztahu (13.2) a hodnotu souhrnného činitele prostupu světla v normálném směru $\tau_{0,nor}$ [-] podle vztahu (13.10).

13.4.3. Protraktory

Protraktory BRS (Building Reasearch Station) byly zveřejněny v Anglii v roce 1946 jako grafická metoda pro stanovení oblohové složky činitele denní osvětlenosti. Předpokladem jejich sestrojení byl konstantní jas oblohy a čiré zasklení okenního otvoru. Princip této metody je obdobný jako u Daniljukových diagramů.

Na stejném principu, ale s korekcemi údajů na stupnici diagramu vypracoval později R. Kittler [35] soubor protraktorů pro různé sklony a druhy zasklení. V těchto protraktorech je již zahrnut směrový prostup světla i gradace jasu zimní zatažené oblohy při tmavém i zasněženém terénu. Na rozdíl od Daniljukovy metody lze pomocí protraktorů stanovit oblohovou složku činitele denní osvětlenosti při $\tau_{0,norm} = 1$ bez dodatečných korekcí. Pro každý druh a sklon zasklení je však třeba mít zvláštní graf (příloha 9 až 12). Metodu také nelze použít pro jinou než vodorovnou osvětlovanou pracovní rovinu a také nelze tuto metodu použít při vodorovné poloze osvětlovacího otvoru. Postup výpočtu oblohové složky činitele denní osvětlenosti lze sledovat na obr. 13.4.

1) Podle sklonu osvětlovacího otvoru vybereme odpovídající protraktor. Ten položíme do výkresu řezu místnosti tak, aby se posuzovaný bod ztotožnil se středem protraktoru *P*.
2) Podle druhu zasklení osvětlovacího otvoru odečteme na příslušné stupnici hodnotu $D_s^{\infty\blacktriangle l}$ pro čiré sklo resp. $D_s^{\infty\blacktriangle\neq}$ pro sklo s drátěnou vložkou – rozdíl hodnot pro nadpraží a parapet. Zároveň na vnitřní úhlové stupnici odečteme elevační úhel ε_H nadpraží osvětlovacího otvoru.
3) V půdoryse místnosti týmž protraktorem určíme šířkovou korekci φ_{k_s}. Protrktor položíme do půdorysného průmětu posuzovaného bodu tak, aby nulová hodnota φ_{k_s} byla totožná s kolmicí na půdorysnou stopu roviny osvětlovacího otvoru. Na přímkách spojujících půdorysný průmět bodu *P* s levým resp. pravým ostěním najdeme průsečíky s kružnicí odpovídající hodnotě elevačního úhlu ε_H. V poli křivek diagramu tyto průsečíky určují hodnoty φ_{k_s1} resp. φ_{k_s2}. Výslednou hodnotu šířkové korekce stanovíme jako rozdíl těchto hodnot.



Obr. 13.4: Schéma stanovení D_s metodou protraktorů

$$\varphi_{k_s} = \varphi_{k_s2} - \varphi_{k_s1} \qquad (13.18)$$

4) Hodnotu oblohové složky činitele denní osvětlenosti D_s [%] pro daný bod a osvětlovací otvor získáme jako součin
   a) pro tmavý terén a čiré zasklení

$$D_s = D_s^{\infty\blacktriangle l}\varphi_{k_s}\tau_{0,nor} \qquad (13.19)$$

   b) pro tmavý terén a sklo s drátěnou vložkou

$$D_s = D_s^{\infty\blacktriangle\neq}\varphi_{k_s}\tau_{0,nor} \qquad (13.20)$$

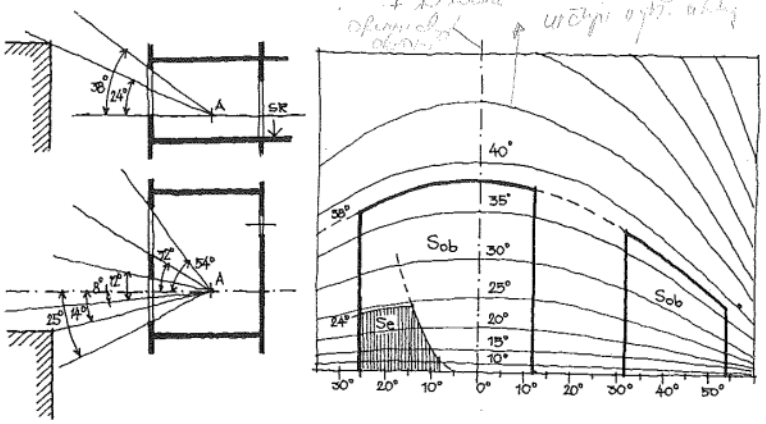
   c) pro zasněžený terén a čiré zasklení

$$D_s = D_s^{\infty\Delta l}\varphi_{k_s}\tau_{0,nor} \qquad (13.21)$$

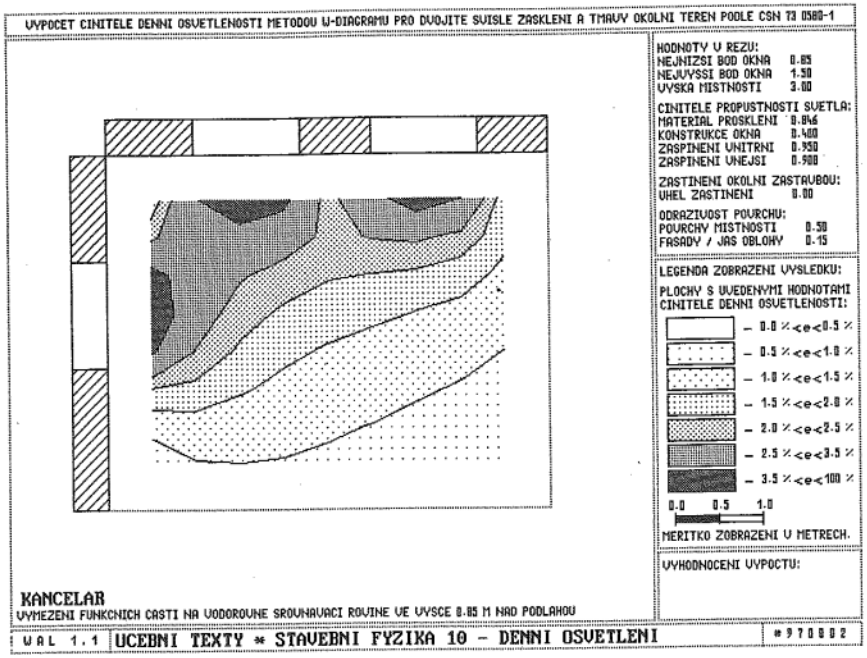
Protraktor pro šikmé zasklení je třeba vždy použít v souladu se sklonem označeným v bodě *P* diagramu. U šikmých osvětlovacích otvorů je třeba v půdorysu prodloužit ostění až k půdorysné stopě roviny osvětlovacího otvoru. Průsečíky ostění s touto stopou jsou body, které je třeba při stanovení šířkové korekce φ_{k_s} spojovat se středem P protraktoru.

13.4.4. Waldramův diagram

Výhodou Waldramova diagramu je názornost a zejména možnost posuzovat vliv i složitých poměrů stínění. Je-li stínící překážka různoběžná s oknem nebo mění-li složitě svůj tvar a výšku, pak je Waldramův diagram jedinou vhodnou graficko-početní metodou pro posouzení stínění takovou překážkou. Původní Waldramův diagram publikovaný v Anglii již v roce 1923 však při posuzování podle dnešních českých norem poskytuje velmi nepřesné hodnoty činitele denní osvětlenosti, protože nevychází z výpočtového modelu zimní zatažené oblohy CIE s gradovaným jasem, ale předpokládá konstantní jas oblohy. Také neuvažuje se směrovou propustností světla v zasklení okna. Tyto vlivy byly do metody zahrnuty při úpravě Waldramova diagramu, kterou jsme začátkem 90-tých let provedli na stavební fakultě ČVUT.



Obr. 13.5: Příklad použití Waldramova diagramu



Obr. 13.6: Ukázka výstupu z programu WAL 1.1. /36/

Upravený Waldramův diagram (viz příloha 13) lze použít pro posouzení denního osvětlení pouze svislými osvětlovacími otvory a lze jím stanovit, obdobně jako metodou Daniljukovou nebo pomocí protraktorů, hodnotu oblohové a vnější odražené složky činitele denní osvětlenosti. Na vodorovnou osu diagramu se vynáší azimutální odklony svislých okrajů oken a nároží vnějších stínících objektů od směru kolmého k zasklení. V diagramu jsou křivky pro elevační úhly horizontálních obrysů osvětlovacího otvoru a stínících průčelí. Podle elevačních a azimutálních úhlů se v diagramu znázorní osvětlovací otvor a stínící objekty (viz obr.13.5). Z plochy S_s[cm^2] nezastíněné části osvětlovacího otvoru v diagramu určíme hodnotu činitele diagramu D_w [%] podle vztahu

$$D_w = \frac{S_s}{S_o} \tag{13.22}$$

kde S_o [cm^2] je plocha čtverce v levém horním rohu diagramu.

V činiteli diagramu D_w je již obsažena gradace jasu oblohy při tmavém terénu i směrová propustnost světla dvojím zasklením. U směrové propustnosti je kromě svislého uvažován i vodorovný odklon směru průchodu světla od normály k zasklení, což je prvek, který poskytuje metodě větší přesnost v porovnání s metodou Daniljukovou. Oblohovou složku činitele denní osvětlenosti stanovíme podle vztahu

$$D_s = D_w . \tau_{0,nor} \tag{13.23}$$

Z plochy S_e [cm^2] zastíněné části osvětlovacího otvoru v diagramu určíme hodnotu činitele diagramu D_{we} [%] podle vztahu.

$$D_{we} = \frac{S_e}{S_o} \tag{13.24}$$

Vnější odraženou složku činitele denní osvětlenosti pak stanovíme pomocí vztahu

$$D_e = D_{we} . k . \tau_{0,nor} \tag{13.25}$$

Plochy S_s a S_e lze zjišťovat planimetrem nebo proložením čtvercové sítě.

Upravený Waldramův diagram se stal základem výpočtového programu WAL 1.1. [36]. Ukázka výstupu z programu je na obr.13.6.

13.5. Výpočet vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti

Světlo vniká osvětlovacím otvorem do vnitřního prostoru budovy a osvětluje nejen posuzované místo na pracovní rovině, ale celý tento prostor tj. všechny jeho ohraničující povrchy (podlahu, strop a stěny) a všechny předměty a zařízení, které se ve vnitřním prostoru nacházejí. Pro posuzované místo na pracovní rovině je každý i-tý vnitřní povrch místnosti plošným zdrojem světla jehož jas závisí na osvětlenosti E_i [lx] tohoto povrchu a na jeho činiteli odrazu světla ρ_i [-] podle vztahu (13.3). Přitom na osvětlenosti E_i se podílí nejen přímé světlo přicházející zvenčí osvětlovacím otvorem, ale též světlo odražené (i vícenásobně) od vnitřních povrchů místnosti. Je zřejmé, že odrazů světla ve vnitřním prostoru je nekonečně mnoho, takže není možné provést přesný výpočet, a je nutno se uchýlit k více nebo méně přesným výpočtovým modelům.

13.5.1. Arndtův vztah

Jednoduchý model uvažující jen jeden první odraz světla a průměrné podmínky ve vnitřním prostoru navrhl v roce 1955 W. Arndt. Světelný tok Φ_i [lm], který vstupuje osvětlovacím otvorem do místnosti závisí na venkovní osvětlenosti E_v [lx] roviny zasklení osvětlovacího otvoru a na na velikosti plochy W [m^2] zasklení podle vztahu

$$\Phi_i = E_v \tau_{s,dif} W \tag{13.26}$$

kde $\tau_{s,dif}$ [-] je *činitel prstupu difúzního světla*. Hodnotu tohoto činitele je možno přibližně stanovit vztahem)

$$\tau_{s,dif} = 0{,}9\tau_{s,nor} \tag{13.27}$$

V porovnání se světelným tokem Φ_i [lm] bude hodnota světelného toku Φ_{ir} [lm] po prvním odrazu nižší, protože část světla se povrchy vnitřního prostoru pohltí. Ke stanovení hodnoty odraženého světelného toku lze využít průměrnou hodnotu činitele odrazu ρ_m [-] vnitřních povrchů místnosti (viz kapitola 13.3).

$$\Phi_{ir} = \Phi_i \rho_m \qquad (13.28)$$

Průměrnou osvětlenost E_{im} [lx] povrchů vnitřního prostoru způsobenou odraženým světelným tokem Φ_{ir} bychom mohli v souladu se vztahem (11.5) stanovit jako podíl tohoto světelného toku plochou ΣS [m^2] *součtu všech povrchů v místnosti*. To však není možné z důvodu potřeby zachování kontinuity světelného toku. Jakýkoli výpočtový model skutečnosti může být funkční jedině tehdy, jestliže respektuje základní fyzikální zákony o zachování hmoty a energie. Jestliže jsme se rozhodli počítat jen s prvními odrazy světla, musíme ve výpočtu zajistit neexistenci druhých a dalších odrazů. Po druhém dopadu světla, který způsobí průměrnou osvětlenost E_{im}, musí být celý světelný tok pohlcen. To bude možné jedině tehdy, jestliže celkovou plochu ΣS nahradíme *ekvivalentní pohltivou plochou* A [m^2] vnitřního prostoru.

$$A = \Sigma S \,.\, (1 - \rho_m) \qquad (13.29)$$

Pro průměrnou osvětlenost odraženým světlem pak dostáváme vztah

$$E_{im} = \frac{E_v \tau_{s,dif} W \rho_m}{\Sigma S (1-\rho_m)} \qquad (13.30)$$

Průměrnou hodnotu vnitřní odražené složky D_{im} [%] činitele denní osvětlenosti získáme rozšířením rovnice (13.30) výrazem $100/E_H$

$$D_{im} = \frac{E_{im}}{E_H} 100 = \frac{E_v}{E_H} 100 \frac{\tau_{s,dif} W \rho_m}{\Sigma S (1-\rho_m)} = \frac{D_v \tau_{s,dif} W \rho_m}{\Sigma S (1-\rho_m)} \qquad (13.31)$$

kde D_v [%] je činitel denní osvětlenosti roviny zasklení osvětlovacího otvoru. Zjišťuje se zpravidla uprostřed osvětlovacího otvoru. K jeho výpočtu lze použít např Daniljukovu metodu. Jeho hodnota je především závislá na *úhlu zastínění* Z [°] osvětlovacího otvoru. Závislost pro svisle zasklený osvětlovací otvor je vyznačena v tabulce 13.5. Úhel zastínění Z je definován jako odklon spojnice středu osvětlovacího otvoru s vrcholem stínící překážky od vodorovné roviny (= elevační úhel překážky měřený ze středu okna).

Tabulka 13.5: *Hodnoty činitele denní osvětlenosti D_v [%] svislé roviny v exteriéru v závislosti na úhlu zastínění Z [°] při činiteli jasu překážky i terénu k = 0,1*

Z [°]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
D_v [%]	44	40	36	30	25	19	15	12	10

13.5.2. Metoda BRS

Metoda BRS (Building Research Station) zpřesňuje Arndtův vztah tím, že odděleně sleduje světelný tok přicházející do vnitřního prostoru shora a odrážející se především od podlahy místnosti a světelný tok přicházející zdola převážně odrazem od terénu a odrážející se především od stropu místnosti. Do výpočtu se zavádí průměrný činitel odrazu světla ρ_{mh} [-] povrchů nad vodorovnou pracovní rovinou a průměrný činitel odrazu světla ρ_{md} [-] povrchů

pod vodorovnou pracovní rovinou. Průměrná hodnota vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti je po tomto zpřesnění

$$D_{im} = \frac{\tau_{s,dif} W}{\Sigma S (1-\rho_m)} (C\rho_{md} + 5\rho_{mh}) \qquad (13.32)$$

kde C je činitel závislý na úhlu zastínění pro svislé zasklení podle tabulky 13.6.

Tabulka 13.6: *Hodnoty činitele C ve vztahu (13.32) pro svislé osvětlovací otvory v závislosti na úhlu zastínění Z [°] při činiteli jasu překážky k = 0,1*

Z [°]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
C	39	35	31	25	20	14	10	7	5

Metodu ve formě nomogramů je možno použít pro stanovení vnitřní odražené složky D_i [%] činitele denní osvětlenosti pro interiéry s bočním osvětlovacím systémem a svisle zasklenými okny. Nomogramy jsou dva – viz přílohy 14 a 15. Jedním stanovíme minimální $D_{i,min}$ [%] a druhým průměrnou $D_{i,m}$ [%] hodnotu vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti v uvažovaném prostoru. K práci s BRS nomogramy je třeba znát tři vstupní hodnoty:

1) poměr čisté plochy zasklení osvětlovacího otvoru k celkové ploše všech vnitřních povrchů v místnosti (včetně plochy samotného okna) $W/\Sigma S$ [m^2/m^2],
2) průměrný činitel odrazu vnitřních ploch v místnosti ρ_m [-],
3) úhel zastínění Z [°]

BRS nomogram se skládá ze tří os. Údaj $W/\Sigma S$ na první ose spojíme přímkou *a* s údajem ρ_m na třetí ose. Průsečík přímky *a* se střední osou spojíme přímkou *b* s údajem Z na třetí ose nomogramu. Tam, kde přímka *b* protíná první osu nomogramu, čteme hodnotu vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti. Tímto postupem stanovíme pomocí jednoho z obou nomogramů minimální $D_{i,min}$ [%] a pomocí druhého průměrnou $D_{i,m}$ [%] hodnotu vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti v posuzovaném vnitřním prostoru. Chceme-li znát hodnotu D_i [%] v konkrétním bodě, použijeme vztah

$$D_i = D_{i,min} + \frac{3x^2}{l^2} (D_{i,m} - D_{i,min}) \qquad (13.33)$$

kde *l* [m] je hloubka místnosti (měřeno od okna k protější stěně) a x [m] je vzdálenost posuzovaného bodu od protější od okna vzdálené stěny.

14. Měření osvětlení

napsal Ing. Jiří Slezák

Měření osvětlení slouží k získání objektivních podkladů pro hodnocení denního i umělého osvětlení. Měření osvětlení se provádí v terénu ve vnitřním prostředí budov a i na vnějších pracovištích. Dále pak v laboratořích, při kalibraci přístrojů nebo na modelech tato však zde nejsou popsána.

Osvětlení se hodnotí pomocí naměřených intenzit osvětlení a jasů. Z těchto změřených veličin se potom vypočítávají další parametry, potřebné pro posouzení kvality osvětlení:

- průměrné, minimální a maximální hodnoty intenzity osvětlení a jasů
- rovnoměrnost intenzity osvětlení a jasů
- činitel denní osvětlenosti, jeho průměrná, minimální i maximální hodnota a rovnoměrnost
- kontrast jasů
- činitel odrazu světla
- činitel prostupu světla
- činitel znečištění
- činitel oslnění.

Jako doprovodné veličiny se měří teplota ovzduší, úhly (směru pohledu, stínění, clonění, polohy ploch) a u umělého osvětlení napětí ve světelných rozvodech. Dále se někdy měří i cylindrická a sférická intenzita osvětlení, světelný vektor a teplota chromatičnosti.

Kromě uvedených parametrů se při hodnocení berou v úvahu i další podmínky a údaje jako např. barva, barevné podání, směrovost i stálost světla atd. Proto se dost často rozšiřuje měření osvětlení až na úroveň expertízy.

Měření osvětlení v praxi slouží:

- pro získání podkladů k posouzení a případné úpravy osvětlovacích soustav
- pro posouzení kvality realizace osvětlovacích soustav u nových objektů
- pro ověření výpočtů osvětlovacích soustav
- pro získání údajů při měření na modelech objektů

Měření parametrů denního i umělého osvětlení v závislosti na požadované přesnosti se provádí jako:

- orientační měření
- provozní měření
- přesné měření.

Toto rozdělení však již neodpovídá současným trendům a mezinárodním normám. Zavádí se nyní termín "nejistota měření", který vlastně definuje přesnost měření. Závisí na použitých měřicích přístrojích, nejistotě kalibrace, použité měřící metodě a na vlivu dalších faktorů.

V současné době pro měření osvětlení existují následující podklady:
ČSN 36 0011 - 1 "Měření osvětlení vnitřních prostorů. Část 1: Základní ustanovení."
ČSN 36 0011 - 2 "Měření osvětlení vnitřních prostorů. Část 2: Měření denního osvětlení."
ČSN 36 0011 - 3 "Měření osvětlení vnitřních prostorů."
ČSN 73 0580 - 2 "Denní osvětlení obytných budov."
Tyto normy jsou do 31.12.1999 závazné.

Dále pak zastaralá "Standardní metodika pro měření a hodnocení osvětlení vnitřních prostorů." schválená Hlavním hygienikem a uveřejněná v příloze bulletinu AHEM č.7/75 a norma ČSN 36 0010 "Měření světla."

14.1. Měřicí přístroje

14.1.1. Luxmetry

Luxmetry se používají k měření intenzity osvětlení. Čidlem, které mění světelný tok na el.veličinu je fotonka. K vyhodnocování získané el. veličiny slouží potom digitální nebo analogový přístroj. Fotonky byly dříve s fotocitlivou vrstvou z polykrystalického selénu. Nyní se používají monokrystalické struktury na bázi Si. Ty jsou stabilnější.

Důležitou součástí čidla jsou korekční filtry:

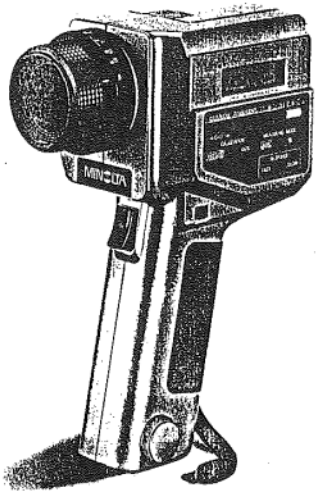
- filtr na přizpůsobení citlivosti fotonky frekvenční citlivosti oka pro viditelné záření
- filtr (nástavec) pro snížení kosínové chyby, která vzniká snížením citlivosti fotonky v závislosti na úhlu dopadu světelného paprsku od její normály.

U luxmetrů i jasoměrů se sledují chyby uvedené v tab.1. Nejpodstatnější jsou dvě výše uvedené.

Obr. 14.1: Luxmetr

14.1.2. Jasoměry

Používají se k měření jasů. Čidlo mají většinou křemíkové jako luxmetry. Princip je podobný. Navíc je optika, která umožňuje zaostření na určitou plochu v určitém definovaném úhlu (0,3 - 3 stupně). K měření jasů se také používají i luxmetry s jasovým nástavcem s úhly (5 - 20 stupňů). Korekce na spetrální citlivost lidského oka je u jasoměrů provedena stejně jako u luxmetrů. Jasoměry mají objektiv k zaostření na měřený předmět a okulár k přizpůsobení oka. Ostření se provádí podobně jako u fotoaparátu. Naměřený údaj je na displeji (buď analogovém nebo nejčastěji číslicovém) na povrchu jasoměru a zároveň i viditelném v okuláru. Jasoměry stejně jako luxmetry mají přepínač rozsahů manuální i automatický.



Obr 14.2: Jasoměr

Tabulka 14.1: Tabulka chyb luxmetrů

název chyby	symbol chyby		Nejvyšší dovolená chyba pro třídu přesnosti [%]							
	CIE	PNÚ	L(1)		A (2)		B(3)		C(4)	
			CIE	PNÚ	CIE	PNÚ	CIE	PNÚ	CIE	PNÚ
V (Lambda) - přizpůsobení	f 1 [%]	f 6 [%]	1.5	1	3	3	6	6	9	9
UV - citlivost	u [%]	f 7 [%]	0.2	0.2	1	1	2	2	4	4
IR - citlivost	r [%]	f 8 [%]	0.2	0.2	1	1	2	2	4	4
kosínová chyba	f 2 [%]	f 3 [%]	---	0.5	1.5	1.5	3	3	6	6
vyhodnocení pro Eo	f 2,o [%]	---	---	---	10	---	15	---	20	---
vyhodnocení pro Ez	f 2,z [%]	---	---	---	5	---	10	---	15	---
vyhodnocení pro E z,h	f 2,zo [%]	---	---	---	5	---	10	---	15	---
chyba linearity	f 3 [%]	f 9 [%]	0.2	0.1	1	1	2	2	5	5
chyba stupnice přístroje	f 4 [%]	f 1 [%]	0.2	0.2	3	3	4.5	5	7.5	10
teplotní koeficient	α [%/K]	f 5 [%]	0.1	0.1	0.2	0.2	1	0.5	2	1
únava fotonky	f 5 [%]	f 4 [%]	0.1	0.1	0.5	0.5	1	1	2	1
modulace světla	f 7 [%]	f 10[%]	0.1	0.1	0.2	0.2	0.5	0.5	1	1
chyba vyrovnání (při změně rozsahu)	f 11[%]	f 11[%]	0.1	0.1	0.5	0.5	1	1	2	2
celková chyba	f ges[%]	f tot [%]	3	2	5	5	10	10	20	20
spodní hranice frekvence	f u [Hz]	---	40	40	40	40	40	40	40	40
horní hranice frekvence	f o[kHz]	---	100	100	100	100	10	100	1	100
spektrální chyba	8 [%]	f 2 [%]	---	0.2	---	0.8	---	1.5	---	3

CIE - chyby a hodnoty podle DIN 5032 Teil 6, 7 a směrnice CIE No. 53 (TC - 2.2) 1982.
PNÚ - chyby a hodnoty podle směrnic ČNI: PNÚ 4124.1 "Luxmetry. Technické požadavky"
PNÚ 4121.2 "Luxmetry. Metody zkoušení pro úřední ověřování.".

14.1.3. Speciální přístroje

Kromě již uvedených se používají další přístroje a zařízení:

- měřiče činitele denního osvětlení (s dvěma fotonkami)
- měřiče kontrastu
- kolorimetry
- etalony (jasu, kontrastu, odraznosti světla)
- nástavce k luxmetrům (pro měření jasu, pro měření sférické a pro měření cylindrické osvětlenosti)
- předsádkové čočky k jasoměrům.

Dále k měření jsou potřebné také *pomocné přístroje a zařízení* jako stojan, měřič vzdáleností, busola, stř. voltmetr, teploměr, libela, kardanův závěs pro fotonku, úhloměr, radiostanice atd..

Velice výhodné pro praktické provádění měření jsou další funkce u přístrojů jako:

- režim HOLD (podržení údaje na displeji digitálního měř. přístroje)
- analogový a digitální výstup přístroje
- zjištění časově střední, minimální a maximální hodnoty (přip. špičkové hodnoty)
- záznam hodnot do paměti.

Měřicí přístroje musí být pravidelně *kalibrovány*. Nejčastěji se používá dvouletý interval. Jinak intervaly kalibrace udává ČSN 36 0011 - 1. Po opravě měřidla je také nutné zajistit kalibraci. V současné době kalibraci měřidel pro osvětlení zajišťuje Elektrotechnický zkušební ústav Praha a bude i Český Metrologický Institut.

14.2. Základní pravidla měření

14.2.1. Umístění fotonky luxmetru

Fotonka musí být umístěna v měřené ploše (v tzv. srovnávací rovině). K minimalizaci jejího naklonění ve vodorovné srovnávací rovině se používají libely. Dále musí být dostatečně přesně umístěná v kontrolním bodě. Pro nastavení výšky a určení polohy bodu se používají měřidla či měřiče vzdáleností nebo měrky. Při měření nesmí dojít k zastínění fotonky pracovníkem provádějícím měření nebo netypickými předměty (předměty, které běžně nestíní). Na pracovištích se sice měření provádí většinou bez přítomnosti pracující osoby. Lze však měřit i v její přítomnosti, pokud je její poloha stejná jako při prováděné práci. Je to však třeba poznamenat do protokolu z měření. Při měření intenzity venkovní horizontální osvětlenosti je nutné zajistit umístění fotonky na nestíněném místě (např. střecha objektu).

14.2.2. Umístění jasoměru

Jasoměr se umisťuje do kontrolního bodu totožného s polohou oka člověka, jehož jasové pole se posuzuje. Jeho umístění a sklon jeho optické osy je nutné také zaznamenat do protokolu z měření. Jasoměr je nutné předem na měřenou plochu zaostřit.

Jasoměry mají v okuláru vyznačené kruhové pole v kterém je jas měřen a to musí být vždy celé v měřené ploše. Pole je vztaženo k nastavenému zornému úhlu jasoměru. Některé jasoměry mají přepínatelný zorný úhel.

14.2.3. Odečítání údaje přístroje

Pro dosažení malé chyby měření je nutné, aby byl rozsah přístroje nastavený na možný nejnižší. U analogových přístrojů je nutný odečet hodnot v poslední třetině stupnice. U digitálních přístrojů je nutné brát v úvahu, že poslední číslice displeje je zatížena větší chybou.

14.2.4. Měření v síti bodů

Pro zjištění průměrné hodnoty intenzity osvětlení nebo jasů v ploše aritmetickým průměrem je nutné, aby dílčí plochy, v jejichž středu je vždy kontrolní bod, měly stejné rozměry (délka strany 1 až 6 m) a byly buď čtvercové nebo obdélníkové, které se blíží čtverci. Vzdálenost kontrolních bodů od stěn se volí převážně 1 m. Na úzkých plochách lze měřit v řadě bodů nebo na malých plochách v jednom bodě. Důležitou podmínkou pro volbu počtu bodů a jejich rozteče je rozložení světleného pole (druh, počet, umístění a rozměry oken). Síť kontrolních bodů (počet a rozteče) musí být zvolena tak, aby vystihovala nerovnoměrnost světelného pole. To znamená, že při měření denního osvětlení by se měly střídat řady kontrolních bodů v ose oken a v ose pilířů mezi okny. U umělého osvětlení pak pod svítidly a mezi svítidly.

14.2.5. Měření na pracovištích

Před volbou místa měření je nutné posoudit druh zrakové činnosti a uspořádání pracoviště. Měření se pak provádí za podobných podmínek (v síti nebo řadě bodů) jak je uvedeno v předchozím odstavci. Při dostatečné výšce svítidel nad pracovní plochou a malé nerovnoměrnosti osvětlení na ní, lze měřit i v jednom bodě a to uprostřed plochy, kde probíhá zraková práce.

14.3. Měření denního osvětlení

Protože denní světlo je proměnlivé v čase co do intezity, směru i spektrálního složení, platí tyto podmínky:

- měření se provádí za rovnoměrně zatažené oblohy, která je definována podle CIE (Mezinárodní společnosti pro osvětlování) – viz ČSN 730580-1. Kontrola se provádí měřením jasu oblohy podle ČSN 36 0011 - 2 luxmetrem s jasovým nástavcem nebo jasoměrem v elevačních úhlech 15°, 45° a v zenitu. V uvedené normě jsou dány mezní hodnoty poměru jasu zjištěného v elevačním úhlu ku jasu v zenitu. Pro tmavý a zasněžený terén se liší.
- měření se provádí v době kolem poledne. Nejvhodnější doba je od 11.00 - 14.00 hod.
- odečet externích hodnot venkovní horizontální intenzity denního osvětlení nebo jasu oblohy a vnitřní intenzity osvětlení se musí provádět současně.

To se zajistí buď časovým záznamem s odečítanými hodnotami nebo moderněji pomocí radiostanic.

Volba sítě bodů ve vnitřním prostoru nebo na pracovištích se provádí podle již uvedených pravidel.

Měření venkovní horizontální intenzity osvětlení lze nahradit měřením jasu oblohy pod určitým úhlem. Je však nutné hlídat rovnoměrnost zatažení oblohy. Nejčastěji se používá luxmetr s jasovým nástavcem při elevačním úhlu 30 - 90°. Menší úhel není vhodný.

Kromě uvedených intenzit a jasů, sloužících k výpočtu činitele denní osvětlenosti se také měří:

- jasy ploch v zorném poli pracovníka (zdi, podlaha, strop, okna atd.)
- hodnoty intenzity osvětlení a jasů pro výpočet odraznosti ploch s difúzním odrazem, kde lze použít vztah $E \cdot \rho = \pi \cdot L$.
- jas zašpiněného a vyčištěného osvětlovacího otvoru nebo intenzita osvětlení na něm. Z těchto hodnot lze spočítat jeho činitel znečištění.

Tabulka 14.2: *Přehled činností při měření denního osvětlení*

Činnost	Stupeň přesnosti měření		
	přesné	provozní	orientační
Volba druhu, způsobu a stupně přesnosti měření	x	x	x
Opatření podkladů k měření	x	x	x
Volba měřicích přístrojů	x	x	x
Měření v síti bodů na srovnávací rovině	x	x	(x)
- zaměření míst kontrolních bodů	x	(x)	-
- odhad umístění kontrolních bodů	-	x	x
Měření na vybraných pracovních místech	x	(x)	x
- zaměření míst kontrolních bodů na prac. místech	x	(x)	-
- odhad umístění kontrolních bodů na pracovních místech	-	x	x
Rozložení jasu oblohy - kontrolní měření	x	(x)	-
Rozložení jasu oblohy - subjektivní posouzení		x	x
Měření jasů v zorném poli	x	(x)	-
Opakování měření	x	(x)	-
Měření činitelů odrazu a prostupu světla	x	(x)	-
Měření činitelů znečištění	x	(x)	-
Měření úhlů pohledu, stínění, polohy srovnávaci roviny	x	(x)	-
Měření teploty vzduchu ve vnitřním prostoru	x	(x)	-
Měření teploty vzduchu ve venkovním prostoru	x	(x)	-

x = ano, (x) = podle potřeby, doporučuje se, - = ne

Při měření denního osvětlení *v obytných budovách* se postupuje při volbě kontrolních bodů podle ČSN 73 0580 - 2. Podle této normy se zjišťuje minimální činitel denní osvětlenosti v celé ploše místnosti. Ten bývá zpravidla v kontrolním bodě vzdáleném 1 m od stěn v nejtemnějším rohu místnosti. Dále pak činitel denní osvětlenosti ve dvou bodech v polovině hloubky místnosti, také vzdálených 1 m od stěny.

U přesného denního i umělého osvětlení se pro snížení chyby měření provádí následné *opakované měření* ve stejných kontrolních bodech. U provozního měření je to doporučeno. Hodnoty činitele denního osvětlení nebo intenzity u umělého osvětlení z opakovaného měření se zpracují statistickými metodami. Zjistí se hodnota s nejvyšším výskytem a rozptyl hodnot v každém bodě.

Tabulka 14.3: Obsah protokolu z měření denního osvětlení

Údaj	Stupeň přesnosti měření		
	přesné	provozní	orientační
Přesné označení stavby a měřeného prostoru	x	x	x
Datum a čas měření	x	x	x
Účel, druh a stupeň přesnosti měření	x	x	x
Údaje o měřicích přístrojích (typ, výrobce, platnost ověření)	x	x	x
Jména pracovníků provádějících měření	x	x	x
Jména pracovníků zadavatele, kteří poskytli informace k měření	x	x	x
Jména pracovníků zadavatele, kteří se zúčastnili měření	x	x	x
Údaje o venkovních podmínká měření	x	x	x
- umístění referenčního kontrolního bodu	x	x	x
- počasí	x	x	x
- venkovní teplota	x	(x)	-
Popis měřeného prostoru	x	x	x
- orientace prostoru ke světovým stranám	x	(x)	(x)
- osvětlovací otvory (konstrukce, umístění, rozměry, zasklení)	x	x	x
- popis vnějšího a vnitřního stínění	x	x	x
- stav údržby povrchů a osvětlovacích otvorů	x	(x)	-
- znečištění povrchů a osvětlovacích otvorů	x	(x)	-
- regulace denního osvětlení	x	x	x
- teplota v měřeném prostoru	x	(x)	-
Popis pracovišť	x	(x)	(x)
Popis zrakové práce na jednotlivých pracovištích	x	(x)	(x)
Popis měření a umístění kontrolních bodů	x	x	(x)
Popis měření a umístění kontrolních bodů na pracovištích	x	(x)	-
Výkres měřeného prostoru	x	(x)	-
Náčrt měřeného prostoru		x	x
Výkres rozmístění pracovišť	x	(x)	-
Náčrt rozmístění pracovišť		x	-
Výkres rozmístění kontrolních bodů	x	(x)	-
Náčrt rozmístění kontrolních bodů		x	x
Výkres rozmístění osvětlovacích otvorů	x	(x)	-
Náčrt rozmístění osvětlovacích otvorů		x	x
Naměřené hodnoty v tabulce nebo ve výkresu	x	x	x
Výpočet e p a zjištění e min, e max	x	x	x
Zobrazení průběhu e ve srovnávací rovině - izočáry, izoplochy	(x)	(x)	-
Zobrazení průběhu e na pracovních plochách - izočáry, izoplochy	(x)	(x)	-
Zobrazení průběhu e v řezu místností	(x)	(x)	-

x = ano, (x) = podle potřeby, doporučuje se, - = ne

14.4. Zápisy a protokoly

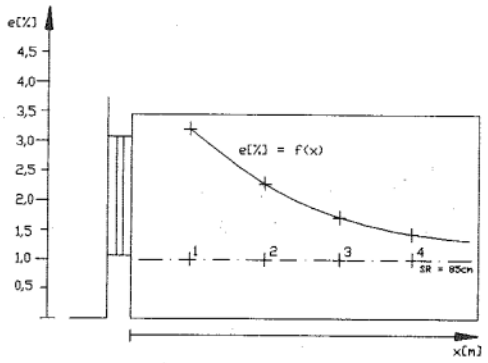
Zápisy z měření musí být prováděny čitelně a záznam musí být stálý (např. propisovací tužkou). Zápisy musí být archivovány společně s protokolem. Protokoly i zápisy musí obsahovat všechny informace odpovídající druhu měření. Obsah protokolů definují normy ČSN 36 0011 část 1 až 3 (viz. tab.3). Podmínky měření musí být popsány tak, aby bylo možné provést opakované měření a posoudit jejich vliv na osvětlení.

Výsledky měření se zpracovávají ve formě tabulek, ale je i výhodné jejich grafické zpracování formou grafů nebo izočar a izoploch. Vhodné je spojení grafického zpracování s výkresovou předlohou (např. půdorysem místnosti viz obr.4). Do ní se potom vyznačí umístění osvětlovacích otvorů, svítidel, kontrolních bodů, pracovních míst atd. Někdy se používá i zobrazení průběhu činitele denní osvětlenosti nebo intenzity umělého osvětlení graficky v řezu místností (viz obr.3).K znázornění jasů se také používá i fotodokumentace.

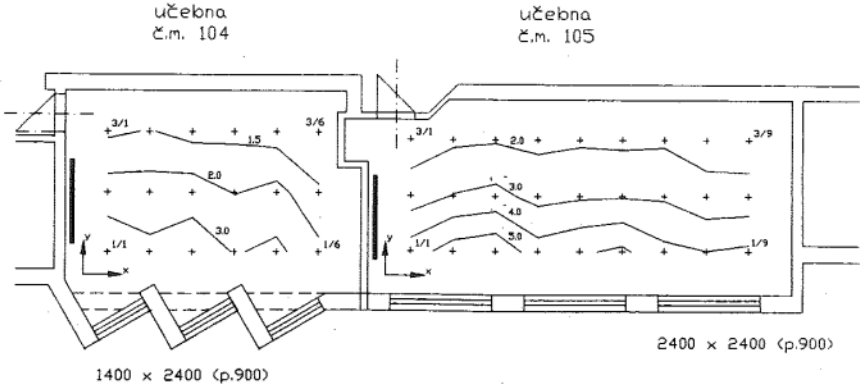
Pro hodnocení měření je nutné sledovat v některých případech i další parametry a podmínky, které musí popsat pracovník provádějící měření do protokolu. Jedná se o jasové poměry, stálost světla, směr světla, barevné podání a barevnost světla, barevnost i estetika prostoru a případné oslňování. I ty mají značný vliv na zrakovou pohodu člověka.

14.5. Akreditace

Měření osvětlení je předmětem akreditačního postupu z důvodu zajištění jeho vyšší kvality. Nižší stupeň "Osvědčení o správné činosti laboratoře v oboru měření osvětlení." lze získat prostřednictvím Státního zdravotnického ústavu v Praze po splnění určitých podmínek. Plnohodnotnou akreditaci podle ČSN EN 45 0001 lze získat prostřednictvím Českého institutu pro akreditaci. Zde jsou podmínky získání akreditace náročnější.



Obr. 3: Výsledky měření v řezu místnosti



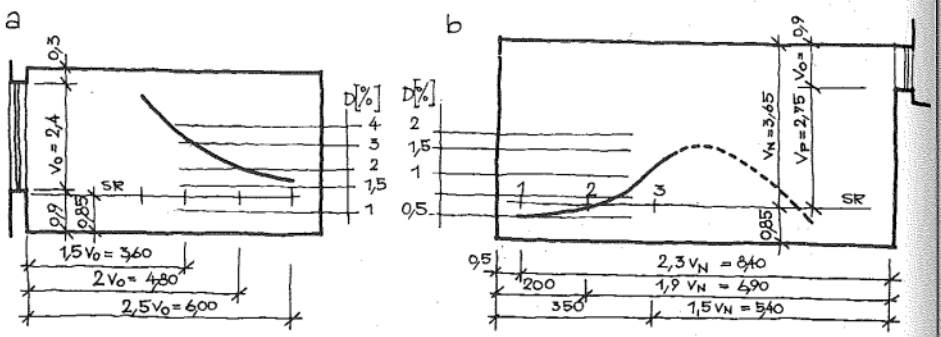
Obr 4: Výsledky měření rozložení osvětlenosti v půdorusu

15. Osvětlovací systém

Denní světlo proniká do uzavřeného prostoru prostřednictvím otvoru vyplněného světlo propouštějícím materiálem. Podle umístění otvorů v obalové konstrukci prostoru (stěnách nebo stropu) a také podle polohy k pracovnímu místu rozlišujeme, osvětlovací systémy na boční, horní a kombinované - viz kap. 9.3.

15.1. Boční osvětlovací systémy

Tyto osvětlovací systémy zajišťují osvětlení prostoru denním světlem prostřednictvím okenních otvorů umístěných v obvodové stěně (jedné i více). Pro názorné vysvětlení účinnosti bočního osvětlení zvolíme nejběžnější prostor obdélníkového tvaru s jedním oknem umístěným v kratší straně interiéru. Parapet je běžné výšky - viz obr. 15.1.



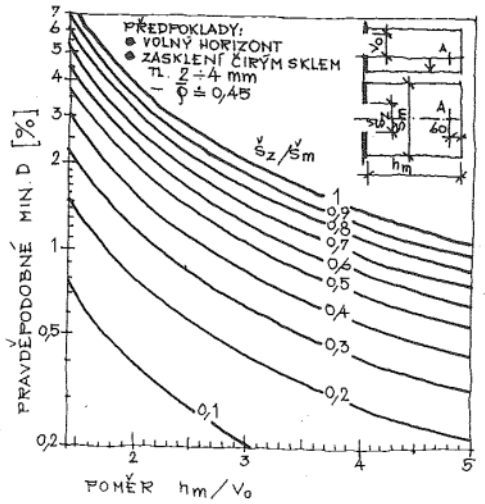
Obr. 15.1: Účinnost jednostranných bočních osvětlovacích systémů (porovnání vlivu různé výšky parapetu) 38

Faktory ovlivňující světelný stav vnitřního prostředí byly podrobně rozebrány v kap. 9. víme tedy jak poloha a velikost okna a jeho konstrukce ve vztahu k exteriérové a interiérové situaci ovlivňují distribuci světla. Účinnost osvětlovacího systému vyjádříme nejlépe graficky, vynesením hodnot činitele denní osvětlenosti do charakteristického svislého interiéru vedeného okenním otvorem.

Z obr. 15.1a vyplývá, že z hlediska osvětlenosti jsou u jednostranného osvětlovacího systému nepříznivá nejvzdálenější místa od okenního otvoru.
Doporučení: Podle požadované úrovně osvětlenosti omezujeme hloubku interiéru v závislosti na výšce okna v rozsahu 2,5 až 4 násobku v_o. Předpokladem musí být volný (nezastíněný horizont).
Na obr. 15.2. je vidět závislost proporcí interiéru (hloubka místnosti a její šířka) velikosti okna a dosažení minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti v nejvzdálenějším místě od okna.

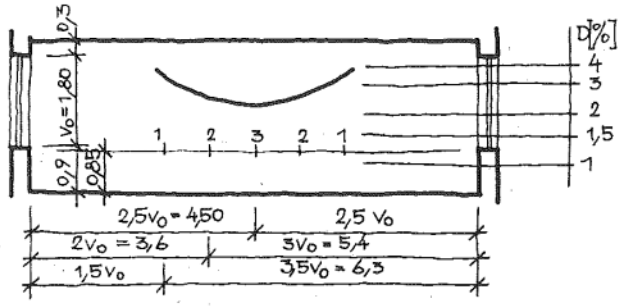
V obytné a občanské výstavbě (vícepodlažní budovy) je téměř výhradně používán boční osvětlovací systém. Odlišné může být umístění okenního otvoru v obvodové stěně, různá výška parapetů. Na obr. 15.1.b. je uveden příklad vysokého parapetu (používané zpravidla jako sekundární přisvětlení). Nevýhoda je z obrázku patrná. Světelná účinnost je vlivem parapetu v jeho bezprostřední blízkosti podstatně snížena.

Další varianta může být okenní otvor s nízkým (pod 0,9m) případně nulovým parapetem (francouzské okno). Tato okna zvyšují osvětlení stropu hlouběji v interiéru, umožňují lepší kontakt s exteriérem.



Obr. 15.2: Diagram pro přibližné určení D_{min} v bodě A při nezastíněném horizontu 38

Okna u bočního osvětlovacího systému mohou být umístěna ve dvou i více stěnách prostoru. Pak mluvíme o dvoustranném a vícestranném osvětlení - obr. 15.3.

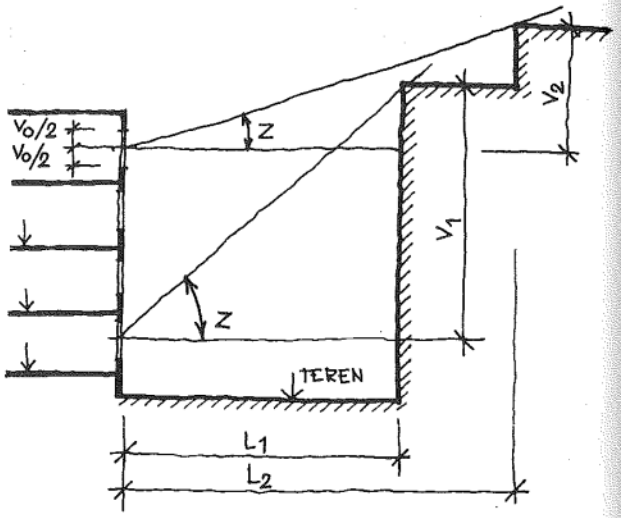


Obr. 15.3: Účinnost dvoustranného bočního osvětlení při volném horizontu 38

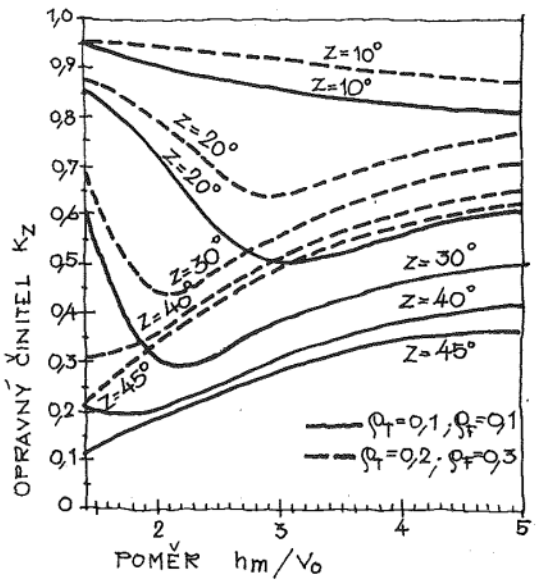
Jak již bylo uvedeno v kap.9., má velmi podstatný vliv na osvětlenost interiéru a tedy na účinnost osvětlovacího systému míra zastínění osvětlovacího otvoru vnějšími překážkami - okolními budovami, souvislou zelení, vyvýšeným terénem a pod. Nejběžnější překážkou je v městské zástavbě souvislá naproti stojící řada budov (uliční zástavba). Tuto překážku definujeme *úhlem zastínění Z* - viz obr. 15.4.

Úhel zastínění je vztažen ke středu okna (výškově) daného interiéru. Při výškově nestejné překážce s půdorysně stejnou vzdáleností (odstupem) zavádíme náhradní průměrnou hodnotu *v*. Tento předpoklad platí jen při hrubém hodnocení účinnosti osvětlovacího systému.

Pro určení přibližné hodnoty činitele denní osvětlenosti D[%] u bočně osvětlovaných interiérů s částečně zastíněným horizontem můžeme použít diagram na obr. 15.2. Vliv vnějších stínících překážek zohledníme zavedením korekce K_z - obr. 15.5. v závislosti na úhlu zastínění Z. Na diagramu je zároveň patrný vliv odrazivosti terénu a okolních překážek na opravný činitel K_z a tím i na osvětlenost vnitřního prostoru. ρ_T = 0,1 a ρ_F = 0,1 je velmi tmavý terén i fasáda. ρ_T = 0,2 a ρ_F = 0,3 je tmavý terén a průměrně zaspíněná fasáda.



Obr. 15.4: Určení úhlu zastínění Z od stínící překážky

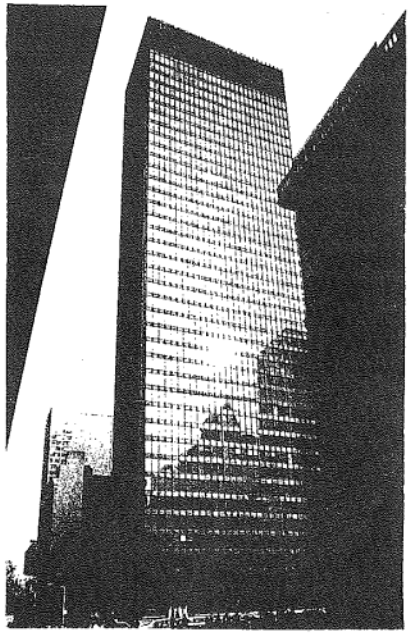


Obr, 15.5: Diagram opravných činitelů K_z /38/

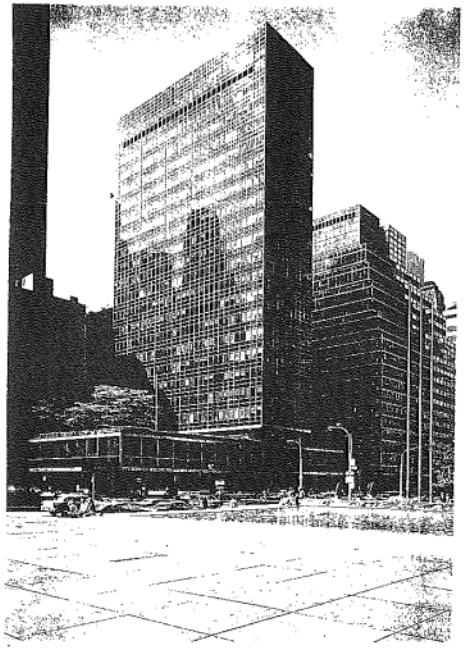
15.1.1. Předběžný návrh účinnosti bočního osvětlovacího systému

Navrhovat budovu se zřetelem k požadavkům na denní osvětlení jednotlivých prostorů bývá, bohužel, spíše vyjímkou než pravidlem. Ačkoliv je pro množství budov postavených v poválečných letech charakteristické značné prosklení fasád, bylo použití skla motivováno především architektonickým hlediskem. Na obr. 15.6. a 15.7. jsou uvedeny dva odlišné příklady řešení celoprosklených obvodových stěn administrativních budov.

Skleněné plochy Seagram Building mají bronzové zabarvení. Barva je zde významný prvek především z estetického hlediska. Vzhled budovy se neustále mění se změnou denního světla a odrazy slunce.



Obr. 15.6: Seagram Buildong - New York Mies van der Rohe - 1956 -58 64



Závěsové stěny budovy Lever Haus jsou velmi jemně členěny, zabarvení skel je tmavě zelené. Toto speciální zasklení má samozřejmě také vliv na redukci tepelných zisků, ale současně i denního světla.

Obr. 15.7: Lever House - New York Skidmore-Owings-Merril 1951 - 2 /64/

15.1.2. Návrh velikosti okenního otvoru

Je zřejmé, že účinnost jednostranného bočního osvětlení má svá omezení, zejména u prostorů s částečně či zcela zastíněným horizontem.

Vycházejme z předpokladu, že objemové, konstrukční a dispoziční řešení je výsledkem úvah a návrhů respektujících výše uvedené vazby - kap. 9. Osvětlovací systém budovy je tedy koncepčně jasný (boční, horní příp. kombinované osvětlení). Rovněž je známa funkce a způsob využití jednotlivých vnitřních prostorů, tedy i z toho plynoucí požadavky na množství světla - hodnotu činitele denní osvětlenosti. Předběžný návrh plochy okenního otvoru potřebné ze světelně technického hlediska se pak při bočním osvětlení zjednoduší na výpočet šířka okna - obr. 15.8.

Nejčastěji používaný způsob návrhu velikosti osvětlovacího otvoru vychází z Daniljukovy metody úhlových sítí pro určování činitele denní osvětlenosti. Je to v podstatě opačný postup než při výpočtu činitele denní osvětlenosti. Předpokladem je dosažení minimální požadované hodnoty v kritickém bodě interiéru na srovnávací rovině. Obecně platí vztah

$$D_{\min}^{pož} = D_s + D_e + D_i \qquad \%$$

Vyjádříme-li oblohovou a odraženou složku činitele denní osvětlenosti podle Daniljuka dostaneme tvar

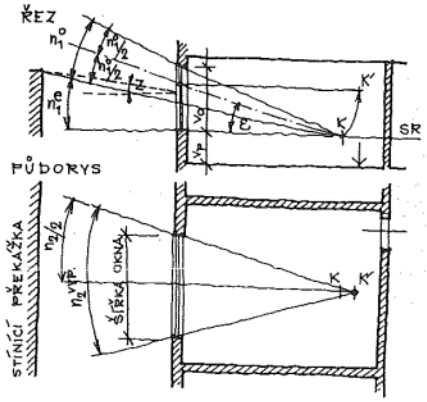
$$D_{\min}^{pož} = n_1^0 \cdot n_2^0 \cdot q \cdot \tau_0^n \cdot 10^{-2} + n_1^e \cdot n_2^e \cdot \tau_0^n \cdot 10^{-3} + D_i$$

jestliže zjednodušíme, že

$$n_2^0 = n_2^e = n_2$$

pak můžeme psát

$$n_2 = \frac{(D_{\min}^{pož} - D_i)\cdot 10^2}{n_1^0 \cdot q \cdot \tau_0^n + n_1^e \cdot \tau_0^n \cdot 10^{-1}} \qquad (15.1.)$$



Obr. 15.8: Schema pro předběžný výpočet šířky okna

Výšku parapetu p a okna v_o zvolíme v závislosti na konstrukčním systému (nadpraží) budovy a funkci interiéru /parapet/. Rovněž tak polohu kritického bodu.

Problémem je tedy určení hodnoty interreflexní složky činitele denní osvětlenosti, závislé na odrazivosti interiéru, ale také na zasklené ploše okna, kterou teprve zjišťujeme. Proto je tento způsob poměrně pracný, neboť vyžaduje předběžný odhad okenní plochy pro výpočet D_i a následnou kontrolu zda jsou odhadnutá a vypočtená plocha shodné.

Návrh okenního otvoru se zjednoduší, jestliže interreflexní složku vyjádříme v závislosti na daných (zvolených) parametrech interiéru. Dostaneme upravený vztah pro výpočet šířky okna

$$n_2 = \frac{D_{\min}^{pož}\cdot 10^2}{\frac{2{,}57\cdot v_0 \cdot 1'(90-Z)\overline{\rho}^3}{\Sigma S}\cdot n_1^0 \cdot q \cdot \tau_0^n + n_1^e \cdot \tau_0^n \cdot 10^{-1}} \qquad (15.2.)$$

kde člen $\frac{2{,}57\cdot v_0 \cdot 1'(90-Z)(\overline{\rho})^3}{\Sigma S}$ ..... vyjadřuje velikost interreflexní složky činitele denní osvětlenosti v závislosti na:

- v_0 výšce okna [m]
- l' vzdálenosti efektivního těžiště okna E od kritického bodu místnosti K [m]
- Z úhlu zastínění horizontu [°]
- $\overline{\rho}$ průměrném činiteli odrazu místnosti [-]
- ΣS součtu všech odrážejících povrchů interiéru [m^2]

člen $n_1^0 \cdot q \cdot \tau_0^n$ ..... vyjadřuje velikost oblohové složky činitele osvětlenosti v závislosti na:

- n_1^0 počtu dílků z Daniljukova řezového diagramu pro volnou část oblohy [-]
- q činiteli gradace jasu oblohy [-]
- τ_0^n souhrnném normálovém činiteli světelných ztrát [-]

člen $n_1^e \cdot \tau_0^n \cdot 10^{-1}$ ..... vyjadřuje vnější odraženou složku činitele denní osvětlenosti v závislosti na:

- n_1^e počtu dílků z Daniljukova řezového diagramu pro část oblohy zastíněnou vnější souvislou překážkou [-]
- τ_0^n souhrnném normálovém činiteli světelných ztrát [-]

Uvedený vztah je platný s dostačující přesností jsou-li místnosti a okenní otvory běžných rozměrů a jestliže

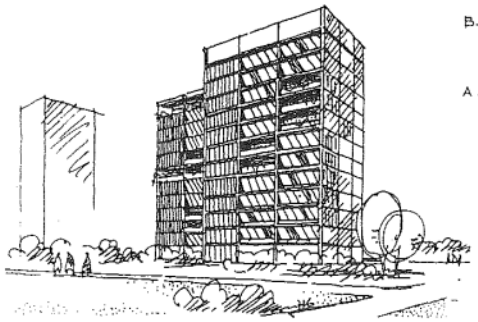
a) kritický bod je umístěn v ose osvětlovacího otvoru a místnosti
b) vypočtené hodnoty n_2 nepřesahují 50 dílů Daniljukova půdorysného diagramu

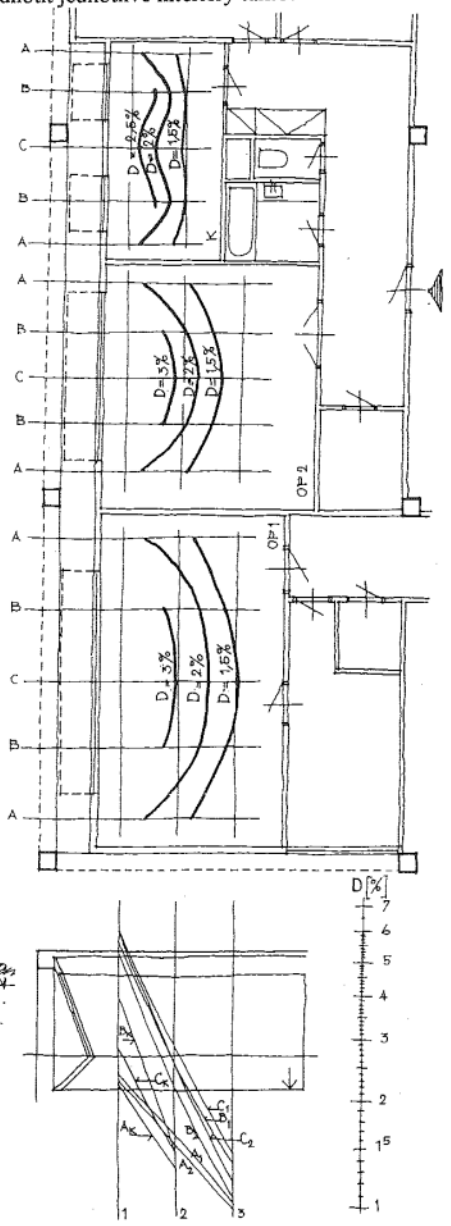
Pro ostatní případy se přesnost návrhu snižuje ve prospěch dosaženého množství světla. Ve složitějších případech je předběžný návrh samozřejmě třeba ověřit podrobným posouzením respektujícím všechny skutečné parametry interiéru.

15.1.3. Příklady účinnosti bočních osvětlovacích systémů

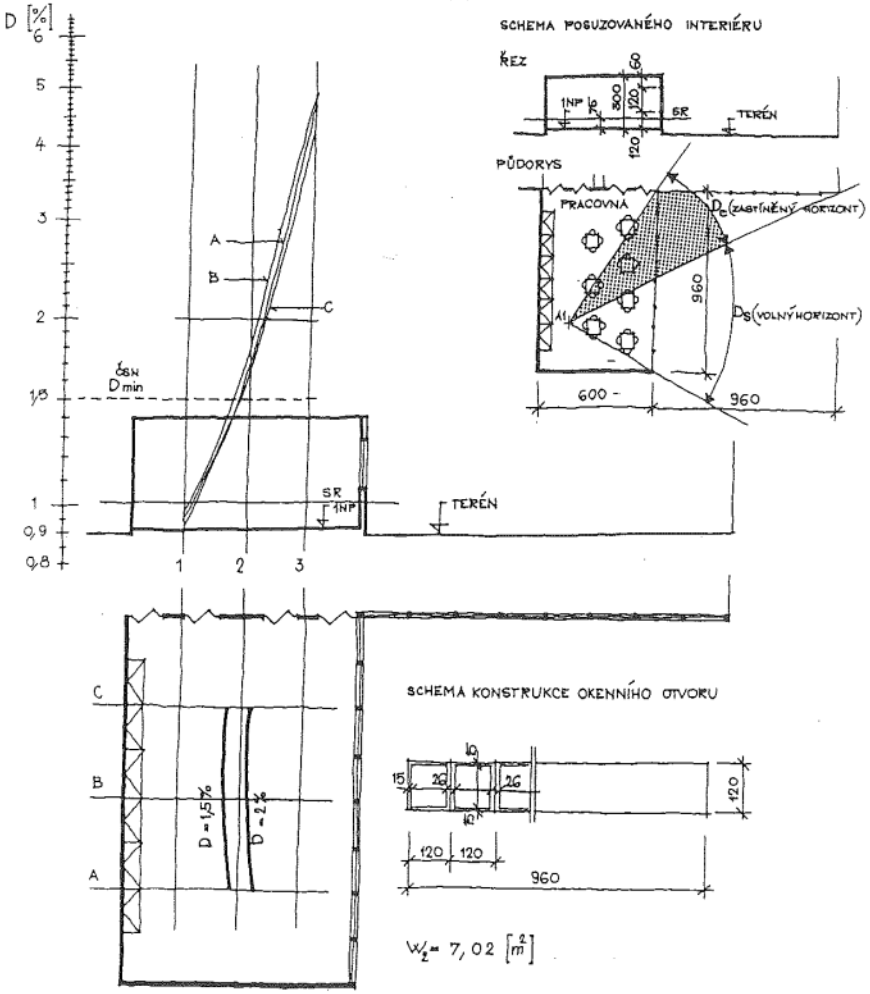
Z průběhu křivek osvětlenosti v řezu i půdorysu interiéru je patrna účinnost navrženého způsobu osvětlení. Pro výpočet hodnot činitele denní osvětlenosti D_s a D_e byla zvolena metoda Daniljukových diagramů pro hodnoty D_i metoda BRS nomogramů. Porovnáme-li křivky osvětlenosti charakterizující distribuci množství světla na horizontální srovnávací (pracovní) rovině s normativními požadavky, můžeme zhodnotit jednotlivé interiéry takto:

• *Vícepodlažní obytný dům* s netradičním řešením obvodového pláště (sklon okenních otvorů) - studie - obr. 15.9. Požadavky na množství denního světla viz [ ] jsou relativně malé. Jak je patrno z vynesených křivek osvětlenosti, budou při volném horizontu splněny ve všech podlažích. Při částečném zastínění horizontu dojde ke zhoršení. Sklon roviny zasklení však nemá rozhodující vliv na osvětlenosti v kritických bodech interiéru v důsledku světelných ztrát, bude snížení osvětlenosti největší v bezprostřední blízkosti okna.





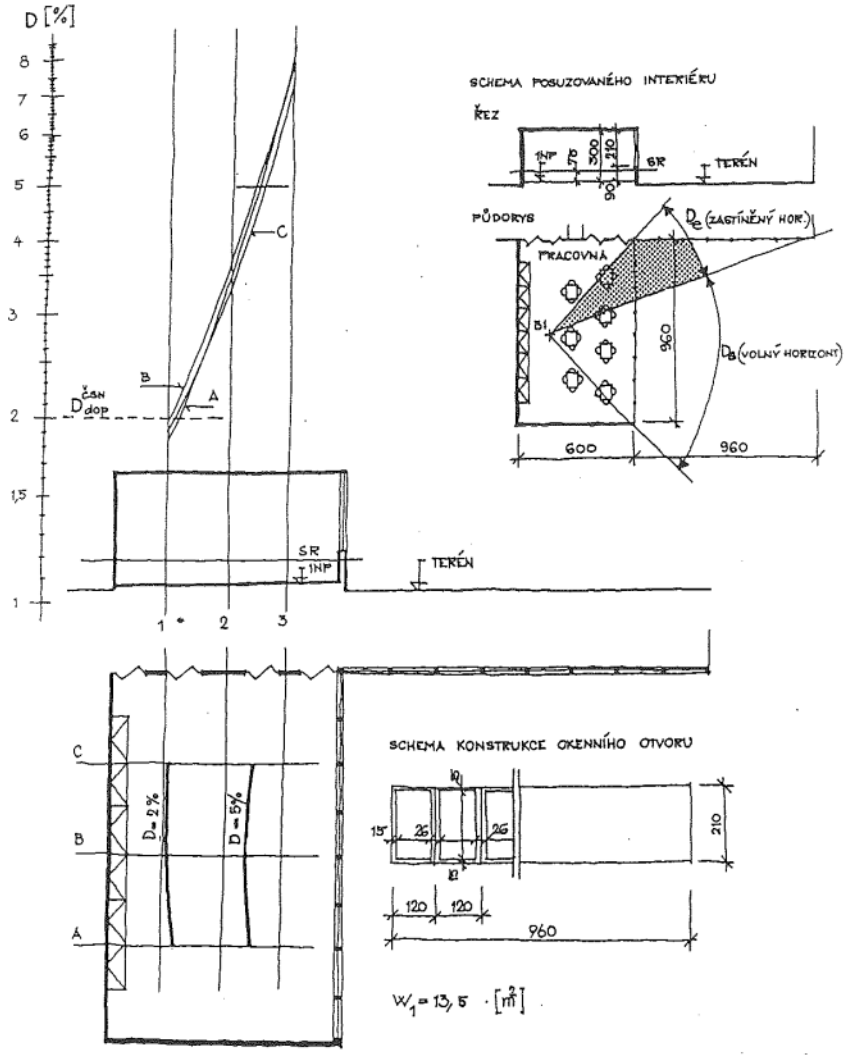
Obr. 15.9: Studie vícepodlažního bytového domu. Posouzení osvětlenosti kuchyně a obytných pokojů



TAB. 15.1. VÝPOČET ČINITELE DENNÍ OSVĚTLENOSTI POMOCÍ DANILJUKOVÝCH DIAGRAMŮ
PŘEDPOKLADY VÝPOČTU: $\tilde{\rho} = 0{,}45$ m²; W = 7,0 m²; $\Sigma S = 226{,}8$ m²; z = 0°

SOO	n_1^o	ϱ	n_2^o	τ_o^v	D_e	n_1^c	n_2^c	τ_o^v	D_e	D_i	D [%]
A_1	2,6	0,63	51,5	0,4432	0,374	2,6	18,0	0,4432	0,0218	0,530	0,926
A_2	5,4	0,725	61,0	0,4413	1,0611	5,4	19,2	0,4413	0,0487	0,569	1,676
A_3	14,0	0,95	72,0	0,4215	4,036	14,0	18,5	0,4215	0,1091	0,642	4,787
B_1	2,6	0,63	57,5	0,4432	0,417	2,6	21,0	0,4432	0,0242	0,530	0,971
B_2	5,4	0,725	66,0	0,4413	1,148	5,4	24,0	0,4413	0,0572	0,569	1,774
B_3	14,0	0,95	71,5	0,4215	4,008	14,0	23,5	0,4215	0,1504	0,642	4,80
C_1	2,6	0,63	55,0	0,4432	0,399	2,6	16,0	0,4432	0,0184	0,530	0,947
C_2	5,4	0,725	59,5	0,4413	1,035	5,4	22,0	0,4413	0,0524	0,569	1,656
C_3	14,0	0,95	61,5	0,4215	3,447	14,0	30,0	0,4215	0,177	0,642	4,266

Obr. 15.10: Posouzení osvětlenosti pracovny mateřské školy - varianta 1



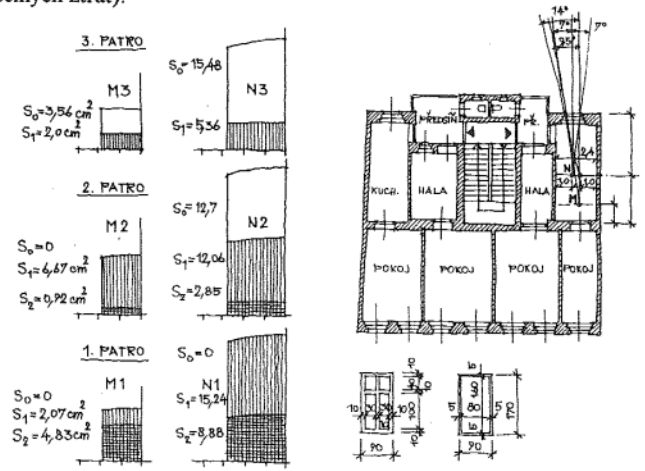
TAB. 15.2. VÝPOČET ČINITELE DENNÍ OSVĚTLENOSTI POMOCÍ DANILJUKOVÝCH DIAGRAMŮ
PŘEDPOKLADY VÝPOČTU: $\bar{\rho} = 0{,}45$, $w = 13{,}5\ m^2$, $\Sigma S = 226{,}8\ m^2$, $Z = 0°$

BOD	n_1^o	ϱ	n_2^o	τ_o^{φ}	D_B	n_1^c	n_2^c	τ_o^{φ}	D_e	D_i	D [%]
A_1	4,6	0,68	30,5	0,5083	0,8028	4,6	18,7	0,5083	0,0457	1,0	1,846
A_2	9,2	0,78	60,4	0,5036	2,186	9,2	19,5	0,5036	0,0903	1,2	3,476
A_3	19,6	0,96	73,0	0,4811	6,608	19,6	18,5	0,4811	0,174	1,5	8,282
B_1	4,6	0,68	58,5	0,5083	0,930	4,6	20,8	0,5083	0,0479	1,0	1,977
B_2	9,2	0,78	65,0	0,5036	2,348	9,2	24,5	0,5036	0,1135	1,2	3,661
B_3	19,6	0,96	71,0	0,4811	6,427	19,6	26,0	0,4811	0,248	1,5	8,172
C_1	4,6	0,68	54,5	0,5083	0,866	4,6	15,5	0,5083	0,0362	1,0	1,902
C_2	9,2	0,78	57,0	0,5036	2,059	9,2	22,0	0,5036	0,1019	1,2	3,360
C_3	19,6	0,96	62,0	0,4811	5,612	19,6	30,0	0,4811	0,282	1,5	7,394

Obr. 15.11: Posouzení osvětlenosti pracovny mateřské školy - varianta 2

• *Pracovna mateřské školy* - obr. 15.10. a 15.11. - malá výška okna (zvýšený parapet i nadpraží) u varianty 1 se nepříznivě projeví na osvětlenosti v hloubce místnosti. Normativním požadavkům na množství světla nevyhoví pracovní místa situovaná za křivku osvětlenosti D = 1,5 %. Variantní řešení 2 - odstraněním nadpraží umožní zvýšit osvětlenost v celé ploše místnosti nad normou požadovanou hodnotu.

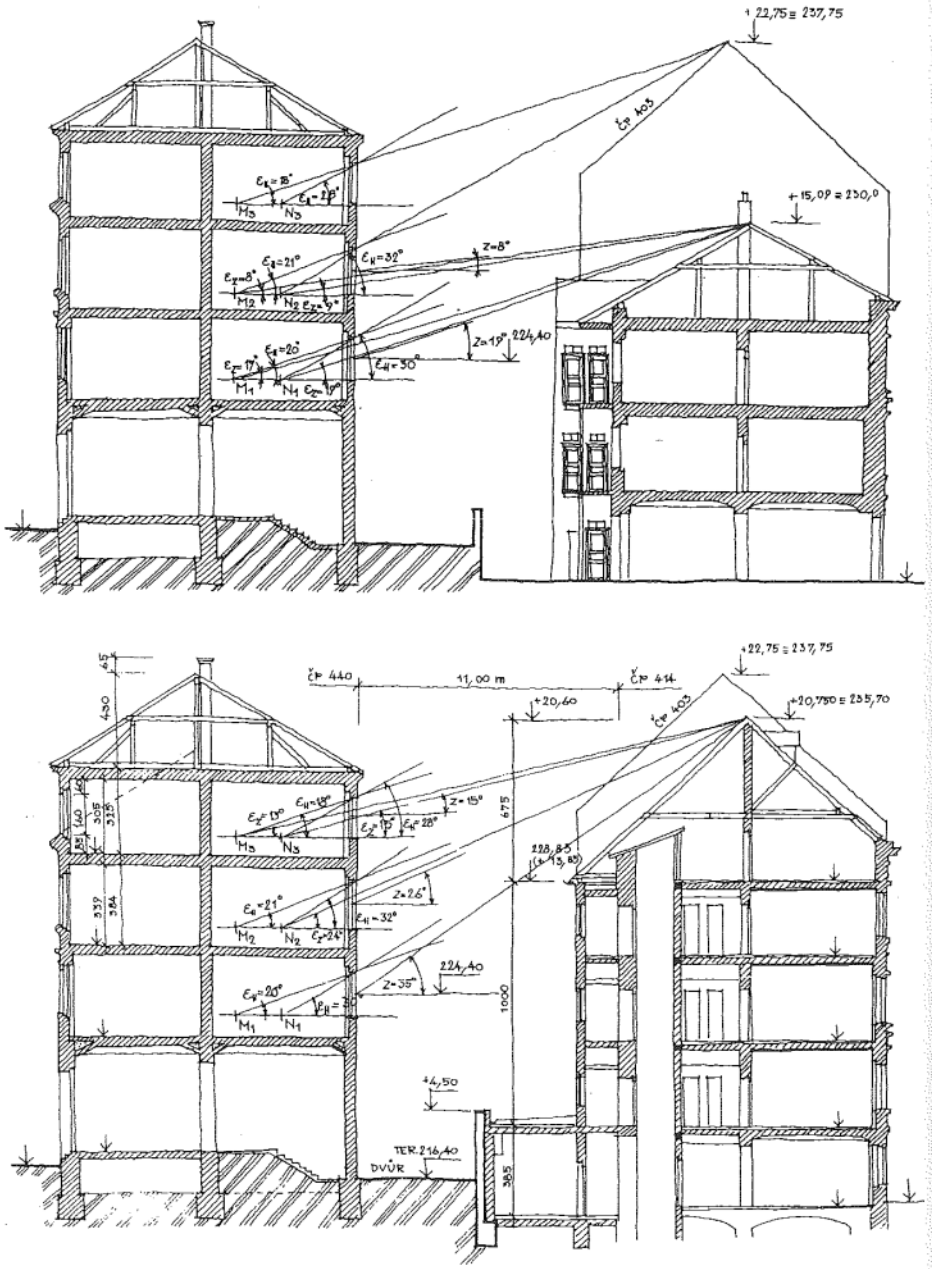
V podmínkách historické zástavby městských center obytné místnosti často nesplňují požadavky norem na denní osvětlení. V takových případech norma připouští při rekonstrukcích snížení již nevyhovujících hodnot činitele denní osvětlenosti nejvýše o 15%. I tento poměrně velmi nenáročný požadavek bývá někdy obtížné splnit. Viz příklad uvedený na obr. 15.12. a 15.13. Projektovaným zvýšením obytného domu o dvě podlaží dojde k nadměrnému zastínění obytných kuchyní domu situovaného naproti přes dvůr. Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro starý i projektovaný stav byly zjišťovány pomocí Waldramova diagramu (popis metody viz kap. 13), vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti metodou BRS nomogramů. Přestože nástavbou dojde ke zvýšení objektu jen na úroveň sousedních domů, hodnocení rekonstrukce z hlediska osvětlení vyznívá nepříznivě. Aby mohla být nástavba realizována, bylo nutno v rámci rekonstrukce vyměnit některá okna stíněného domu za moderní typ s větším podílem prosklení a tím kompenzovat nástavbou způsobené zastínění oblohového světla (zmenšení světelných ztrát).



Obr. 15.13: Zastínění bodu N a M - původní stav a stav po úpravě oken

15.2. Horní osvětlovací systém

Na rozdíl od bočního osvětlovacího systému kde je osvětlení horizontální roviny (pracovní plochy) zajišťováno vertikálním případně mírně nakloněným plošným zdrojem a výsledkem je značná nerovnoměrnost osvětlení lze při rovnoměrném rozmístění horních osvětlovacích otvorů docílit osvětlenosti na horizontální rovině mnohem rovnoměrnější. Charakteristickým znakem horních osvětlovacích systémů je podstatně rovnoměrnější úroveň osvětlenosti na vodorovné rovině, proto jsou také normativní požadavky vyjadřovány průměrnou hodnotou činitele denní osvětlenosti D_m.



Obr. 15.12: Zastínění bodu N a M - současný stav a navrhovaná přístavba

Systémy horního osvětlení jsou charakteristické pro velkoprostorové zejména průmyslové objekty, sportovní stavby, ale i výstavní prostory, muzea, galerie ap. Všude tam, kde pro značné rozměry prostorů nelze zajistit dostatečné množství světla bočními osvětlovacími otvory nebo je prioritní požadavek na difúzní osvětlení s vyloučením přímé sluneční radiace. Základní dělení horních osvětlovacích systémů viz. - kap. 9.

Světelná účinnost jednotlivých systémů horního osvětlení závisí na:

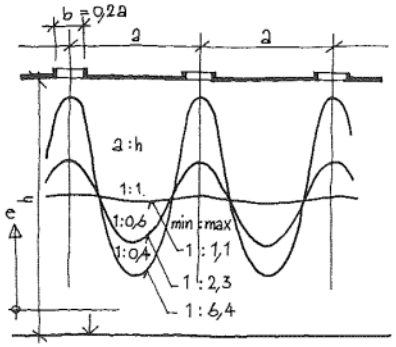
a) výšce prostoru nad pracovní rovinou (vzdálenosti mezi osvětlovacím otvorem - světlíkem - a posuzovaným místem na pracovní rovině) a vzdáleností mezi jednotlivými světlíky obr. 15.14. Příklady světelné účinnosti zenitových a pilových světlíků jsou vyjádřeny průběhem činitele denní osvětlenosti v charakteristickém řezu prostorem

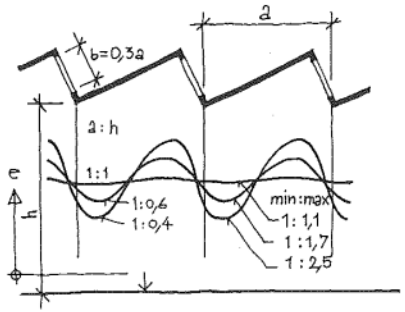
b) ploše zasklení

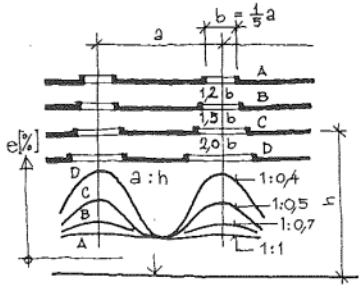
c) zvoleném tvaru a konstrukci světlíku. Konstrukce osvětlovacího otvoru je součástí střešní konstrukce a má být navržena tak, aby co nejméně omezovala prostup světla do vnitřního prostoru a podle potřeby umožnila i regulaci přímého slunečního záření. Jelikož osvětlovací otvor zpravidla neplní pouze funkci osvětlovací, musí být při návrhu jeho konstrukce brán zřetel na

- možnost větrání prostoru
- ochranu vnitřního prostředí proti nepříznivým vnějším vlivům (hluk, teplo a zima, déšť a pod.)
- kondensaci vody a její odvod
- možnost údržby a čištění

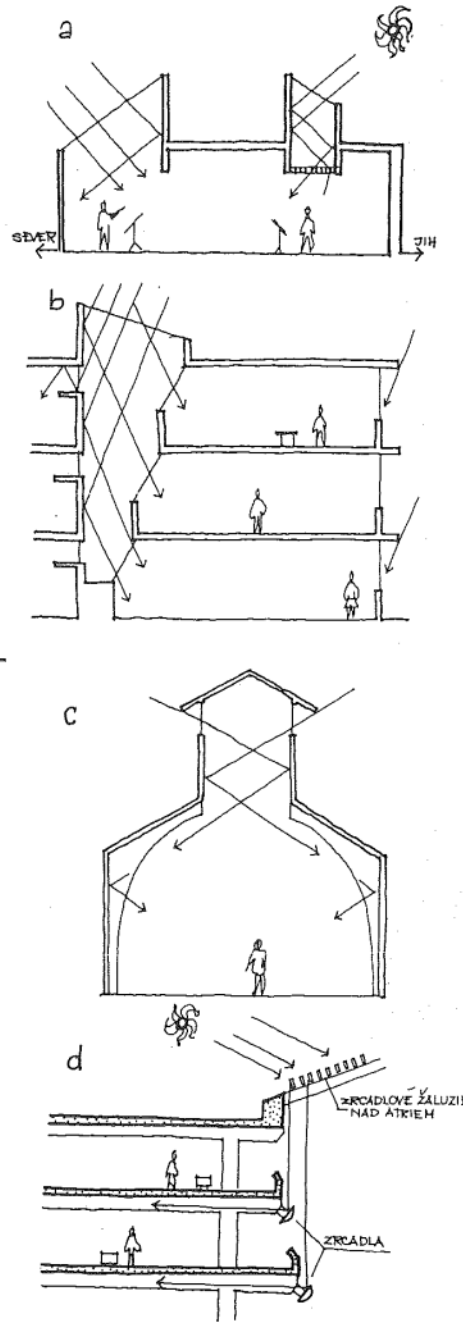
Konstrukční a tvarové řešení osvětlovacích otvorů a jejich orientace ke světovým stranám ovlivní množství i kvalitu světla ve vnitřním prostoru. Tak orientace osvětlovacího otvoru je rozhodující pro insolaci vnitřního prostoru. Je-li přímá sluneční radiace kontrolována, lze dosáhnout vizuální pohody (při jakékoliv orientaci ke světovým stranám) i difúzního osvětlení - obr. 15.15a. Poloha a konstrukce otvorů horního osvětlovacího systému musí respektovat zorný úhel pohledu tzn. vyloučit nadměrné jasy v jeho poli. Vhodnou konstrukcí osvětlovacího otvoru - využitím reflexe a směrováním světla hluboko do prostoru - lze osvětlit horním otvorem (světlíkem) také prostory v různých úrovních vícepodlažních budov (nikoli pouze v posledním). Příklady možných řešení jsou na obr. 15.15c,d. Použití zrcadel nebo kovových leštěných ploch podstatně zvýší efektivnost odraženého světla v interiéru. Při vizuálním kontaktu s tímto povrchem však mohou vzniknout problémy s nadměrným jasem obr. 15.15d. jak ukazuje příklad použití tohoto způsobu na budově TVA Building Chattanoogs, Tennessee. Světlík umístěný nad atriem budovy je opatřen žaluziemi, které mají jednu stranu zrcadlovou pro směrování přímých slunečních paprsků na další zrcadlové plochy a jejich pomocí do interiéru. Druhá strany žaluzie odráží difúzní světlo oblohy. Takovéto náročné řešení vyžaduje ověření předpokládané účinnosti osvětlovacího systému modelovým měřením. Je třeba také upozornit na konstrukční náročnost, zejména na problém fixace žaluzií v požadované poloze.







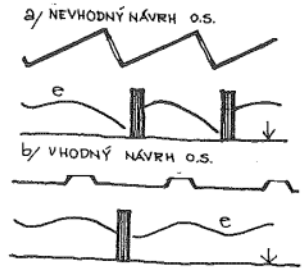
Obr. 15.14: Příklady světelné účinnosti v závislosti na typu světlíku, ploše zasklení a vzdálenosti srovnávací roviny / 39 /



Obr. 15.15: Příklady tvarového a kostrukčního řešení světlíků / 32 /

d) případném zastiňujícím účinku vnitřního (technologického) zařízení prostoru - obr. 15.16.

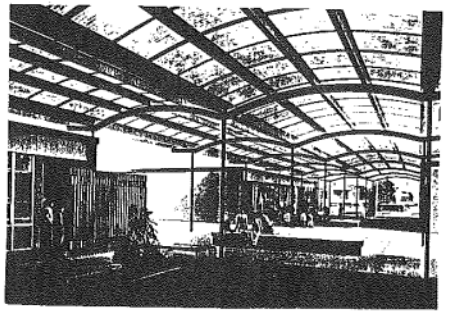
e) znečištění povrchu osvětlovacích otvorů, ale i ostatních vnitřních povrchů. Čištění a údržbě povrchů je třeba věnovat zvýšenou pozornost, zejména u nečistých průmyslových provozů (strojírenské, hutnické, textilní a pod). Ani u budov s méně nečistým provozem však nelze zanedbat vliv znečištění na účinnost osvětlovacího systému. Proto má být součástí návrhu osvětlovacího systému i návrh pravidelné údržby a kontroly osvětlenosti měřením v provozních podmínkách budovy.

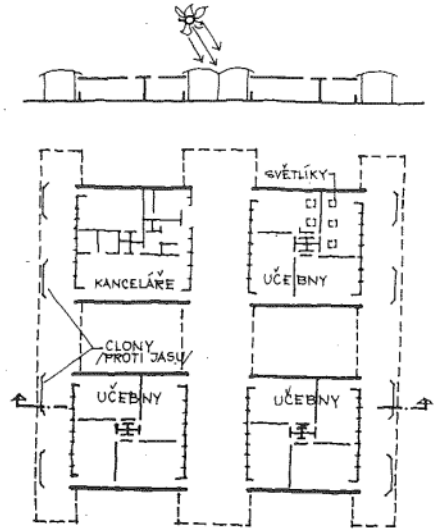


Obr. 15.16: Světelná účinnost osvětlovacího systému a zařízení interieru

15.2.1. Příklady realizovaných řešení horního osvětlovacího systému

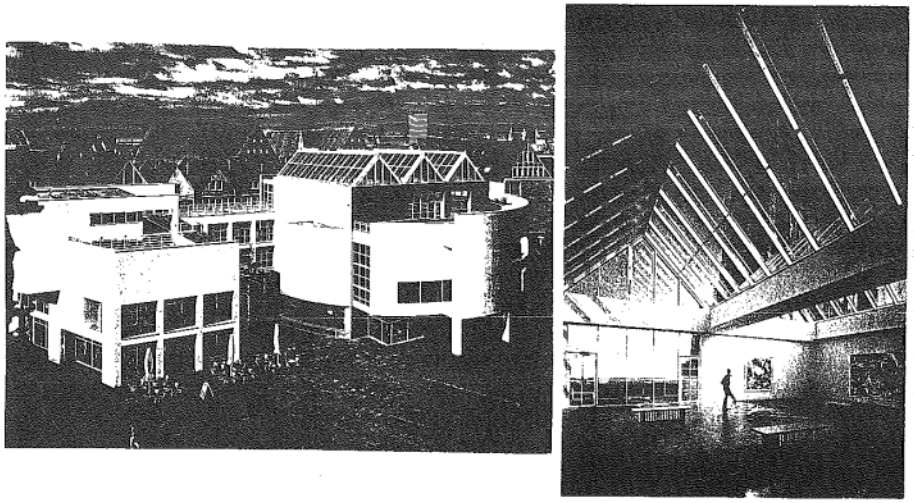
Montrose Elementary School, Laredo, Texas - arch. C.R. Scott a kol. - obr. 15.17. [21].
Návrh a realizace základní školy pro náročné klimatické podmínky:
převážně jasná obloha, prakticky nepřetržitý sluneční svit, sucho, málo vegetace. Architekt navrhl komplex čtyř jednopodlažních budov spojených krytými koridory sloužícími jako oddechové a hrací plochy (světelná propustnost zastřešení je 20%). Osvětlení učeben je řešeno kombinací zenitových světlíků a bočních oken. Světlíky mají rozptylné podhledové panely, boční otvory jsou stíněny přístřešky. Proti oslnění zraku při výhledu oknem byly navrženy vnější dřevěné clony a neodrazivé povrchy chodníků. Navržené řešení bylo před realizací ověřeno modelovým měřením v podmínkách jasné oblohy.





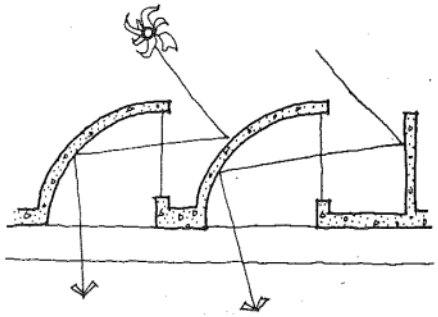
Obr. 15.17: Osvětlení základní školy - Půdorys, řez a pohled do koridoru / 21 /

Exhibition and Asembly Building, Ulm, Germany - arch. Richard Heier - 1986 - 93 - obr. 15.18. Budova je situována v těsné blízkosti katedrály v centru Ulmu, (85% zničeno, v r. 1994 bombardováním) jako součást moderní výstavby citlivě včleněno do historicky důležitého místa. Na obrázku je celkový pohled od Katedrály a interiér výstavní haly s horním osvětlením. Halové světlíky jsou podélnou osou orientovány severojižním směrem.

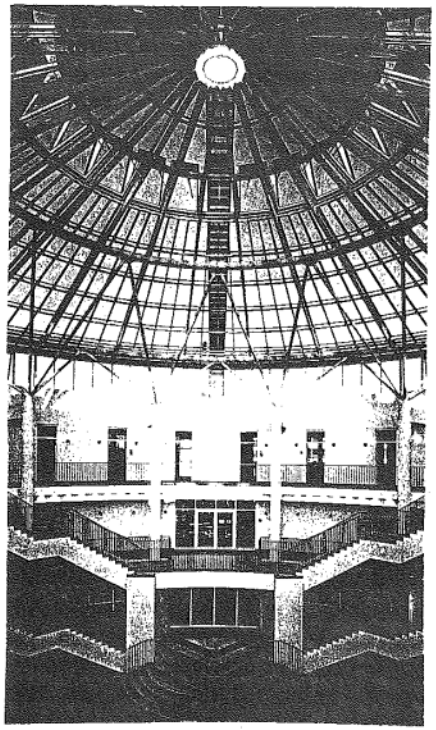


Obr. 15.18: Exhebition and Assembly Building - Ulm - Architekt R. Meier 1986 - 93 /33/

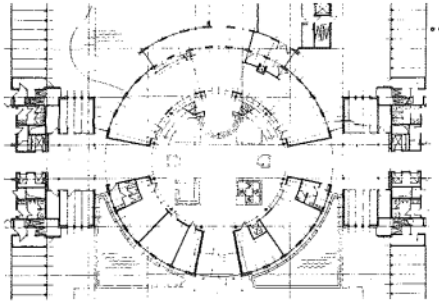
Verwaltungsgebäude Fraukfurt - arch. Rhode Kellermann Wawrowsky + Partners 1993 - obr. 15.19. je půdorys a pohled do vstupní haly správní budovy. Rotundová stavba s prosklenou kuželovitou kopulí má reprezentační a komunikační funkci s možností instalace malých výstav. Prostor je zaplaven světlem a působí velmi odlehčeným dojmem a je působivým příkladem moderní architektury ze skla a oceli.

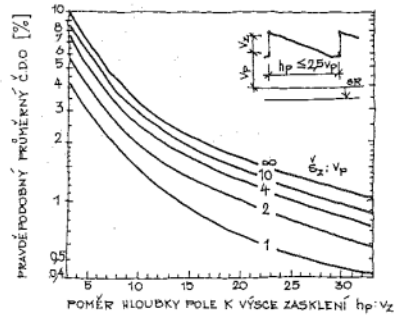


Obr. 15.20 : Zvyšování osvětlenosti interieru odrazem



Obr. 15.19: Vervaltungsgebäude - Frankfurt am Main - 1993 /51/

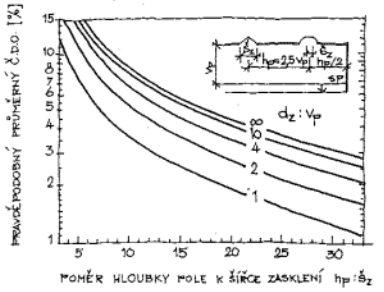




Obr. 15.21: Diagram pravděpodobných hodnot průměrného č.d.o. 38

15.2.2. Předběžný návrh systému horního osvětlení

Šedové světlíky. Velmi častým druhem horního osvětlení budov jsou jednostranné vertikální osvětlovací otvory tzv. šedové světlíky. Obvyklá orientace zasklení je na sever. Tvarově se různí, ale nejvýhodnější jsou zakřivené - obr. 15.20. neboť umožňují zvyšovat osvětlenost vnitřního prostoru ještě odrazem přímého slunečního světla. Světelnou účinnost světlíků lze přibližně vyjádřit v závislosti na poměrech $h_p : v_z$ a $š_z : v_p$ - obr.15.21. Předpokládané hodnoty činitele denní osvětlenosti dle obrázku zahrnují vliv interreflexe světla v prostoru při průměrném



Obr. 15.22: Diagram pravděpodobných hodnot průměrného č.d.o./38/

činiteli $\rho = 0,3$. Pro jiné hodnoty je třeba předpokládaný činitel denní osvětlenosti redukovat opravným činitelem k_ρ pro skutečnou odrazivost vnitřních povrchů-tab. k obr. 15.21. Další redukce se týká ztrátových činitelů τ, zahrnujících druh zasklení a znečištění povrchu skla podle konkrétní lokality.

Tabulka k obr. 15.21.

$\bar{\rho}$	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
k_ρ	0,90	0,925	0,975	1,0	1,05	1,10

Zenitové osvětlovací otvory. Jsou to otvory v horizontální rovině střechy, jejichž teoretická účinnost vzhledem k horizontální srovnávací rovině je ze všech typů horního osvětlení největší. Využívají maximálního jasu oblohy v zenitu, odtud jejich název. Skutečná účinnost těchto světlíků je však závislá na:

- konstrukci horizontálního osvětlovacího otvoru. Sklon a použitý materiál zasklení má totiž podstatný vliv na zašpinění a zasněžení povrchu, v důsledku toho na vznik světelných ztrát. Zejména sníh v zimním období, kdy je třeba maximálně využívat světelné účinnosti otvoru působí, značné světelné ztráty. Částečně tento problém řeší sedlové zasklení, tedy pokud možno větší sklon aby sníh nezůstával na povrchu ležet. Světlíky z organického skla - čočky, kopule, pásové tvary - jsou z tohoto důvodu méně výhodné.
- prostředcích redukujících sluneční radiaci. V letním období může do interiéru pronikat tepelná část sluneční radiace. Přehřívání interiéru, které je důsledkem tzv. skleníkového efektu lze zabránit vnějšími slunečními clonami případně pouhým ochranným nátěrem. Tyto prostředky ale zároveň redukují osvětlení prostoru. Zejména nátěry (např. vápnem), funkční v létě, mohou být v zimním, ze světelně technického hlediska málo efektivním, období problémem, nejsou-li odstraněny.

Pro předběžný návrh zenitových pásových světlíků lze použít grafického vyjádření závislosti předpokládaného průměrného činitele denní osvětlenosti na poměru hloubky pole a šířky zasklení (u bodových světlíků je třeba počítat s náhradní šířkou fiktivního pásu, který má ekvivalentní plochu s pásovým světlíkem) a délky zasklení ku vzdálenosti světlíku od srovnávací roviny - obr. 15.22. Platnost grafu je obdobná jako u jednostranných šedových světlíků $\rho = 0,3$ a $\tau_{norm} = 0,8$. Při jiných odrazivých podmínkách a jiném druhu zasklení je třeba opět použít korekčních činitelů.

16. Normalizace v osvětlení

16.1. Vývoj normalizace

Prvopočátky vytváření určitých pravidel pro navrhování okenních otvorů s cílem zajistit dostatek světla a slunce ve vnitřních prostorech budov můžeme najít již v architektuře starého Říma (300 př.n.l. ÷ 365 n.l.). Vitruvius ve svých 10 knihách o architektuře uvádí (kniha 6, kap.6) základní pravidlo: *„okna je třeba navrhovat na všech stranách domu odkud je vidět volná obloha"* a vysvětluje pojem *„čára úplného zastínění"*, který užíváme i dnes (je to rozhraní mezi části interiéru - měřeno do hloubky - odkud je a už není vidět obloha).

Významní architekti italské renesance Brunelleski (1377-1446) a Palladio (1508-1580) studovali architekturu starého Říma a rozvíjeli získané poznatky. Oba se zabývali mimo jiné proporčními vztahy mezi rozměry okna a rozměry místnosti. Palladio sestavil první geometrická pravidla pro určení výšky a šířky okna. Různě upravená geometrická pravidla se vyskytují od 18. století až do 20. století. Pozn.:U nás jsou geometrická pravidla uplatněna ještě v ČSN 73 0020 „Obytné budovy" (1955). Ze světelně technického hlediska jde o pokus normovat okenní otvor ve vztahu k fasádě a interiéru budovy.

V oblasti fyziky je zase předmětem zkoumání obloha jako zdroj denního světla a osvětlení. Tak v 18. století *„normalizuje"* Lambert oblohu jako základní a kritický zdroj světla v podobě difúzního záření hemisféry. Koncem 19. a začátkem 20. století začínají vědecké pokusy a měření (Weber, Schram, Köhler) oblohy jako zdroje denního osvětlení. Na základě Köhlerovy definice gradace jasu oblohy je podán návrh na normalizaci jasu oblohy (podává prof Moon a dr. Spencerová). Zároveň se zavádí v oblasti vědeckého zkoumání a pozorování relativní veličina (obdoba dnešního činitele denní osvětlenosti) pro definici denního osvětlení a upřesňují se výpočtové způsoby určování oblohového činitele.

V roce 1900 založila početná skupina odborníků z osmi evropských zemí a USA první mezinárodní vědeckotechnickou organizaci pro světelnou techniku - CIP (Comission Internationale de Photometrie). Prvním úkolem komise bylo sjednocení a stanovení základních fotometrických jednotek. V návaznosti na tuto komisi vznikají národní vědeckotechnické společnosti věnující se veškeré světelné technice.

V roce 1913 vzniká orgán nový - CIE (Commission Internationale de l' Eclairage). Pracovní program obsahuje celou oblast světelné techniky. Československo požádalo o členství v roce 1929. V práci CIE nastává přelom v roce 1955; byly vytvořeny stálé pracovní komise expertů (předchůdci dnešních technických komisí CIE) z nichž každá se zabývala určitou oblastí. V každé členské zemi je představitelem CIE národní komitét . Publikační činnost CIE řídí technické komise, které vydávají zprávy a oficiální doporučení CIE.

Tyto dokumenty slouží jako podklady pro vypracování národních norem, směrnic a doporučení. Tak např. v roce 1955 doporučila CIE mezinárodní standard zatažené oblohy s gradací jasu pro tmavý a zasněžený terén jako výchozí podmínku pro světelně technické výpočty. Hlavním cílem CIE je podpora světového rozvoje osvětlování uskutečňovaná především rozvíjením mezinárodních týmových výzkumných úkolů. Kromě toho CIE spolupracuje s jinými mezinárodními organizacemi a institucemi souvisejícími s oblastí zájmu CIE.

16.1.1. Vývoj normalizace u nás

Až do roku 1956 neexistuje v ČSR specializovaná norma na denní osvětlení. Pro navrhování jsou užívána geometrická kritéria. To znamená, že velikost okenního otvoru je vztahována k podlahové ploše interiéru, k ploše průčelí, případně se ještě požaduje minimální odstup budov (viz Stavební řád).

ČSN 73 0020 „obytné budovy" z roku 1955 uvádí činitel zasklení σ jako poměr plochy okna k podlahové ploše místnosti. (Pro kuchyň, ložnici, obyt. místnosti 1:8 ; pro příslušenství bytu 1:12)

Po roce 1955 v československých normách nastává přechod od geometrických kritérií ke světelně technickým. Jsou normovány požadavky na úroveň osvětlení, nikoliv osvětlovací otvor.

Od roku 1956 do r. 1967 platí první světelně technická norma

ČSN 73 0511 „Denní osvětlení průmyslových budov". Součástí této normy jsou metody výpočtu denního osvětlení, ale také závazný (od roku 1948 jsou v ČSR všechny normy závazné) předpoklad pro světelně technické výpočty - konstantní jas oblohy (od r. 1955 doporučuje CIE jas gradovaný). V dalších letech následují normy:

ČSN 36 0048 „Osvětlení obytných budov - 1960
V této normě jsou zakotveny orientační hodnoty činitele denní osvětlenosti e , stanovené přepočtem z požadované intenzity pro osvětlení umělé za předpokladu exteriérové srovnávací osvětlenosti E_H = 4000lx. Požadavky na osvětlení jsou charakterizovány jako:

- malé - přísluš.bytu (nemusí mít a osvětlení) e = 0,25%
- střední - jídelna, ložnice e = 0,50%
- velké - obývací pokoj, pracovna, kuchyně, dětský pokoj, knihovna - e = 1%

Požadovaná minima jsou pro všechny případy uvedena pro kritický bod v nejvzdálenějším místě od okna (1m od boční a zadní stěny).

ČSN 36 0041 „Denní osvětlení škol" - 1965
V této normě se již promítají doporučení CIE z r. 1955 - gradovaný jas a dále jsou uvedeny požadavky na minimální a průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti.

ČSN 360035 „Denní osvětlení budov" - 1968
Tato norma vznikla jako kmenová pro osvětlení všech druhů budov. Nahradila ČSN 73 0511 a zavedla:

- gradaci jasu pro tmavý terén (ρ=0,05 ÷0,20)
- gradaci jasu pro zasněžený terén (ρ=0,70 ÷0,80)
- venkovní srovnávací osvětlenost E_H = 5000lx
- třídění zrakových činností do 6ti světelně technických tříd a jim příslušné požadavky na minimální a průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti

ČSN 36 0035 platila a byla závazná až do r. 1987, kdy byla nahrazena normou ČSN 73 0580-1 „Denní osvětlení budov část 1: Základní ustanovení".

16.1.2. Současný stav

Všechny předchozí normy vznikaly v podstatě živelně, bez základní koncepce a návaznosti na normy pro osvětlení umělé. Revidovaná ČSN 73 0580 v tomto smyslu začíná etapu novou. Stává se normou kmenovou na kterou navazují další tři normy:

ČSN 73 0580-2 „Denní osvětlení budov.Část 2:Denní osvětlení obytných budov" - 1992
ČSN 73 0580-3 „Denní osvětlení budov.Část 3: Denní osvětlení škol" - 1994
ČSN 73 0580-4 „Denní osvětlení budov.Část 4: Denní osvětlení průmyslových budov" - 1994.

Kromě těchto norem dochází k vydání norem pro měření osvětlení - v roce 1996
ČSN 36 0011-1 „Měření osvětlení vnitřních prostorů.Část 1. Základní ustanovení".
ČSN 36 0011-2 „Měření osvětlení vnitřních prostorů.Část 2. Měření denního osvětlení".

Normy pro denní osvětlení (kromě norem pro měření) byly vyňaty ze skupiny elektrotechnika (číslování začíná dvojčíslím 36) a přeřazeny do skupiny norem pro navrhování a provádění staveb (dvojčísli 73) a skupiny stavební fyzika (dvojčíslí 05).

16.2. Legislativa v oblasti norem

Tvorbu norem v České republice zabezpečuje ČSNI - Český normalizační institut. Schvalování nových norem a vyjímky z norem přísluší ÚNMZ - Úřadu pro technickou normalizaci, metrologie a státní zkušebnictví. V rámci ČSNI pracují TNK - technické normalizační komise - jejichž základní činností je:

- zajišťování návaznosti na mezinárodní normalizační činnost
- poskytování aktuálních informací o normách a jejich využití
- revize stávajících a zpracování nových norem podle potřeb v jednotlivých oborech
- rozhodování a převzetí norem zahraničních jako náhrady za normy české

TNK 76 „Osvětlení" Je komise zabývající se touto oblastí.

16.2.1. Závaznost norem

Od r. 1948 byly všechny normy s platností pro celé území republiky závazné. Tento způsob je velmi odlišný od situace ve většině evropských států. Proto od r. 1996 byla u nás tato závaznost obecně zrušena. Nicméně v r 1996 vydané ČSN 36 0011-1, 36 0011-2 a 36 0011-3 „Měření osvětlení vnitřních prostorů" byly ÚNMZ schváleny jako celé závazné. Na žádost hlavního hygienika České republiky byly také koncem roku 1996 zezávazněny určité články v ČSN 73 0580-2, 73 0580-3 a 73 0580-4, tedy v normách pro obytné budovy, školy a průmyslové stavby. V současné době je dokončena revize kmenové ČSN 73 0580-1 „Denní osvětlení budov - Část 1: základní ustanovení. Jaká bude její závaznost není zatím stanoveno.

Zákon č. 142/91 sb. o československých technických normách byl zrušen. Technické normy proto už nejsou považovány za právní předpisy. Respektování technických norem má být nadále legislativně zajištěno předpisy:

- Stavebním zákonem - 50/1976 Sb.
- Zákonem o bezpečnosti práce
- Zákonem o veřejném zdraví
- Energetickým zákonem

ČSNI nadále spolupracuje s CIE a také se v roce 1997 1.dubna stala Česká republika členem CEN u (Comite Europeen de Normalization). Pro oblast osvětlení má komise označení CEN/TC 169 , Lighting. Je členěna do 7 subkomisí, které jsou jednoznačně zaměřeny a označeny SC 1 až 7.

Z členství v této komisi vyplývají určité povinnosti:

- Každý členský stát má za povinnost zavést schválenou evropskou normu do soustavy svých národních norem do 6 měsíců od data zpřístupnění EN ve třech oficiálních jazycích (angličtina, němčina, francouzština).
- Národní normy nesmí být s těmito normami v rozporu. To znamená, že EN jsou nadřazeny normám národním.

Podle §143 zákona č.50/1976 Sb. - Stavební zákon - vydalo Ministerstvo pro místní rozvoj (MMR) dne 09.06.1998 vyhlášku 137/1998 Sb. ve které jsou uvedeny základní požadavky na územně technické řešení staveb, které náleží do působnosti obecních stavebních úřadů a orgánů obcí podle §117,118,119 a 124 stavebního zákona.

K oddílu 2 této vyhlášky věnovanou ochraně zdraví, zdravých životních podmínek a životního prostředí citujeme §23 a 24.

§23

Denní osvětlení, větrání a vytápění

(1) Návrh denního osvětlení se musí posuzovat společně se souvisícími činiteli, zejména s možností sdruženého a umělého osvětlení, s vytápěním, chlazením, větráním, ochranou proti hluku,prosluněním včetně vlivu okolních budov a naopak vlivu navrhované stavby na stávající zástavbu z účelem dosažení vyhovujících podmínek zrakové pohody s minimální celkovou spotřebou energií v souladu s normovými hodnotami.

(2) Obytné místnosti musí mít zajištěno dostatečné denní osvětlení, přímé větrání a musí být dostatečně vytápěny s možností regulace tepla.

(3) V pobytových místnostech se navrhuje denní osvětlení v závislosti na jejich funkčním využití a na délce pobytu osob. V odůvodněných případech lze navrhovat sdružené, popřípadě umělé osvětlení v souladu s normovými hodnotami. Pobytové místnosti musí mít zajištěno přímé nebo nucené větrání a musí být dostatečně vytápěny s možností regulace tepla.

§24

Prosluněnní

(1) Prosluněny musí být obytné místnosti a ty pobytové místnosti, které to svým charakterem a způsobem využití vyžadují. Přitom musí být zajištěna zraková pohoda a ochrana před oslněním, zejména v pobytových místnostech určených pro přesné činnosti.

(2) Všechny byty musí být prosluněny. Byt je prosluněn, je-li součet podlahových ploch jeho prosluněných obytných místností roven nejméně jedné třetině součtu podlahových ploch všech jeho obytných místností. Při posuzování prosluněnní se vychází z normových hodnot.

17. Specifické problémy denního osvětlení různých druhů staveb

Požadavky na denní osvětlení a způsob jejich realizace je rozdílný v závislosti na druhu, ale především využívání stavby. Jak už bylo (kap.12.) uvedeno, požadavky na úroveň a kvalitu osvětlení prostoru denním světlem vycházejí z náročnosti zrakové činnosti uživatelů interiéru. Při návrhu osvětlovacího systému budovy je proto nezbytná znalost a respektování funkce budovy jako celku i jednotlivých interiérů. Jedině tak lze zajistit vyhovující životní prostředí pro člověka - uživatele.

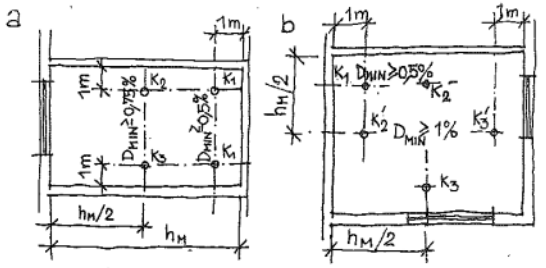
17.1. Stavby bytové

Jedním z nejdůležitějších předpokladů zdravého a příjemného bydlení, ale i spokojeného života rodiny je dostatek slunce a denního světla. Je to především hygienický požadavek týkající se života člověka od dětství až po stáří. Zajištění dostatečného osvětlení pro práci je požadavek následný. Zrakové činnosti uživatelů bytu jsou různorodé a zpravidla (až na vyjímky jako je příprava jídla v kuchyni) nejsou fixovány na vyhrazení místo. Proto lze předpokládat, že v případě potřeby pro zrakově náročnou práci nalezne uživatel pracovní místo v blízkosti okna, tedy v pásmu s vyšší úrovní osvětlenosti.

17.1.1. Denní osvětlení obytných budov

České normativní předpisy - ČSN 73 0580-2 „Denní osvětlení budov.Část 2: Denní osvětlení obytných budov" - stanoví požadavky na úroveň denního osvětlení v obytných místnostech takto:

- minimální hodnota činitele denní osvětlenosti - D_{min} - která musí být splněna ve všech kontrolních bodech obytné místnosti je 0,5%
- pokud je požadována průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti musí být nejméně $D_m = 2\%$. (Průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti D_m musí být splněny pouze u vnitřních prostorů s horním nebo s kombinovaným osvětlením).
- v obytných místnostech s bočním osvětlením musí být ve dvou kontrolních bodech v polovině hloubky místnosti, vzdálených 1m od vnitřních povrchů bočních stěn hodnota činitele denní osvětlenosti nejméně 0,75% a průměrná hodnota z obou těchto bodů nejméně 0,9% - viz obr. 17.1.
- v obytných místnostech s okny ve více stěnách má být hodnota č.d.o. v nejméně příznivém z těchto kontrolních bodů alespoň 1%.



Obr. 17.1: Poloha kontrolních bodů při a) jednostranném b) dvoustranném bočním osvětlení/9/

Úroveň denního osvětlení vyjádřená hodnotou činitele denní osvětlenosti D však není jediným kritériem světelné pohody vnitřního prostředí. Kromě kvalitativních kritérií (viz kap. 12) je důležité vizuální spojení s venkovním prostorem prostřednictvím okenního otvoru. To znamená, že poloha okenního otvoru, výška parapetu a druh zasklení musí tento kontakt - nezkreslený kontakt -umožňovat.

17.1.2. Oslunění obytných budov

Při tvorbě obytných budov - při urbanistickém, architektonickém a konstrukčním návrhu je prvořadým úkolem zajistit *obyvatelnost prostředí.* Ta je ve značné míře závislá na dostatku slunce. Stále narůstající koncentrace výstavby zejména ve městech však tuto úlohu velmi ztěžuje. Architekt a konstruktér jsou povinni všemi dostupnými prostředky člověku *„právo na slunce"* (Athénská charta - IV. mezinárodní kongres architektů r. 1935) zajistit.

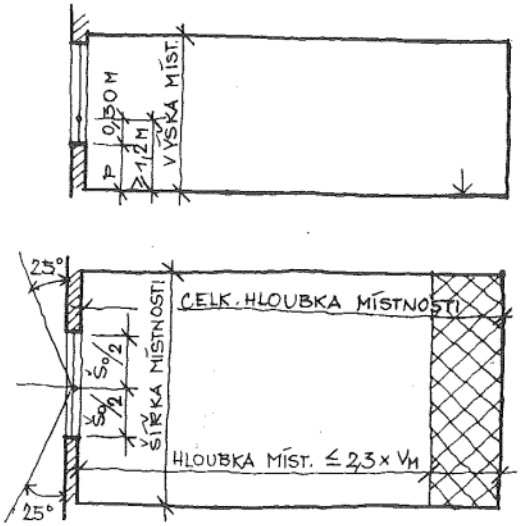
České normy ČSN 73 4301 „Obytné budovy" v několika článcích (13 až 18) stanoví požadavky a podmínky proslunění a oslunění interiérů obytných budov a venkovních prostranství sloužících k rekreaci obyvatel. Tyto požadavky se týkají přímého slunečního záření vzhledem k jeho zdravotním, psychologickým a tepelným účinkům na člověka a jejich záměrnému využívání. Stimulující účinnost slunečního záření na celou živou přírodu, nejen na člověka se nejintenzivněji projevuje v jarním období. Proto jsou hodnotící kritéria vztahována ke kritickému datu *1. března.* Za prosluněný je považován byt jestliže součet ploch jeho prosluněných obytných místností je roven nejméně 1/3 součtu ploch všech obytných místností. U samostatně stojících rodinných domů, dvojdomů a koncových řadových domů se tento požadavek zvyšuje na nejméně 1/2 součtu všech obytných místností bytu. Při výpočtu ploch jednostranně osluněných obytných místností se pro tento účel uvažuje pouze hloubka obytné místnosti, která není větší než 2,3 násobku světlé výšky místnosti.

Poznámka: Obytná místnost je místnost vytápěná, s přímým denním osvětlením a otvíravým oknem jejíž plocha je nejméně 8m^2. Obytnou místností je i kuchyně o min. ploše 12m^2, vyhovující těmto požadavkům. Obytná místnost se považuje za prosluněnou jestliže splňuje tyto podmínky.

- půdorysný úhel dopadajících slunečních paprsků s rovinou okenního otvoru musí být nejméně 25°
- přímé sluneční záření musí vnikat do místnosti okenním otvorem nebo otvory, jejichž celková plocha vypočtená ze skladebných rozměrů je rovna nejméně jedné desetině plochy místnosti; nejmenší skladebný rozměr osvětlovacího otvoru musí být alespoň 0,90m
- sluneční záření musí dopadat na kritický bod v rovině vnitřního zasklení ve výšce 0,30m nad středem spodní hrany osvětlovacího otvoru, ale nejméně 1,20m nad úrovní podlahy posuzované místnosti
- výška slunce nad horizontem musí být nejméně 5° (pro 50° severní zeměpisné šířky dne 1. března přibližně mezi 7.10 a 16.50 hodin SEČ, dne 21. června přibližně mezi 4.30 a 19.30 hodin SEČ)
- doba proslunění musí být při zanedbání oblačnosti od 1. března do 14. října nejméně 1 1/2 hodiny denně; u bytu se dvěma a více obytnými místnostmi se doporučuje tříhodinové proslunění alespoň jedné obytné místnosti; doba proslunění se zjišťuje pro dny 1. března a 21. června; je-li před nebo nad obytnou místností zčásti nebo zcela otevřený částečně stínící prostor (např. balkón, lodžie), stačí dodržet požadovanou dobu proslunění pouze 1. března.

Venkovní zařízení obytných budov, sloužící k rekreaci jejich obyvatel (např. dětská hřiště a prostory s lavičkami), mají mít alespoň polovinu plochy oslunčnou 3 hodiny denně 1.března (mezi 7.10 a 16.50 hodin SEČ) a 21. června (mezi 4.30 a 19.30 hodin SEČ). Doporučuje se doba oslunění více než 4 hodiny denně.

Uvedené normativní požadavky se však nevztahují pouze na budovy nově navrhované. Architekt urbanista také musí respektovat právo na slunce obyvatel zástavby stávající. To znamená, že nově navrhovaná koncepce zástavby nesmí nepříznivě ovlivnit požadované minimální doby proslunění a oslunění u zástavby stávající.



Obr. 17.2: Schema normativních kriterií insolace obytných budov - místností

Při posuzování insolace obytných budov i vnějších prostorů se na celém území České republiky ve výpočtech i grafických studiích používá jednotná zeměpisná šířka 50° s.z.š. Metody určování insolace viz kap. 5.

17.2. Školy

Problematice osvětlování škol a školských zařízení je třeba věnovat zvláštní pozornost především proto, že výukový prostor je vizuální prostředí velmi náročné zrakové práce dětí, žáků či studentů. Dobré vidění a zraková pohoda do značné míry podmiňují pracovní výkon žáků i kvalitu jejich práce a je jimi také ovlivněn stupeň a rychlost únavy a to jak zrakového orgánu tak celkové. Při navrhování školských staveb je proto vytváření dobrých podmínek vidění a zrakové pohody velmi důležitou a neopomenutelnou součástí a vyžaduje účinnou spolupráci architekta, konstruktéra a světelného technika.

Zraková práceschopnost je ovlivněna:

1) světelnou citlivostí zraku, která vzrůstá právě v období dospívání a maxima dosahuje mezi 20. a 30. rokem života

2) světelnými poměry prostředí. Snahou je docílit světelné poměry takové aby viditelnost byla nelepší v zorném poli uživatele prostoru.

Školské stavby dělíme do několika skupin:

17.2.1. Předškolní zařízení

Jsou to mateřské školy, případně mateřské školy s jeslemi.
Hra je základní činností dětí v předškolním věku. Proces učení probíhá při hrách. Zraková práce dětí je velmi náročná a rozmanitá a přitom světelná citlivost jejich zraku je poměrně nízká - viz kap. 10. Z toho plynou značně vysoké nároky na zajištění dobrých kvantitativních a kvalitativních poměrů denního osvětlení daných prostorů.

Obvyklá skupina tvořící třídu je složena ze 30 dětí. Vzhledem k neustále se měnícímu postoji dětí v interiéru je nezbytné zajištění zrakové pohody v celé jeho půdorysné ploše. Je zřejmé, že volba osvětlovacího systému budovy je tím značně limitována. Zároveň je žádoucí aby denní místnosti byly dostatečně osluněny. Doporučené orientace ke světovým stranám: J ,JV, JZ. Pozor však na možné negativní důsledky oslunění. Je třeba zajisti účinné regulační zařízení.

Na obr. 17.3. a 17.4. jsou příklady dispozičního řešení mateřských škol realizovaných v Čechách.

Základní požadavky na denní osvětlení prostorů v předškolních zařízeních jsou zakotveny v ČSN 73 0580-3 „Denní osvětlení budov.Část 3: Denní osvětlení škol" - tab. 17.1.

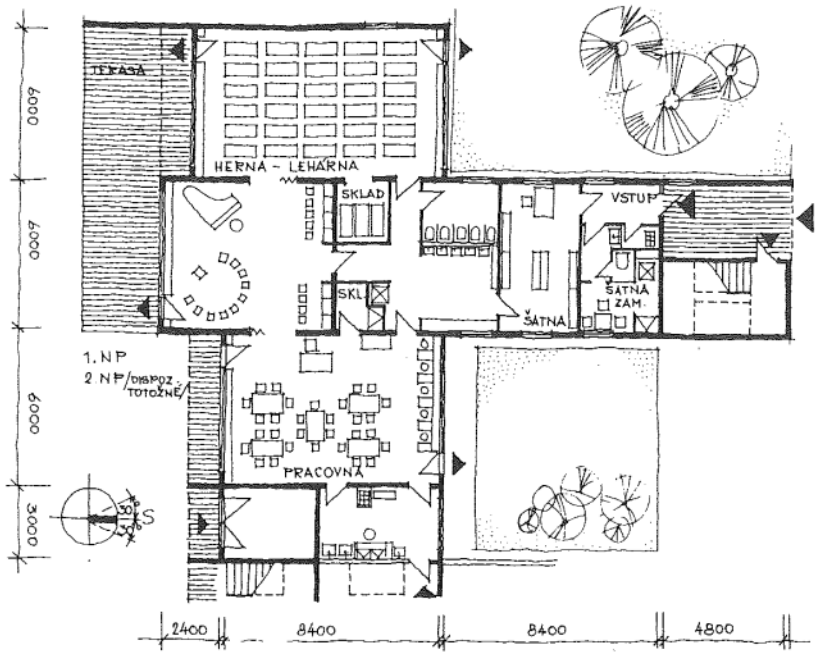
Tabulka 17.1. *Požadavky na denní osvětlení v předškolním zařízení /10/*

Druh vnitřního prostoru	Trvalý pobyt [2]	Třída zrakové činnost	Činitel denní osvětlenosti v % e_{min} (D_{min})	e_m (D_m)	Rovnoměrnost bočního denního osvětlení
Denní místnosti, herny, pracovny dětí, ložnice, pracovní kouty	+	IV	1,5	5	0,2
Kouty klidu	-	V	1	3	0,15
Víceúčelové sály	-	IV	1,5	5	0,2
Šatny a hygienická zařízení	-	VI	0,5	2	-
Izolace	-	V	1	3	0,15
Kanceláře	+	IV	1,5	5	0,2
Kuchyně, přípravny jídel, umývárny nádobí	+	IV	1,5	5	0,2
Prádelny, žehlírny	+	IV	1,5	5	0,2
Komunikace	-	VI	0,5	2	-

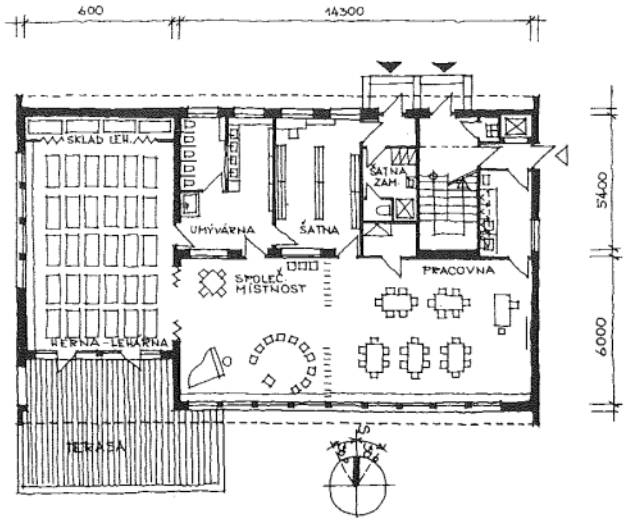
Poznámky

1 V denních místnostech předškolních zařízení jsou rozhodujícími zrakovými činnostmi dětské hry jak pohybové tak s hračkami rozmanitého charakteru a hry s výtvarnými prvky, kreslením, malováním, i jednoduché ruční práce. Pozorované podrobnosti jsou převážně větší, ale závažnou úlohu zde hraje skutečnost, že zrakový orgán dětí se teprve vyvíjí.

2 Trvalý pobyt je vyznačen znaménkem +; vnitřní prostory bez trvalého pobytu znaménkem -



Obr. 17.3: 2 podlažní mateřská škola pro 60 dětí - vzorový projekt - varianta 1 /32/



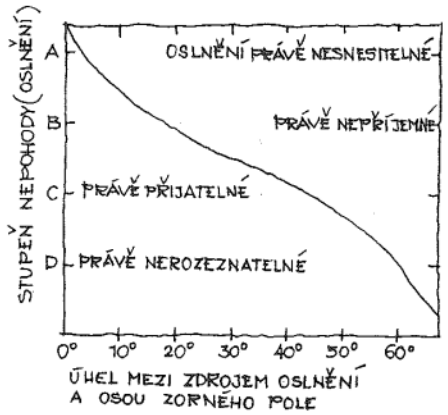
Obr. 17.4: 2 podlažní mateřská škola pro 60 dětí - vzorový projekt - varianta 2 /32/

17.2.2. Školy základní

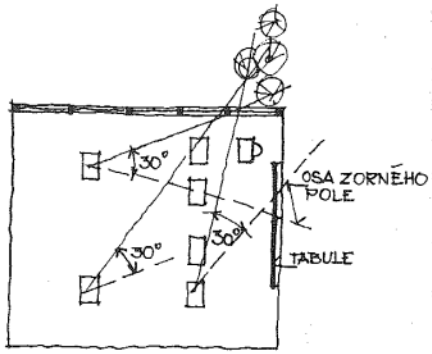
V těchto budovách jsou realizovány prostory různého charakteru zrakové činnosti. *Učebny a kabinety* mají z hledisek světelně technického v podstatě charakter kancelářský. Žák při procesu výuky mění polohu hlavy a očí, mění se zorný úhel jeho pohledu a to je určující pro podmínky zrakové práce, viditelnost a optimální světelné poměry v učebně. Časově jsou nejdelší zrakové práce sedí-li žák v lavici. Z hlediska viditelnosti je nejobtížnější čtení a psaní textu na pracovní ploše a zároveň sledování tabule.

Kvantitativní a kvalitativní požadavky na osvětlení se vztahují k pracovnímu stolu každého žáka a k tabuli. Při osvětlení pracovního stolu je důležitou podmínkou směrování světelného toku. U osvětlení tabule jsou velmi důležité odrazové vlastnosti jejího povrchu. Hodnoty činitele odrazu se navrhují v rozmezí 0,1 ÷0,2 a doporučuje se barva tmavošedá, nebo zelená. Vhodná není černá. Při různém zorném úhlu pohledu žáků na tabuli je nezbytné zabránit možnému vzniku oslnění. To může být způsobeno např. vysokým jasem okenního otvoru, nebo osvětlovanou plochou s vysokým jasem. Vysoké jasy, zejména okenního otvoru, poutají zrak, který se snadno adaptuje na jas výhledu z okna. Soustředění žáka na tmavý předmět zrakové práce se zhoršuje. Může dojít ale také k oslnění zraku, které je tím horší a rušivější, čím blíže k ose zorného pole působí. Nejúčinnější způsob jak tyto rušivé jevy omezit je upravit směr pohledu žáka od pracovního stolu k tabuli tak, aby zdroj vysokého jasu nebyl v ose zorného pole, ale byl odkloněn alespoň do periférního zorného pole, kde už není nesnesitelný, ale jen nepříjemný. To znamená změnit stupeň oslnění - viz obr. 17.5., čehož lze např. dosáhnout změnou orientace pracovního místa tj. odklonem od zdroje rušivého jasu obr. 17.6.. Není-li toto řešení možné pak je třeba snížit jas plošného zdroje, případně zmenšit jeho velikost. Poslední řešení ovšem může být v přímém rozporu s požadavky na množství denního světla je-li rušivým plošným zdrojem okno.

Oslnění může nastat i odrazem slunečního světla od lesklých povrchů pracovní roviny. V tomto případě je účinným prostředkem zmírnění oslnění použití difúzní clony např. záclon, rolet apod.



Obr. 17.5: Subjektivní hodnocení stupně rušivého oslnění /28/



Obr. 17.6: Příklad eliminace oslnění jasem okna učebny - jako stínící prvek slouží vzrostlá zeleň

Doporučení, ke zmírnění kontrastu oslňujícího jasu a jeho pozadí v učebnách:

- stěna s okny by měla být co nejsvětlejší, nejlépe bílá. Okenní rámy bílé, meziokenní pilíře co nejužší. Stěna s tabulí naopak tmavší.

Součástí budovy školy jsou ale i další prostory jako např. *pracovny výtvarné výchovy, laboratoře a dílny, kabinety, shromažďovací prostory, tělocvičny* a apod. Jejich dispoziční a provozní uspořádání vychází z filozofie procesu výchovy. Tak zvané kmenové učebny ve kterých trávili žáci převážnou část vyučovací doby, při měnící se náplni výuky (jazyky, matematika, kreslení apod.) jsou nahrazovány jiným stylem výuky. Žáci naopak mění prostředí podle druhu výuky. Čili jejich pobyt v jednom prostoru nemusí mít charakter pobytu trvalého. Jak je vidět je problematika denního osvětlení různých interiérů školských staveb různorodá, složitá a má mnohá kritéria víceúčelových zařízení. Požadavky na denní osvětlení ve školách jsou uvedeny v tab. 17.2. - ČSN 73 0580-3 „Denní osvětlení budov. Část 3: Denní osvětlení škol."

Tabulka 17.2. *Požadavky na denní osvětlení ve školách /10/*

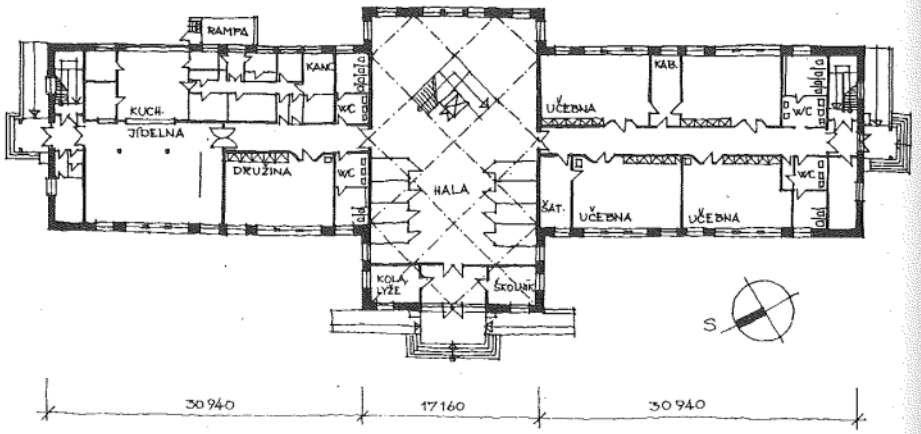
Druh vnitřního prostoru	**Trvalý pobyt** [3])	**Třída zrakové činnost**	**Činitel denní osvětlenosti v %** e_{min} (D_{min})	e_m (D_m)	**Rovnoměrnost bočního denního osvětlení**
Učebny víceúčelové a kmenové, pracovny, pracovní kouty, posluchárny, víceúčelové prostory, družiny [1])	+	IV	1,5	5	0,2
Studovny, čítárny	+	IV	1,5	5	0,2
Pracovny výtvarné výchovy, rýsovny	-	III	2	6	0,2
Ostatní odborné pracovny a učebny, velké učebny, cvičný byt	-	IV	1,5	5	0,2
Laboratoře a dílny pro - běžné práce	-	IV	1,5	5	0,2
- jemné práce	-	III	2	6	0,2
Tělocvičny, plavecké učebny a haly					
- pro výuku	-	V	1	3	0,15
- pro závodní sporty	-	IV	1,5	5	0,2
Shromažďovací prostory, auly	-	V	1	3	0,15
Kabinety, pracovny vyučujících, kanceláře	+	IV	1,5	5	0,2
Sborovny - bez trvalého pobytu [2])	-	V	1	3	0,15
- s trvalým pobytem	+	IV	1,5	5	0,2
Kuchyně, přípravny jídel, umývárny nádobí	+	IV	1,5	5	0,2
Šatny, hygienická zařízení	-	VI	0,5	2	-
Ordinace lékaře, vyšetřovny	+	IV	1,5	5	0,2
Klubovny, společenské místnosti, jídelny	-	V	1	3	0,1
Komunikace	-	VI	0,5	2	-

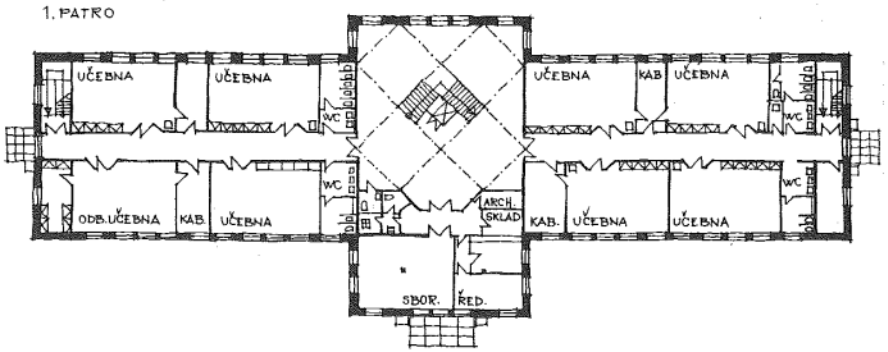
POZNÁMKY

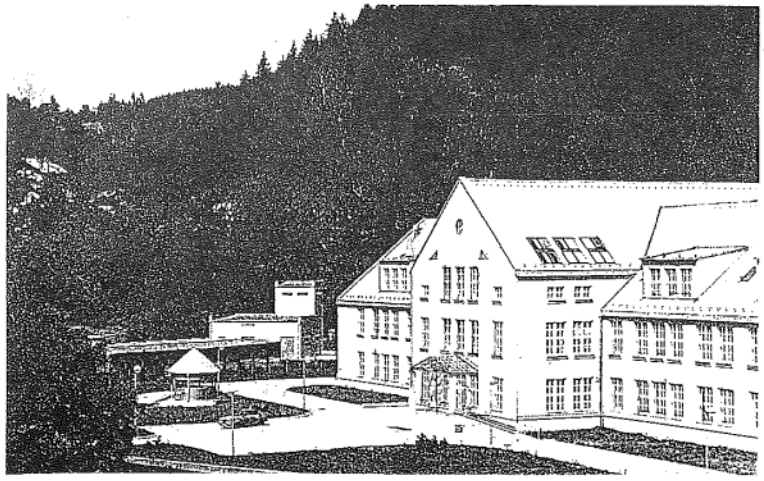
1 V běžných učebnách je rozhodujícím zrakovým úkolem čtení a psaní. Přitom se bere v úvahu jak čtení a psaní na pracovním místě žáka, tak na tabuli nebo jiném zařízení, pozorovaném ze všech pracovních míst.

2 V případě, že vyučující nemají k dispozici samostatné pracovny nebo kabinety, považují se sborovny za vnitřní prostory s trvalým pobytem.

3 Trvalý pobyt je vyznačen znaménkem +; vnitřní prostory bez trvalého pobytu znaménkem -.





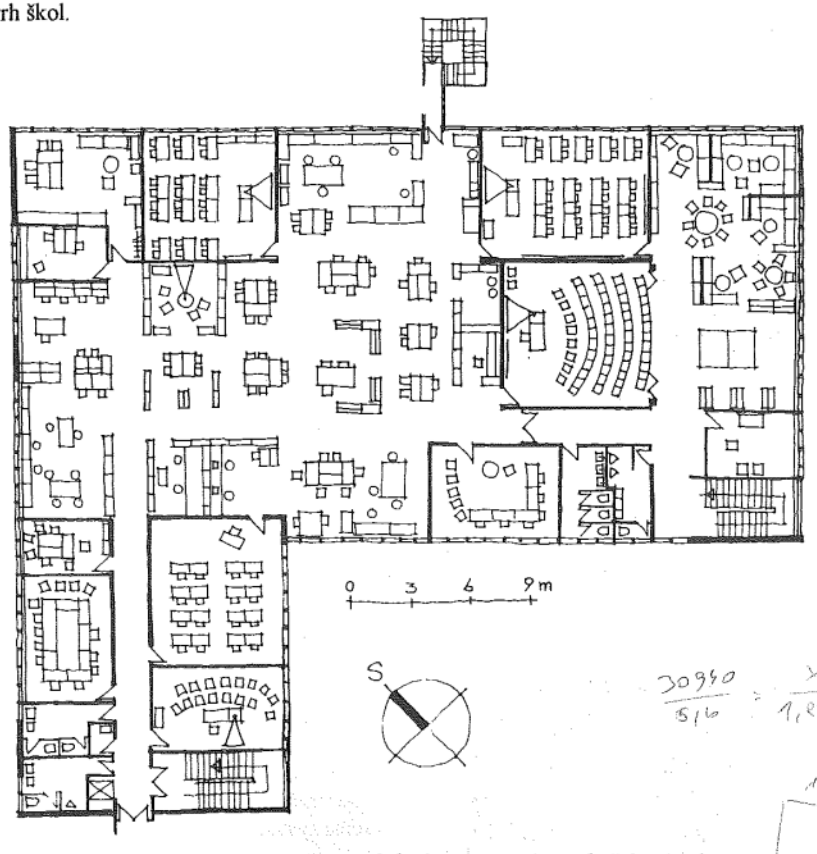


Obr. 17.7: Základní škola v Horním Maršově

Příklad klasické základní školy v Čechách - Horní Maršov realizace 1992. Dvoupodlažní škola - dispoziční trojtrakt, učebny orientovány na západ a východ. Žáci tráví většinu výukového času v jedné kmenové učebně. Směrovaní osvětlení na pracovní plochu z leva. Možnost vzniku oslnění v některých učebnách (zorný úhel pohledu proti směru slunečních paprsků).

17.2.3. Školy střední

Denní osvětlení středních a různých druhů odborný či vysokých škol, (jejich prostorů) se v obecných požadavcích na kvalitu a kvantitu neliší od škol základních neboť požadavky vycházejí z konané zrakové činnosti. Architektonické a konstrukční řešení souvisí s organizací školy a vyučovacími metodami, které jsou v různých zemích odlišné a vycházejí z tradice země a jejich ekonomických podmínek. Proto nelze stanovit jednotné a jednoduché pokyny pro návrh škol.



Obr. 17.8: Příklad školy pro výuku humanitních předmětů - Anglie 45

Příklad školy pro výuku humanitních předmětů v Anglii - viz. obr. 17.8.
Škola pro 212 studentů stáří 13-18 let. Výuka historie, zeměpis, náboženství, filosofie, ekonomika a sociální vědy.
Poznámka - denní osvětlení bočními osvětlovacími otvory, směřování světla na pracovní stůl různé podle funkce prostoru. Studenti během výuky střídají prostory, včetně prostorů bez denního osvětlení, případně s kombinací osvětlení denního a umělého.

17.3. Výstavní prostory

17.3.1. Obecné požadavky

Výstavní prostory pro umělecká a vědecká díla se budují s cílem:

- představení návštěvníkovi v optimálních podmínkách
- ochrany před krádeží či poškozením nejrůznějším způsobem (mechanicky, vlhkostí, suchem, působením přímé sluneční radiace).

Návštěvník musí mít možnost prohlížet si vystavené předměty v odpovídajících podmínkách zrakové pohody a bez únavy.

Tvorba vizuálního prostředí v prostorech galerií, muzeí, glyptoték a pod. klade vysoké nároky na profesionalitu architekta, konstruktéra a světelného technika. Mimořádnost těchto staveb vyžaduje důkladnou analýzu celé řady faktorů ovlivňujících či přímo vytvářejících vizuálních pohodu prostoru. Tyto faktory lze rozdělit do dvou skupin:

1. Analýza vztahu mezi *vystavený předmětem,* druhem (způsobem) jeho *osvětlení a pozorovatelem* a jeho nerušeným vjemem
2. Analýza faktorů ovlivňujících *celkové tvarové řešení* výstavního prostoru:
   - požadované osvětlení vystavených exponátů
   - provoz - cirkulace - návštěvníků okolo vystavených předmětů
   - celkové osvětlení prostoru
   - vyloučení rušivých účinků z osvětlení či oslunění

Následné zpracování projektové dokumentace má obsahovat ověření navrženého systému denního osvětlení (např. měřením na modelu) a posouzení oslunění interiéru, které není žádoucí (rušivé jevy omezující vidění, tepelní zisky, nepříznivé působení UV záření- staré malby atd.) Dále ověření správnosti volby odrazových a barevných charakteristik stěn tvořících pozadí vystaveným předmětům.

Doporučení:

- vyloučit lesklé povrchy, které vyvolávají nebezpečí oslnění zrcadlovým odrazem
- nepoužívat syté a vyzývavé barvy, které poutají zrak a tak rozptylují pozornost návštěvníka

Vytvoření optimálního vizuálního prostředí výstavních prostorů je přímo závislé na zvoleném druhu osvětlení. Existují prostory bez denního osvětlení, ale naopak prostory, kde je používána kombinace obou způsobů. Volba osvětlovacího systému souvisí

1) s vystavovaným exponátem:
   - ploché (obrazy, grafika, fresky, mozaiky, plány, plakáty...)
   - poloploché (reliéfy)
   - prostorové (sochy, nábytek, keramika, porcelán...)

2) s umístěním exponátů:
   - vertikální plocha (výstavní pruh - obrazy)
   - horizontální plocha (knihy, šperky...)
   - prostorová poloha

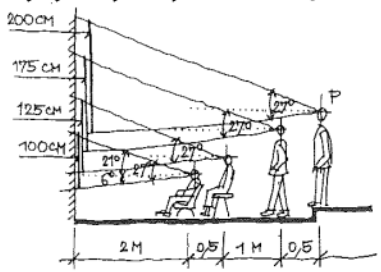
17.3.2. Osvětlení plochých exponátů

U osvětlení plochých exponátů sledujeme tři základní kritéria:

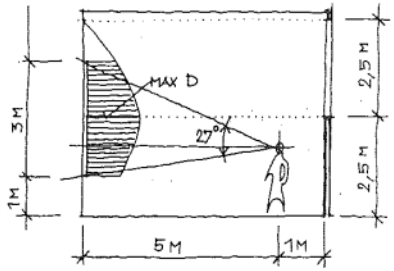
- určitou rovnoměrnost a úroveň osvětlení
- vyloučení vzniku zrcadlícího efektu
- vyloučení paralelního osvětlení

Osvětlení těchto exponátů souvisí s pozorováním *výstavního pásu* - vystaveného předmětu - tedy se zorným úhlem návštěvníka t.j. vzdáleností pozorovatele od vystaveného předmětu a velikostí předmětu. Těmito skutečnostmi je ovlivněno architektonické řešení prostoru (tvar rozměry).

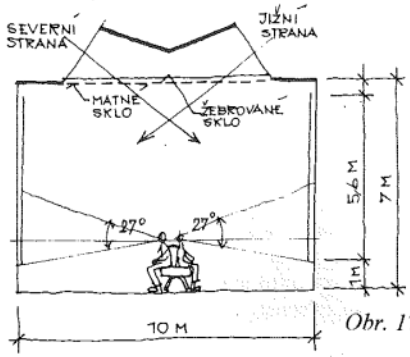
U obrazových galerií (výstavních sálů) je rozhodující *svislá výstavní plocha* - pás - a jeho osvětlení. Stanovení správného rozsahu výstavního pásu souvisí se zorným úhlem návštěvníka. Obvyklý svislý zorný úhel člověka je 27 - 30° . viz obr. 17.9. a 17.10.



Obr. 17.9: Zorné pole návštěvníka Rozměry výstavního pásu a vzdálenost pozorovatele 30



Obr. 17.10: Příklad určení polohy a výšky výstavního pásu při jednostranném bočním osvětlení 30



Obr. 17.11: Příklad správně osvětleného výstavního pásu s horním osvětlovacím systémem 30

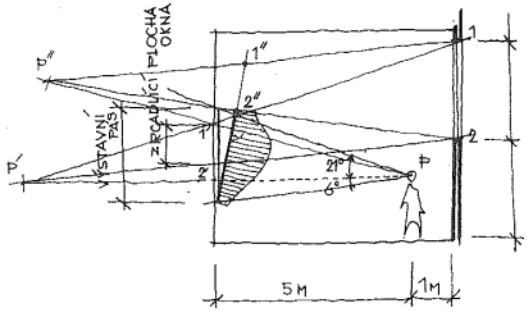
Poznámka: Při 10m vzdálenosti oka od výstavního pásu vychází při tomto zorném úhlu výška výstavního pásu 5,6 - 6m. Přirozeně se tím zvyšuje výška výstavní síně. Doporučení pro polohu obrazu ve výstavním pásu: menší obrazy se zavěšují těžištěm (horizontální rovina obrazu) nejlépe do výšky očí. Jinak střed výstavního pásu má být v místě maximálního osvětlení.

Úroveň osvětlení výstavního pásu musí být taková, aby bylo možné dobře rozlišit i podrobnosti a současně je třeba docílit pokud možno *rovnoměrného osvětlené*. Velmi přibližně lze říci, že tento požadavek bude splněn jestliže nejnižší úroveň osvětlení v rozsahu výstavního pásu bude alespoň 1/3 maximální hodnoty. Lidský zrak takový rozdíl v rovnoměrnosti nepostřehne. U denního osvětlení by mělo být na výstavním pásu dosaženo hodnoty oblohové osvětlenosti D_S okolo 6%. Vlivem interreflexe bude celková hodnota osvětlenosti ještě vyšší.

Jak už bylo uvedeno, zrak je poután předměty dobře osvětlenými. Z psychologického hlediska je proto důležité, aby nejlépe osvětleným místem ve výstavním sále byl výstavní pás. Světlo má být směrováno k němu a úroveň osvětlení podlahy a okolních ploch má být být záměrně nižší.

Účinek zrcadlení se zpravidla projevuje na zasklených obrazech nebo na lesklých olejomalbách (zejména starých mistrů). Zrcadlí se pozorovatel, osvětlovací otvor nebo i jiné předměty ve výstavním sále. Tento nepříznivý, účinek se může projevit u osvětlení bočními osvětlovacími otvory, ale i horními. Kromě toho může odrážející se světlo pozorovatele oslnit. Částečně lze účinek zrcadlení zmírnit volbou tmavšího okolí a tmavé barvy rámů obrazů. Vyloučení vzniku zrcadlení je patrné z grafického znázornění tohoto účinku, tj. z geometrické konstrukce jeho vzniku - obr. 17.12.

Na obrázku 17.12. je znázorněna geometrická konstrukce vzniku zrcadlení od osvětlovacího otvoru. Nakloněním výstavního pásu se zrcadlící plocha okna posune mimo výstavní pás.

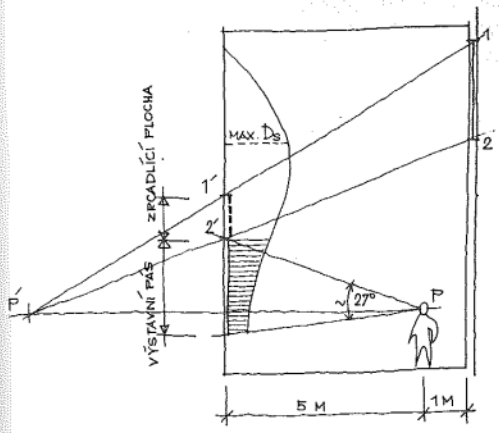


Obr. 17.12: Geometrická konstrukce zrcadlení a způsob jeho vyloučení

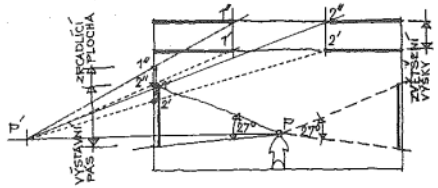
Další možný způsob vyloučení zrcadlení je na obr. 17.13.. Je jím zvýšení parapetu okna. Tímto řešením se sice zrcadlící plocha posune mimo výstavní pás, ale nadbytečně vzroste výška, výstavního sálu, což není nejlepší řešení. Zároveň klesne úroveň osvětlení výstavního pásu.

Na obr. 17.14. je uveden příklad vzniku zrcadlení zenitového osvětlovacího otvoru a možnost jeho odstranění. Zároveň lze z obrázku vysledovat správný návrh řešení proporcí výstavního sálu se zřetelem k vyloučení zrcadlení. Při dodržení zorného úhlu člověka 27° vychází účinná výška výstavního pásu - 3m, vzdálenost oka je 6m. Šířka výstavního sálu při oboustranné výstavní ploše je 12m a výška sálu 7m.

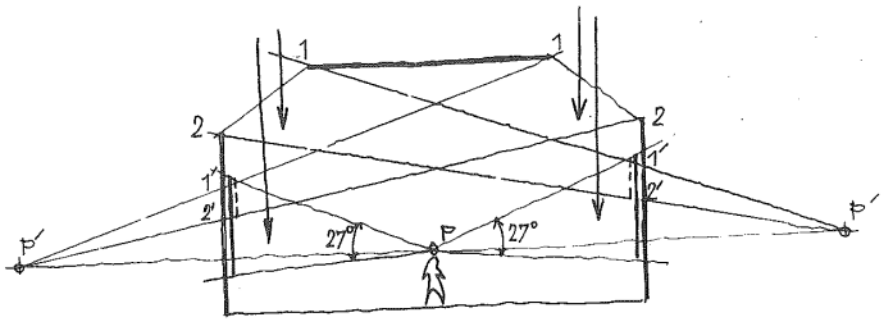
Světelný tok dopadající rovnoběžně s plochou obrazu, působící tzv. *paralelní osvětlení.* viz obr.17.15. je nepříznivý jev, kterému je třeba se vyvarovat. Sebemenší nerovnost na vystavovaném předmětu (např. nerovnost olejomalby) totiž vrhá stíny. Zcela musí být paralelní osvětlení vyloučeno u vystavovaných reliéfů. Pro tyto exponáty je vhodné osvětlení bočními okny.



Obr. 17.13: Příklad vyloučení zrcadlení okenního otvoru na výstavním pásu zvýšením parapetu okna



Obr. 17.14: Příklad vyloučení zrcadlení zenitového osvětlovacího otvoru

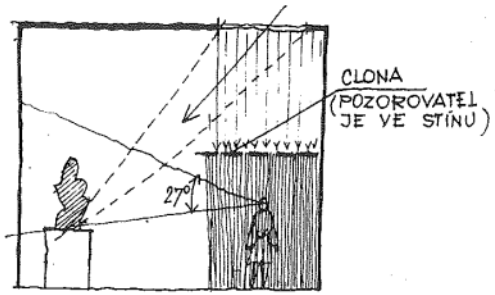


Obr. 17.15: Příklad vzniku paralelního osvětlení výstavního pásu

17.3.3. Osvětlení prostorových exponátů

Na rozdíl od plochých exponátů vyžadují exponáty prostorové odlišné řešení denního osvětlení. Důležitým požadavkem pro zrakový vjem je zachování jejich správné formy. Plasticita např. sochařských děl , zdůrazněná světlem a stínem je lépe vnímána při osvětlení bočním. Velmi důležité je umístění vystavených předmětů vzhledem k osvětlovacím otvorům a

cirkulaci návštěvníků. Pozor na siluetový efekt! Horní osvětlení prostorových exponátů (např. soch) působí dlouhé stíny na povrchu sochy a kromě toho jsou kontrasty osvětlených a neosvětlených částí skulptury malé. Důsledkem je, že se předmět jeví ploše. Jsou-li však přesto v sále s horním osvětlením vystavovány prostorové předměty, neměly by být nikdy umístěny přímo pod osvětlovacím otvorem, nýbrž poněkud stranou - obr 17.16.



Obr. 17.16: Umístění prostorových exponátů při horním osvětlení a posice návštěvníka /30/

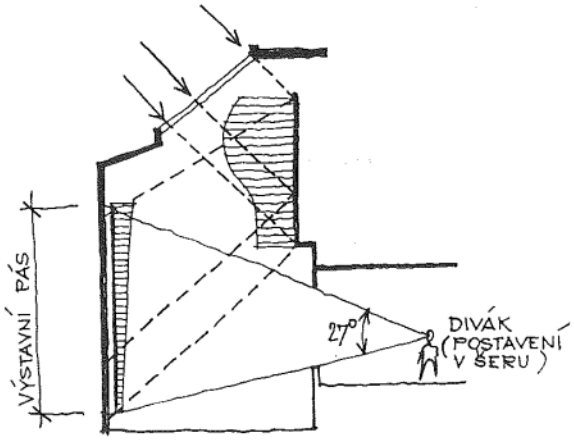
17.3.4. Osvětlení zasklených vitrín

Zajistit dobrý zrakový vjem je prvořadým úkolem. Osvětlení vitrín musíme volit tak, aby byla dosažena požadovaná úroveň osvětlenosti (závisí od vystavovaných předmětů: písemnosti, fotografie, mince, šperky a pod.) a zároveň bylo vyloučeno zrcadlení, které je nepříjemné zejména u tmavých vystavovaných předmětů (např. fotografie).

Všeobecná zásada: raději nepoužívat horní osvětlení. Při bočním osvětlení je třeba pečlivě volit vhodnou polohu vitrín vzhledem k osvětlovacím otvorům.

17.3.5. Osvětlení velkoplošných obrazů

Při instalaci obrazů velkých rozměrů umístěných zpravidla v prostoru válcovém (např. Maroldův obraz „Bitvy u Lipan") nebo v ploše rovinné („Boj Švédů" - na Petříně)volíme osvětlení nepřímé. Snahou je vzbudit u diváka dojem skutečnosti - vtažení návštěvníka do dění na obraze. Proto vylučujeme osvětlení přímé a postavení návštěvníka volíme v šeru.

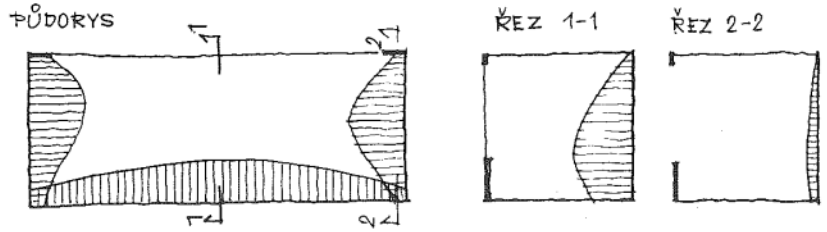


Obr. 17.17: Schematické řešení panoramatického osvětlení velkoplošných exponátů /30/

17.3.6. Shrnutí

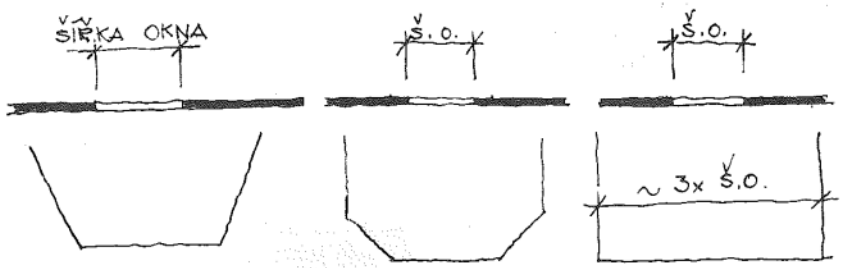
Tvorba vizuálního prostředí s odpovídající úrovní i kvalitou denního osvětlení v prostorech galerií, muzeí, glyptoték a pod. klade vysoké nároky na odborníky - architekty, světelné techniky, ale zároveň i historiky umění.
Volba osvětlovacího systému, tedy polohy oken v obvodové konstrukci - boční osvětlení, nebo ve střešní konstrukci - horní osvětlení, závisí na druhu vystavovaných exponátů a na cirkulaci návštěvníků. Jelikož okenní otvory jsou také významným architektonickým prvkem fasády je třeba i toto hledisko zahrnout do rozhodování o celkové architektonické koncepci budovy.
Účinnost bočního a horního osvětlení je samozřejmě velmi rozdílná.

Boční osvětlení umožňuje využít pro výstavní plochu stěny protilehlou i postranní, z nichž každá je osvětlena jinak obr. 17.18.



Obr. 17.18: Osvětlení stěn při bočním osvětlovacím systému budovy /30/

Na bočních stěnách je osvětlení značně nerovnoměrné ve svislém směru a klesající se vzdáleností od okna. Osvětlení protilehlé stěny je poměrně rovnoměrné, hrozí však zrcadlení. Proto je časté tzv. řešení buňkové t.j. uspořádání výstavní plochy vloženými panely směrovanými k oknu. Příklad viz obr. 17.19.

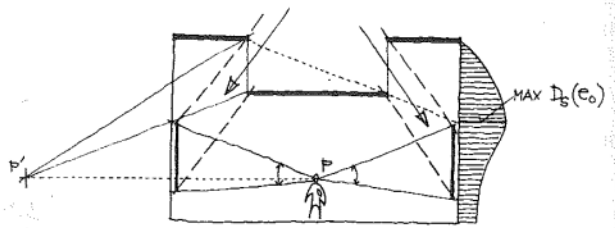


Obr. 17.19: Příklad buňkového uspořádání výstavních panelů při bočním osvětlovacím systému budovy /30/

Výhodou tohoto řešení je vyloučení zrcadlení a zvětšení výstavní plochy, ale také lepší osvětlení vhodné pro vystavení menších obrazů.

Nevýhody bočního osvětlení. Možnost oslnění velkým jasem okenních otvorů event. nepříznivé důsledky plynoucí z oslunění (při nevhodné orientaci na slunečnou stranu).

Horní osvětlení. Ze světelně technického hlediska je účinnější. Vyšší úroveň osvětlenosti však nemusí vždy znamenat lepší světelné podmínky. Osvětlení plochy podlahy je podstatně vyšší než osvětlení vertikálních stěn a to je nežádoucí. Rušivé převládající osvětlení podlahy lze odstranit např. vloženou konstrukcí sníženého podhledu takže návštěvník stojí v šeru a světelný tok je směřován na vertikální plochy stěn - viz obr. 17.20.

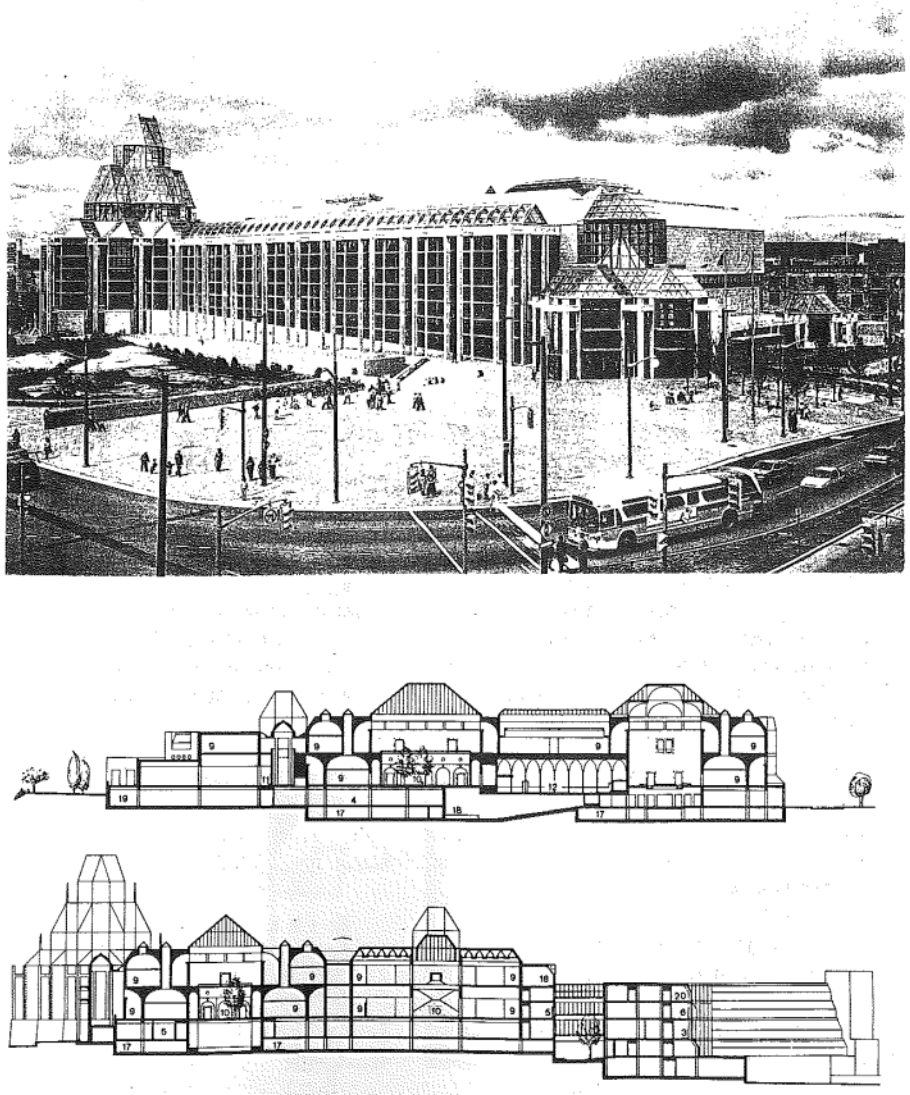


Obr. 17.20: Jednoduchý příklad snížení osvětlenosti podlahy při horním osvětlení

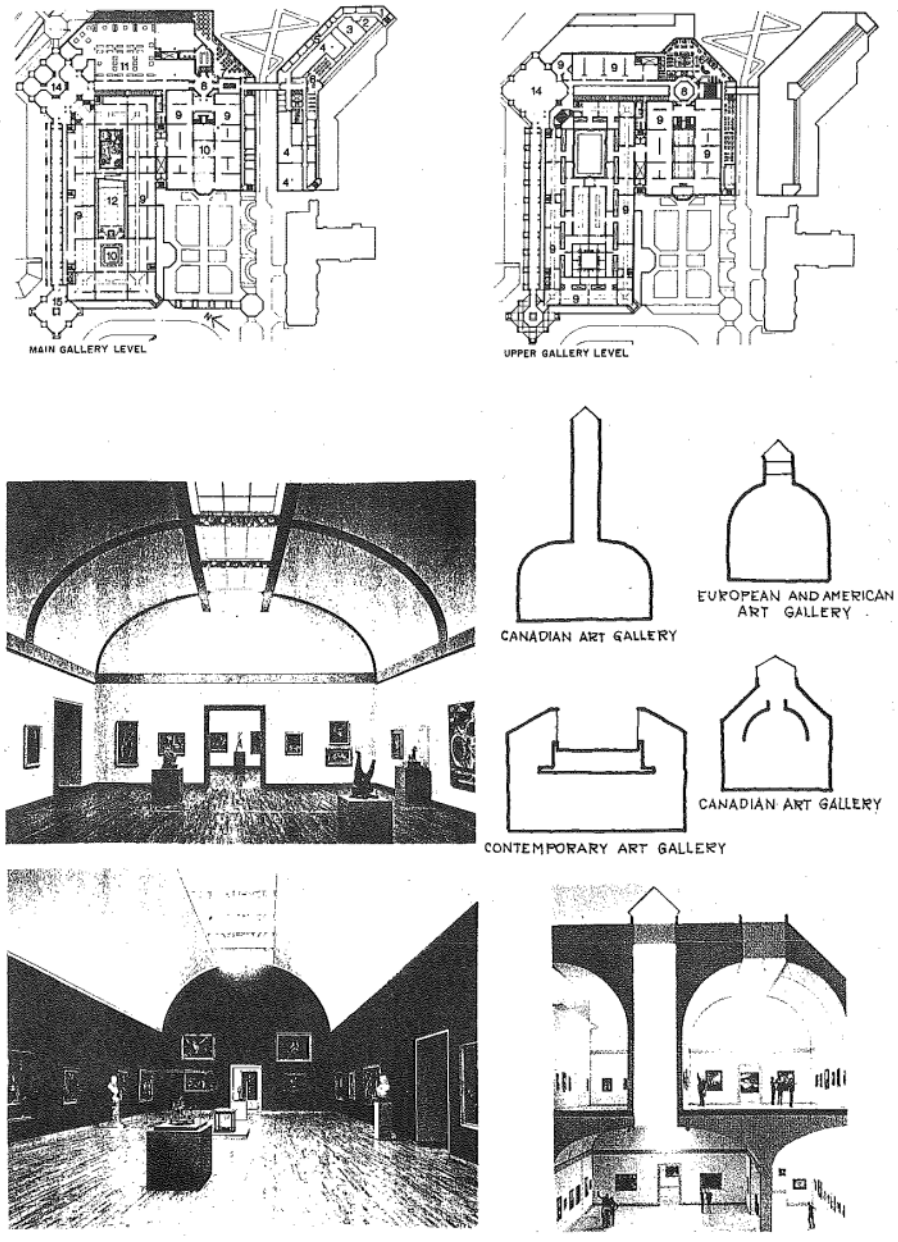
Způsobů usměrnění světelného toku u prostorů s horním osvětlením je celá řada. Souvisejí s tvarovým a proporčním řešením výstavních prostorů a umístěním stínících ploch, ale i zasklením osvětlovacích otvorů speciálními skly (rýhované, prismatické ap.). Horní osvětlení je výhodné pro obrazárny, glyptotéky i muzeální předměty. Nehodí se však pro horizontální výstavní plochy se zasklenými vitrínami. Pozornost musí být věnována možnému vzniku zrcadlení a paralelnímu osvětlení, které je třeba vyloučit. Obecně lze shrnout, že výpočty denního osvětlení, jeho úrovně (množství) jsou velmi teoretické a rozhodující je u těchto druhů staveb jeho kvalita. V posledních letech se stále častěji používá osvětlení umělé což souvisí s vývojem zdrojů umělého osvětlení.

Poznámka: Budovy muzeí a galerií neobsahují pouze výstavní prostory, ale celou řadu dalších interiérů s různými požadavky na osvětlení. Např. knihovny, přednáškové sály, depozitáře, dílny, kanceláře zaměstnanců ale také tzv. prostory pro relaxaci návštěvníků jako jsou kavárny, restaurace, obchody s uměleckými předměty apod. Těmito prostory se v této části skript nezabýváme.

Na obr. 17.21. je Národní galerie v Ottawě (architekt: Moshe Safdie). Je to architektonicky i funkčně velmi zajímavý a vydařený příklad moderní stavby tohoto typu. Dominantní částí je kolonáda (beton, ocel, sklo) umožňující krásný výhled přes řeku Ottawu na budovy Parlamentu. Kolonáda spojuje malý vstupní pavilon s velkým, který slouží k veřejným akcím. Kupolovité, zcela prosklené, zastřešení pavilonů je opatřeno nápaditým, esteticky působivým a účinným systémem slunečních clon. Vlastní výstavní sály jsou umístěny v druhé části budovy. Převážně jsou osvětleny denním světlem - střešními světlíky neobvyklých tvarů. Světelná účinnost navrženého osvětlovacího systému byla ověřena předem na modelu zhotoveném měřítku 1:1.



Obr. 17.21: National Gallery - Otawa - Canada - pohled a řezy /65/



Obr. 17.21: National Gallery - Otawa - půdorysy a interiery výstavních sálů a příklady jejich osvětlení denním světlem (horní osvětlení) /65/

17.4. Sportovní haly

Při projektování sportovních hal závisí rozhodnutí o volbě osvětlovacího systému na jejich funkci, druhu činnosti a způsobu využívání (den, večer...). Počítá-li se s celodenním využíváním prostoru je využití denního světla logické a ekonomické. Prostory se sportovní aktivitou lze rozdělit na prostory:

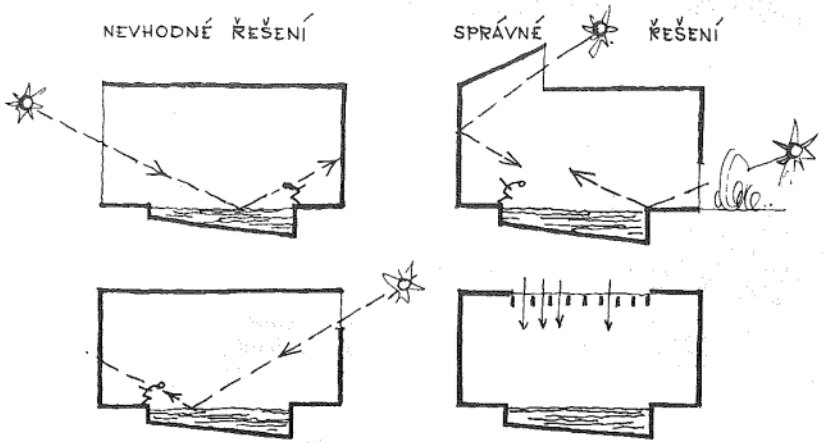
1) Pouze pro sportovce tj. bez diváka. Požadavky na osvětlení vyplývají z druhu činnosti (směr pohledu sportovce) a polohy srovnávací roviny.
2) Pro sportovce a diváky. Tady je třeba odlišit požadavky na osvětlení
   - pro sportovce
   - pro diváka

Dále je důležité členění sportovních hal podle činnosti (druhu sportu). Tím jsou dány požadavky na množství i kvalitu denního světla. Rozeznáváme haly:

1) víceúčelové : Zpravidla zajišťuje odpovídající plochu i světelné podmínky pro:
   - míčové hry (basketbal, volejbal, fotbal, házená, pozemní hokej)
   - gymnastiku, judo, karate, BUĎ-FIT aktivity
   - šerm, tenis, kriket, squash

2) dlouhé
   - střelba (doporučuje se umělé osvětlení)
   - kuželky - denní osvětlení je možné, ale nikoliv boční. Zpravidla se navrhuje osvětlení umělé.

3) plavecké bazény. Z psychologického hlediska je denní světlo a slunce vítáno (viz lázně starých Římanů). Pozor však na nepříznivé účinky - oslnění přímým slunečním zářením, oslnění odrazem od hladiny. Důležitá je také viditelnost pod hladinou (skoky do vody apod.).



Obr. 17.22: Příklady nevhodného osvětlení plaveckých bazénů /29/

Denní osvětlení sportovních hal je důležitým faktorem tvarového, architektonického a konstrukčního návrhu stavby. Osvětlovací systém proto musí být zvažován již při konceptních úvahách o budoucí stavbě. Cílem je zajistit:

- dokonalé prostorové vidění na ploše pro sportovce. Sportovci nesmí být oslňováni ani vysokým jasem ani kontrastem jasů, nesmí docházet k siluetovému efektu. Na ploše pro sportovce je požadováno intenzívní osvětlení.
- optimální podmínky pro diváka. V hledišti tlumené osvětlení, aby sportovci nebyli rušeni. Divákovi musí být umožněno sledovat sportovní činnost při měnící se vzdálenosti mezi pozorovatelem a sportovcem i při vysoké dynamice činnosti.
- maximální využití prostoru. Nesmí vznikat špatně osvětlená místa.
- ochranu před nadměrnou sluneční radiací v létě. V zimě regulaci tepelných ztrát. Rovněž regulaci světelných ztrát okenními otvory při nočním osvětlení.
- pravidelnou údržbu zasklených ploch (snadný přístup i možnost výměny).

Obecně lze pro osvětlení sportovních hal navrhovat jak boční tak horní osvětlovací systém. Z hlediska množství světla je účinnější osvětlení horní avšak dosažení požadované úrovně (množství světla) ještě pro vytvoření optimálních podmínek vidění nestačí. Je třeba sledovat také kvalitu denního osvětlení tj. rovnoměrnost, odpovídající kontrasty jasu mezi předmětem zrakové činnosti sportovce a jeho pozadím. Nicméně důležité je vyvarovat se jevů, které mohou zrakovou činnost znesnadnit, případně znemožnit - oslnění sportovce, nebo tzv. siluetový efekt. Rozhodnutí o volbě osvětlovacího systému je proto podmíněno způsobem využití prostoru. Např. je-li konkrétně definován směr pohledu sportovců na vymezené ploše nemá být okenní otvor v jejich zorném poli. Může vzniknout oslnění jasem oblohy nebo případně přímým slunečním zářením. Dále je možný vznik siluetového efektu - proti jasné ploše zasklení.

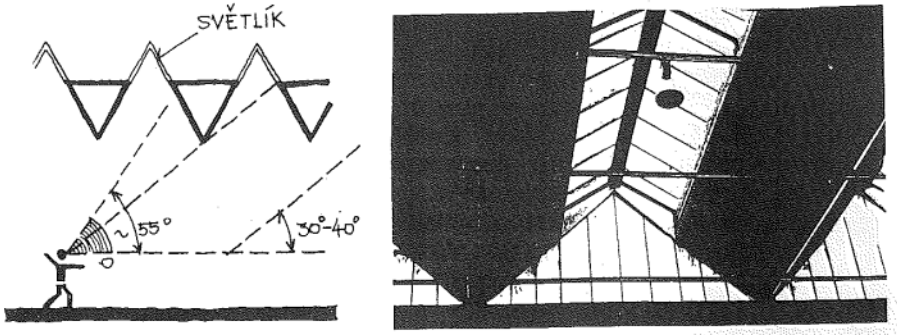
17.4.1. Boční osvětlení

U bočního osvětlení proto sledujeme:

- oslnění jasem plochy okna či pronikajícím přímým slunečním zářením
- siluetový efekt
- účinnost clonících zařízení. Pozor na snížení osvětlenosti !
- oslnění odrazem od zasklených ploch při nočním osvětlení.

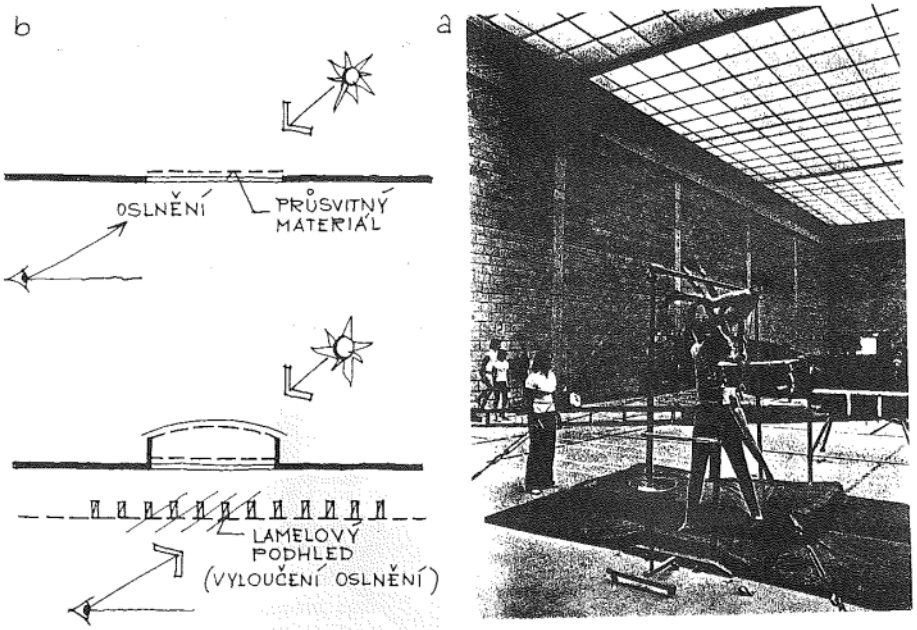
17.4.2. Horní osvětlení

Při rovnoměrném rozdělení otvorů u *horního osvětlení* je výhodou rovnoměrné osvětlení. Podobně jako u bočního osvětlení i zde však může dojít k oslnění sportovce pronikajícím slunečním zářením. Ochranou je orientace zasklených ploch na neslunečnou stranu, nebo různé způsoby úpravy podhledu či tvarové řešení (stropní) konstrukce - viz obr. 17.23., 17.24.

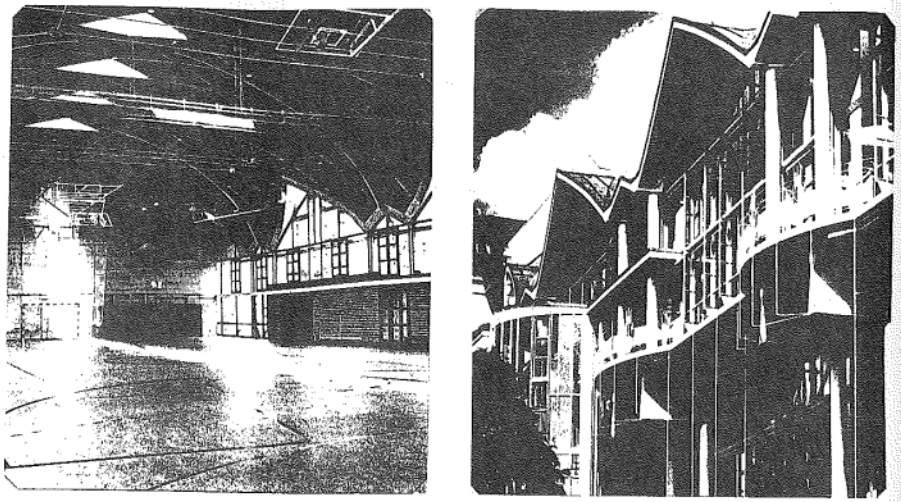


Obr. 17.23: Příklad horního osvětlení s tvarovaným řešením nosné konstrukce /29/

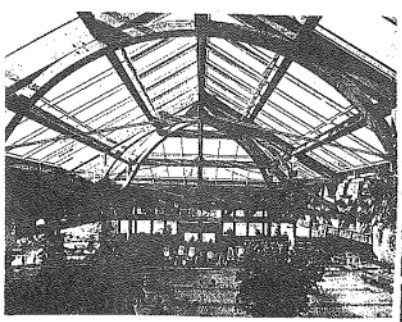
Při posuzování osvětlenosti sportovních hal (zjišťování hodnot činitele denní osvětlenosti D je důležité stanovení polohy srovnávací roviny. Pro víceúčelové sportovní haly je to rovina podlahy, pro bazény a plovárny rovina hladiny vody.



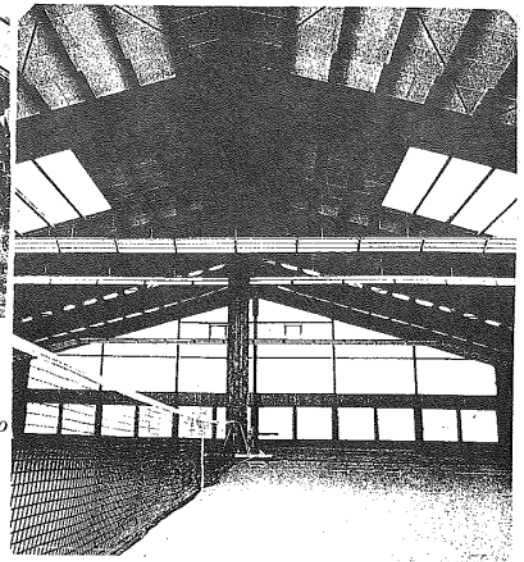
Obr. 17.24: a) Příklad horního osvětlení s použitím difuzního podhledu
b) Varianty podhledů



Obr. 17.25: Příklad kombinovaného osvětlení víceúčelové sportovní haly Berlin - Charlotenburg - dostavba historické části města



Obr. 17.26: Příklad osvětlení plaveckého bazénu - Bad Lausick



Obr. 17.27: Příklad kombinovaného osvětlení tenisové haly - Offenburg

Shrnutí

Sportovní haly jsou převážně objekty velkých rozměrů a zejména u víceúčelových typů také prostory s různorodou a náročnou zrakovou činností. Kromě skupiny dlouhých hal (střelba, kuželky) a hal pro squash, kde se denní osvětlení nedoporučuje je naopak v ostatních typech výhodné a žádoucí. Musí ovšem být navrženo odborně se znalostí všech účinků včetně negativních, které se musí vyloučit. Je třeba zdůraznit, že návrh osvětlovacího systému zásadně ovlivňuje objemové, tvarové, a konstrukční řešení celé stavby a proto vyžaduje úzkou spolupráci architekta a konstruktéra se světelným technikem.

17.5. Zdravotnická zařízení

Podle druhu a způsobu poskytování lékařské péče lze zdravotnická zařízení rozdělit na lékařské ordinace, nemocnice, sanatoria a rehabilitační střediska, případně ještě pečovatelské domy s lékařskou péčí.

17.5.1. Lékařské ordinace

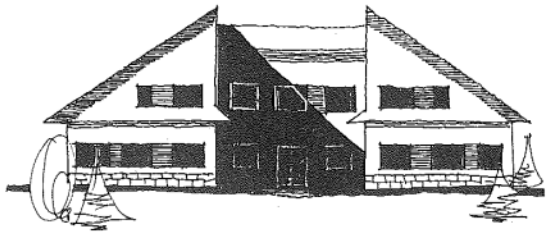
1) Samostatné ordinace. Často soukromá forma užívaná všeobecnými i odbornými lékaři. Lze je charakterizovat prostorem čekárny a prostorem pro vlastní lékařské ošetření. Bývá součástí obytného nebo kancelářského podlaží, případně rodinného domu. Takovéto zařízení může obsluhovat i sám lékař. Vzhledem k poměrně malým plošným nárokům není denní osvětlení problémem. Kvantitativní i kvalitativní požadavky vyplývají ze zrakové činnosti.

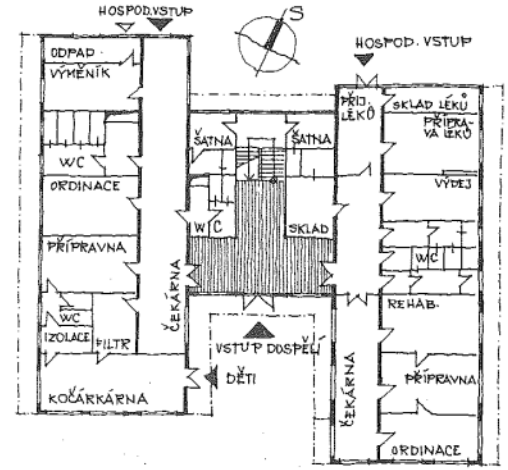
2) Skupinové ordinace. Vzhledem k pokračujícímu trendu k odborné specializaci lékařů vznikají zařízení s rozsáhlou nabídkou lékařských výkonů. Jde o spojení více lékařů s různým odborným zaměřením za účelem společného provozování lékařské praxe se společným personálem a společnými prostorami. Požadavky na denní osvětlení obdobné jako u lékařských ordinací.

3) Lékařská střediska. Jsou protikladem skupinových ordinací, neboť se jedná o pouhé soustředění jednotlivých ordinací do jednoho objektu. Pacient je ošetřován jako v samostatné ordinaci. Vzhledem k soustředění bývá správa a místnosti pro personál využívány společně. Tento typ zdravotnických zařízení je obvyklý u nás.

Budova zdravotního střediska bývá součástí obytné zástavby. V menších městech a vesnicích se jedná o stavbu drobnou v níž zajištění dobrých světelných podmínek závisí na umístění objektu do okolní zástavby (zastiňující vlivy) a na vlastním architektonickém a konstrukčním řešení budovy. Na obr. 17.27. je příklad malého venkovského střediska v horské oblasti.

Ve větších městech byla u nás realizována většinou zdravotní střediska jako vícepatrové budovy soustřeďující jak všeobecné (obvodní) lékaře tak odborné včetně prostorů laboratoří, malých operačních sálů, rentgenu, ozařování apod. Osvětlení je různé. Pro běžné vyšetřovny a ošetřovny je užíváno osvětlení denní - bočními osvětlovacími otvory. Rovněž prostory komunikací a čekáren mají zpravidla denní osvětlení. Naopak operační sály a specializované vyšetřovny mívají osvětlení umělé, eventuelně sdružené.





Obr. 17.28: Venkovké zdravotní středisko - návrh

17.5.2. Nemocnice

Nemocnice slouží k léčení a ošetřování pacientů s akutními a chronickými nemocemi. Liší se druhem, rozsahem a velikostí, rovněž poskytovaným standardem ubytování a dalšími rozdíly v ošetřování, duševní péči, výzkumu a vzdělávání. Dnešní moderní nemocnice mají charakter hotelu, jelikož je kladen obzvláštní důraz na atmosféru bydlení. Z psychologického hlediska je to významná součást procesu léčení. V nemocničních pokojích je proto velmi důležité denní osvětlení a dostatek insolace. Pacient je často dlouhodobě upoután na lůžko, proto musí mít vyhovující denní osvětlení (např. na čtení..) ovšem bez rušivých účinků. Není vhodné umístění lůžka s pohledem na osvětlovací otvor. Zároveň je třeba věnovat pozornost působení přímého slunečního záření (vyloučit ozáření hlavy pacienta) a možnostem jeho regulace.

Zhodnocení k obr.17.28: Tvarové řešení je podmíněno lokalitou zástavby - horská oblast. Interiéry ve 2NP jsou s ohledem na využití denního světla a slunce problematické. *Laboratoř* - nevhodné oslunění (jižní orientace) nezbytnost jeho regulace z čehož plynou zhoršené světelné podmínky. *Zubní lékař* - nedostatečné denní osvětlení (vliv zastiňující protilehlé fasády). *Denní místnost* zaměstnanců - nedostatečné osvětlení, bez oslunění. Prostory čekáren mají rovněž málo osvětlení, příjemné je oslunění v poledních hodinách.

Podle funkce se nemocnice dělí na všeobecné, odborné a universitní kliniky.

Všeobecná nemocnice má provozní oblast péče, vyšetření a ošetření a je doplněna lůžkovou (obytnou) částí, případně částí pro výzkum a výuku a vedlejší provozy (skladování, administrativa apod.)

Odborné nemocnice jsou specializovány na určité způsoby léčení nebo na určité skupiny nemocných (úrazová nemocnice, ortopedická, gynekologická, pro nemocné tuberkulózou, duševními nervovými chorobami apod.) Do této skupiny lze zařadit i lázeňské a pečovatelské domy i domy pro důchodce.

Universitní kliniky. Od velkých nemocnic se odlišují především systematickým výzkumem a výukou. Jejich součástí jsou posluchárny a demonstrační místnosti. Mají k dispozici velmi rozsáhlá diagnostická a terapeutická zařízení. S ohledem na přítomnost posluchačů musí být provoz vyřešen tak aby chod nemocnice nebyl posluchači rušen.

Příprava, projekt a realizace nemocnice je velmi náročná. Vyžaduje úzkou spolupráci mnoha odborníků - lékařů, architektů, projektantů specialistů (sem patří mimo jiné i světelný technik) a hygieniků. Na základě jejich spolupráce vznikne provozní návrh budovy, který pak musí být respektován v tvarovém a konstrukčním řešení. Toto řešení musí umožnit variabilitu budovy, tj. změny ve funkci při zachování nosné konstrukce a možnost zvětšování event. zmenšování plochy budovy. Z těchto skutečností, ale především z různorodé zrakové činnosti a dalších požadavků na pohodu prostředí velmi odlišných interiérů vznikají vysoké nároky na volbu osvětlovacího systému jednotlivých částí budovy i budovy jako celku.

Shrnutí a orientační doporučení

Zdravotnická zařízení především však velké nemocnice jsou složité celky obsahující řady provozních míst s rozdílnou vizuální náročností a s rozdílnými požadavky na vnitřní prostředí vůbec. Rozvoj lékařské vědy, pokrok v lékařské technice, ale i možné reformy ve zdravotní politice vyvolávají potřebu změn na které je nutno v provozu nemocnice reagovat. Proto uvádíme jen orientační doporučení pro některé ze světelně technického hlediska zajímavé a náročné a z hlediska funkce důležité příklady interiérů.

Lůžková část nemocnice

Nemocniční pokoje musí mít denní osvětlení a žádoucí z hygienického hlediska je také kontrolované oslunění. Je však třeba ještě rozlišovat mezi běžnými lůžkovými jednotkami a jednotkami intenzívní péče. Ty slouží pacientům vyžadujícím trvalý dohled. Je zde umístěno více lékařských přístrojů, proto jsou přiřazovány k příslušným vyšetřovnám a ošetřovnám. Oslunění zde není žádoucí.

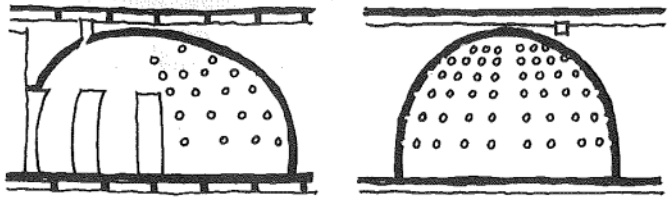
Klinické laboratoře

Obecně je zde denní osvětlení žádoucí. Nikoliv však oslunění. Proto místnosti s mikroskopy mají mít okenní otvory s orientací na sever.

Operační místnosti

Z provozního hlediska se umísťují dovnitř dispozice budovy, kde je denní osvětlení nedosažitelné i když z psychologického hlediska by bylo výhodné. Osvětlení operačních sálů, především operačního pole musí umožnit směřování světla, vyloučit vznik stínů a mít vysokou intenzitu (1000 lx). Příklad mimořádného řešení osvětlení operačního sálu je na obr. 17.29.

Do operačního traktu patří kromě operačních sálů i příprava pacienta, umývárna lékařů, sterilizace nástrojů, vstupní filtr, spojovací komunikace apod. Je velmi důležité aby všechny tyto prostory na sebe navazovaly také ze světelně technického hlediska - vzhledem k docílení rychlé adaptace zraku. Proto osvětlenosti jednotlivých prostorů mají být v poměru 1:3 maximálně 1:5.



Obr. 17.29: Vejčitý operační sál (řezy) s vestavěným umělým osvětlením - arch. Nelson/45/

Funkční místnosti

Ošetřovny, sesterny, lékárny nevyžadují nezbytně denní osvětlení. Umísťují se zpravidla do vnitřní části budovy.

Denní místnosti personálu

Musí mít dostatečné denní osvětlení, žádoucí je oslunění a okenní otvory musí umožňovat kontakt s vnějším prostředím.

Technické zázemí a oblast zásobování i prostory pro výuku a výzkum

Požadavky na způsob osvětlení zde nejsou rozebírány.

Tabulka 17.3. *Doporučené hodnoty osvětlenosti (Hygienické zásady pro osvětlování ve zdravotnictví - ing. P. Vrbík)*

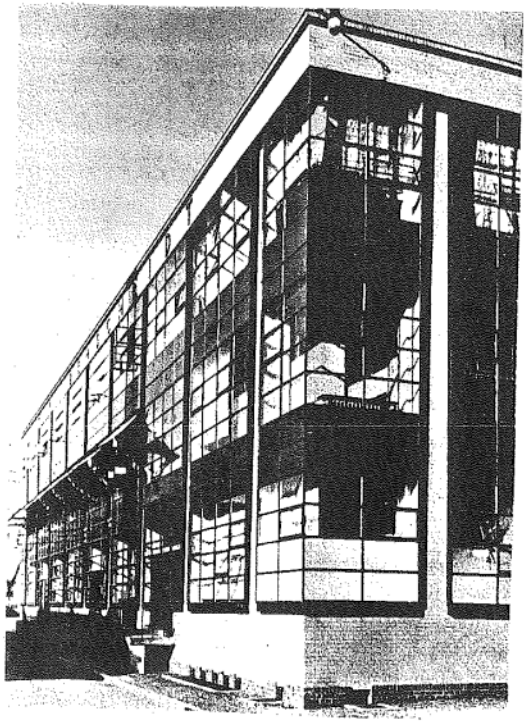
ZDRAVOTNICKÉ PROSTORY	Denní osvětlení (ČSN 730580)			Kategorie	Umělé osvětlení	Doporučená intenzita (podle ISO)	Poznámky
Charakteristika činnosti	Třída zrak.č.	Činitel D_{min}	den.os. $D_{pr.m.}$		Intenzita osvětlení /1x/ (ČSN 360450)		
Nemocniční pokoj					200-500		
- celkové osvětlení					75-100-150	50-100-150	
- vyšetřovací osvětlení	III.	2,0%	6,0%	D1	podle potřeby	200-300-500	přip.vyš.lampa
- místní osvětlení					200-300-500	150-200-300	
- noční osvětlení					podle potřeby	3-5-10	centrální ovl.
Intenzivní léčba (JIP, ARO)					2000-5000		
- celkové osvětlení	II.	2,5%	7,0%	A3	50-75-100	30-50-100	popř.nepřímé
- vyšetřovací osvětlení					podle potřeby		vyšetř.lampa
- místní osvětlení					200-300-500	200-300-500	pro sledování
Vyšetřovací místnost (D1)					500-1000		
- celkové osvětlení	III.	2,0%	6,0%	B2	200-300-500	300-500-750	
- vyšetřovací osvětlení					podle potřeby(až A2)		vyšetř. lampa
- místní osvětlení					500-750-1000	750-1000-1500	
Operační sál					10000-20000		
- celkové osvětlení	I.	3,5%	10%	A1	1000-1500-2000	500-750-1000	
- místní osvětlení					podle potřeby	10000-30000-100000	operační lampa
Pitevna (zákrokový sál)					5000-10000		
- celkové osvětlení	II.	2,5%	7,0%	A2	500-750-1000	500-750-1000	
- místní osvětlení					5000-7500-10000	5000-10000-15000	operační lampa
Laboratoře a lékárny					500-1000		
- celkové osvětlení	III.	2,0%	6,0%	B2	200-300-500	300-500-750	
- místní osvětlení					500-750-1000	500-750-1000	

17.6. Průmyslové stavby

Charakteristika výrobního objektu

Výrobní objekt je účelná, technicky samostatná část stavby určená pro výrobní proces.

Od začátku 19. stol. s počínající industrializací (v souvislosti s technickým vývojem) lze mluvit o průmyslové výrobě v moderním pojetí. Výrobní dílny přerůstají plošně územní možnosti města a stěhují se z města ven. Průmyslová výroba se včleňuje do současných proudů evropské architektury. Je to období architektury návratů do historie. Prostorové řešení stavby je oddělené od pláště - funkce budovy není rozlišena (továrna, divadlo, obyt.dům). Teprve na rozhraní 19. a 20. stol. vznikají tendence opustit historizující formu architektury a nastolit moderní architekturu, kde je hlavní motivací funkce, účelnost, ekonomika a možnost hromadné výroby spojené s výtvarným pojetím. Zcela prosklená fasáda Fagusovy továrny na obuv obr. 17.30. anticipuje další vývoj.

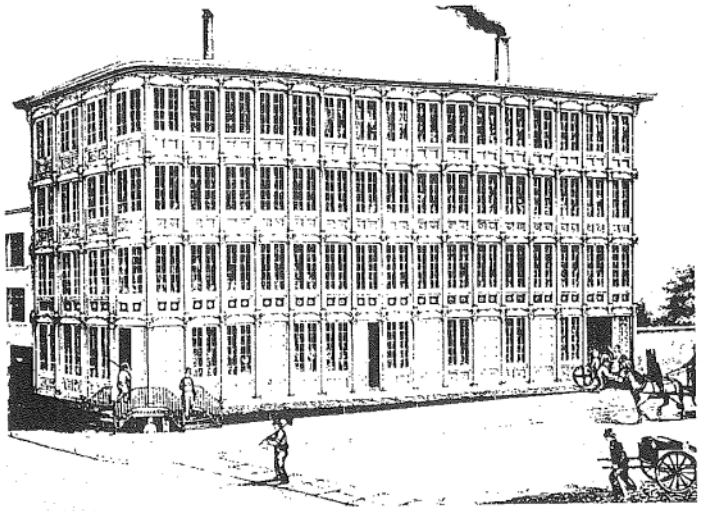


Obr. 17.30: Fagusova továrna na obuv W.Gropius - 1911 /27/

Vývoj po druhé světové válce přináší zdůraznění významu lidského činitele ve výrobě. Hledisko pracovního prostředí se stává jedním z podstatných prostorotvorných činitelů. Pracovní proces je charakterizován mechanizovanou výrobou.

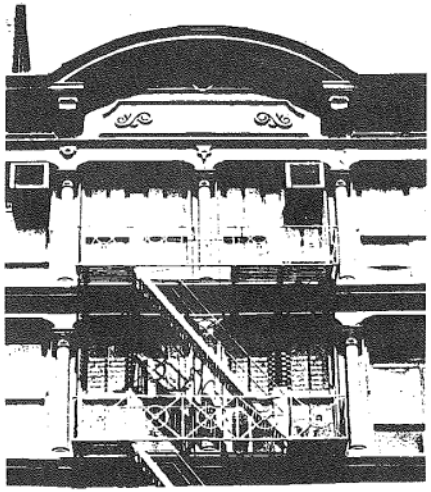
V současnosti nastává přechod od nejvyšších stupňů mechanizace k automatizované výrobě. To přináší vylidňování výrobních prostorů. Aktivita člověka se přenáší do polohy programotvorné, kontrolní, údržbářské a samozřejmě vývojové. Tento vývoj má určující vliv na novou koncepci prostorové organizace výstavby i na přístupy urbanistické (význam ekologie), architektonické a konstrukční. Samozřejmě také podstatně ovlivňují požadavky na osvětlovací systém budovy.

Na obr. 17.31. je 4.podlažní budova Bogardusovy továrny, první ocelolitinové budovy na světě. Skeletová konstrukce umožňuje uplatnění velkého okna ve fasádě. Zprvu jsou okna ještě výrazně členěna, později tvoří celistvou plochu vyplňující konstrukční rastr průčelí budovy.



Obr. 17.31: Bogardusova továrna na výrobu ocelolitinových prvků - New York - 1849 /18/

Na obr. 17.32. je další příklad průmyslové budovy postavené v Americe roku 1872. Je to 5-ti podlažní budova v řadové uliční zástavbě. Čelní fasáda je maximálně prosklena.



Obr. 17.32: Průmyslová budova - N.Y. West Brodway - 1872 arch. J.H. Whitenack /18/

17.6. 1. Členění výrobních objektů

Výrobní objekty členíme na:
1) Víceúčelové objekty a dále na
   - jednopodlažní
   - dvoupodlažní
   - vícepodlažní
2) Jednoúčelové (těžký průmysl)

Z hlediska technologie výroby dále dělíme průmyslové provozy na:
1. Lehký průmysl
2. Těžký průmysl

17.6.1.1. Vícepodlažní stavby

Etážová výstavba je ekonomicky výhodná. Menší zastavěná plocha, levnější vytápění a údržba. Kratší komunikace i vnitřní rozvody. Výhodné pro optický, potravinářský, oděvní, obuvnický, ale i průmysl jemné mechaniky.

Ze světelně technického hlediska je třeba zrakově náročné činnosti umísťovat v krajních (okenních) traktech. Ve středním traktu pak jsou komunikace, doprava a přechodné skladování materiálu i hotových výrobků. Nevýhodou je při hustší zástavbě značné zastínění hlubokých traktů a tím podstatné snížení oblohové osvětlenosti. Zvýšení světelných parametrů plynoucí z případné modernizace výroby není pouze denním osvětlením zpravidla dosažitelné.

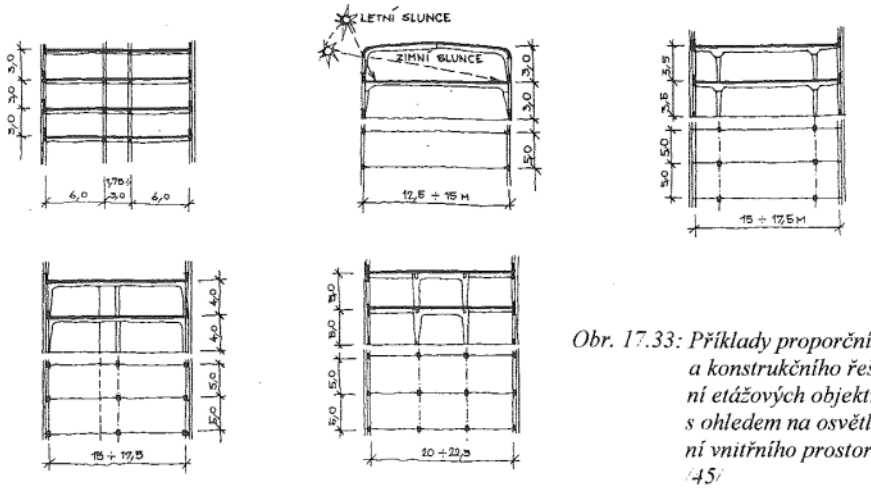
Vyžaduje-li technologie výroby denní osvětlení je u bočně osvětlovaných interiérů nezbytné dodržení správných proporcí výšky a hloubky prostoru. Vyhovující u objektů s nezastíněným horizontem, při max. využití výšky okna (nulové nadpraží), je poměr 1:2. Rozhodující je samozřejmě zraková činnost konaná v interiéru a od ní odvislé hodnoty osvětlenosti. Obr. 17.33.

Jak již bylo uvedeno může osvětlení vnitř. prostoru velmi podstatně ovlivnit okolní zástavba. Proto jsou uvedená doporučení jen orientační a vždy je třeba konkrétní situaci ověřit výpočtem.

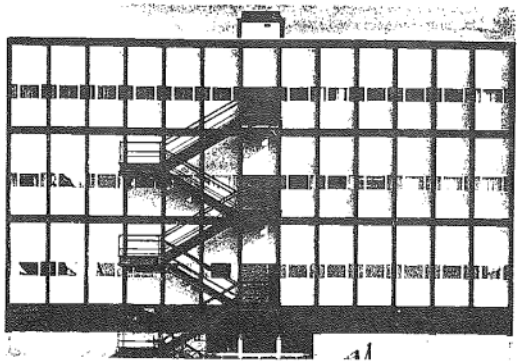
17.6.1.2. Halové (jednopodlažní) stavby

Nevýhodou plošných staveb je potřeba velké plochy pozemku, delší komunikace mezi jednotlivými (provozy) odděleními, značné tepelné ztráty, i ztráty světelné (při nočním provozu střešními otvory). Z hlediska denního osvětlení jsou tu naopak výhody. Střešní osvětlovací otvory umožní docílit rovnoměrné osvětlení i ve značně hlubokých prostorech. Záleží na návrhu nosné konstrukce a osvětlovacího systému. Ten musí vycházet z podrobné znalosti technologie výroby. Spolupráce architekta a konstruktéra s technologem a světelným technikem je nezbytná pro nalezení správného řešení.

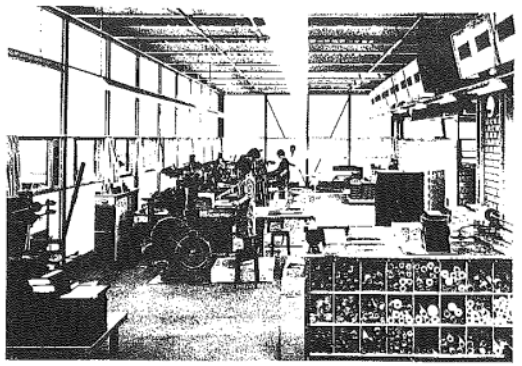
Kromě výhod horního, případně kombinovaného systému osvětlení je třeba připomenout i jisté nevýhody spojené s údržbou. Znečištění osvětlovacích otvorů způsobuje značné světelné ztráty, které je třeba minimalizovat. Nejedná se pouze o znečištění venkovních zasklených ploch, ale i znečištění na vnitřní straně. Zejména u nečistých provozů. Proto součástí konstrukčního návrhu a návrhu osvětlovacího systému musí být i návrh zařízení umožňujícího pravidelnou údržbu a čištění osvětlovacích otvorů a to jak z venku, tak zevnitř.



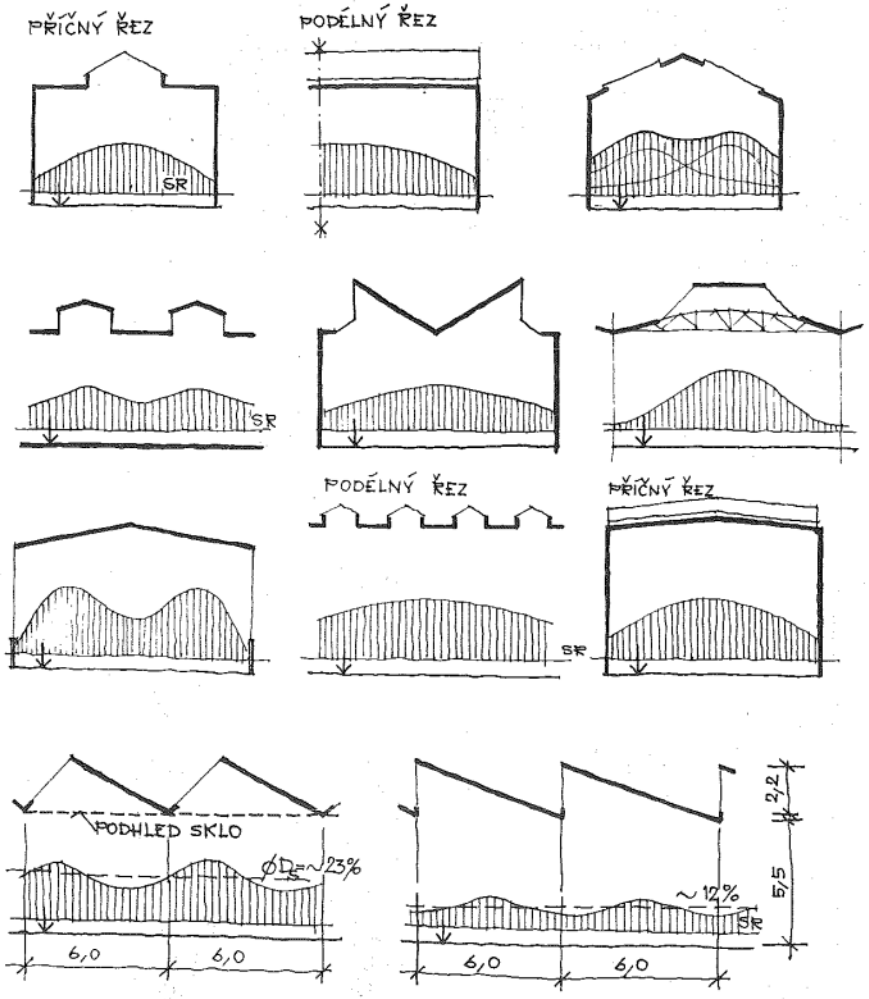
Obr. 17.33: Příklady proporčního a konstrukčního řešení etážových objektů s ohledem na osvětlení vnitřního prostoru /45/



Třípodlažní budova tiskárny v Lausanne má celoprosklený obvodový plášť. V každém podlaží je výhledový pás (čiré zasklení THERMOPAN) na ostatní části je použito difúzního zasklení THERMOLUX. Pracovní proces probíhá v blízkosti oken, střední část budovy využita pro komunikace (výtahy, schodiště) a sociální zařízení pro zaměstnance. Hloubka budovy 25,7m.

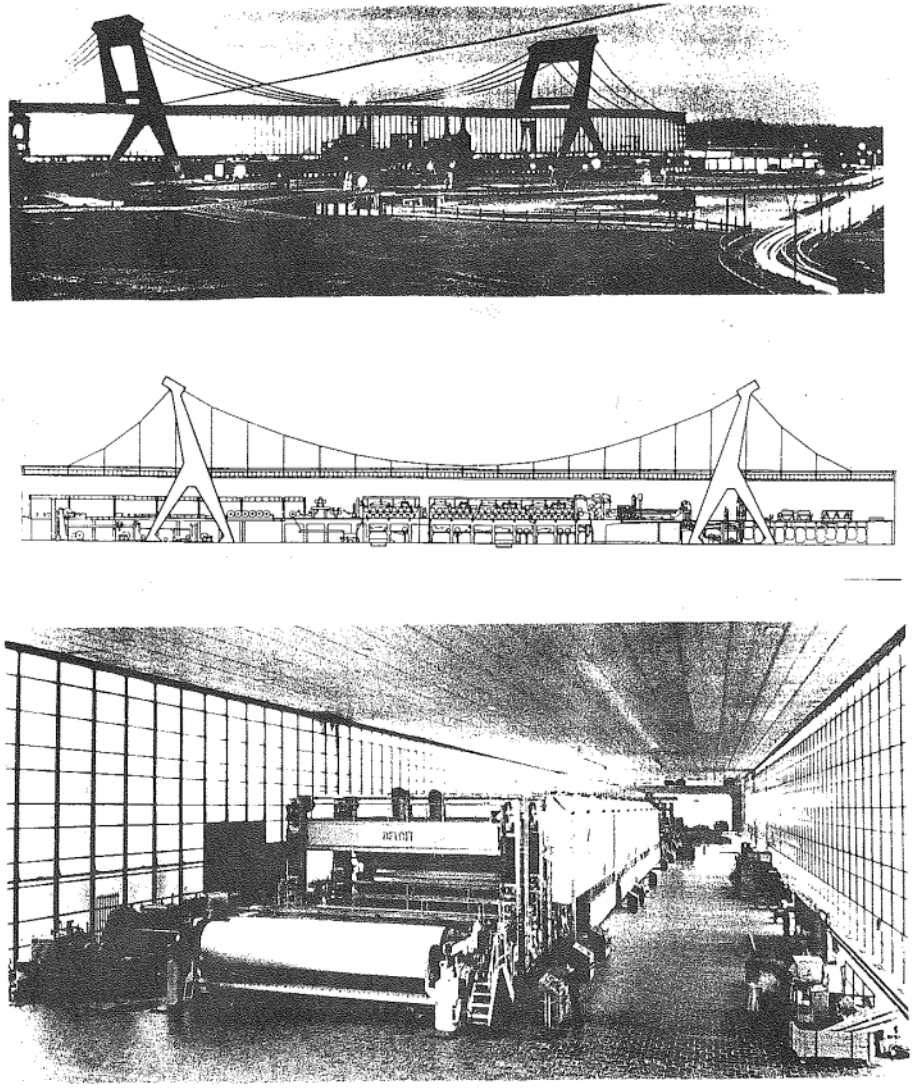


Obr. 17.34: Tiskárna v Laussane-Švýcarsko
Vnější pohled a interier budovy /27/

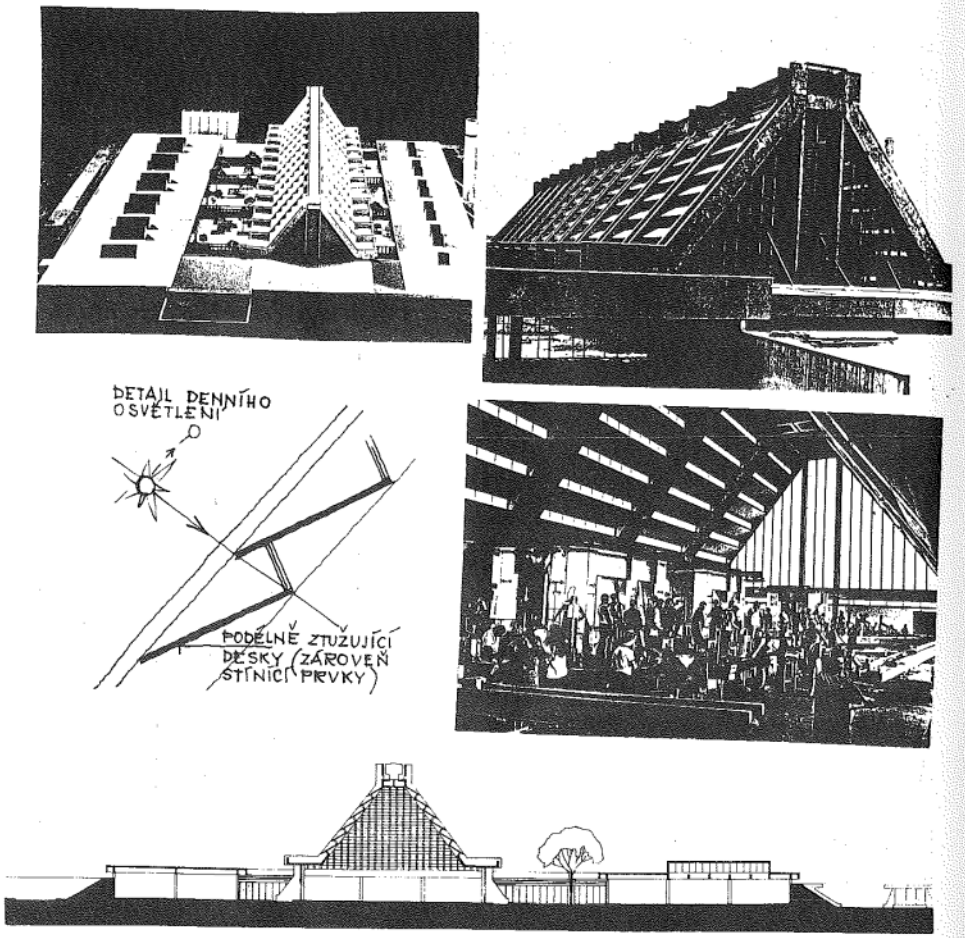


Obr. 17.35: Příklady světelné účinnosti vybraných typů horního osvětlení /61/

Příklad bočního bilaterálního osvětlení halové stavby je na obr. 17.36.. Budova továrny na papír je dlouhá 250 m a široká 30 m.



Obr. 17.36: Továrna na papír, Mantova - Italie, architekt P.L.Nervi - Celkový pohled, řez a interier /27/



Obr. 17.37: Sklárna v Ambergu - Německo, architekt W.Gropius a A.Svijanovič /27/

Velmi neobvyklé tvarové řešení haly se sklářskými pecemi vyplynulo z požadavku na vytvoření přijatelných podmínek vnitřního prostředí (velmi horký provoz) pouze přirozeným větráním. Zároveň je navržen účinný systém denního osvětlení. Hala, o rozměrech ~ 20 x 70 x 20 m je podélnou osou orientována ve směru jih sever. Čela budovy jsou plně prosklena. Šikmé osvětlovací pásy v rovině střechy jsou stíněny ztužujícími deskami a zcela vylučují oslunění z východní a západní strany. Zároveň umožňují příčné větrání.

17.6.2. České normy

Pro navrhování a posuzování denního osvětlení vnitřních prostorů průmyslových budov platí ČSN 73 0580-4 „Denní osvětlení průmyslových budov" z roku 1994. Ustanovením § 3 zákona č. 142/1991 Sb. o československých technických normách ve znění zákona č. 632/1992 Sb. jsou o 1.1.1997 některá ustanovené této normy závazná.

Příklady požadavků na úroveň denního osvětlení různých činností případně prostorů, které se vyskytují v průmyslových stavbách jsou uvedeny v tabulce 17.14.

Tabulka 17.4. *Příklady požadavků na úroveň denního osvětlení / 11 /*

Druh vnitřního prostoru nebo činnosti	Třída zrakové činnosti	Hodnota činitele denní osvětlenosti v %	
		minimální e_{min} (D_{min})	průměrná e_m (D_m)
1 Komunikace	VII	0,25	1
pěší komunikace	VI	0,5	2
pěší komunikace s přístupem veřejnosti	VII	0,25	1
doprava materiálů a osob			
2 Prostory pro zaměstnance	VI	0,5	2
šatny, hygienická zařízení, umývárny, sprchy, WC	V	1	3
jídelny, bufety, občerstvení	V	1	3
oddechové a rekreační místnosti, čekárny	V	1	3
prostory pro nápravní a kompenzační cvičení	IV	1,5	5
ošetřovny, vyšetřovny			
3 Kancelářské a obdobné činnosti	IV	1,5	5
čtení, psaní ruční i strojem	IV	1,5	5
práce s počítači	III	2	6
kreslení, technické kreslení	IV	1,5	5
porady, schůze, konference	IV	1,5	5
recepce, informace	IV	1,5	5
práce s telefony, faxy	IV	1,5	5
velíny, dozorny	IV	1,5	5
rozmnožování tiskovin			
4 Manipulace s materiálem	VII	0,25	1
hrubým (uhlí, sypké materiály atd.)	VI	0,5	2
středním (palety, řezivo, láhve atd.)	V	1	3
náročným (textil, obuv atd.)	IV	1,5	5
velmi náročným (expedice, balení atd.)			
5 Třídění materiálů a výrobků	V	1	3
hrubé (zelenina, ovoce, řezivo atd.)	IV	1,5	5
střední (maso, láhve atd.)	III	2	6
jemné (kožešiny, dlaždice, sklo, kůže, textilní suroviny)			
6 Kontrola	V	1	3
hrubá (pneumatiky, kontrola činnosti strojů atd.)	IV	1,5	5
střední (potraviny, odlitky)	III	2	6
jemná (textil, kovovýroba, povrchové úpravy atd.)	II	2,5	7
velmi jemná (elektronika)			
7 Laboratoře	IV	1,5	5
běžné středně náročné práce	III	2	6
jemné práce			
8 Měření	V	1	3
hrubé (tolerance větší než 1mm)	IV	1,5	5
střední (střední stupnice měřících přístrojů)	III	2	6
jemné (jemné stupnice měřících přístrojů)			

9 Tváření a lití			
hrubé (lisování ovoce, tabáku, cihel, briket, zápustkové a ruční kování, lití kovů pod tlakem, lití feroslitin, válcování plechů a pásů za tepla, válcování trub, tažení středního drátu)	V	1	3
střední (lisování, ražení, protlačování, děrování, ohýbání, tažení jemného drátu, válcování jemných plechů a pásů za studena)	IV	1,5	5
jemné (jemné tváření drobných předmětů)	III	2	6
10 Obrábění a dělení materiálů			
hrubé (řezání prefabrikátů, kamene, skla, dřeva)	V	1	3
střední (střední strojní obrábění a řezání, pilování, porcování masa)	IV	1,5	5
jemné (jemné strojní obrábění, práce v nástrojárnách, přesná kusová výroba, rytí do kamene, ořezávání knih, řezání papíru, dýh, stříhání, řezání a vysekávání dílců z textilií a kůže)	III	2	6
velmi jemné (rytí v polygrafii)	II	2,5	7
11 Montáž			
hrubá (hrubé zámečnické a instalatérské práce)	V	1	3
střední (střední zámečnické práce, opravy automobilů, montáž nábytku)	IV	1,5	5
jemná (jemné zámečnické práce, práce sazeče, montáž při výrobě zářivek a elektronek)	III	2	6
velmi jemná (jemné klenotnické a hodinářské práce, navíjení cívek v elektrotechnice, velmi jemné zámečnické práce)	II	2,5	7
mimořádně jemné klenotnické a hodinářské práce, montáž měřících přístrojů)	I	3	10
12 Svařování a pájení			
nenáročné (svařování plamenem, pájení natvrdo)	V	1	3
běžné (svařování elektrickým obloukem, odporové svařování, svařování plamenem, pájení měkkou pájkou)	IV	1,5	5
náročné (jemné pájení v elektronice)	III	2	6
13 Nýtování			
hrubé (nýtování ocelových konstrukcí)	V	1	3
jemné (nýtování bradnářských a galanterních výrobků, drobných kovových výrobků)	IV	1,5	5
14 Šití a sešívání			
hrubší (sešívání bradnářských a sedlářských výrobků, pytlů)	IV	1,5	5
jemné (konfekce a textilní výrobky, šití a sešívání knih, sešívání kožešnické konfekce, sešívání kožešin)	III	2	6
15 Výroba tkanin a textilu			
střední práce (praní, žehlení, barvení, předení silných vláken z juty a konopí)	IV	1,5	5
jemné práce (předení jemných vláken a přízí, pletení, tkaní, ruční tisk)	III	2	6
16 Povrchové úpravy			
hrubé (odmašťování, pokovování, máčení, dýhování, vypalování, hrubé stříkání, leptání skla, povrchová úprava prefabrikátů, odkorování kulatiny)	V	1	3
střední (natírání štětcem, stříkání, broušení, hrubé smaltování, tmelení)	IV	1,5	5
jemné (dokončování, jemné natírání a stříkání, lakování, leštění, jemné broušení, moření a tmelení dřeva, jemné smaltování)	III	2	6
velmi jemné (retušování, opravy povrchu dýh, pozlacování lístkovým zlatem)	II	2,5	7

Shrnutí

Vzhledem k velmi různorodé povaze výrobních procesů, k trvalým požadavkům na realizaci progresivních technologických změn i k potřebě rozšiřování provozu nelze uvádět všeobecně platná doporučení. Pokud možno optimální řešení by mělo být výsledkem individuálního posouzení a spolupráce technologa, výroby, konstruktéra, architekta a světelného technika.

18. Světelně technický posudek

Výpočtové metody i měření denní osvětlenosti slouží k určení distribuce (rozložení) světla na srovnávací rovině v interiéru budovy a tím k posouzení světelné pohody, případně vhodnosti navrženého osvětlovacího systému budovy.

18.1. Podklady pro zpracování světelně technického posudku

Světelně technický posudek se zpracovává na základě úplné projektové dokumentace, případně údajů o záměrech projektanta.

1) Průvodní zpráva, která obsahuje
   - místo výstavby a funkci investičního celku
   - výkres situace (1:500) se všemi náležitostmi - orientace ke světovým stranám, okolní zástavbu a její výškové relace, terénní úpravy, vzrostlou zeleň apod.
   - alespoň přibližnou charakteristiku povrchů (odrazové vlastnosti) zastiňujících budov a terénu (ρ_F,ρ_T)

2) Stavební výkresy
   - půdorysy a charakteristické řezy místnosti s kótami a popisem. Označení polohy a rozměru okenních otvorů. Měřítko 1:50, 1:100

3) Podrobnosti okenních otvorů:
   - členění okenních otvorů - výkres 1:2 (5) - (τ_K)
   - údaje o zasklívacím materiálu (τ_S) a materiálu konstrukce okenních otvorů
   - popis, případně výkres regulačních zařízení pro clonění okenního otvoru (žaluzie, slunolamy, závěsy apod.)

4) Specifikace interiérů
   - funkce (pro určení požadavků na osvětlení)
   - zařízení interiéru (zejména předměty z technologického hlediska fixované na pevné místo)
   - popis vnitřních povrchů - materiály, barvy (ρ)
   - zakreslení pracovních míst do půdorysu místnosti

18.2. Metody výpočtu

Zvolené výpočetní metody činitele denní osvětlenosti (jeho jednotlivých složek) musí respektovat základní ustanovení ČSN 73 0580 "Denní osvětlení budov" Musí umožnit zavedení následujících vlivů do výpočtu:

a) gradaci jasu rovnoměrně zatažené oblohy za předpokladu tmavého ($\rho_T = 0,05 \div 0,2$), případně zasněženého ($\rho_T = 0,5 \div 0,85$) terénu

b) všechny druhy světelných ztrát (prostupem světla sklem, zašpiněním povrchů, konstrukcí okna, zařízením interiéru, zařízením pro regulaci přímého slunečního záření).
c) stínění venkovními překážkami
d) odraz světla od venkovních povrchů
e) odraz světla od povrchů v interiéru

18.2.1. Pomůcky

Pro výpočet činitele denní osvětlenosti, jeho oblohové a vnější odražené složky (D_S, D_e) lze použít graficko početní metody Daniljukovy diagramy, Protraktory BRS, Waldramův diagram, případně jejich počítačové modifikace.

18.3. Postup zpracování posudku

1) Zařazení posuzovaného interiéru do světelně technické třídy a stanovení příslušných normativních kritérií (kvantitativních i kvalitativních)

2) Stanovení základních parametrů pro výpočet
   - úhel zastínění okolní zástavbou Z [°]
   - průměrný činitel odrazu vnitřních povrchů ρ_m [–] (včetně zařízení interiéru)
   - výpočet efektivní plochy zasklení W [m^2]
   - poměr efektivní plochy zasklení k celkové ploše odrážejících povrchů interiéru W/S [–]

3) Zvolení sítě bodů na srovnávací rovině pro výpočet hodnot činitele denní osvětlenosti. Zanesení do výkresové dokumentace.

4) Vlastní výpočet činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech zvolené sítě
   - výpočet souhrnných světelných ztrát
   - výpočet D_s, D_e, D_i
   - výpočet činitele rovnoměrnosti osvětlení
   - posouzení všech kvalitativních kritérií

5) Zakreslení průběhu osvětlenosti v charakteristických řezech posuzovaného interiéru a vynesení křivek stejné osvětlenosti (izočar) do půdorysu interiéru

6) Porovnání vypočtených hodnot s normovými kvantitativními a kvalitativními kritérii. Komplexní posouzení posuzovaného prostoru včetně návrhů na případné změny umožňující zlepšení nevyhovujícího světelného stavu.

19. Literarura

[1] ČSN 36 0008 Oslnění, jeho hodnocení a zábrana
[2] ČSN 360000 Světelně technické názvosloví
[3] ČSN 360010 Měření světla
[4] ČSN 360011-1 Měření osvětlení vnitřních prostorů, 1996
[5] ČSN 360011-2 Měření denního osvětlení vnitřních prostorů, 1996
[6] ČSN 730540 Tepelná ochrana budov (1994)
[7] ČSN 730548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů, 1986
[8] ČSN 730580-1 Denní osvětlení budov, 1987
[9] ČSN 730580-2 Denní osvětlení obytných budov, 1992
[10] ČSN 730580-3 Denní osvětlení škol, 1994
[11] ČSN 730580-4 Denní osvětlení průmyslových budov, 1994
[12] ČSN 734301 Obytné budovy, 1989
[13] Architekt 5/1998
[14] Barral, X: The early middle ages, Benedikt Taschen, Köln 1997
[15] Benešová, M: Česká architektura v proměnách dvou staletí, SNP Praha 1984
[16] Benevolo, L: Histiry of Modern Architecture, M.I.T. Press Cambridge – USA 1977
[17] Bystřický V, Kaňka, J: Osvětlení, ČVUT Praha 1997
[18] Cast – Iron Architecture in New York 1974
[19] Denné osvetlenie miestností bytov, Směrnice pro projektování, RATIO s.p. Bratislava 1992
[20] Denní a sdružené osvětlení ve školách, Ředitelství školské výstavby v Praze, Praha 1976
[21] Evans, B. E: Daylight in architecture, Mc Graw-Hill, Inc. New York 1981
[22] Evans,M: Hausing Climate and Comfort, The Architecture Press Limited, London 1980
[23] Fanelli, G: Filippo Brunelleschi, Scale instituto fotografico editoriale, Firenze 1985
[24] Fletcher, B: A History of Architecture, University of London, 1975
[25] Friemert, Ch: Die gläserne arche, Veb verlag der kunst , Dresden 1984
[26] Giedeon, S: Architecture and the Phenomena of Transition, Harvard 1967
[27] Grube, O,W: Industrial Buildibgs and Factories, Prager Publishers, New York 1971
[28] Habel, J a kol: Světelná technika a osvětlení, FCC Public 1995
[29] Handbook of Sports and Recreational Building Design, volume 2, The Architectural Press Ltd London 1981
[30] Hannauer, K: Osvětlení výstavních pavilónů přirozeným světlem
[31] Hlavsa,V. Vančura, J: Malá Strana, menší město Pražské, SNTL Ptaha 1983
[32] Jesle a mateřské školky, katalog opakovaných a vzorových projektů, Ministerstvo výstavby a techniky ČSR, STÚ Praha 1975
[33] Jodidio, P: New Forms, Benedikt Taschen Verlag GmbH, Köln 1997
[34] Kaňka, J: Použití Waldramova diagramu při stanovení činitele denní osvětlenosti, Stavební obzor 1993/6
[35] Kaňka,J. Kulhánek, Fr: Stavební fyzika, ČVUT Praha 1998
[36] Kaňka, J. Pelech, M: Program pro výpočet činitele denní osvětlenosti WAL 1.1, Projektování a výstavba 1-2/1995
[37] Kittler, R, Mikler, J: Základy využívania slnečného žiarenia, VEDA Bratislava 1986
[38] Kittler, R. Kittlerová, L: Návrh a hodnotenie denného osvetlenia, Alfa Bratislava 1975

[39] Kittler, R: Slnko a svetlo v architektúre, Polygrafické závody n.p. Bratislava 1956
[40] Kleissner, J: Směrnice pro navrhování obytných budov z hlediska stavební světelné techniky, VÚPS Praha 1971
[41] Krtilová, A. Matoušek, J. Monzer, L: Světlo a osvětlování, Avicenum Praha 1981
[42] Květ, J. Menzl, V: Praha románská, Pražské nakladatelství V. Poláčka 1948
[43] Le Corbusier and Piere Jeanneret, Verlag Dr.H.Girsbergn, Zürich 1930
[44] Měření denního a umělého osvětlení, Sborník z kurzu osvětlovací techniky XI. ČSO Ostrava 1995
[45] Neufert E: Navrhování staveb, Praha 1995
[46] Polášek J a kol: Technický sborník oční optiky, SNTL Praha 1974
[47] Provazník K, Komárek L, Havránek J: Manuál prevence v lékařské praxi – prevence nepříznivého působení vlivů obytného prostředí na zdraví, SZÚ – Fortuna Praha 1996
[48] Puškáš, J. Gašparovičová, V. Tomašovič, P: Denné osvetlenie, SVŠT Bratislava 1984
[49] Puškáš, J: Denné osvetlenie a insolácia in Halahyja, M a kol: Stavebná tepelná technika, akustika a osvetlenie, Alfa Bratislava 1985
[50] Puškáš, J: Slnko v urbanizme a architektúre, Alfa Bratislava 1992
[51] Report A23/109401 Information für architektur und bauwesen, Mannesmännröhrer – werke AGD45466 Mülheim an der ruhr
[52] Roccati,A: Karnak and Luxor, London W 1P 3HD
[53] Rojík a kol: Rekonstrukce, regenerace panelových budov, zpráva pro MHPR, ČVUT Praha 1991
[54] Rybár: Štandardná metodika meranie osvetlenia – návrh, ŠZÚ Bratislava 1996
[55] Smith,E.B: Egyptian Architecture as cultural Expession, American life faundation, 1968
[56] Standardní metodika pro měření a hodnocení osvětlení vnitřních prostorů, AHEM č. 7/75
[57] Stierlin, H: The Roman Empire, Benedikt Taschen, Köln 1996
[58] Sunlight and Daylight, Planning Criteria and Design of Buildings, Her Majesty´s Stationery Office, London 1971
[59] Svoboda, J. Lukeš,Z. Havlová,E: Praha 1891 – 1918, Nakladatelství Libri Praha 1997
[60] Syrový, B a kol: Architektura, svědectví dob, SNTL Praha 1974
[61] Tageslicht, Beitrage zur theorie und praxis der natürlichen raumbeleuchtung, Schweizerischen technischen zeitschrift 38/39 – 1960
[62] Twarowski, M: Slonce v architekturze, Arkady, Warszawa 1970
[63] Weiglová, J. Kaňka, J: Denní osvětlení a oslunění budov, ČVUT Praha 1994
[64] Wigginton, M: Glas in architecture, Phaidon Press Limited, London 1996
[65] Architectural Record 10/1988

Obsah

1. Slunce a jeho záření 5
1.1. Slunce primární zdroj energie 5
1.2. Fyzikální charakteristika slunečního záření 7
1.3. Sluneční záření a jeho fyziologický a hygienický význam 7
1.4. Slunce a životní prostředí člověka 8

2. Slunce (světlo) – prostor – člověk 9
2.1. Slunce – prostor - člověk v příkladech z historie 9
2.1.1. Egyptská architektura 9
2.1.2. Řecká architektura 11
2.1.3. Římská architektura 12
2.1.4. Středověká architektura 17
2.1.5. Renesanční architektura 19
2.1.6. Barokní architektura 20
2.1.7. Architektura 19. a 20. století 21

3. Základy sférické astronomie 25
3.1. Horizontové souřadnice 25
3.2. Rovníkové souřadnice 26
3.3. Časová rovnice 27
3.4. Výpočet azimutu a výšky slunce 28

4. Grafické způsoby znázornění slunečních drah 29
4.1. Pravoúhlý sluneční diagram 29
4.2. Polární diagramy 30
4.2.1. Ortografický diagram 31
4.2.2. Stereografický diagram 32
4.2.3. Kotangensový diagram 32
4.2.4. Ekvidistantní diagram 34
4.3. Diagram zastínění 34

5. Grafické řešení úloh insolace obytných budov 35
5.1. Podklady pro posuzování 35
5.2. Řešení insolace pomocí diagramu zastínění 36
5.3. Příklad návrhu a posouzení odstupové vzdálenosti 37

6. Význam insolace v urbanismu 39
6.1. Význam slunečního záření pro tvorbu prostředí 39
6.2. Insolace 39
6.3. Orientace budov a doba oslunění 41
6.4. Tvar budov 45

7. Kontrola slunečního záření – sluneční clony 46
7.1. Obecně 46
7.2. Návrh způsobu kontroly sluneční radiace 47
7.3. Orientace budovy 48
7.4. Redukce zasklených ploch 48
7.5. Speciální druhy skel 48
7.6. Naklonění zasklené plochy 50
7.7. Sluneční clony 51

8. Metodika vypracování projektové studie nebo posudku proslunění budov 58

9. Denní světlo a osvětlení 60
9.1. Zrakové vnímání 60
9.2. Faktory ovlivňující světelný stav vnitřního prostředí 62
9.3. Analýza jednotlivých faktorů 62
9.3.1. Urbanistické řešení zástavby 62
9.3.2. Konstrukční systém budovy a její architektonické řešení 63
9.3.3. Obvodový plášť budovy 65
9.3.4. Funkce budovy a způsob využití jednotlivých prostorů 67

10. Fyziologie vidění 67
10.1. Stavba oka 68
10.2. Funkce sítnice 68
10.3. Akomodace 68
10.4. Vady zraku související s akomodací 69
10.5. Adaptace 70
10.6. Fototropický reflex 71
10.7. Rychlost vnímání 71
10.8. Zorné pole 71
10.9. Rozlišovací schopnost zraku 72
10.10. Oslnění 74
10.11. Spektrální citlivost zraku 74

11. Základy fotometrie 75

12. Kritéria a limity denní osvětlenosti 79
12.1. Činitel denní osvětlenosti a výpočtové modely oblohy 80
12.1.1. Zimní zatažená obloha při tmavém terénu 81
12.1.2. Zimní zatažená obloha při zasněženém terénu 82
12.2. Požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti 83
12.3. Kvalitativní kritéria denního osvětlení 84
12.3.1. Rovnoměrnost denního osvětlení 84
12.3.2. Rozložení světelného toku 85
12.3.3. Rozložení jasu ploch v zorném poli 85
12.3.4. Zábrana oslnění 86
12.3.5. Barevné řešení ploch 86

13. Metody stanovení činitele denní osvětlenosti 86
13.1. Světelně technické vlastnosti stínících překážek 87
13.2. Světelně technické vlastnosti osvětlovacích otvorů 88
13.3. Světelně technické vlastnosti vnitřních prostorů 90
13.4. Výpočet oblohové a vnější odražené složky činitele denní osvětlenosti 91
13.4.1. Početní metody 91
13.4.2. Daniljukovy úhlové sítě 91
13.4.3. Protraktory 94
13.4.4. Waldramův diagram 95
13.5. Výpočet vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti 97
13.5.1. Arndtův vztah 97
13.5.2. Metoda BRS 98

14. Měření osvětlení (napsal Ing. Jiří Slezák) 100
14.1. Měřicí přístroje 101
14.1.1. Luxmetry 101
14.1.2. Jasoměry 101
14.1.3. Speciální přístroje 103
14.2. Základní pravidla měření 103
14.2.1. Umístění fotonky luxmetru 103
14.2.2. Umístění jasoměru 103
14.2.3. Odečítání údaje přístroje 104
14.2.4. Měření v síti bodů 104
14.2.5. Měření na pracovištích 104
14.3. Měření denního osvětlení 104
14.4. Zápisy a protokoly 107
14.5. Akreditace 107

15. Osvětlovací systém 108
15.1. Boční osvětlovací systémy 108
15.1.1. Předběžný návrh účinnosti bočního osvětlovacího systému 111
15.1.2. Návrh velikosti osvětlovacího otvoru 112
15.1.3. Příklady účinnosti bočních osvětlovacích systémů 114
15.2. Horní osvětlovací systém 117
15.2.1. Příklady realizovaných řešení horního osvětlovacího systému 121
15.2.2. Předběžný návrh systému horního osvětlení 123

16. Normalizace v osvětlení 125
16.1. Vývoj normalizace 125
16.1.1. Vývoj normalizace u nás 126
16.1.2. Současný stav 127
16.2. Legislativa v oblasti norem 127
16.2.1. Závaznost norem 127

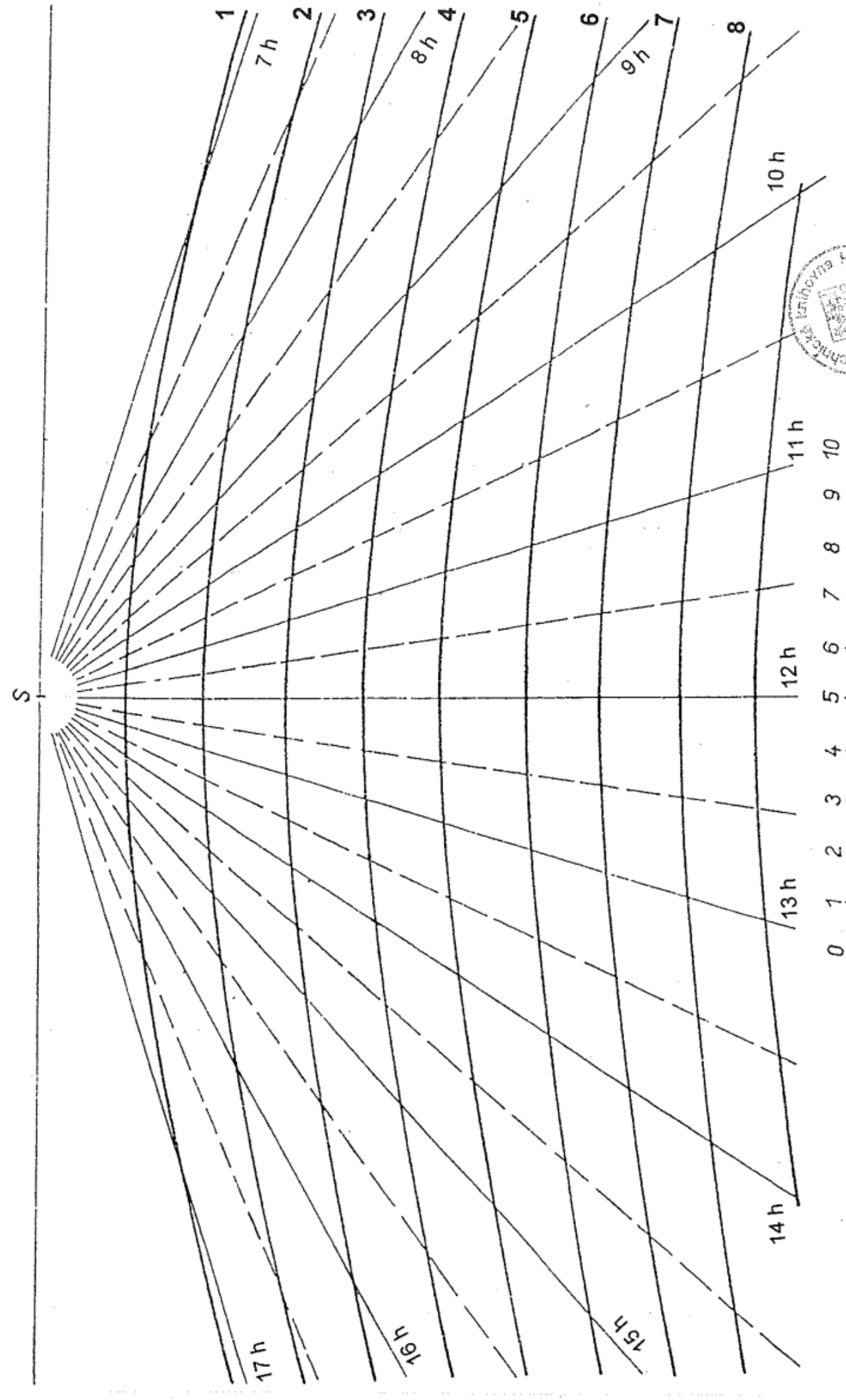
17. Specifické problémy denního osvětlení různých druhů staveb 129
17.1. Stavby bytové 129
17.1.1. Denní osvětlení obytných budov 129
17.1.2. Oslunění obytných budov 130
17.2. Školy 131
17.2.1. Předškolní zařízení 132
17.2.2. Školy základní 133
17.2.3. Školy střední 137
17.3. Výstavní prostory 138
17.3.1. Obecné požadavky 138
17.3.2. Osvětlení plochých exponátů 139
17.3.3. Osvětlení prostorových exponátů 141
17.3.4. Osvětlení zasklených vitrin 142
17.3.5. Osvětlení velkoplošných obrazů 142
17.3.6. Shrnutí 143
17.4. Sportovní haly 147
17.4.1. Boční osvětlení 148
17.4.2. Horní osvětlení 148

17.5. Zdravotnická zařízení 151
17.5.1. Lékařské ordinace 151
17.5.2. Nemocnice 152
17.6. Průmyslové stavby 156
17.6.1. Členění výrobních objektů 158
17.6.1.1. Vícepodlažní stavby 158
17.6.1.2. Halové stavby 158
17.6.2. České normy 163

18. Světelně technický posudek 165
18.1. Podklady pro zpracování 165
18.2. Metody výpočtu 165
18.2.1. Pomůcky 166
18.3. Postup zpracování posudku 166

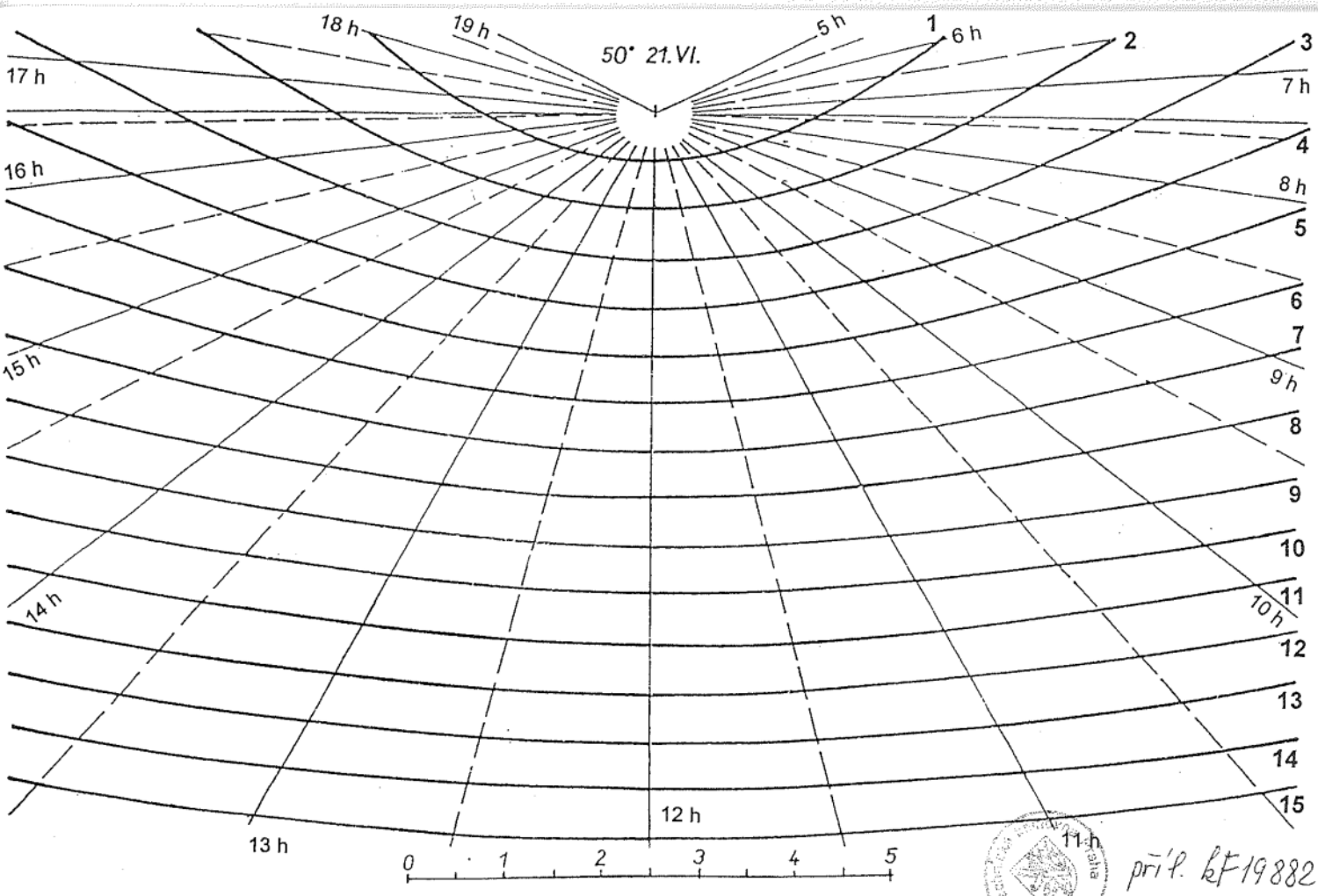
19. Literatura 167

20. Přílohy (na volných listech)
Příloha 1: Diagram zastínění pro 50° s.z.š a pro den 1. března
Příloha 2: Diagram zastínění pro 50° s.z.š a pro den 21. června
Příloha 3: Pravoúhlý sluneční diagram pro 50° s.z.š.
Příloha 4: Pravoúhlý doplňkový diagram vertikálně horizontálních překážek
Příloha 5: Stereografický diagram slunečních drah pro 50° s.z.š.
Příloha 6: Stereografický doplňkový diagram vertikálně horizontálních překážek
Příloha 7: Daniljukova úhlová síť pro řez
Příloha 8: Daniljukova úhlová síť pro půdorys
Příloha 9: Protraktor pro sklon osvětlovacího otvoru 45°
Příloha 10: Protraktor pro sklon osvětlovacího otvoru 60°
Příloha 11: Protraktor pro sklon osvětlovacího otvoru 75°
Příloha 12: Protraktor pro sklon osvětlovacího otvoru 90°
Příloha 13: Waldramův diagram upravený pro svislé dvojité zasklení čirým sklem a zimní zataženou oblohu CIE při tmavém terénu
Příloha 14: Nomogram pro určení $D_{i,min}$ pro svislé osvětlovací otvory minimální hodnota
Příloha 15: Nomogram pro určení $D_{i,m}$ pro svislé osvětlovací otvory průměrná hodnota
Příloha 16: Diagram pro určení $D_{i,m}$ pro horní osvětlení průměrná hodnota



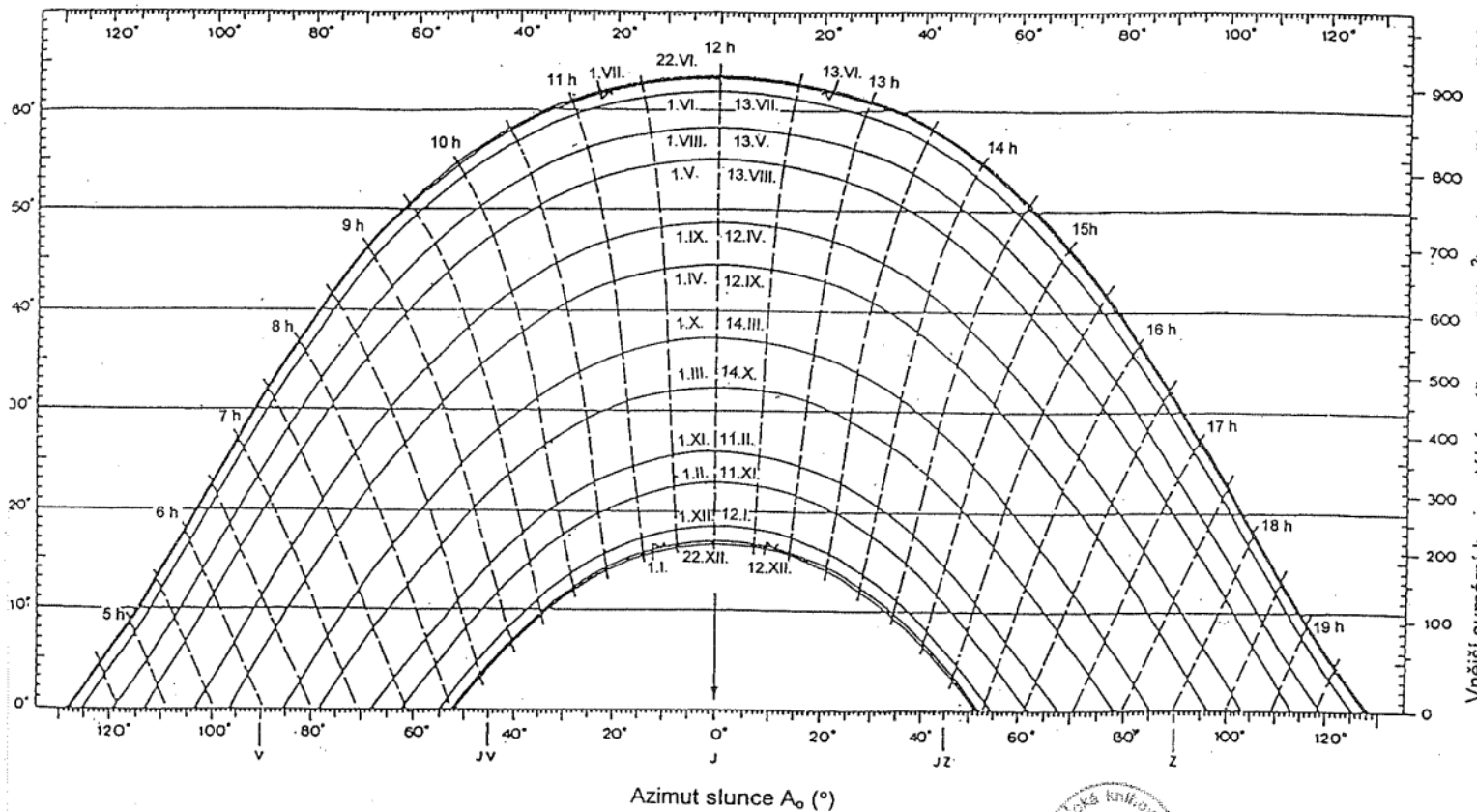
Příloha 1: Diagram zastínění pro 50° s.z.š a pro den 1. března

přír. BF19882



Příloha 2: Diagram zastínění pro 50° s.z.š a pro den 21. června

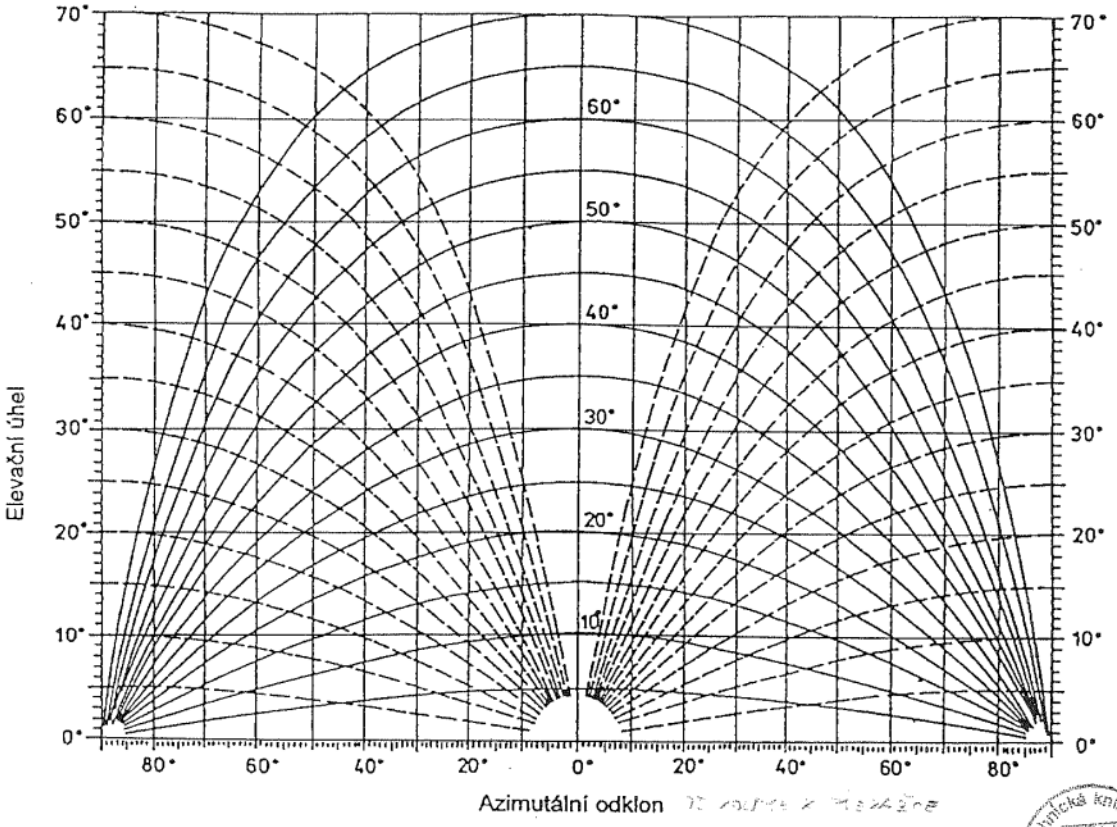
příl. bF 19882 f



Příloha 3: Pravoúhlý sluneční diagram pro 50° s.z.š.

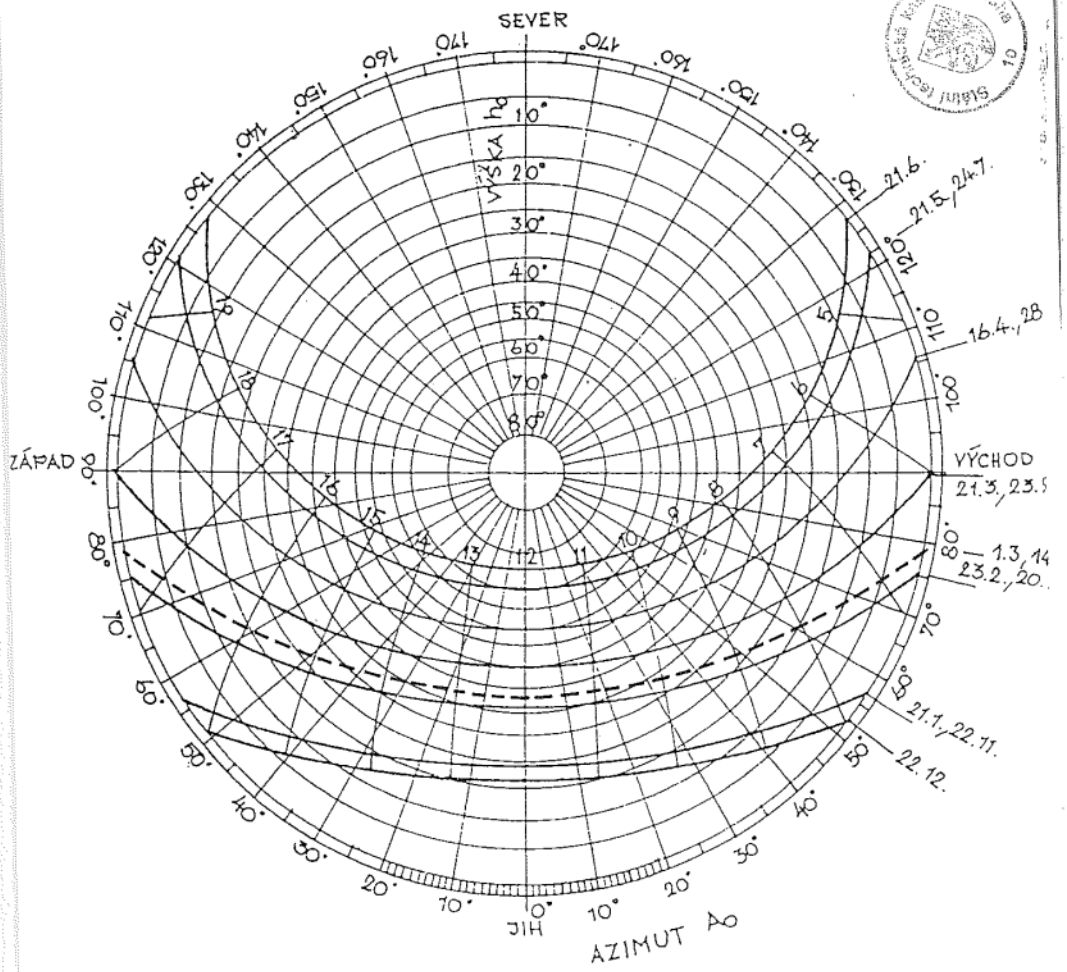
Státní technická knihovna Praha 10

příl. kF19882 f

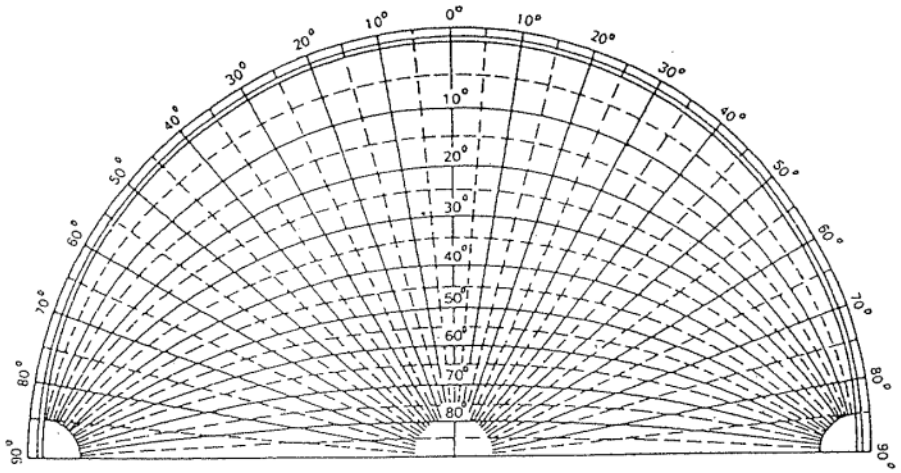


Příloha 4: Pravoúhlý doplňkový diagram vertikálně horizontálních překážek

Státní technická knihovna Praha 10
příl. kF 19882



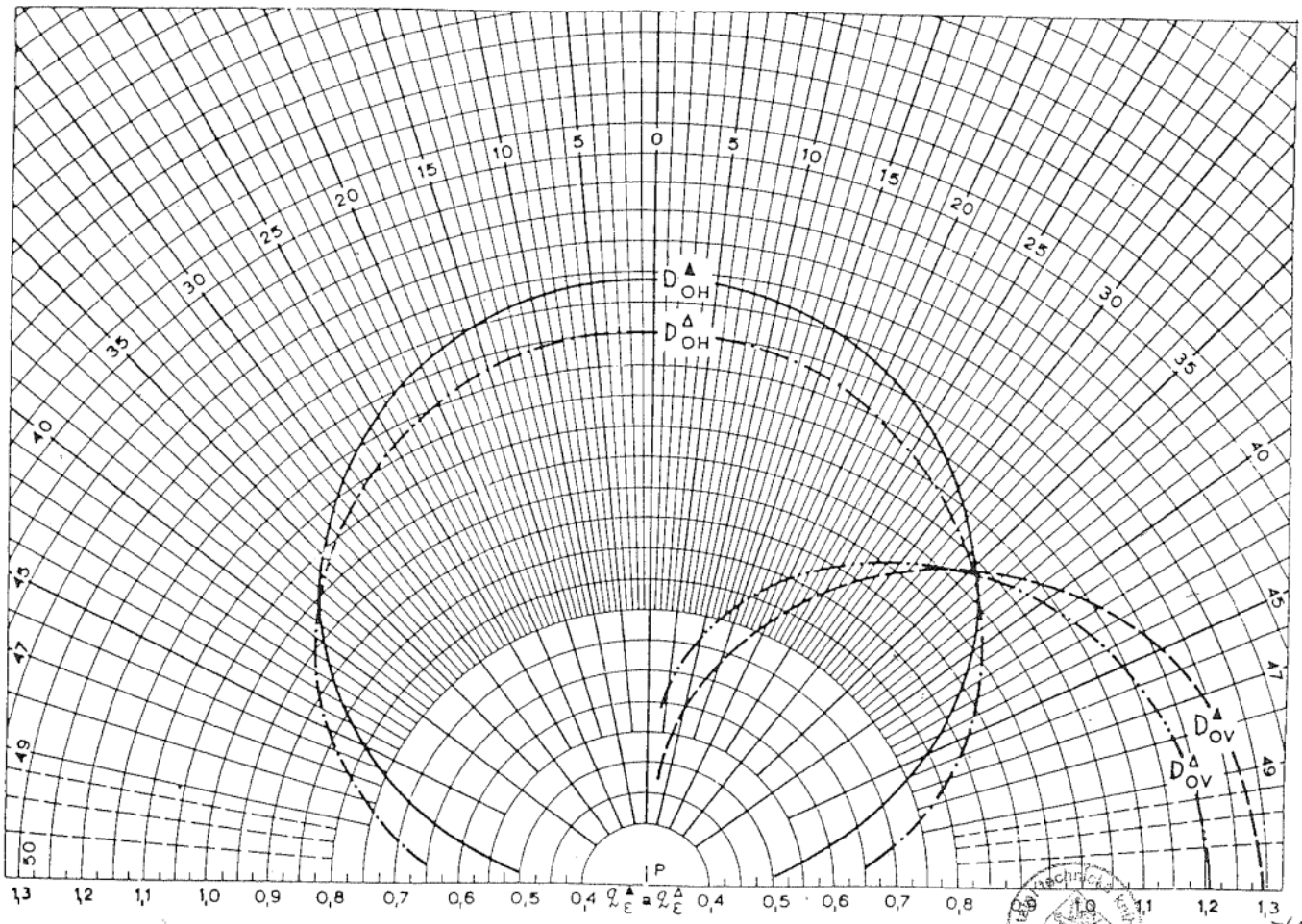
Příloha 5: Stereografický diagram slunečních drah pro 50° s.z.š.



Příloha 6: Stereografický doplňkový diagram vertikálně horizontálních překážek

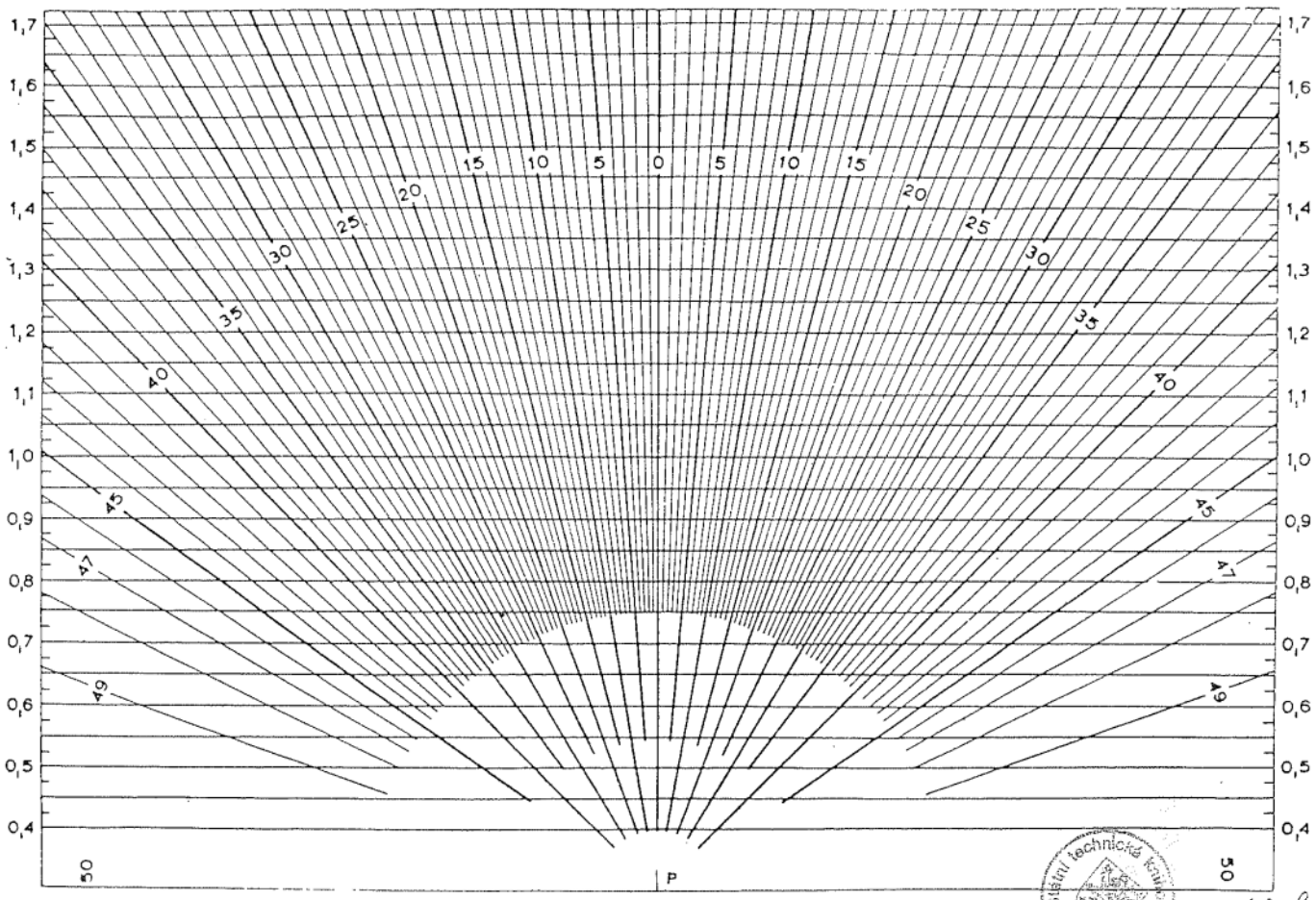
Státní technická knihovna Praha 01

příl. BF19882



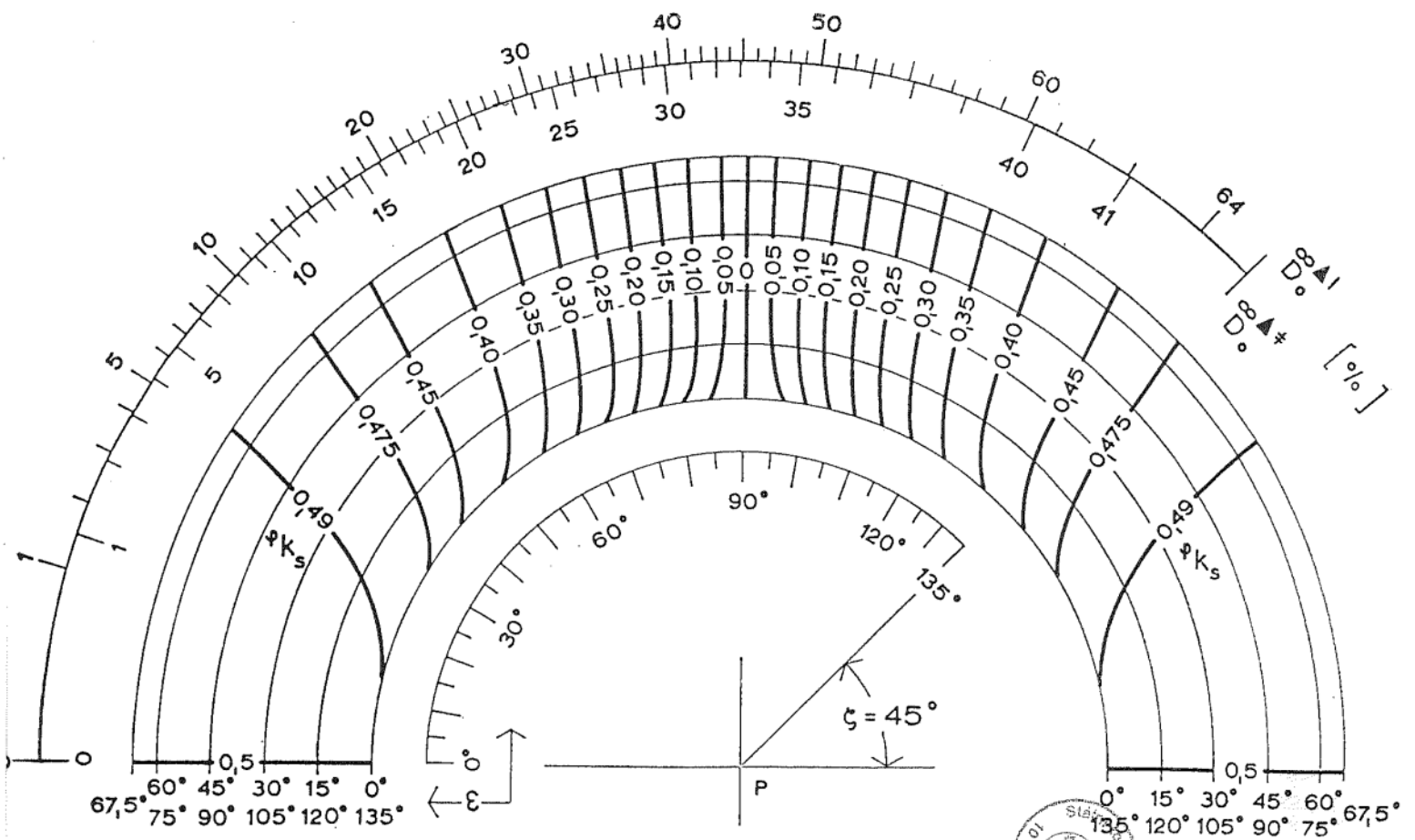
Příloha 7: Daniljukova úhlová síť pro řez

příl. k



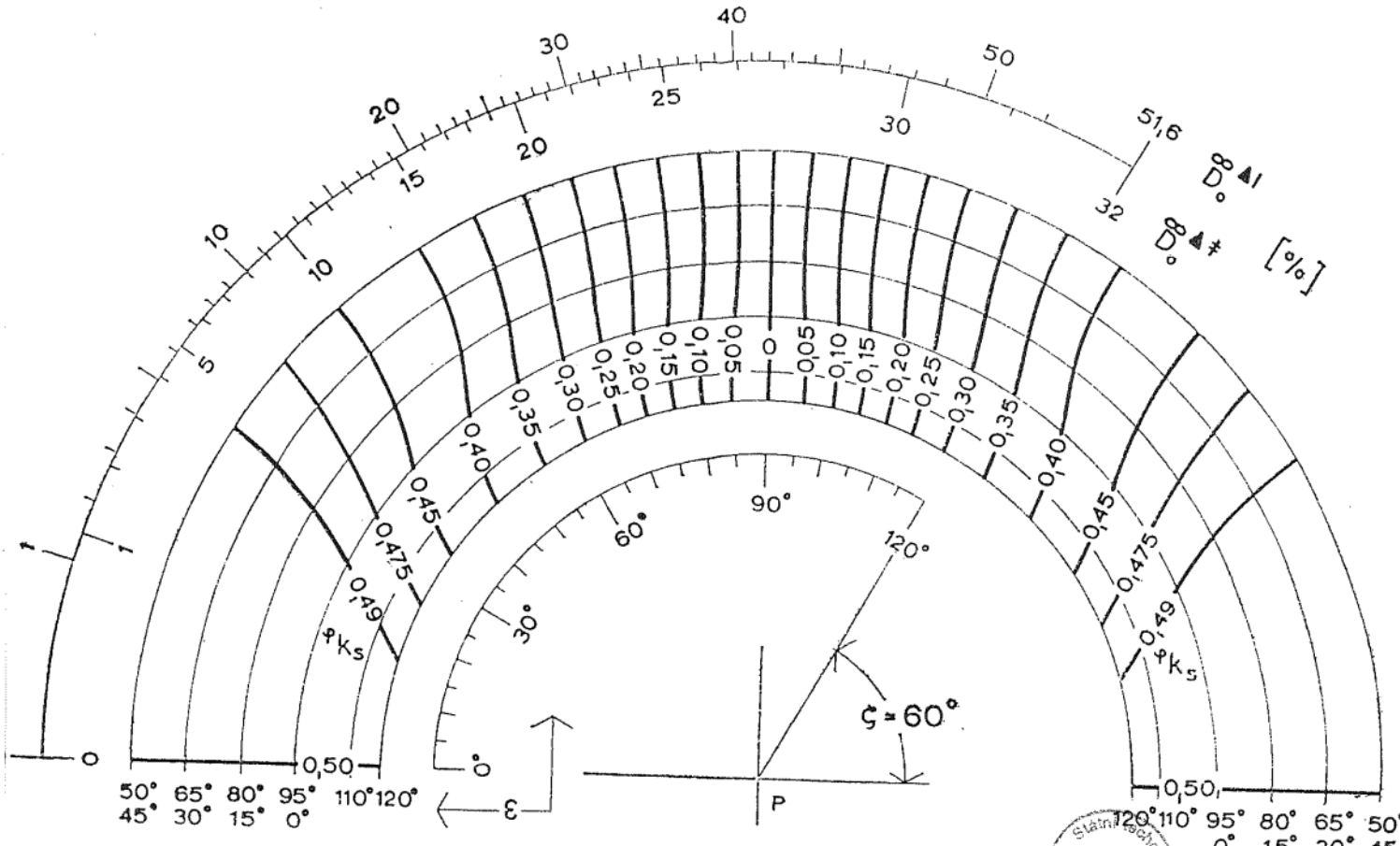
Příloha 8: Daniljukova úhlová síť pro půdorys

Státní technická knihovna v Praze
příl k F 19822



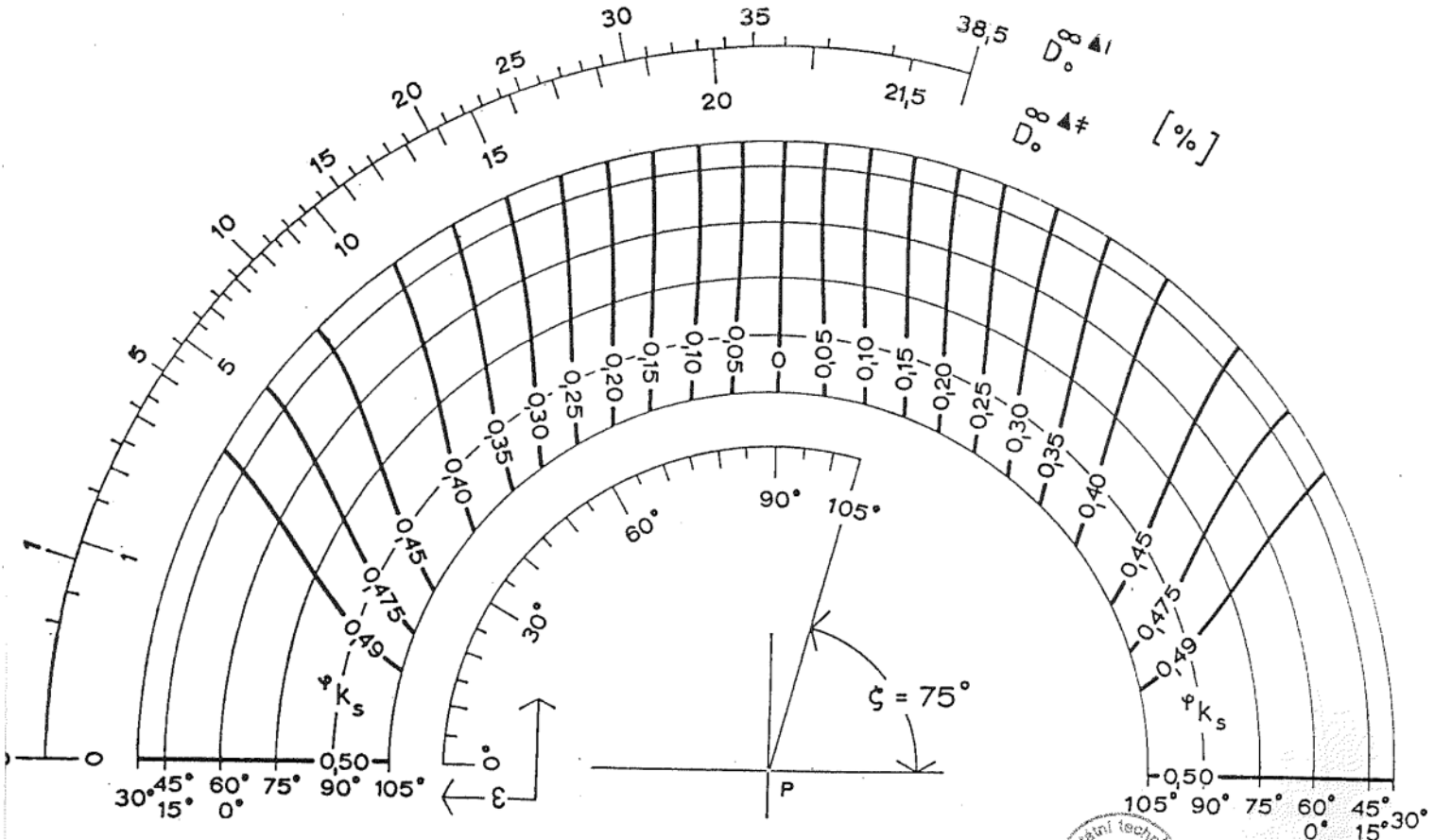
Příloha 9: Protraktor pro sklon osvětlovacího otvoru 45°

Stavební fakulta ČVUT v Praze
příl. k F 19882



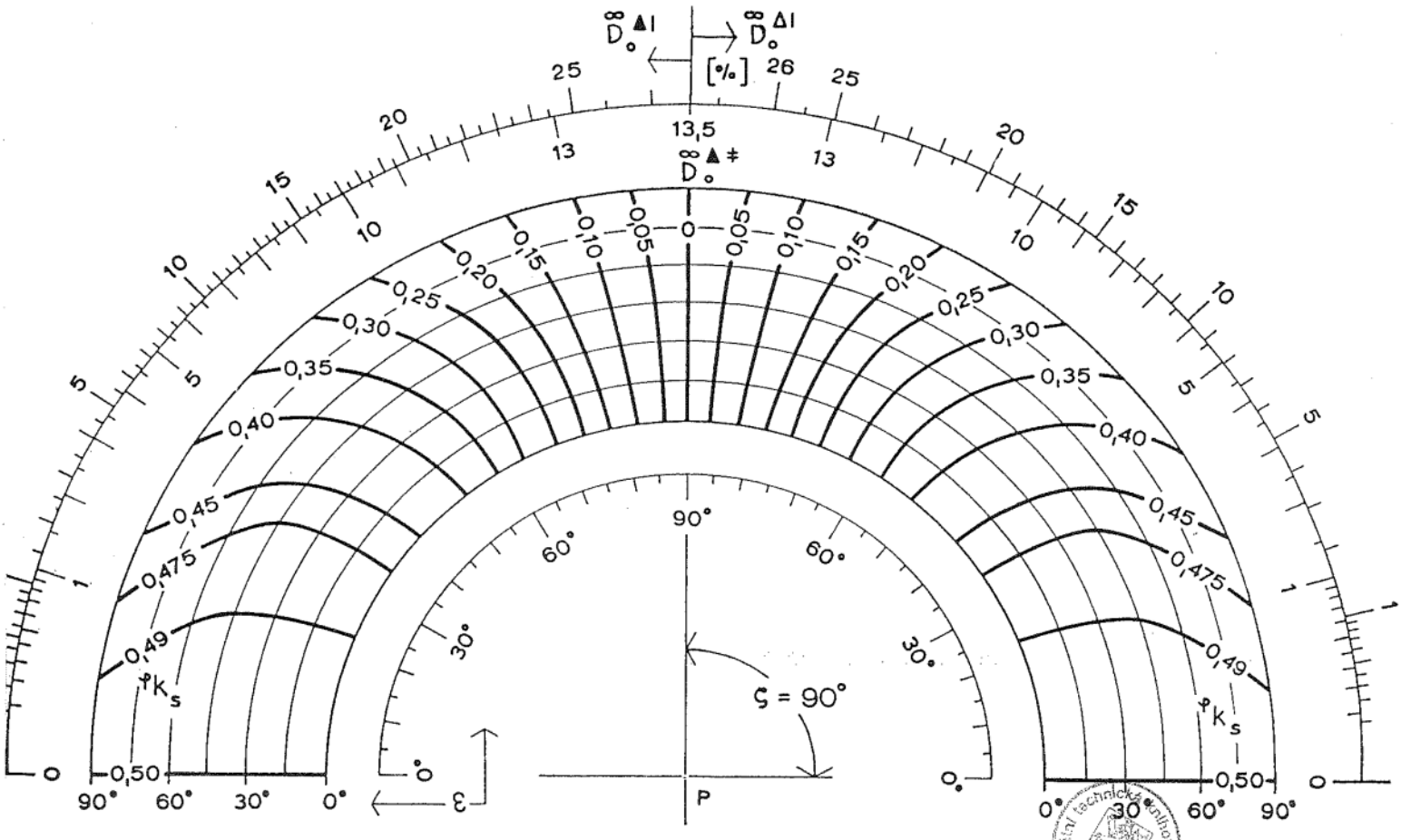
Příloha 10: Protraktor pro sklon osvětlovacího otvoru 60°

Státní technická knihovna
příl. k F 19882

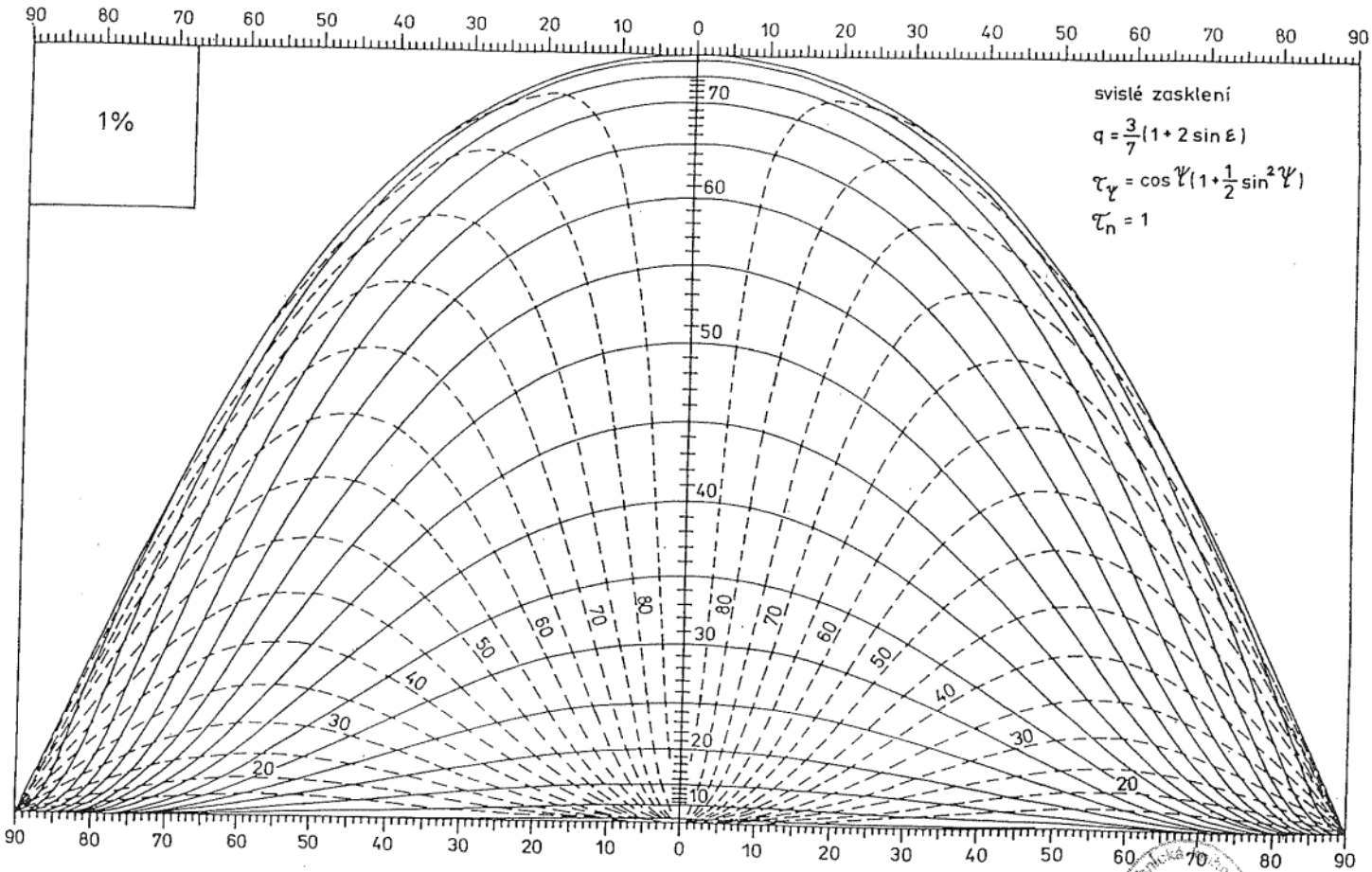


Příloha 11: Protraktor pro sklon osvětlovacího otvoru 75°

Státní technická knihovna
příl k F 19882

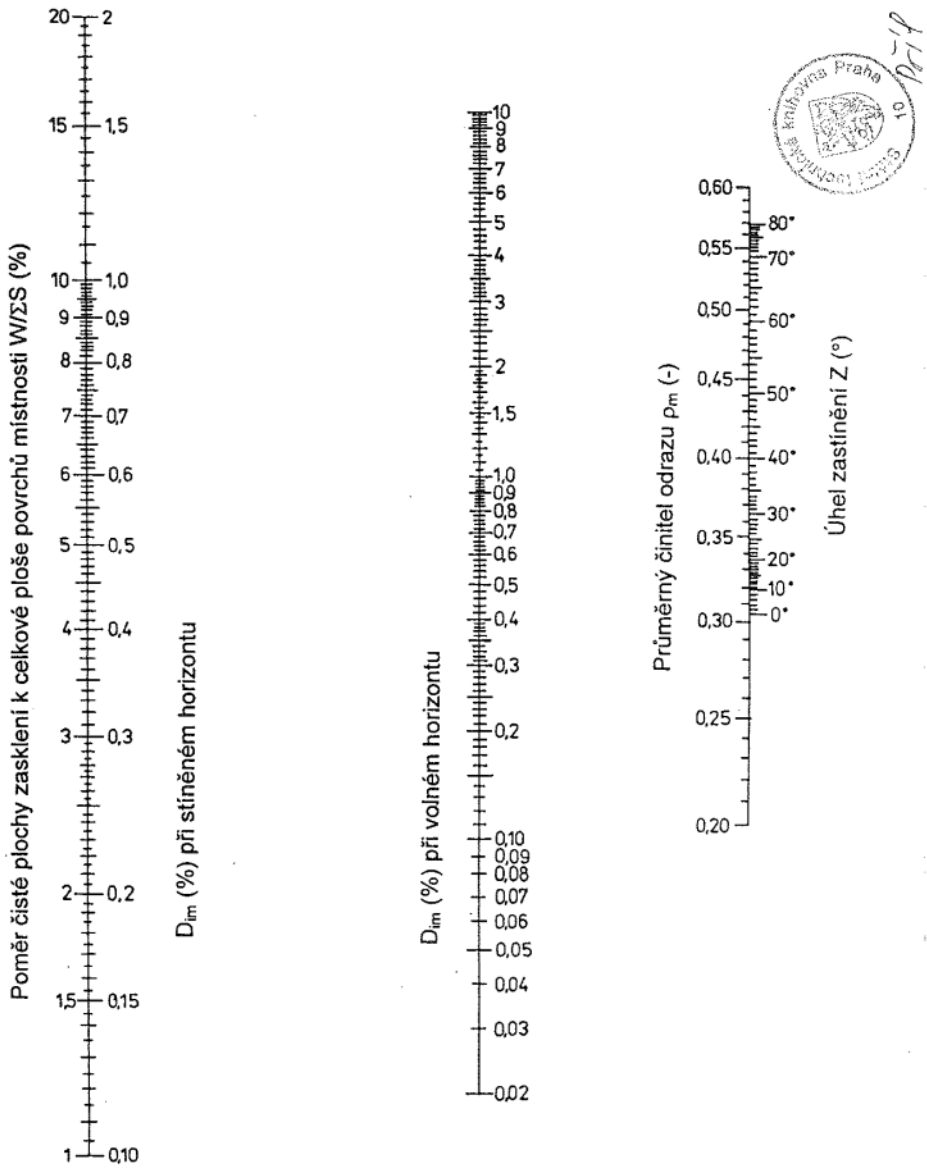


Příloha 12: Protraktor pro sklon osvětlovacího otvoru 90°

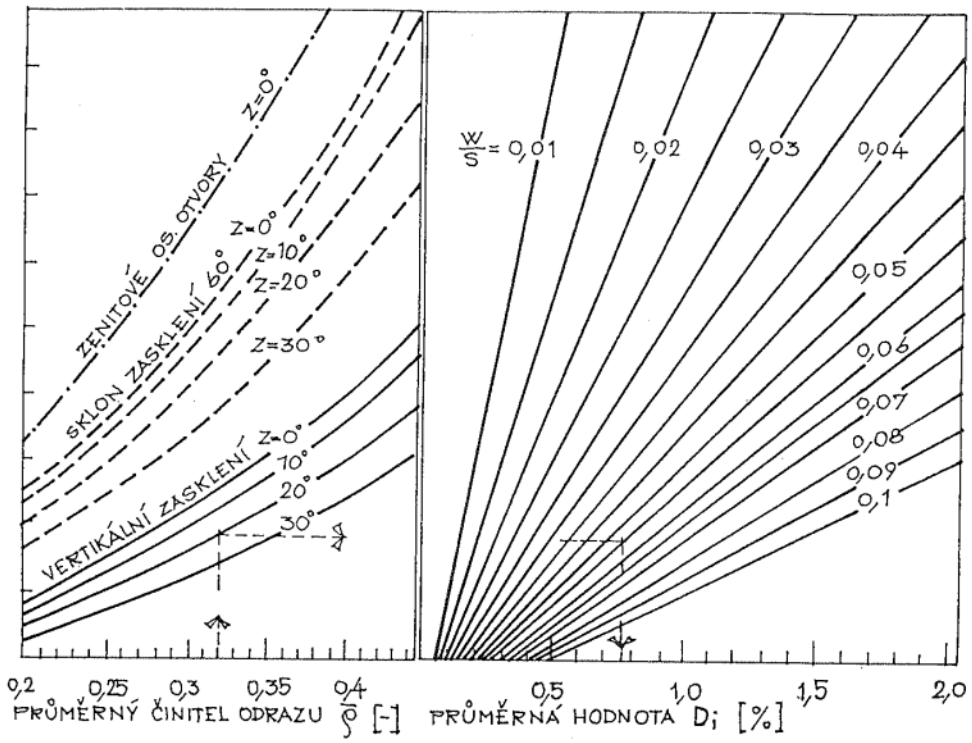


Příloha 13: Waldramův diagram upravený pro svislé dvojité zasklení čirým sklem a zimní zataženou oblohu CIE při tmavém terénu

Příloha 14: Nomogram pro určení $D_{i,min}$ pro svislé osvětlovací otvory minimální hodnota



Příloha 15: Nomogram pro určení $D_{i,m}$ pro svislé osvětlovací otvory průměrná hodnota



Příloha 16: Diagram pro určení $D_{i,m}$ pro horní osvětlení průměrná hodnota

Státní technická knihovna Praha 10
příl. 2
E 10222 2