

VĚDECKÉ SPISY VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V BRNĚ

*Edice Habilitační a inaugurační spisy, sv. 428*

*ISSN 1213-418X*

**Jitka Mohelníková**

# **DENNÍ OSVĚTLENÍ BUDOV**

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
Fakulta stavební

**Doc. Ing. Jitka Mohelníková, Ph.D.**

**Denní osvětlení budov**

Daylighting in Buildings

TEZE PŘEDNÁŠKY  
K PROFESORSKÉMU JMENOVACÍMU ŘÍZENÍ  
V OBORU POZEMNÍ STAVBY



BRNO 2012

**Klíčová slova**

Denní světlo, sluneční záření, denní osvětlení budov, proslunění budov, vnitřní prostředí, zraková pohoda, fotometrie, optické vlastnosti materiálů, okno a zasklení, světlovodné systémy.

**Keywords**

Daylight, solar radiation, daylighting in buildings, building insolation, indoor climate, visual comfort, photometry, optical properties of materials, window and glazing, light guide systems.

© Jitka Mohelníková, 2012

ISBN 978-80-214-4588-2

ISSN 1213-418X

# OBSAH

<b>Představení autorky</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Úvod</b> .....	<b>9</b>
<b>2 Denní světlo pro budovy</b> .....	<b>9</b>
2.1 Stručný přehled vývoje .....	9
2.2 Současný stav .....	10
<b>3 Vlastní práce</b> .....	<b>11</b>
3.1 Odborná činnost .....	11
3.1.1 Hodnocení denního osvětlení vikýři a střešními okny .....	11
3.1.2 Hodnocení osvětlenosti světlovody .....	12
3.1.3 Optické vlastnosti skel a transparentních materiálů .....	16
3.1.4 Hodnocení vlivu fasády na vnitřní prostředí budov .....	18
3.2 Pedagogická činnost .....	20
3.3 Zahraniční spolupráce .....	21
<b>4 Závěr</b> .....	<b>22</b>
4.1 Perspektivy oboru .....	22
4.2 Vlastní přínos .....	23
4.3 Možné pokračování práce .....	23
<b>Poděkování</b> .....	<b>24</b>
<b>Použitá literatura</b> .....	<b>24</b>
Odkazy na práce autorky .....	26
<b>Abstract</b> .....	<b>28</b>



## Představení autorky

### *Vzdělání a praxe*

- **2009-dosud** Fakulta stavební VUT v Brně, Ústav pozemního stavitelství, akademický pracovník - docent.
- **1997-2009** Fakulta stavební VUT v Brně, Ústav pozemního stavitelství, akademický pracovník - odborný asistent.
- **1994-1997** Fakulta stavební VUT v Brně, Ústav pozemního stavitelství, interní doktorské studium, obor Teorie konstrukcí (2000, obhajoba disertační práce).
- **1993 – 1997** Projektový a vývojový ústav PVÚ, spol. s r.o., Purkyňova 95, Brno, stavební projektant.
- **1987-1993** Projektový a vývojový ústav PVÚ VUT v Brně, Purkyňova 95, Brno, stavební projektant.
- **1983-1987** Fakulta stavební VUT v Brně, VŠ studium, obor Pozemní stavby.

### *Pedagogická činnost*

- **2009-2012** docent Ústavu pozemního stavitelství FAST VUT v Brně, přednášky předmětů denní osvětlení budov, tepelná technika budov, vedení doktorandů (3 obhájené disertační práce), konzultant 2 zahraničních doktorandů)
- **1997-2009** odborný asistent Ústavu pozemního stavitelství FAST VUT v Brně, výuka předmětů pozemního stavitelství a stavební fyziky v českém i anglickém jazyce.
- **2011** absolvování *Doplňujícího pedagogického studia pro zaměstnance VUT*, Osvědčení č. iDPS16/2011 a intenzivního jazykového kurzu pro přípravu studijních materiálů v anglickém jazyce v rámci ESF projektu VUT-Institut celoživotního vzdělávání.
- **2009-2011** posudky dizertačních prací 3 českých, 2 slovenských doktorandů a 1 zahraničního doktoranda (University of Granada, Spain).
- **2008-2009** účastník návrhu a realizace pracovního setkání mezinárodního projektu v rámci Life Long Learning Programme *Education and Training on Renewable Energy Systems for Housing* (ETRESH), Edinburgh Napier University, UK.
- **2007** spoluúčast na zahraničních e-learningových kurzech magisterského studia *Renewable Energy and Energy Efficiency* na The University of Huelva ve Španělsku, 2007/2008.
- **2007** vyzvaná přednáška *Vliv obalových stavebních konstrukcí na tepelnou pohodu v budovách* v rámci Kurzu celoživotního vzdělávání Vytápěcí systémy, větrání, klimatizace, Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně, říjen 2007.
- **2005-2012** přednášky předmětů *Thermal insulation, Thermal Protection of Buildings, Acoustics and Daylighting* pro české i zahraniční studenty (výuka v angličtině).
- **2005-2012** pedagogická a odborná činnost na zahraničních univerzitách Edinburgh Napier University a The University of Sheffield ve Velké Británii - učitelské mobility.
- **2002-2007** předmět doktorského studijního programu DH07 *Navrhování pasivních solárních systémů*.
- **2002** skriptum - Čuprová, D., Mohelníková, J., Čupr, K. *Denní osvětlení budov*, skriptum VUT Brno, CERM 2002, ISBN 80-214-2142-8, 61 stran.
- **2001-2007** přednášky a cvičení předmětu H34 *Building Constructions III*.
- **2000-2012** vedení diplomových prací (68 obhájených diplomových prací, z toho 50 zpracovaných v anglickém jazyce), 2007-2012 vedoucí 39 obhájených bakalářských prací
- **1998-2006** cvičení předmětů H33 *Thermal Insulation* a H35 *Building Acoustics and Daylighting*, Ústav pozemního stavitelství FAST VUT v Brně.
- **1997-2006** cvičení předmětů (H29 *Building Constructions I*, H30 *Building Constructions II*, H37 *External structures*, H38 *Roofing*) a semináře H48 *Specialised seminary I*, H49 *Specialised Seminary II*, Ústav pozemního stavitelství FAST VUT v Brně.

### **Odborná činnost**

- **2011-2012** Spolupráce při přípravě nové evropské normy na denní osvětlení budov - delegát za českou normalizační skupinu TNK 76 Osvětlení při ÚNMZ pro evropskou normalizační skupinu CEN 169 *Light and Lighting* –Work Group 11 *Daylight*.
- **2011** Posouzení evropských projektů zaměřených na energetickou úspornost budov - expert evaluator, Evaluation of the CIP-ICT-PSP-2011-Call 5 – *Competitiveness and Innovation* – Theme 1 – obj. 1.2 “ICT for energy efficiency in public buildings”, 27.6.-30.6.2011, Brussels, Belgium.
- **2011** vyzvaná autorská spoluúčast na zpracování kapitol o speciálních sklech v odborných knihách vydaných nakladatelstvím *Springer-Verlag, London* a v nakladatelství *Woodhead Publishing Limited. Great Abingdon, Cambridge*.
- **2011** organizace 5. mezinárodní vědecké konference o solárním záření a denním osvětlení *Solaris 2011*, FAST VUT v Brně.
- **2011-dosud** editor – *Construction & Building Technology, Central European Journal of Engineering*, ISSN 1896-1541, Versita, Springer.
- **2009-dosud** Member-consultant of the *Building Environments Unit (BEAU)*, School of Architecture, The University of Sheffield.
- **2009-dosud** členství v mezinárodních organizacích NCEUB (Network for Energy Use in Buildings), IAENG (International Association of Engineers), PLEA (Passive and Low Energy Architecture).
- **2010** organizace odborného semináře *Osvětlování* ve spolupráci s ČSPŽP, ČVTS.
- **2010** Certifikovaný projektový praktikant IPMA Level D (IPMA – International Project Management Association), absolvování kurzu projektového řízení (ESF projekt ICV-VUT).
- **2010** člen vědeckého a přípravného výboru mezinárodní konference *Budovy a prostředí (Buildings and Environment)*, FAST VUT Brno, říjen 2010.
- **2009-2011** Spoluřešitel grantového projektu GAČR 101/09/H050 "*Výzkum energeticky úsporných zařízení pro dosažení pohody vnitřního prostředí*" ve spolupráci s FSI VUT v Brně (prof. Ing. Milan Pavelek, CSc., hlavní řešitel projektu).
- **2009-2010** pracovní pobyty na zahraničních univerzitách – The University of Bath, UK, The Centre for Windows and Cladding Technology, 15.11. do 20.11. 2009 a The University of Liverpool, UK, School of Architecture, 11.1. do 15.1. 2010.
- **2009-dosud** Znalec v oboru Stavby obytné, Stavby průmyslové, Stavební fyzika, Světelná a tepelná technika budov.
- **2009** spoluautor knihy Darula, S., Kittler, R., Kocifaj, M., Plch, J., Mohelníková, J., Vajkay, F. *Osvětlování světlovody*. Grada, Praha 2009, ISBN 978-80-247-2459-1.
- **2008-dosud** Externí hodnotitel projektů Operačního programu MPO ČR *Podnikání a inovace*, program Nemovitosti - 45 posudků, program *Inovace* – 4 posudky, program *Spolupráce-Klastry* – 1 posudek.
- **2008-2009** Překlad knihy Köster, H. *Dynamic Daylighting Architecture*, Birkhäuser, Basel 2004, ISBN 3-7643-6730-X, s. 463, překlad Köster, H. Dynamika denního osvětlení v architektuře. Grada, Praha, 2009, překlad části katalogů o svítidlech a stavebních sklech.
- **2008** absolvování kurzu znaleckého minima „*Obecná problematika soudního znalectví*“ na Ústavu soudního inženýrství VUT v Brně.
- **2008** member of scientific committee - 4<sup>th</sup> international conference *Solaris 08*, The City University of Hong Kong, October 2008.
- **2008-2010** Člen hodnotitelských komisí soutěží *Výrobek roku 2007,2008,2009*, pořádaných redakcí odborného časopisu *Stavebnictví a interiér* a Národním stavebním centrem v Brně.
- **2007-2011** zpracovatel 14 posudků projektů *Národní agentury evropských projektů NAEP* - Projekt *Erasmus-Mundus* (2 posudky), Projekt *Leonardo da Vinci – Transfer of Innovation* (4 posudky), *Projekt Leonardo da Vinci – Mobility* (15 posudků).

- **2007** vyzvaná přednáška na světový kongres *World Renewable Energy Congress 2008*, Glasgow, UK, červenec 2008 ([http://www.wrenuk.co.uk/wrec08/Invited\\_Speakers.pdf](http://www.wrenuk.co.uk/wrec08/Invited_Speakers.pdf)).
- **2007- dosud** recenzent konferenčních příspěvků a článků mezinárodní vědecké společnosti *WSEAS* (World Scientific and Engineering Academy and Society), 12 recenzí.
- **2007** původce užitého vzoru *Světlovody s dynamickou regulací prostupu světla*.
- **2007-2012** zpracovatel 4 posudků výzkumných projektů Agentúry na podporu výzkumu a vývoja APVV (SR), zpracovatel 1 posudku výzkumného projektu VEGA, Grantovej Agentúry Ministerstva školstva SR a Slovenskej akadémie vied.
- **2007-2012** člen Rady *České společnosti pro osvětlování* (ČSO).
- **2007-2012** člen společnosti *IBPSA-CZ International Building Performance Simulation Association* (ČR).
- **2007** přednášky na odborném semináři ČKAIT a Kurzu celoživotního vzdělávání FSI VUT.
- **2006-2011** autor a spoluautor 14-ti článků v zahraničních vědeckých časopisech s impakt faktorem (Elsevier - The Netherlands, IESNA - USA, Trans Tech Publications - Switzerland).
- **2006** autor článku v českém vědeckém časopisu s impakt faktorem (Chemické listy).
- **2006-2011** autor a spoluautor 30-ti recenzovaných článků v zahraničních vědeckých a odborných časopisech.
- **2006-2011** autor a spoluautor 16 recenzovaných článků v odborných časopisech v ČR a SR.
- **2007-2012** člen redakční rady 6 odborných časopisů.
- **2006-2012** zpracovatel 39 posudků zahraničních publikací: - konferenčních příspěvků zahraničních mezinárodních konferencí (v Polsku, Řecku, Francii a Turecku), z toho 12 pro WSEAS (vykázáno výše), - posudek 1 zahraniční odborné knihy, 3 x posudek projektu, 1 x posudek PhD práce, 11x posudek článků pro impaktované a vědecké časopisy.
- **2006-2011** řešitel 3 projektů dvoustranné česko-slovenské vědeckotechnické spolupráce MŠMT Kontakt-Mobility v letech 2006-2007, 2008-2009 a 2010-2011.
- **2006** člen organizačních výborů konferencí vyšegradských zemí pro osvětlování *Lumen V4*: - I. Balatonfüred, Hungary, 28.-29. září 2006, - II. Polsko, Szczyrk, Orle Gniazdo, 17. – 19. září 2008, - III. Brno, 23.-25.6. 2010.
- **2007** předsedající odborné sekce konference *9<sup>th</sup> International Conference Modern Building Materials, Structures and Techniques*, Section 1, Session 4, Building Materials and Their Technologies, Vilnius, May 2007.
- **2007** člen scientific committee - international *WSEAS* conferences, Arcachon, France, October 14-16, 2007 a člen scientific committee - *5<sup>th</sup> WSEAS International Conference on Environment, Ecosystems and Development (EED'07)*, Tenerife, Canary Islands, Spain, December 14-16, 2007.
- **2005-2008** - Spoluřešitel grantového projektu GAČR 101/05/H018 "*Výzkum efektivních systémů pro zlepšení kvality vnitřního prostředí*" ve spolupráci s FSI VUT v Brně (hlavní řešitel Prof. Ing. Milan Pavelek, CSc.).
- **2005-2010** autor 4 příspěvků (1 abstraktu) ve sborníku evropské nebo světové konference ve Velké Británii a v Německu a v Bangkoku (Thailand).
- **2004-2011** autor a spoluautor 12 článků v zahraničních vědeckých a odborných časopisech bez impakt faktoru (Japonsko, Austrálie, Mexiko, Litva, Polsko, Řecko, Maďarsko, Rumunsko, Slovensko).
- **2004-2011** autor a spoluautor 46 příspěvků (6 abstraktů) ve sborníku zahraniční mezinárodní konference v Portugalsku, Litvě, Řecku, Francii, Velké Británii, Itálii, Švýcarsku, Maďarsku, Dunedin (Nový Zéland), Canberra (Austrálie).
- **2004-2007** spoluautor 3 knih - odborných stavebních příruček.
- **2004** člen organizačního výboru 6. mezinárodní konference *Světlo 2004*, Česká společnost pro osvětlování Brno.



- **2002-2007** zpracovatel a spolu-zpracovatel 104 odborných posudků na denní osvětlení a proslunění budov a tepelně technická posouzení v budovách.
- **2002-2006** zpracovatel 5 recenzních posudků diplomových prací FSI a FEKT VUT v Brně.
- **2001-2007** autor a spoluautor 38 článků v odborných časopisech v ČR a SR.
- **2001-2006** autor a spoluautor publikačních příspěvků do odborných stavebních příruček „*Praktická příručka technických požadavků na výstavbu*“ a „*Střešní konstrukce od A do Z*“ nakladatelství Verlag Dashöfer, Praha.
- **2001** Organizační garant sekce Pozemní stavby IV. Mezinárodní konference doktorského studia, FAST VUT Brno 2001.
- **2000** - původce užitého vzoru *Fotovoltaická žaluzie*.
- **1998-2007** autor a spoluautor 45 příspěvků ve sborníku mezinárodní konference v ČR a SR.

### **Řešené projekty**

- Řešitel projektu dvoustranné česko-slovenské vědeckotechnické spolupráce MŠMT Kontakt MEB 0810023 *Modelování denního osvětlení pro energeticky úsporné budovy* (2010-2011)
- Řešitel projektu dvoustranné česko-slovenské vědeckotechnické spolupráce MŠMT Kontakt MEB 080804 *Směrové charakteristiky difuzorů pro systémy světlovodů* (2008-2009)
- Řešitel projektu dvoustranné česko-slovenské vědeckotechnické spolupráce MŠMT Kontakt ME 126 *Výzkum reálných celoročních podmínek osvětlenosti pro efektivní využití světlovodů v klimatických podmínkách ČR a SR* (2006-2007)
- Spoluřešitel LLP projektu *Education and Training on Renewable Energy Systems for Housing (ETRESH)* (2009)
- Spoluřešitel grantového projektu GAČR 101/09/H050 *Výzkum energeticky úsporných zařízení pro dosažení pohody vnitřního prostředí* (2009-2011)
- Spoluřešitel grantového projektu GAČR 101/05/H018 *Výzkum efektivních systémů pro zlepšení kvality vnitřního prostředí* (2005-2008)

## 1 Úvod

Využití slunečního záření pro budovy je známo již od starověku, avšak v posledních desetiletích se těší nebývalé pozornosti. Jistě k tomu přispěly události v souvislosti s ropnou krizí v sedmdesátých letech dvacátého století. Ty vyvolaly zvýšený zájem o technologie, které umožňují snižovat spotřebu energie v budovách a efektivně využívat obnovitelné i volně dostupné přírodní zdroje energie, mezi které bezpochyby patří i sluneční záření a denní světlo.

Ovšem nejen po stránce energetické, ale také ze zdravotního hlediska je nezbytné se zabývat problematikou využití slunečního světla. Sluneční záření představuje zdroj energie pro veškerý pozemský život a umělé osvětlení jej nemůže zcela nahradit. Zajištění denního osvětlení a proslunění budov je jedním z hlavních podmínek tvorby vhodného vnitřního prostředí a je nadřazeno i požadavkům energetických úspor.

Nejnovější vědecké poznatky o slunečním světle a jeho vlivu na lidské zdraví vzbudily pozornost odborné veřejnosti. Světlo má ve vztahu k lidskému organismu daleko větší význam, než se donedávna předpokládalo. V posledních letech se zabývalo několik lékařských studií vlivy světla na vnímání, soustředěnost a praceschopnost. Sledoval se také účinek světla na každodenní i sezónní životní rytmus i na odpočinek a celkovou regeneraci organismu [1,2].

Bylo dokázáno, že kromě vizuální funkce, vyplývající z fyziologie lidského zraku jako prostředku pro zpracování zrakových podnětů, je světelná energie nezbytná pro zajištění důležitých biologických pochodů v organismu. Mnohotvárnost dynamických změn denního světla je významným stimulem adaptačních a aktivačních reflexů člověka, přičemž podmiňuje též jeho pohodu i schopnost přijímat vizuální informace [2].

Dnešní lidé stráví většinu svého života v uzavřených prostorech. Nedostatek denního světla v budovách je mnohdy alarmující, a proto se hledají cesty, jak zajistit tolik potřebnou zrakovou pohodu. Z výše uvedených důvodů je denní osvětlení důležitou součástí navrhování a posuzování budov a je žádoucí mu věnovat patřičnou pozornost.

## 2 Denní světlo pro budovy

### 2.1 Stručný přehled vývoje

S přibývajícím stupněm civilizace se člověk postupně vymanil z úplné závislosti na slunečním světle. S vynálezem elektrického osvětlení se otevřely možnosti osvětlování prostor pro denní světlo nepřístupných. Tato vymoženost vedla k tomu, že se úloha denního osvětlení v budovách mnohdy podceňovala a neřešila důsledně. Denní osvětlení budov bylo dlouhou dobu opomíjeným tématem. Na konci dvacátého století se v souvislosti s energeticky úspornými programy [3] prokázalo, že existuje jen málo vhodně osvětlených budov [4], což iniciovalo zájem o obor světelné techniky.

Z toho důvodu se realizovaly mezinárodní výzkumné projekty zaměřené na využívání slunečního záření a denního světla v budovách. Hlavním cílem projektu mezinárodní energetické agentury *International Energy Agency, Solar-Heating & Cooling Programme (IEA-SHC) Task 21 Daylight in Buildings* [5] bylo vytvoření základny pro podporu energeticky úsporných budov a moderních systémů denního osvětlení. Od roku 2001 navázal na uvedené iniciativy pokračující projekt *IEA-SHC Task 31 Daylighting Buildings in the 21<sup>st</sup> Century* [6]. Jeho cílem bylo stanovení požadavků na využívání denního i umělého osvětlení a zajištění kontrolních strategií pro ochranu budov proti nadměrným solárním ziskům a oslňování.

Programy Evropské unie *EnerBuild* [7] a *Joule-Thermie* [8] se zaměřily na podporu energeticky efektivních technologií pro využití slunečního záření. Význam denního světla se přehodnocuje ve vztahu k využívání umělého osvětlení [9]; projekt *European Green Light Programme* se od roku 2000 soustředil na úsporné systémy osvětlování [10]. Z uvedeného stručného výčtu aktivit mezinárodních projektů je patrné úsilí o účelové využití sluneční energie a denního světla v budovách.

Návrh solárních domů vyžaduje komplexní přístup s ohledem na světelnou a tepelnou pohodu i energetickou bilanci [11]. V moderních budovách vzniká mnoho problematických míst, kde z různých důvodů není možné použít běžná okna nebo světlíky. Technicky již ale existují možnosti, jak přivést denní světlo nestandardním způsobem i do těžko osvětlitelných prostor. Slouží k tomu promyšlený systém prostupů, šachet nebo potrubí, prostřednictvím kterých se světlo dopravuje do místností.

Pro zvýšení účinnosti těchto systémů se s výhodou využívá povrchových úprav s vysokou odrazivostí, mnohdy i zrcadlových, které umožňují transport světla na velkou vzdálenost s minimálními světelnými ztrátami [5,6,12]. Z toho důvodu se vyvíjí nové materiály a technologie, které mají schopnost koncentrovat a směřovat sluneční záření a vlivem mnohonásobných odrazů je dopravovat do vnitřních částí budov pro světelné spojení interiérů s venkovním prostředím.

## 2.2 Současný stav

V současné době v souvislosti s energeticky úspornými opatřeními a požadavky na zrakovou pohodu v budovách je problematika využívání denního světla velmi aktuální. Nejnovější osvětlovací systémy používají nástřešní heliostaty, zrcadla a optické čočky pro koncentraci a směrování světla, které je následně vedeno soustavou tubusů nebo optických vláken na místo osvětlení. Mnoho takových systémů se navrhuje pro integrované osvětlovací soustavy, které využívají v maximální míře denního světla v kombinaci s elektrickým osvětlením [13,14,15,16].

Touto problematikou se zabývaly programy již zmíněné mezinárodní energetické agentury [5,12,17] a také mezinárodní komise pro osvětlování [18,19]. Jedny z nejznámějších reprezentantů světlovodných systémů jsou tubusové světlovody [19,20]. Tyto zdánlivě jednoduché osvětlovací prvky se začaly komerčně využívat bez větších znalostí o jejich optických vlastnostech. Současné typy průmyslově vyráběných světlovodů byly uvedeny na trh přibližně před dvaceti lety. Jejich širšímu používání však nepředcházely detailnější výzkumy.

Světlovody se začaly používat nahodile a osvětlení od nich se předpovídalo podle empirických pravidel, většinou získaných ze zkušeností z dřívějších realizací. Je tedy zřejmé, že se s využíváním těchto jistě zajímavých a užitečných systémů dostavily i problémy spočívající především v nedostatečné osvětlenosti za podmínek zatažené oblohy nebo naopak s oslňováním za jasných slunečních dnů. Proto vyvstala potřeba se o tubusové světlovody více zajímat.

Mezinárodní komise pro osvětlování v pracovní skupině CIE TC 3-38 *Tubular Daylight Guidance Systems* vydala technickou zprávu [21] poskytující informace o konstrukci, funkci, výpočtu účinnosti a údržbě světlovodů. Tento dokument uvádí základní terminologii a klasifikaci, ale nepodává komplexní návod pro navrhování a posuzování. Proto se v současné době vyvíjí úsilí o sestavení metodik a návrhových postupů pro hodnocení osvětlenosti vnitřních prostor budov se světlovody [22,23,24] a stanovují se požadavky pro vhodné používání těchto systémů.

Navrhování energeticky úsporných budov, vývoj světlovodů, ale také existence nových algoritmů a počítačových programů [25,26] daly podnět k debatám o přehodnocení způsobu posuzování denního osvětlení budov [27,28]. Je prokázáno, že většina moderních světlovodných systémů je účinná pro přímé sluneční záření za podmínek jasné oblohy, ale jen velmi málo efektivní pro difuzní světlo oblohy zatažené a polojasné. Tedy pomocí zavedených výpočtových metod založených na modelu rovnoměrně zatažené oblohy [29] nelze tyto systémy věrohodně posuzovat.

Vzhledem k novým potřebám hodnocení denního osvětlení ve vztahu k místním klimatickým podmínkám a denní i roční době byla přijata nová norma s modely patnácti jasových typů obloh [30]. Ukazuje se, že tento soubor standardních obloh je pro světelná hodnocení vhodný, je však potřeba zohlednit jejich využití na podmínky daného území a klimatu. Dnes existuje evropská databáze [31] a mezinárodní program CIE IDMP (*International Daylight Measurement Programme*) [32] pro data z měření denního osvětlení a slunečního záření.

V současné době se hledají způsoby jak zohlednit místní dostupnost denního světla při návrhu a posuzování denního osvětlení budov, což se projevuje i ve snaze mezinárodní komise pro osvětlování, v její technické komisi CIE TC 3-47 *Climate Based Daylight Modelling* [33], a také v evropské normalizační komisi CEN 169 *Light and Lighting*, pracovní skupině WG11 *Daylight*, která připravuje novou evropskou normu na denní osvětlení budov [34].

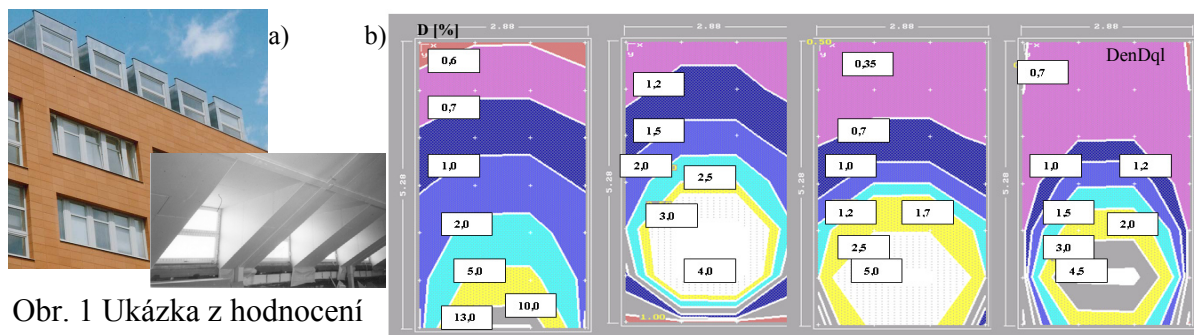
### 3 Vlastní práce

#### 3.1 Odborná činnost

Ve vlastní práci zaměřené na denní osvětlení a proslunění budov se autorka soustředila především na hodnocení systémů horního osvětlení, jako jsou vikýře a střešní okna a tubusové světlovody, dále potom na hodnocení optických vlastností skel a možností jejich využití pro transparentní fasády s ohledem na vnitřní prostředí budov.

##### 3.1.1 Hodnocení denního osvětlení vikýři a střešními okny

Vikýře představují výrazný prvek šikmých střech a v porovnání se střešními okny mají jisté výhody ale také omezené použití. V mnohých případech lze jen obtížně rozhodovat, který způsob prosvětlení podstřešních prostor je vhodnější. Za tímto účelem byla zpracovaná souborná studie zaměřená na hodnocení denního osvětlení horními osvětlovacími systémy. Bylo provedeno zhodnocení různých typů, rozměrů a možných umístění vikýřů a střešních oken v porovnání jejich účinnosti s běžnými okny v obvodových stěnách na základě výsledků z počítačových modelování. Tyto výsledky byly ověřeny hodnotami ze světelných měření na reálné stavbě. Vzhledem k tomu, že tato problematika nebyla zatím v takovém rozsahu a komplexním posouzení v odborné literatuře popsána, byly výsledky studie uvedeny v kapitolách odborných knih věnovaných tématice střešních vikýřů [I] a mansardových střech [II] publikovaných kolektivem autorů pod vedením doc. Ing. Anny Kadlecové, CSc. a pozdější doplněné zpracování v zahraničním odborném časopisu [III].



Obr. 1 Ukázka z hodnocení

a) fotografie budovy a posuzovaného prostoru (FAST VUT, Brno), b) ukázka z počítačového hodnocení (DenDql)

### 3.1.2 Hodnocení osvětlenosti světlovody

Další odborná práce autorky, zaměřená na posuzování tubusových světlovodů, byla prováděna v letech 2006 až 2011 v rámci tří projektů dvoustranné česko-slovenské vědeckotechnické spolupráce MŠMT Kontakt ve spolupráci s Ústavem stavebnictva a architektury Slovenské akademie věd v Bratislavě. Pro tento úkol bylo potřeba stanovit venkovní světlené podmínky, posoudit optické vlastnosti jednotlivých prvků světlovodu a sestavit metodiku vyhodnocení osvětlenosti světlovody v posuzovaných prostorech.

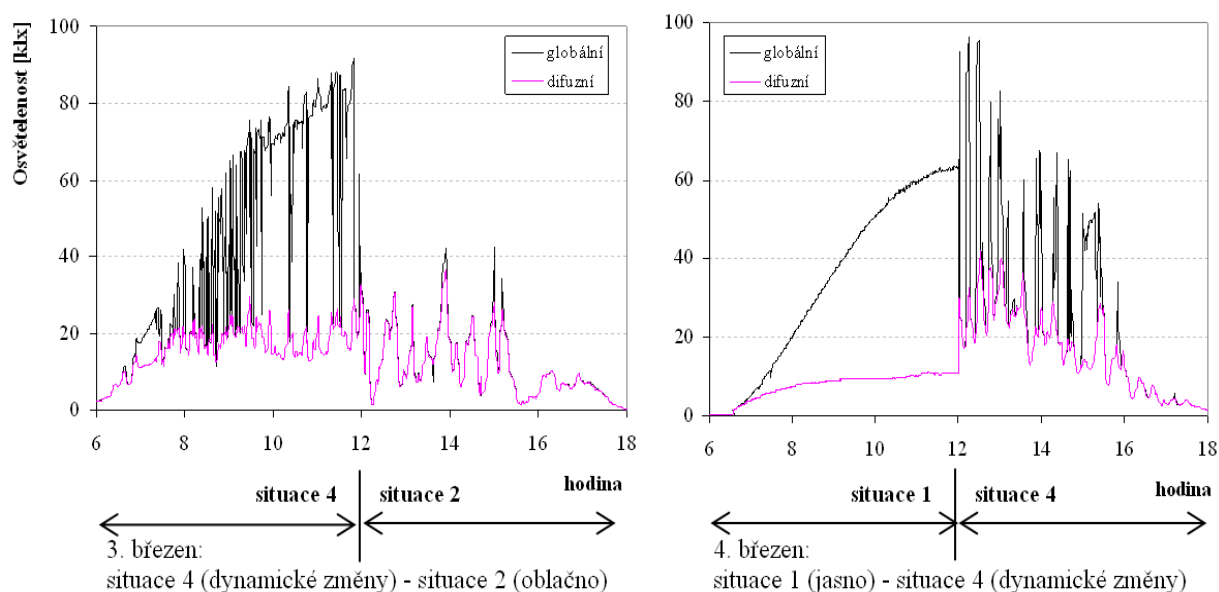
#### *i) Stanovení venkovních světelných podmínek*

Reálné hodnoty exteriérové osvětlenosti zpracované na základě dlouhodobých měření nejsou v současné době v klimatických podmínkách ČR k dispozici. Tato data chybí při hodnocení systémů denního osvětlení pro jasnou nebo částečně zataženou oblohu. A právě při posuzování světlovodů jako celku i jejích dílčích částí je potřeba zohlednit všechny situace venkovních světelných podmínek, které se vyskytují po dobu celého roku.

Denní osvětlenost se měří na stanicích IDMP v Evropě, Asii, USA i Austrálii [32]. Ve střední Evropě jsou údaje týkající se měření exteriérové osvětlenosti a zenitního jasu dostupné na Ústavu stavebnictva a architektury SAV Bratislava. Od roku 1994 se zde provádí pravidelné měření exteriérové osvětlenosti a ozářenosti. Výsledky těchto měření dokumentují neustálou proměnlivost osvětlenosti a jasu oblohy po dobu celého roku [35].

Tato data poskytují přesnější výsledky než dosud používané meteorologické údaje osvětlenosti nebo slunečního svitu, které vyjadřují průměrné hodinové údaje bez informace o proměnlivosti osvětlení [36]. Na základě zkušeností z dlouhodobých měření byl na SAV vypracován [37] algoritmus pro generování referenčních roků denní osvětlenosti založený na slunečním svitu, kterého výstupem jsou osvětlenosti simulující reálné časové změny.

V České republice se uvedená měření neprovádějí. Z toho důvodu se použilo se výše uvedeného algoritmu pro generování referenčních roků denní osvětlenosti a byla sestavena metodika pro určení předpokládaných průběhů charakteristických celodenních osvětleností pro různé lokality v Čechách (Praha, Hradec Králové) a na Moravě (Ostrava, Kuchařovice). Vycházelo se přitom z vyhodnocení osvětleností na základě modelu zpracovaného z hodnot relativních slunečních svitů za období od 1995 do 2005, které se získaly z meteorologických záznamů Solární a ozónové observatoře v Hradci Králové [14].

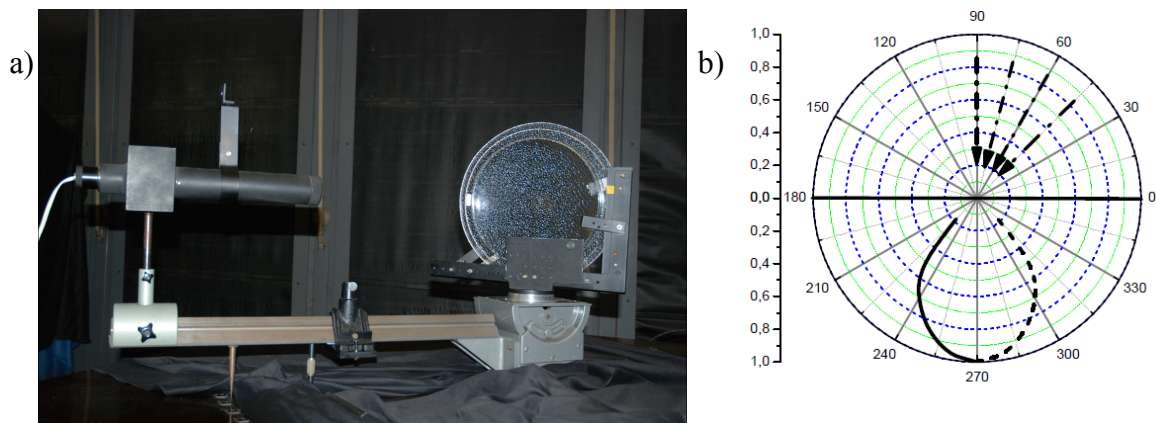


Obr. 2 Ukázka vyhodnocení denních průběhů osvětlenosti pro Kuchařovice (3. a 4. březen)

ii) *vyhodnocení optických vlastností prvků světlovodu*

Stanovení optických vlastností jednotlivých částí světlovodů je prvořadým úkolem pro vyhodnocení celého světlovodného systému. Pro podrobné posouzení optických vlastností prvků světlovodu je nutné stanovit hodnoty spektrální světelné propustnosti jeho transparentních částí a spektrální odrazivosti vnitřních povrchů světlovodných tubusů. Měření byla provedena na FSI VUT v Brně a vyhodnocena dle *ISO 9050* [38].

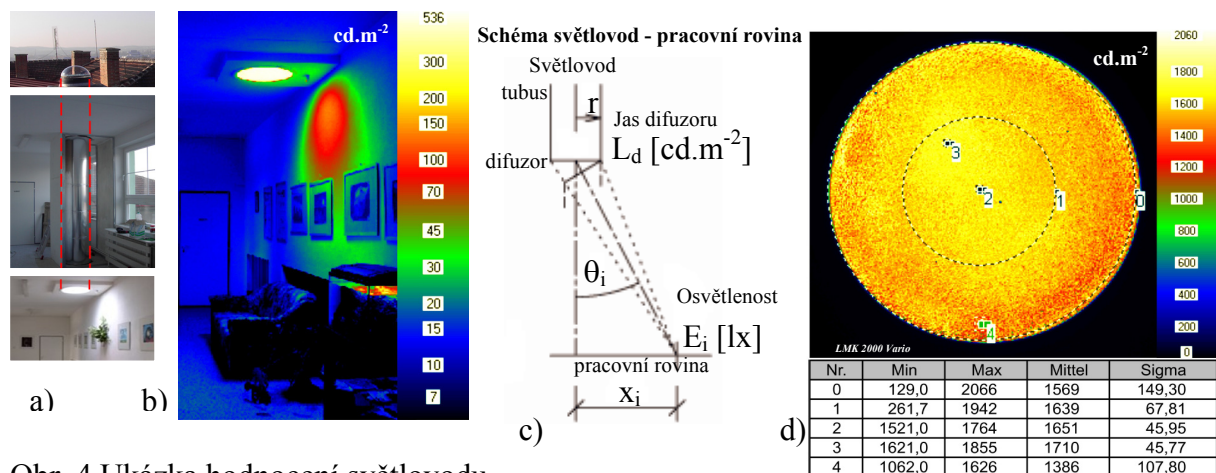
Dále bylo nutné určit směrovou světelnou propustnost stropního krytu světlovodu. V současné době chybí v odborné literatuře údaje o směrové propustnosti světla stropním difuzorem, což neumožňuje deklarovat hodnoty interiérové osvětlenosti od světlovodu. Z toho důvodu byla na SAV Bratislavě provedena měření na vzorku difuzoru pomocí goniofotometru<sup>1</sup>. Měření prováděná po kroku 5° poskytla údaje pro sestavení křivky směrové propustnosti světla [v].



Obr. 3 Směrová propustnost stropního difuzoru, a) fotografie z měření, b) křivka směrové propustnosti

iii) *Hodnocení osvětlenosti světlovody*

V praktických případech není z časových i prostorových omezení možno provádět dlouhodobá měření, zvláště z důvodu obtížného přístupu do pracovních prostor. Proto byla sestavena metodika [VI-VIII] pro vyhodnocení světlovodů v daných provozních podmínkách. Pomocí jasových snímků stropních difuzorů lze na základě fotometrických vztahů stanovit hodnoty osvětlenosti na libovolné srovnávací-pracovní rovině pod světlovodem. Vyhodnocuje se světelný příspěvek od vlastního světlovodu bez odražené složky od povrchů v místnosti.



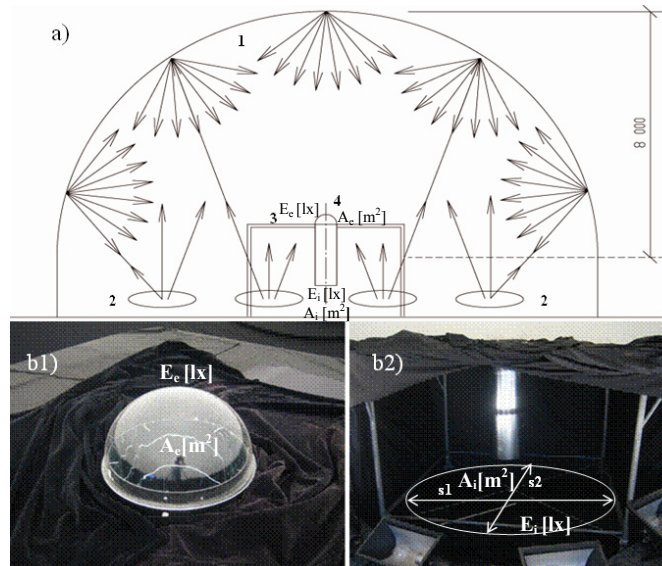
Obr. 4 Ukázka hodnocení světlovodu

a) fotografie světlovodu (ZŠ Brno-Chrlice), b) jasový snímek osvětlovaného prostoru, c) schéma, d) jas difuzoru, zatažená obloha (světlovod délka 4,8 m, průměr 0,52 m).

<sup>1</sup> Ve spolupráci s Ing. Stanislavem Darulou, CSc., SAV Bratislava.

iv) Stanovení světelné účinnosti světlovodu

Světelná propustnost tubusu světlovodu závisí na jeho rozměrech průměr/délka, na odrazivosti vnitřního povrchu a na podmínkách exteriérové osvětlenosti a jasu oblohy. Na základě světelně technických měření v reálných budovách i v laboratorních podmínkách pod umělou oblohou na SAV v Bratislavě<sup>2</sup> byly stanoveny účinnosti světlovodů [IX]. Pro tento účel byly vybrány běžně používané světlovodů o průměrech od 0,1 m do 1,0 m a délek od 1 do 5 m. Při výpočtu [21] se vycházelo ze známé hodnoty světelné účinnosti stanovené pro světlovod délky 1 m a průměru 0,5 m na základě měření pod umělou oblohou.

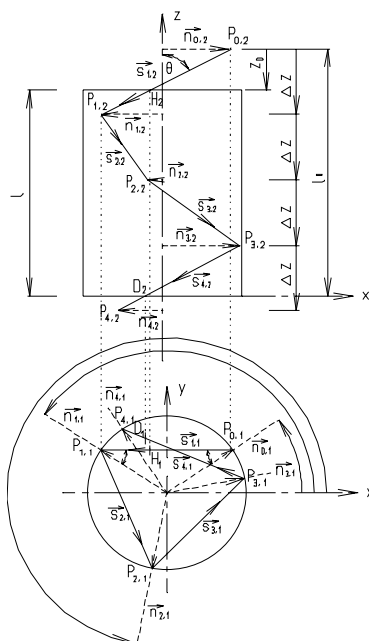


Měřené vzorky světlovodů:

- vzorek a: kopule + tubus + difuzor ( $\eta=0,515$ )
- vzorek b: tubus světlovodu s kopulí, bez difuzoru ( $\eta=0,654$ )
- vzorek c: tubus bez kopule a difuzoru ( $\eta=0,718$ )
- vzorek d: tubus s horním plochým sklem tl. 3 mm (místo kopule) a bez difuzoru ( $\eta=0,614$ )

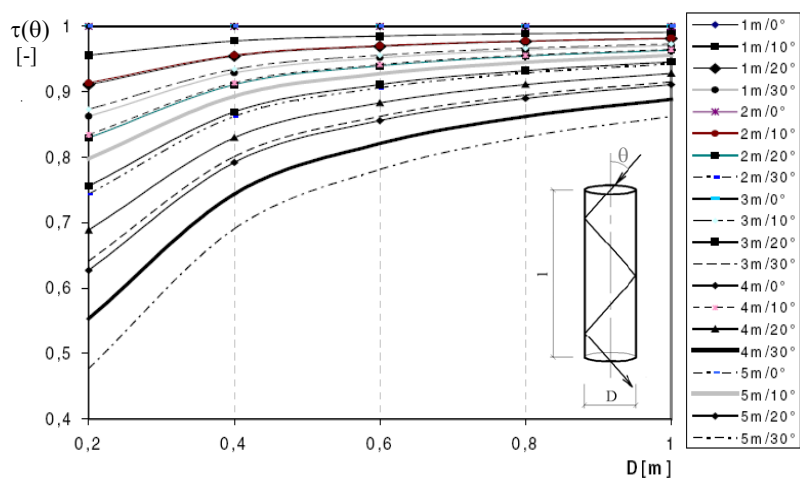
Obr. 5 Světlovod pod umělou oblohou

a) schéma umístění vzorku světlovodu pod umělou oblohou, b) fotografická ukázka použitého vzorku světlovodu (délka 1,0 m, průměr 0,52 m), b1) kopule světlovodu, b2) tubus světlovodu upevněný do podpůrné konstrukce 1-kopule umělé oblohy s výsoco rozptýlným povrchem, 2-sestava světelných reflektorů, 3-podpůrná konstrukce, 4-měřený vzorek světlovodu,  $s_1, s_2$ -směry měření osvětlenosti;  $E_i$  [lx] osvětlenost pod světlovodem,  $A_i$  [m<sup>2</sup>] osvětlovaná plocha,  $E_e$  [lx] osvětlenost na vstupu do světlovodu,  $A_e$  [m<sup>2</sup>] plocha, kterou světlo vstupuje do světlovodu.



Obr. 6 Prostup světelného paprsku tubusem světlovodu

Dále byl popsán prostup světelného paprsku tubusem světlovodu a zohledněn vliv úhlu dopadu na propustnost světla pro světlovod zadaných rozměrů a odraznosti vnitřního povrchu [VII-IX].



Obr. 7 Vliv úhlu dopadu  $\theta$  na propustnost světla  $\tau(\theta)$

<sup>2</sup> Ve spolupráci s Ing. Stanislavem Darulou CSc. a kol., SAV Bratislava.

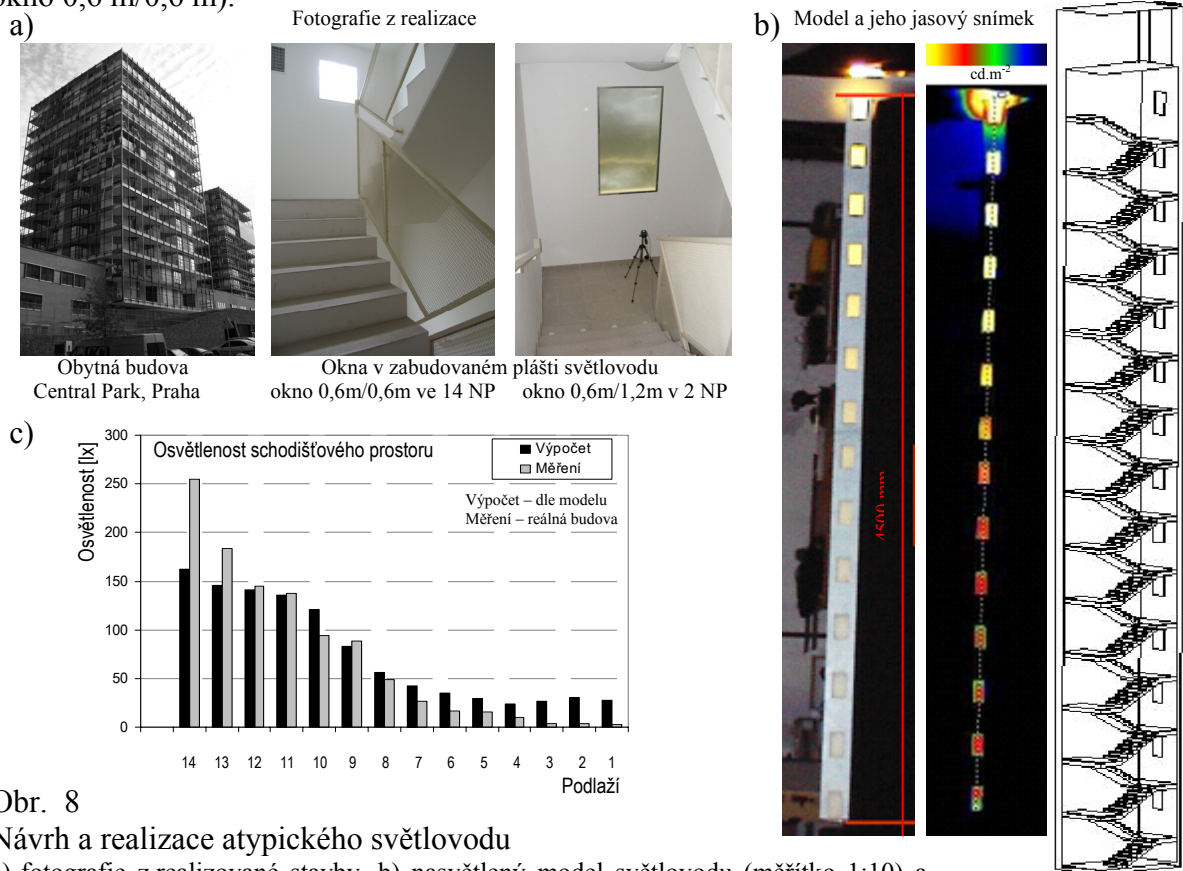
### v) Návrh a posouzení atypického světlovodu

Současné návrhové metody posuzují přímou oblohovou složku prostupující světlovodem bez zohlednění stínění venkovními i interiérovými překážkami a se zanedbáním vlivu odrazu světla od vnitřních povrchů v hodnoceném prostoru [39]. Existují sice počítačové programy pro denní osvětlení budov, ale v případě zadání světlovodů s vysoce odraznými vnitřními plochami tyto programy nedávají dostatečně přesné výsledky ve srovnání s hodnotami osvětlenosti z měření na reálných stavbách.

Z toho důvodu zůstávají i v dnešní době při návrhu světlovodů spolehlivým řešením světelně technická měření na zmenšených modelech, která umožní předpovědět chování těchto systémů v podmínkách zabudování do stavby. Tento způsob se využil při návrhu atypického světlovodu o průřezu 1,2 m x 0,45 m a celkové délce 45 m pro osvětlení prostoru schodiště čtrnáctipodlažního domu obytného komplexu Central Park v Praze<sup>3</sup>.

Při zpracování projektu tohoto obytného domu byla provedena světelně technická studie. Cílem bylo navrhnout atypický světlovod a posoudit osvětlenost v jednotlivých podlažích [x,x<sub>i</sub>]. K tomu účelu byl sestaven a model světlovodu v měřítku 1:10. Pro nasvětlený model byly vyhodnoceny jasové snímky pomocí jasového analyzátoru LMK 2000 Vario. Tyto snímky posloužily pro stanovení předpokládané osvětlenosti.

V zrealizované stavbě se v zabudovaném plášti světlovodu v úrovni mezipodest schodišťového prostoru nachází v každém podlaží okno, které prosvětluje prostor schodiště. U skutečného světlovodu je, na rozdíl od modelu, velikost oken odstupňovaná dle podlaží (v 1 NP až 4 NP - okno 0,6 m/1,2 m; v 5 NP až 9 NP - okno 0,6 m/0,9 m; v 10 NP až 14 NP - okno 0,6 m/0,6 m).



Obr. 8

### Návrh a realizace atypického světlovodu

a) fotografie z realizované stavby, b) nasvětlený model světlovodu (měřítko 1:10) a jeho jasový snímek [cd.m<sup>-2</sup>], c) osvětlenost schodišťového prostoru v jednotlivých podlažích

<sup>3</sup> Návrh a hodnocení atypického světlovodu byl proveden ve spolupráci s doc. Ing. Jiřím Plchem, CSc. z České společnosti pro osvětlování.

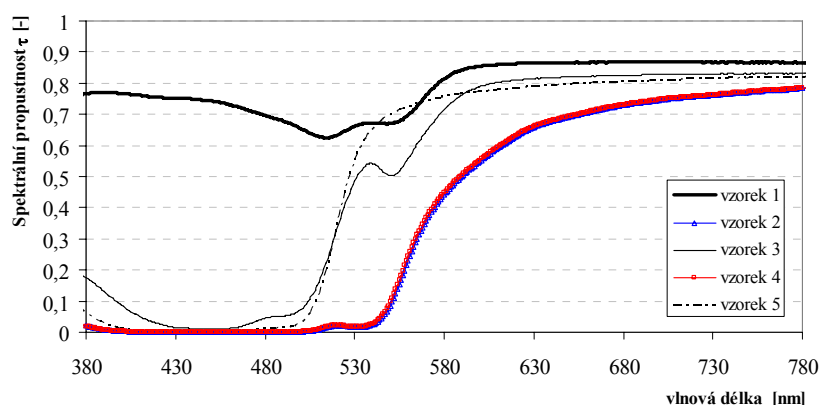


#### vi) Shrnutí výsledků práce na projektech MŠMT

- odborná kniha o osvětlování světlovody, ve které jsou uvedeny metody posuzování světlovodů a možnosti jejich praktického využívání [xii],
- technická příručka o způsobech osvětlení prostor obtížně přístupných pro denní světlo, jako jsou podzemní prostory, vnitřní chodby a velké místnosti [xiii],
- zhodnocení údajů relativních slunečních svitů pro klimatické podmínky ČR v období posledních deseti let za účelem sestavení předpokládaných průběhů osvětlenosti [iv,xii],
- vyhodnocení optických vlastností jednotlivých prvků vybraných druhů světlovodů, které mohou sloužit jako vstupní data pro světelná modelování [v,vii],
- sestavení metodiky pro vyhodnocení osvětlenosti tubusovými světlovody různých rozměrů i optických vlastností [vi-viii],
- návrh a posouzení atypického světlovodu pro osvětlení schodišťového prostoru [x,xi].
- návrh možnosti zlepšení světlovodných systémů za účelem zvýšení jejich provozní účinnosti a širšího využívání v budovách [xvii].

#### 3.1.3 Optické vlastnosti skel a transparentních materiálů

Optické vlastnosti skel a transparentních materiálů využitelných pro obvodové pláště budov i pro interiérové vybavení jsou důležité parametry ovlivňující správný návrh budov a jejího vnitřního prostředí z pohledu solární světelné a tepelné techniky. Pro běžná posouzení jsou výrobci udávány průměrné hodnoty propustnosti a odrazivosti světla. Ve většině případů ale nejsou k dispozici spektrální průběhy, které by poskytly informace o vlastnostech skel a transparentních materiálů ve srovnání se spektrem slunečního záření.



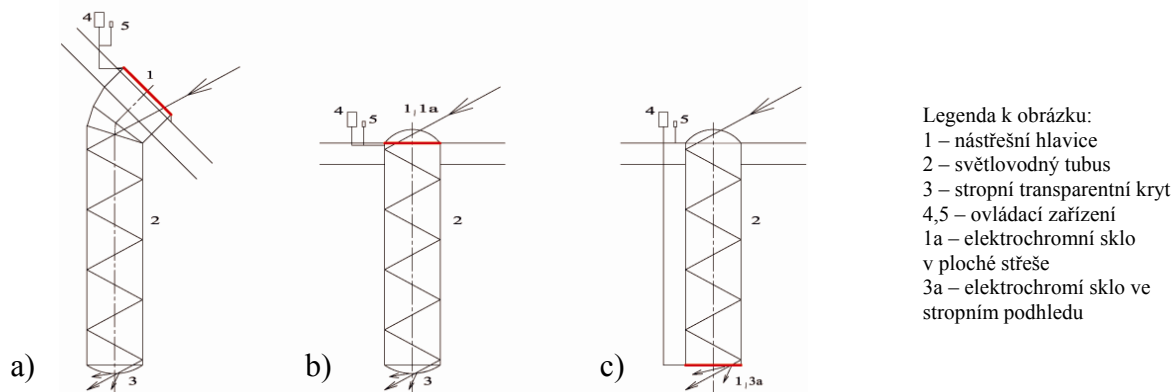
Obr. 9 Spektrální propustnost vzorků transparentních fólií

Výsledky spektrálních měření poukázaly na skutečnost, že se v praxi používají transparentní materiály, které omezují vstup světla určitých vlnových délek nebo dokonce i blokují propustnost celých částí viditelného spektra, viz obr. 9. Využití takovýchto transparentních fólií pro okna nebo i jiné osvětlovací systémy je velmi problematické a zcela nevhodné pro prostory s dlouhodobým pobytem lidí, především pak ve školách nebo zdravotnických zařízeních [xiv].

Problematika tzv. protislunečních skel úzce souvisí s působením přímého slunečního záření a se způsoby jeho stínění. Speciální žaluziové světlovodné systémy dávají nové možnosti pro ochranu interiéru před oslňováním a přehříváním. Oproti klasickým stínícím prostředkům umožňují zajistit dostatečné denní osvětlení a zachovat také vliv dynamiky denní osvětlenosti. Příklady skel s uvedenými stínícími prvky, které mají schopnost usměrňovat vstup přímého slunečního záření a směřovat difuzní světlo do vnitřních částí místností byly podrobně

popsány v knize Dr. Helmuta Köstera *Dynamic Daylighting Architecture* [40]. Překlad této knihy z angličtiny do češtiny a korektura některých jejích částí jsou vlastním příspěvkem autorky k této odborné problematice [xv].

Výsledky práce při hodnocení optických vlastností skel se uplatnily při návrhu úprav transparentních prvků budov, které byly autorkou dopracovány do dvou užitných vzorů. První užitný vzor pojednává o způsobu využití fotovoltaických článků pro okenní žaluzie [xvi]. Druhý užitný vzor [xvii] popisuje možnosti uplatnění elektrochromních skel [41] pro nástřešní hlavice a stropní transparentní kryty světlovodů. Toto řešení přináší zlepšení oproti běžným způsobům stínění nástřešních hlavice světlovodů pomocí kovových prstenců, které neumožňují automatické ovládání v závislosti na změnách v intenzitě slunečního záření.



Obr. 10 Navrhovaná sestava světlovodů s elektrochromními skly

- a) *Sestava 1* - světlovod s elektrochromním sklem osazeným v šikmé střeše  
 b) *Sestava 2* - světlovod s vodorovným elektrochromním sklem, krytým transparentní kopulí  
 c) *Sestava 3* - světlovod s elektrochromním stropním krytem

Dalším významným transparentním materiálem jsou speciální skla s vysokou odrazností v oblasti dlouhovlnného infračerveného záření, někdy v odborné literatuře nazývaná jako infračervená zrcadla [42]. Ve stavební praxi se také zavedl pojem nízkoemisivních skel. Tato skla umožňují omezit tepelné ztráty okenním zasklením. Snížení emisivity se u těchto skel dosahuje pomocí tenkovrstvých povlaků odrazných pro dlouhovlnné infračerveného záření. Skla odráží tepelné záření zpět do místnosti a omezují sálání tepla do venkovního prostoru [42-45].

Autorkou bylo provedeno podrobné posouzení vlastností nízkoemisivních skel včetně stanovení spektrálních charakteristik a laboratorního zkoumání jejich vlastností v odezvě na působení infračerveného záření [xviii, xix]. Na základě vyhodnocení vlastností uvedených typů skel byla zpracována studie [xix, xx] vhodnosti materiálů a jejich skladeb pro nízkoemisivní povlaky využitelné pro velkoplošné formáty fasádních skel<sup>4</sup>.

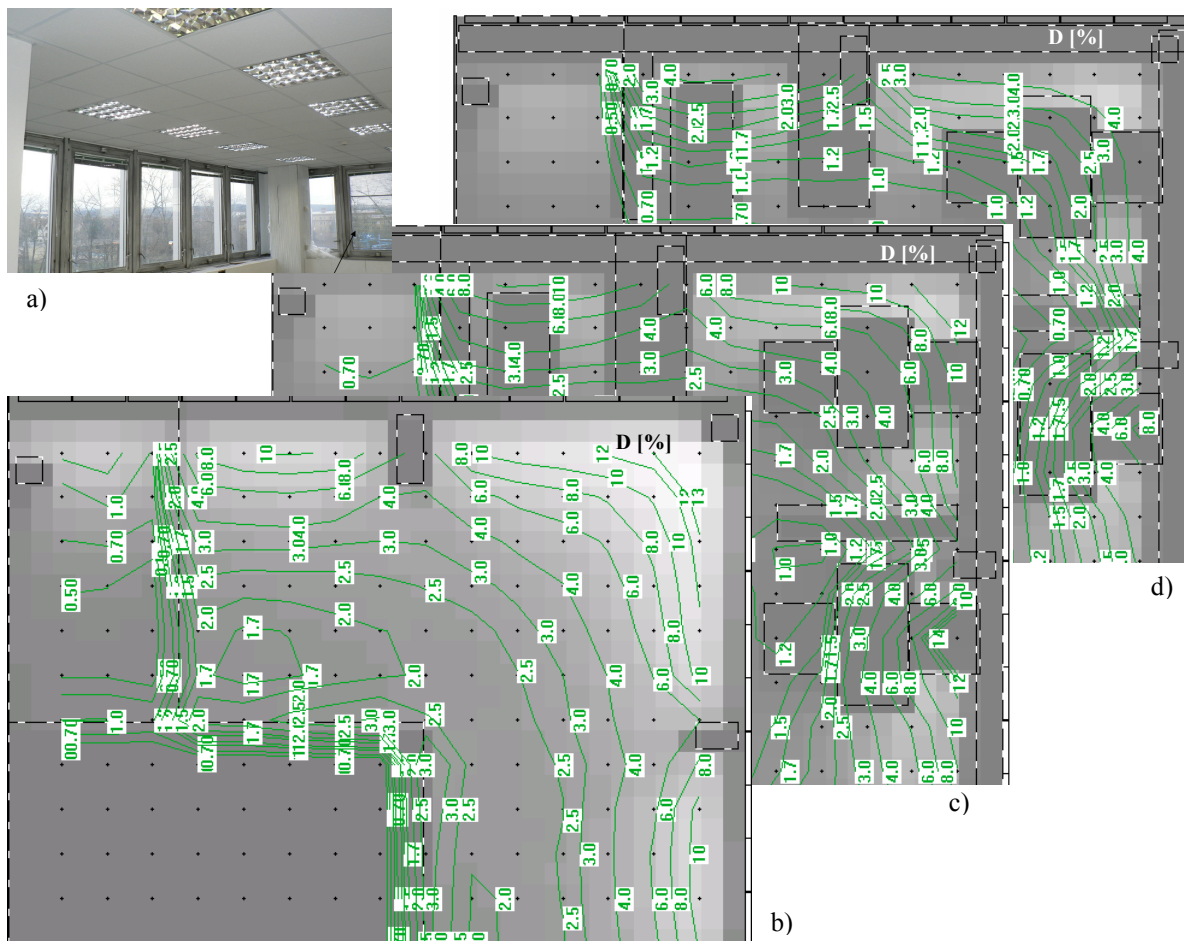
V ohlasu na publikace o optických vlastnostech skel a transparentních materiálů bylo autorce v roce 2010 nabídnuto připojit se k mezinárodnímu autorskému kolektivu a publikovat ve dvou zahraničních knihách kapitoly týkající se problematiky speciálních skel a jejich možných využití [xxi, xxii]. V těchto pracích je podán ucelený přehled možných povrchových úprav skel založený na výsledcích vlastní práce autorky i podrobné rešerše o speciálních zasklívacích systémech vyvinutých v rámci výzkumných aktivit mezinárodních projektů [12, 17, 43, 42, 46-48].

<sup>4</sup> Spektrální měření a posouzení vzorků skel bylo provedeno ve spolupráci s RNDr. Pavlem Pokorným z Ústavu přístrojové techniky AV ČR a s Prof. RNDr. Jiřím Spoustou, Ph.D. z Ústavu fyziky FSI VUT v Brně.

### 3.1.4 Hodnocení vlivu fasády na vnitřní prostředí budov

Výsledky z posuzování denního osvětlení a proslunění budov a studie vlastností skel a transparentních materiálů poskytly podklady pro hodnocení fasád a obvodových plášťů budov z pohledu solární světelné a tepelné techniky [xxiii-xxix]. Na základě této odborné práce autorky je možné uvést následující poznatky o současných nedostatcích v navrhování a posuzování denního osvětlení budov, které vedou k závažným problémům v jejich užívání a k omezení pohody prostředí. Při návrhu budovy a jejího obvodového pláště by se z pohledu požadavků na denní osvětlení a proslunění budov měly zohledňovat následující požadavky:

- *výběr vhodného typu zasklení oken a transparentních fasád pro zajištění dostatečného osvětlení se zohledněním orientace oken ke světovým stranám, ale také možností interiérového uspořádání a vybavení nábytkem [xxiii,xxiv].* V současné době se posuzuje denní osvětlení pro nejhorší světelné podmínky zatažené oblohy bez zohlednění orientace zasklených ploch vůči světovým stranám. V projektech se většinou hodnotí předpokládaná denní osvětlenost místností bez vnitřního zařízení a vybavení nábytkem. Návrh osvětlovacích otvorů se ne vždy provádí ohledem na výběr vhodného typu zasklení a stínícího prostředku. Je tedy zřejmé, že realita světelných podmínek ve skutečných budovách se značně liší od výsledků návrhových světelných studií.



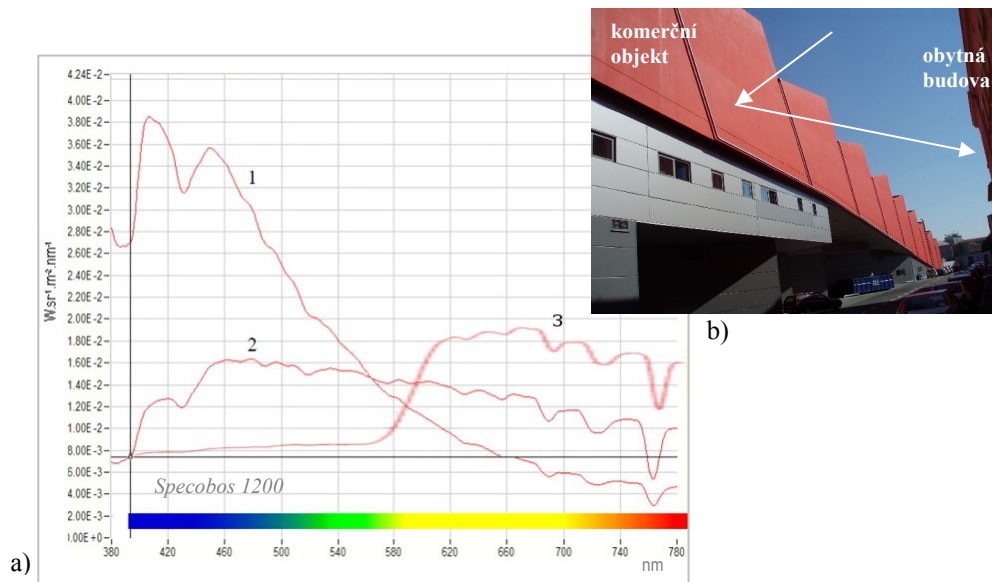
Obr. 11 Vliv vnitřního zařízení a okenního zasklení na osvětlenost místnosti

- fotografie části posuzovaného prostoru (administrativní budova, Brno),
- studie osvětlenosti části posuzovaného prostoru bez vlivu nábytku, okna-dvojsklo čiré,
- studie osvětlenosti části posuzovaného prostoru s nábytkem, okna-dvojsklo čiré,
- studie osvětlenosti části posuzovaného prostoru s nábytkem, okna-dvojsklo tónované;

D[%] - činitel denní osvětlenosti na pracovní rovině v osvětlovaném prostoru, vyhodnoceno pomocí počítačového programu WDL5.

- omezení použití barevných fasádních skel a zohlednění možného vlivu venkovních objektů a stínících překážek na zkreslené barevné vnímání osvětlovaného prostoru [XXV,XXVI].

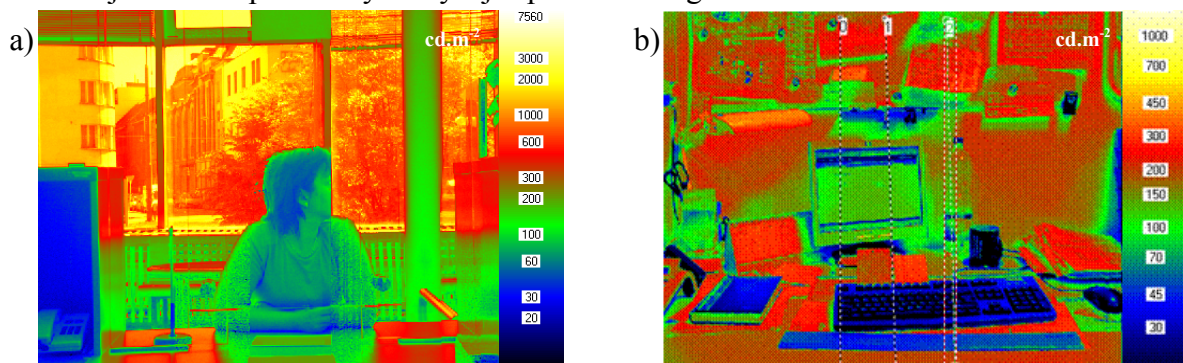
Tónovaná skla ovlivňují přirozené spektrum slunečního záření, které jimi prostupuje, což je nežádoucí hlavně u budov prosklenými fasádami. Velké výrazně barevné plochy v interiéru, ale také v blízkém okolí budovy, např. fasády okolních objektů, velkoplošné reklamní panely apod., mohou negativně působit na barevné vnímání vnitřního prostoru vlivem odrazu světla od výrazně barevných povrchů a tím podstatně zhoršovat pohodu prostředí.



Obr. 12 Vliv barevnosti fasády komerčního objektu na denní osvětlení obytné budovy

- a) spektrum slunečního záření – část viditelné světlo (spektrální rozsah 380 – 780 nm)  
 1 - spektrum denního světla - modrá obloha, 2 - spektrum světla zatažené oblohy, 3 - spektrum světla odraženého červenou fasádou  
 b) fotografie (komerční objekt a obytná budova, České Budějovice)

- zajištění dostatečné intenzity a rovnoměrnosti denního osvětlení, omezení velkých jasových kontrastů [XXVII-XXIX]. Návrh oken a osvětlovacích otvorů by měl být proveden s ohledem na využití prostoru a požadavky zrakové činnosti. V mnohých budovách jsou nevhodné světelné podmínky způsobené zbytečně velkými prosklenými plochami realizovanými bez regulovatelného stínění. Běžné stínící prostředky brání prostupu denního světla a mnohdy omezují i přirozenou výměnu vzduchu. Paradoxně se v těchto případech nevyužívá výhody transparentních ploch k zajištění dostatečného denního osvětlení a solárních zisků, ale naopak se zhoršují světelné podmínky a zvyšuje spotřeba energie na umělém osvětlení a chlazení.



Obr. 13 Ukázka jasových snímků posuzovaných pracovních prostor

- a) velké jasové kontrasty v kancelářském prostoru za prosklenou fasádou (administrativní budova, Brno, 2008)  
 b) rozložení jasů na pracovní ploše osvětlované tubusovým světlovodem (výrobní závod, Kvasiny, 2010)

### 3.2 Pedagogická činnost

Autorka působí patnáct let na Ústavu pozemního stavitelství Fakulty stavební VUT v Brně. Za tu dobu se podílela na výuce předmětů pozemního stavitelství a stavební fyziky v českém i anglickém jazyce. Doposud byla vedoucí 39 obhájených bakalářských prací, 68 obhájených diplomových prací (z toho 50 prací v angličtině) a školitelkou tří doktorandů, kteří obhájili své disertační práce. Byla také oponentkou jedné bakalářské práce (z FEKT VUT) pěti diplomových prací (1 z FAST, 2 z FEKT a 2 z FSI VUT) a oponentkou 5 disertačních prací (2 z FAST, 1 z FEKT, 2 z STU Bratislava) a jedné zahraniční disertační práce z Univerzity v Granadě ve Španělsku.

Na Ústavu pozemního stavitelství se autorka také podílela na přípravě studijních materiálů a byla spoluautorkou studijního textu o denním osvětlení a proslunění budov [xxx]. Podílela se na přípravě předmětu doktorského studijního programu DH76 *Navrhování pasivních solárních systémů*. V současné době přednáší v předmětech bakalářského studijního programu BH10 *Thermal Protection of Buildings* a magisterského studijního programu CH01 *Acoustics and Daylighting* a CH07 *Low Energy Houses*. Jsou to předměty programů *Civil Engineering* vyučovaných v angličtině.

V akademickém roce 2010/2011 v rámci projektu česko-slovenské vědeckotechnické spolupráce *MŠMT Kontakt MEB 0810023* autorka uspořádala přednášky o významu slunečního záření a denního osvětlení za účasti odborníků z Ústavu stavebnictva a architektury SAV Bratislava, ve výuce zmíněných předmětů *Acoustics and Daylighting* a *Thermal protection of Buildings*, pro skupinu českých i zahraničních studentů<sup>5</sup>.

Autorka byla spoluřešitelkou dvou grantových doktorských projektů, GAČR 101/05/H018 *Výzkum efektivních systémů pro zlepšení kvality vnitřního prostředí* (2005-2008) a GAČR 101/09/H050 *Výzkum energeticky úsporných zařízení pro dosažení pohody vnitřního prostředí* (2009-2011)<sup>6</sup>. Uvedené projekty byly určeny pro mezioborovou spolupráci doktorandů a jejich školitelů se zaměřením na experimentální výzkum, modelování a regulaci efektivních zařízení a systémů pro vytápění, větrání a klimatizaci, včetně zajištění solárních prvků integrovaných do fasád pro dodržení kvality a hygieny prostředí.

Na projektech pracovala autorka se svými doktorandy, z nichž dva svoje disertační práce obhájili - Ing. Ondřej Mišák (*Computer simulation method for energy saving prediction*, 2009) a Ing. Dalibor Plšek (*Optimisation of the design of glazed facades systems of office buildings*, 2010). Třetí doktorand, Ing. František Vajkay, který byl do zmíněného doktorského projektu také zařazen, v současné době dokončuje svou disertační práci a hodlá ji do konce roku 2012 odevzdat. Doktorand Ing. Petr Suchánek, který obhájil svou disertační práci v roce 2007 (*Modelování světelného pole budov se světlovody*) byl zařazen do spolupráce na projektu MŠMT Kontakt ME 126.

Autorka byla také konzultantkou dvou doktorandů, kteří absolvovali na Ústavu pozemního stavitelství FAST VUT svou studijní stáž v rámci programu Erasmus – Ing. Vladimír Geletka z Technické univerzity Košice v akademickém roce 2010/2011 a Mustafa Ersalici z University of Sheffield, UK v akademickém roce 2011/2012.

---

<sup>5</sup> Přednášky doc. Ing. Richarda Kittlera, DrSc. a RNDr. Ladislava Kómara, PhD na téma *Solar radiation and daylight* a přednáška Ing. Stanislava Daruly, CSc. na téma *Daylighting in buildings*.

<sup>6</sup> Ve spolupráci s hlavním řešitelem uvedených projektů GAČR, prof. Ing. Milanem Pavelekem, CSc., z Energetického Ústavu FSI VUT v Brně.

### 3.3 Zahraniční spolupráce

Autorka je členkou-konzultantkou na The Building Environment Analysis Unit (BEAU) při School of Architecture, The University of Sheffield ve Velké Británii. Od roku 2005 se na tomto pracovišti účastní přednáškových pobytů, školení a seminářů zaměřených na nízkoenergetické budovy a solární světelnou a tepelnou techniku. Zahraniční kolegové z university v Sheffieldu uskutečnili své přednáškové a učitelské mobility na Ústavu pozemního stavitelství FAST VUT v Brně (Mr. Ian C. Ward v roce 2006, v roce 2007 Mr. Ian C. Ward a Dr. Hasim Altan, v roce 2011 Dr. Hasim Altan).

V rámci odborné spolupráce s BEAU pracovištěm se autorka podílí na hodnocení vnitřního prostředí budov (tzv. post-occupancy evaluation). Doposud se podílela na vyhodnocení tepelně a světelně technických studií pro následující budovy: ICoSS Building a Jessop West Building v kampusu University of Sheffield, dále potom budov v obytném komplexu University of Lancaster a dvou objektů základní školy Junior CeE School Mundy. Výsledky posouzení byly autorským kolektivem publikovány v odborných časopisech a prezentovány na mezinárodních konferencích [xxiii-xxv].

Další spolupráce byla od roku 2005 navázána se Scottish Energy Centre, School of Engineering & the Built Environment, Edinburgh Napier University ve Velké Británii. Na tomto pracovišti se autorka také každoročně účastní výukových stáží zaměřených na využití slunečního záření. Zahraniční kolegové navštívili Ústav pozemního stavitelství FAST VUT v Brně v letech 2007 a 2011 (Prof. Tariq Muneer) a v roce 2008 (Prof. Jorge Kubie).

V rámci spolupráce s tímto pracovištěm se autorka v roce 2007-2008 podílela na přípravě a v roce 2009 byla spoluřešitelkou evropského vzdělávacího projektu v rámci Lifelong Learning Programe Erasmus *Education and Training on Renewable Energy Systems for Housing (ETRESH)*. Projekt byl zaměřen na mezinárodní výměnu informací v oblasti využití obnovitelných zdrojů pro energeticky úsporné bydlení. Jednalo se o pracovní setkání pedagogů a jejich doktorandů z univerzit šesti zemí EU – Velké Británie (Edinburgh Napier University, Glasgow Caledonian University, University of Dundee), Irska (Dublin Institute of Technology), Finska (University of Jyväskylä), Španělska (Universidad de Huelva), Turecka (Mustafa Kemal University) a České republiky (Brno University of Technology).

Dále byla v rámci spolupráce se Scottish Energy Centre a za podpory Fakulty stavební VUT v Brně zorganizována mezinárodní konference o solárním záření a denním osvětlení *Solaris 2011*, která byla již pátou Solaris konferencí: Edinburgh (2003), Athens (2005), New Delhi (2007), Hong Kong (2009). U příležitosti této konference byl vydán sborník, ve kterém je uveřejněno celkem 46 příspěvků účastníků ze 16 zemí. Při konferenci se také konala posterová sekce pro doktorandy FAST VUT, do které přispělo 21 doktorandů.

Od roku 2006 autorka spolupracuje s pracovištěm Engeniéria Eléctrica y Térmica, Universidad de Huelva ve Španělsku. V akademickém roce 2007/2008 se na tomto pracovišti spolupodílela na zahraničních e-learningových kurzech magisterského studia *Renewable Energy and Energy Efficiency* (hlavní lektor Dr. Gabriel Lopéz Rodriguez) a připravila pro tento kurz studijní text *Daylighting in Buildings*.

Na základě aktivní účasti na dvou mezinárodních konferencích Glass in Buildings 2005 a ICBEST 2007 (Building Envelope Systems and Technology), konaných na The University of Bath, UK a následném pracovním pobytu na The Centre for Windows and Cladding Technology této university v roce 2009 i organizace Solaris 2011 byla autorka pozvána na pracovní učitelkou stáž na Department of Architecture and Civil Engineering, University of Bath, kde v lednu 2013 bude mít přednášky zařazené do výukového modulu Dr. Sukumara Natarajana *Building Environment I, Sunlight and Solar Geometry, AR50347 Daylight and Shading*.

## 4 Závěr

### 4.1 Perspektivy oboru

Denní osvětlení budov představuje odbornou problematiku vskutku multidisciplinárního charakteru. Pro zajištění vhodného denního osvětlení a proslunění budov je nutné zohledňovat spoustu faktorů z různých oborů. A to nejen z architektury a pozemního stavitelství, co do návrhu budovy a jejích vnitřních prostor, velikosti a umístění osvětlovacích otvorů, výběru vhodných materiálů a jejich povrchových úprav i barevnosti. Nové pohledy na tuto problematiku dnes jednoznačně chápou denní osvětlení a proslunění budov ve vztahu k celým územním a urbanistickým celkům, geografické lokalitě i místním klimatickým podmínkám, které ovlivňují dostupnost slunečního záření a denního světla.

Je nutné také zvažovat možnosti využití denního světla s ohledem na návrh sdruženého a umělého osvětlení a jejich vlivu na pohodu prostředí. Nejnovější lékařské výzkumy zabývající se působením světla na lidské zdraví poukazují na závažnost této problematiky [49]. Ale je to především energetika a nutnost úspor energie v budovách, které udávají tomuto oboru značnou důležitost [50]. Hledají se cesty, jak zajistit dostatečné denní osvětlení a proslunění interiéru s vyloučením všech možných negativních vlivů nadměrných solárních zisků.

Praxe poukazuje na to, že hodnocení denního osvětlení budov založené pouze na modelu rovnoměrně zatažené oblohy, je kritérium velmi zjednodušené a pro mnohé případy dokonce i obtížně použitelné. Problémy při navrhování moderních budov s prosklenými fasádami a světlovodnými systémy vyžadují komplexní pohled na celou problematiku a signalizují, že je nutné přijmout nové metodiky zohledňující dynamické změny denního osvětlení v průběhu dne i celého roku [51].

Současné návrhové kritérium je především problematické z pohledu mezinárodní spolupráce a v souvislosti s připravovanou evropskou normou na denní osvětlení budov. Pro některé země Evropské unie (například pro Řecko) je hodnocení denního osvětlení budov pro model rovnoměrně zatažené oblohy podstatě bezcenné, protože takový oblohový typ se v těchto klimatických podmínkách prakticky nevyskytuje [52].

Dnes je již zcela jasné, že metodiky navrhování denního osvětlení a proslunění budov, v tom podání, jak jsou zakotveny v naší národní legislativě, čekají v brzké době změny. V budoucnu již nebude možné chápat odděleně denní osvětlení a proslunění, ale bude vhodné na tuto problematiku nazírat z pohledu celého spektra slunečního záření se zohledněním všech jeho možných vlivů na budovu a její okolí ve vztahu k geografické lokalitě a místním klimatickým podmínkám i v souladu s požadavky na vytápění, větrání, chlazení a umělé osvětlení.

Kvalita denního osvětlení budov je současnou výzvou. Uvědomění si nepostradatelnosti slunečního světla pro lidské zdraví vyvolává současný odborný zájem o vede k hledání nových možností pro navrhování budov a jejich vnitřního prostředí. Zajištění vhodných světelných podmínek je jednodušší a levnější než léčba nemocných. V tomto ohledu se jedná o nové úkoly, které se dotýkají mnoha oborů lidské činnosti na poli vskutku mezinárodním. Řešení těchto úkolů dává naději na možnosti vhodného využití sluneční světelné i tepelné energie, ale také na mnohem rozumnější využívání umělého osvětlení v souladu s požadavky úspor energie a udržitelného rozvoje.

## 4.2 Vlastní přínos

Dosavadní práce autorky přinesla tyto hlavní výsledky:

- studii přehledu vývoje a současných nejnovějších trendů v oblasti denního osvětlení a proslunění budov podloženou vlastní odbornou prací z expertních a znaleckých posouzení,
- spoluautorství při napsání čtyř odborných knih zabývajících se konstrukcemi pozemních staveb a také problematikou vnitřního prostředí a především denního osvětlení a proslunění budov, které mohou sloužit jako vysokoškolské učebnice i praktické odborné příručky,
- vypracování metodiky pro navrhování a posuzování tubusových světlovodů v klimatických podmínkách ČR (ve spolupráci s řešitelským autorským kolektivem projektů česko-slovenské vědecko-technické spolupráce MŠMT),
- souborná studie optických a energetických vlastností skel a transparentních materiálů, jejíž výsledky byly publikovány ve vědeckých časopisech a zahraničních knihách,
- vypracování dvou užitných vzorů pro fotovoltaickou žaluzii a pro světlovodů s dynamickou regulací prostupu světla,
- prezentace dosažených výsledků ve vědeckých časopisech i na mezinárodních odborných konferencích, organizace národního semináře o denním osvětlení a mezinárodní konference o solární záření a denním osvětlení,
- oponentury studentských prací, odborných posudků, vědeckých projektů v ČR a SR i v rámci Evropské unie (EU project expert evaluator) a na mezinárodní úrovni (Elsevier reviewer),
- členství v české i evropské technické normalizační skupině pro denní osvětlení budov, působnost v radě České společnosti pro osvětlování,
- mezinárodní pedagogickou i odbornou spolupráci se čtyřmi pracovišti na univerzitách v EU včetně zapojení doktorandů (studentské stáže na partnerských pracovištích, zapojení doktorandů do odborné a publikační činnosti školitelky),
- zapojení doktorandů autorky do mezioborové spolupráce s FSI VUT v Brně, Českou společností pro osvětlování a Ústavem stavebnictva a architektury SAV na Slovensku,
- podklady pro pedagogickou práci při výchově budoucích stavebních inženýrů a možnosti přípravy zadání studentských prací ve spolupráci s odbornými firmami pro řešení konkrétních problémů a úkolů, které vyžaduje současná praxe.

## 4.3 Možné pokračování práce

Výsledky dosavadní práce autorky mohou přispět k inovaci výuky na Ústavu pozemního stavitelství FAST VUT v Brně a to hlavně v předmětech *Akustika a denní osvětlení* pro studenty magisterského studijního programu a pro *Navrhování pasivních solárních systémů* pro studenty doktorského studijního programu.

Jak již bylo zmíněno, autorka v akademickém roce 2010/2011 pořádala přednášky pro zahraniční studenty ve výuce předmětů *Acoustics and Daylighting* a *Thermal Protection of Buildings* v rámci projektu MŠMT ve spolupráci s odborníky z SAV Bratislava. Na tuto přednáškovou činnost by se dalo navázat a připravit volitelný předmět *Solární světelná technika budov - Daylight Building Technology*. Tento předmět by mohl posloužit pro doplnění a rozšíření informovanosti studentů o vývoji v této odborné oblasti a o její důležitosti pro vnitřní prostředí budov.



Autorka dokončuje knihu *Denní osvětlení a proslunění budov* ve spolupráci s doc. Ing. Janem Kaňkou, Ph.D. z Fakulty stavební ČVUT Praha. Tato kniha by měla vyjít v nakladatelství FCC Public, Praha v roce 2013. V této publikaci budou shrnuty dosavadní metody a způsoby hodnocení denního osvětlení a proslunění budov. Publikace může sloužit i jako vysokoškolská učebnice pro předmět solární světelné techniky.

V akademickém roce 2012/2013 je domluvená další spolupráce s uvedenými zahraničními pracovišti společně s autorčinými doktorandy. Konkrétně s pracovištěm BEAU na univerzitě v Sheffieldu se předpokládá navázání na tamní zkušenosti z projektu zaměřeného na využívání obnovitelných zdrojů energie a omezení emisí oxidu uhličitého CaRB [53] pro vyhodnocení dat poskytnutých Státním fondem životního prostředí ČR. Dále potom se připravuje zpracování studie využitelnosti solárně aktivních fasád a střech v klimatických podmínkách ČR ve spolupráci se Scottish Energy Centre, Edinburgh Naper University.

Dále bude autorka provádět hodnocení tubusových světlovodů se speciálním stropním krytem s optickými čočkami ve spolupráci s SAV Bratislava (měření pod umělou oblohou) a odbornou firmou. Tato spolupráce poskytne, mimo jiné, i téma pro zpracování doktorské práce.

Hlavní odbornou činností autorky bude v nejbližším období působnost v České společnosti pro osvětlování a v normalizační skupině ÚNMZ TNK 76 Osvětlení a CEN TC 169 *Light and Lighting*/WG11 *Daylighting* v souvislosti s přípravou nové metodiky pro evropskou normu *Daylighting in Buildings*.

### Poděkování

S poděkováním své učitelce, doc. Ing. Anně Kadlecové, CSc., své rodině a všem, kteří mě v mé práci podporovali.

### Použitá literatura

- [1] BRAINARD, G.C., BERNECKER, C.A. The Effect of light on Human Physiology and Behaviour. *Proceedings of the 23<sup>rd</sup> Session of the CIE*, New Delhi, 1990.
- [2] PIAZENA, H., et al. Individuelle Bewertung der circadianen Wirksamkeit solarer und künstlich erzeugter Strahlung. *Proc. Conf. Lux Europa 2005*, Berlin, p. 29-32.
- [3] BOYCE, P.R. Why daylight? *Proceedings of Daylighting 98-International conference on daylighting technologies for energy efficiency in buildings*, Ottawa, 1998, p. 359-366.
- [4] SELKOVITZ, S. LEE, E.S. Advanced Fenestration systems for Improved Daylight Performance. *Daylighting 98-International conference on daylighting technologies for energy efficiency in buildings*, Ottawa, 1998, LBNL 41461, DA-385, p. 1-11, <http://windows.lbl.gov/pub/da/41461.pdf>, 8.9.2012.
- [5] IEA-SHC, *Task 21 Daylighting in Buildings*, <http://www.iea-shc.org/task21>, 8.9.2012.
- [6] IEA-SHC, *Task 31 Daylighting Buildings in the 21<sup>st</sup> Century*, <http://www.iea-shc.org/task31>, 8.9.2012.
- [7] EnerBuild, <http://www.enerbuild.eu/> (8.9.2012).
- [8] EU Programme Joule, <http://ec.europa.eu/research/joule1.html>, 9.9.2012.
- [9] BODART, M., De HERDE, A. Global energy savings in offices buildings by the use of daylighting. *Energy and Buildings*. 2002, 34(5): 421-429.
- [10] *European GreenLight Programme*, <http://www.eu-greenlight.org>, 10.9.2012.
- [11] CRISP, V.H.C., LITTLEFAIR, P.J., COOPER, I., McKENNAN, G., *Daylighting as a passive solar energy option: and assessment of its potential in non-domestic buildings*. Report BR129, Garston: BRE, 1988.
- [12] IEA-SHC, *Task 27*, <http://www.iea-shc.org/publications/downloads/task27-summary.pdf> (10.9.2012).
- [13] MAYHOUB, M., CARTER, D. Towards Hybrid Lighting Systems: A Review. *Lighting Res. Technol.* 2010, 42: 51-71.
- [14] *Project Arthelio*, <http://erg.ucd.ie/enerbuild/arthelio.html>, 5.9.2012.
- [15] *Hybrid Solar Lighting*, [http://www.ornl.gov/info/ornlreview/rev29\\_3/text/hybrid.htm](http://www.ornl.gov/info/ornlreview/rev29_3/text/hybrid.htm), 5.9.2012.
- [16] ABDUL-RAHMAN, H., WANG, C. Limitations in current day lighting related solar concentration devices: A critical review. *International Journal of the Physical Science*. 2010, 5(18) 2730-2756.

- [17] IEA-SHC *Task 18 Advanced Galzing*, <http://www.iea-shc.org/task18>, 8.9.2012.
- [18] International Commission on Illumination CIE, <http://www.cie.co.at>, 7.9.2012.
- [19] CIE 164:2005 *Hollow Light Guide Technology and Applications*, ISBN 978 3 901906 38 1.
- [20] CALLOW, J. *Daylighting Using Tubular Light Guide Systems*. Thesis, University of Nottingham, 2003.
- [21] CIE 173:2006 *Tubular Daylight Guidance Systems*, ISBN 978 3 901906 49 7 (+Erratum CIE 173:2012)
- [22] ZHANG X, MUNEER T. A mathematical model for the performance of light-pipes. *Light Res. Tech.* 2000, 32(3): 141-146.
- [23] JENKINS D, MUNEER T. Modelling light pipe performances-a natural daylighting solution. *Build Environ.* 2003, 38(7): 965-972.
- [24] ROSEMANN A, Kloss SH, Muller T, Aydinli S, Kaase H. The photometry of hollow light guides. *Light Res. Tech.* 2005, 37(1): 60-72.
- [25] ZACK, R. *Overview of Daylight Simulation tools*. Velux 2<sup>nd</sup> Daylight Symposium, Bilbao 2007. <http://www.thedaylightsite.com/filebank/Overview%20of%20Daylight%20Simulation%20Tools.pdf>, 7.9.2012.
- [26] CIE 171:2006 *Test cases to assess the accuracy of lighting computer programs*, ISBN 978 3 901906 47 3.
- [27] MARDALJEVIC, J., HESCHONG, L., LEE, E. Daylight metrics and energy savings. *Lighting Res. Technol.* 2009, 41: 261-283.
- [28] LESLIE, RP, RADETSKY, LC, SMITH, AM Conceptual design metrics for daylighting *Light Res Tech.* 2012, 44: 277-290.
- [29] CIE 1955 *Natural Daylight Compte Rendu* 13, Session 2, part 3,2, p 2-4, CIE Paris, 1955.
- [30] CIE 2003 *Spatial distribution of daylight - CIE standard general sky*, CIE S 011/E:2003, ISO 15469:2004.
- [31] *European Database of Daylight and Solar Radiation*, <http://www.satel-light.com/core.htm>, 9.9.2012.
- [32] *International Daylight Measurement Programme IDMP*, <http://idmp.entpe.fr>, 4.8.2012.
- [33] CIE TC 3-47: *Climate-Based Daylight Modelling* [http://div3.cie.co.at/?i\\_ca\\_id=573&pubid=278](http://div3.cie.co.at/?i_ca_id=573&pubid=278), 7.9.2012.
- [34] CEN 196/WG11 Daylight, <http://www.cen.eu/cen/Sectors/TechnicalCommitteesWorkshops/CENTechnicalCommittees/Pages/TCStruc.aspx?param=6150&title=Ligh%20and%20lighting>, 5.9.2012.
- [35] KITTLER, R., DARULA, S., PEREZ, R. A set of standard skies, Final Report of project US-SK 92 052, Polygrafia SAV, Bratislava, 1998.
- [36] KITTLER, R., DARULA, S. Zpráva projektu VEGA 2/5093/5, Bratislava, 2005.
- [37] KITTLER, R., DARULA, S Report SK-GR 4/01, Sunshine duration and daily courses of illuminance in Bratislava, *International Journal of Climatology* <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/abstract/109792800/ABSTRACT?CRETRY=1&SRETRY=0>, 4.9.2012.
- [38] ISO 9050:1990 *Glass in Building-Determination of Light Transmittance, Total Solar Energy Transmittance and Ultraviolet Transmittance, and Related Glazing Factors*.
- [39] KOCIFAJ, M., DARULA, S., KITTLER, R. *HOLIGILM: Hollow light guide interior illumination method – An analytic calculation approach for cylindrical light-tubes*. *Solar Energy*. 2008, 82: 247-259.
- [40] KÖSTER, H. *Dynamic Daylighting Architecture*, Birkhäuser, Basel 2004, ISBN 3-7643-6730-X, s. 463.
- [41] GRANQVIST, C.G. Electrochromism and smart window design. *Solid State Ionics*. 1992 53-56: 479-489.
- [42] LAMBERT C.M. Heat Mirror Coatings for Energy Conserving Windows. *Sol. Energy Mater.* 1981, 6:1-41.
- [43] HUTCHINS, M.G. Advanced Glazing Materials, *Solar Energy*. 1998, 62(3): 4-16.
- [44] Gläser, H.J. History of the development and industrial production of low-e coatings for high heat insulating glass units, *Interpane 2006*, [http://www.interpane.com/m/en/history\\_of\\_low-e\\_coatings\\_123.87.html](http://www.interpane.com/m/en/history_of_low-e_coatings_123.87.html), 1.9.2012.
- [45] ROOS A. et al. Applications of coated glass in high performance energy efficient windows. *Glass Performance Days*, 2009, Tampere.
- [46] LAMPERT C.M. *Advanced Glazing Technology*. Fenestration 2000, Phase III - Glazing Materials. LBL-31616, 1992 Berkeley.
- [47] TERRY HOLLANDS K.G. et al. Glazings and Coatings. In: Gordon J (ed) *Solar Energy: The State of the Art*, ISES Position Papers. James&James, 2001 London.
- [48] LEE, E.S., SELKOWITZ, S.E. et al. Active Load Management with Advanced Window Wall Systems: Research and Industry Perspectives. Final Project Report CEC-500-2006-052-AT1. LBNL, 2006 California.
- [49] ZAIDI, F.H. et al. Short-Wavelength Light Sensivity of Circadian, Pupillary, and Visual Visual Awareness in Humans Lacking an Outer Retina. *Current Biology*. 2007, 17 (24): 2122-2128.
- [50] EUR 24283 *EN Energy Efficient Buildings PPP. Multi-Annual Roadmap and longer Strategy*, 2010 European Union, Brussels, ISBN 978-92+79-15228-3, ISSN 1018-5593, doi:10.2777/10074.
- [51] MARDALJEVIC, J. Daylight, Indoor Illumination, and Human Behavior, in *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, chapter (Ed. R. A. Meyers), Springer 2012.
- [52] KITTLER, R., DARULA, S., KAMBEZIDIS, H., BARTZOKAS, A. Daylight Climate Specification Based on Athens and Bratislava Data. Proc. 9<sup>th</sup> European Lighting Conf. *Lux Europa 2001*, Reykjavik, Illuminating Engineering Society of Iceland, 2001, 442-449.
- [53] Carbon Reduction in Buildings CaRB project, <http://www.ucl.ac.uk/carb/pubdocs/PO-UCL-01-UKERS05-CaRB-SocTechLong-CarbUseBldg-vf-01nov05-TJO-et-al.pdf>, 8.9.2012.

*Odkazy na práce autorů*

- [I] KADLECOVÁ, A., VESELKA, M., MOHELNIKOVA, J., JURÁKOVÁ, T. *Vikýře - výrazný prvek šikmých střech*. Brno: Littera, 2004, 248 stran, ISBN 80-85763-25-7.
- [II] KADLECOVÁ, A., MOHELNIKOVA, J., JURÁKOVÁ, T., MATĚJKA, L., VESELKA, M., *Mansardové střechy obytných podkrovní*. Brno: ERA group, 2008, 125 stran. ISBN 978-80-7366-113-7.
- [III] MOHELNIKOVA, J. Daylighting of attic rooms by dormers. *Journal Leukos of the IESNA-Illuminating Engineering Society of North America*, New York, USA, 2007, vol. 3, no 4, pp. 249-258, ISSN 1550-2724 print, ISSN 1550-2716 on line, (*Impact factor 0,36/rok 2007*).
- [IV] DARULA, S., MOHELNIKOVA, J. Syntetické průběhy osvětlenosti pro podmínky ČR. *Stavební obzor*, roč. 18, č. 7, 2009, pp. 204-209, ČVUT Praha ISSN 1210-4027.
- [V] DARULA, S., MOHELNIKOVA, J. Light transmission due to the tubular light guide indoor cover, příspěvek na konferenci *Proceedings of The 5<sup>th</sup> International Conference on Solar Radiation and Daylighting SOLARIS 2011*, ISBN 978-80-214-4306-8, FAST VUT, CERM, Brno, 2011.
- [VI] MOHELNIKOVA, J. Evaluation of indoor illuminance from light guides. *Light & Visual Environment*, Journal of Illuminating Engineering Institute of Japan. Tokyo, Japan, April 2008, vol. 32, no.1, pp. 20-26, ISSN 1349-8398 on line, ISSN 0387-88054.
- [VII] MOHELNIKOVA, J. Tubular light guide evaluation. *Building and Environment*. Elsevier, vol. 44, issue 10, October 2009, pp. 2193-2200, ISSN 0360-1323.
- [VIII] MOHELNIKOVA, J., PLCH, J., DARULA, S. The flux method for determination of indoor illuminance from tubular light guides. *Building Research Journal*, 2007, vol. 55, no. 1, pp. 85-96, ISSN: RC-MK-7094/MIC 49624.
- [IX] DARULA, S., RYBÁR, P., MOHELNIKOVA, J., POPELIŠ, M. Laboratory measurement of efficiency of light transmittance through a hollow light guide. *Przegląd Elektrotechniczny*, roč. LXXXVI, no.10./2010, pp. 177-180, ISSN 0033-2097, Warszawa, impact factor 0.242/2010.
- [X] PLCH, J., MOHELNIKOVA, J. Evaluation of light guide model. *Electrical Engineering Review – Przegląd Elektrotechniczny*, roč. LXXXIV, 8/2008, pp. 68-69, ISSN 0033-2097, Warszawa, impact factor 0.196/2008.
- [XI] PLCH, J., MOHELNIKOVA, J. *Expertiza denního osvětlení schodiště výškové budovy atypickými světlovody Lightway - Central Park Praha 3, Žižkov*. Zadavatel: Lightway, Praha, 2006.
- [XII] DARULA, S., KITTLER, R., KOCIFAJ, M., PLCH, J., MOHELNIKOVA, J., VAJKAY, F. *Osvětlování světlovody*. Grada, Praha 2009, ISBN 978-80-247-2459-1.
- [XIII] PLCH, J., MOHELNIKOVA, J., SUCHÁNEK, P. *Osvětlení neosvětlitelných prostor*. Brno: ERA, 2004, 129 stran, ISBN 80-86517-82-9.
- [XIV] ALTAN, H., MOHELNIKOVA, J. Solar Control Glass. *Solid State Phenomena*. 2010, vol 165, no. 1, Mechatronic Systems and Materials, Trans Tech Publications, Switzerland, pp. 1-8 ISSN 1012-0394, (*Impact factor 0,493/rok 2005*), SSP-MSM. *Material Production Technology*, ISSN 1662-9779.
- [XV] MOHELNIKOVA, J. – překlad knihy KÖSTER, H. *Dynamika denního osvětlení v architektuře*. Grada, Praha, 2009 z originálu KÖSTER, H. *Dynamic Daylighting Architecture*, Birkhäuser, Basel 2004, ISBN 3-7643-6730-X, p. 463.
- [XVI] MOHELNIKOVA, J. *Fotovoltaická žaluzie MPT: G 05 D 25/00*, 2000.
- [XVII] MOHELNIKOVA, J. *Světlovody s dynamickou regulací prostupu světla*. Užitiný vzor PUV 2007 – 19474, MPT: E 04 D 13/03, F 21 S 11/00., 2008, Úřad průmyslového vlastnictví, 2008.
- [XVIII] MOHELNIKOVA, J. Method for evaluation of radiative properties of glass samples. *Applied Thermal Engineering*, Elsevier, 2008, vol. 28, no. 5-6, pp. 388-395, ISSN 1359-4311, Impact factor (5-Year IF) 2.095/rok 2010.
- [XIX] MOHELNIKOVA, J. Materials for reflective coatings of window glass applications. *Construction and Building Materials*, Elsevier, United Kingdom, 2008, vol. 23, no. 5, pp. 1993-1998, ISSN 0950-0618, Impact factor (5-Year IF) 1.570/rok 2010.
- [XX] MOHELNIKOVA, J. Materiály pro tenké vrstvy infračervených zrcadel. *Chemické listy* 2006, roč. 100, č. 5, pp. 357-362, ISSN 0009-2770 (*Impakt factor 0.445/rok 2005*).
- [XXI] MOHELNIKOVA, J. *Window Glass Coatings*. Chapter 26, book by ZANG, J. et al. *Energy Efficiency and Renewable Energy through Nanotechnology*, Springer-Verlag London Limited, 2011, ISBN 1865-3529, ISBN 978-0-85729-637-5, e-ISBN 978-0-85729-638-2, pp. 913-934.
- [XXII] MOHELNIKOVA, J. *Nanocoatings for Architectural Glass*. Chapter 9, book by MAKHLOUF, A.S.H. et al. *Nanocoatings and Ultra-thin Films*. Woodhead Publishing Limited. Great Abingdon, Cambridge, UK, 2011, ISBN 1 84569 812 6, ISBN-13: 978 1 84569 812 6, September 2011.
- [XXIII] MOHELNIKOVA, J. Comparative study of window glass influence on daylighting in an open-plan office. *Journal Leukos of the IESNA-Illuminating Engineering Society of North America*. New York, USA, 2008, vol. 7, no 1, April 2010, pp. 2-10, ISSN 1550-2724 print, ISSN 1550-2716 on line, (*Impact factor 0,618/rok 2010*).

- [XXIV] MOHELNÍKOVÁ, J. *Posouzení denního osvětlení kanceláří budovy ÚTB Telefonica 02*, Jana Babáka 11, Brno. Zadavatel: atelier CREO, Purkyňova 99, 612 00 Brno, 2008.
- [XXV] PLCH, J., MOHELNIKOVA, J. Influence of colour of shading obstacles on indoor daylighting. *Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review)*, ISSN 0033-2097, R. 87 NR 4/2011, pp. 35-37 impact factor 0.242/rok 2010.
- [XXVI] PLCH, J., MOHELNÍKOVÁ, J. *Posouzení vlivu barevnosti fasády OC Mercury na zrakovou pohodu pracovních prostor domu Kasárenská, České Budějovice*, 2008.
- [XXVII] WARD, I.C., ALTAN, H., MOHELNIKOVA, J., VAJKAY, F. An internal assessment of the thermal comfort and daylighting conditions of a naturally ventilated building with an active glazed facade in a temperate climate. *Energy and Buildings*, vol. 41, no 1, pp. 36-50, January 2009, Elsevier, Switzerland, ISSN 0378-7788, Doi information:10.1016/j.enerbuild.2008.07.009, Impact factor (5-Year IF) 2.254/rok 2010.
- [XXVIII] WARD, I., ALTAN, H., MOHELNIKOVA, J., PLŠEK, D. Evaluation of single and double glazed facades in a temperate climate. *Proc. of the International conference EUROSUN 2006*, Glasgow, United Kingdom, June 2006, Theme 05: Architecture and Design, CD version, paper ID 126\_ES06\_T0S\_0416, ISBN 0 904963 73 1.
- [XXIX] WARD, I., ALTAN, H., MOHELNIKOVA, J., PLSEK, D., JAROS, M. Glazed facades and overheting problems in buildings. *Proc. of the International Conference Building Envelope Systems & Technology, ICBEST 07*, The University of Bath, United Kingdom, March 2007, pp. 351-355, ISBN 978 1 874003 44 1.
- [XXX] ČUPROVÁ, D., MOHELNÍKOVÁ, J., ČUPR, K. *Denní osvětlení budov*, skriptum VUT Brno, CERM 2002, ISBN 80-214-2142-8, 61 stran.

## Abstract

Daylighting of buildings is an interest of current energy savings activities and indoor climate topical investigations. Visual comfort represents one of main demands for quality of indoor environment. Building design from the indoor visual comfort point of view requires interdisciplinary approach to solution of many architectural and technical problems.

This text deals with the main results of the author's professional work in the field of daylight building technology as it is summarised in chapter 3. The work has been focused on daylight technology of roof systems and transparent façades.

A daylight optimisation study of dormers and skylights as well as comprehensive evaluation of tubular light guides and their applications were completed. Optical properties of glazing materials and influence of transparent façades on indoor visual comfort were also studied. The presented work contribution can be summarised as follows:

- determination of a new metrics for evaluation of tubular light guides in climatic conditions of the Czech Republic in collaboration with Slovak Academy of Sciences within the frame of research projects by the Czech Ministry of Education, Youth and Sports,
- two authorized utility models for photovoltaic blind and tubular light guides with dynamic light control due to electrochromic glass components, registered by the CZ Industrial Property Office,
- co-authorship in publication of four books on building constructions and daylighting recommended for civil engineers and technical university students,
- comprehensive overview of the state-of-the art in the field of daylight systems for buildings and summary of existing daylight evaluation metrics presented in scientific journals,
- case study of optical properties of glazings and transparent materials published in chapters of books by international collective,
- international professional and academic collaboration with departments in The University of Sheffield and Edinburgh Napier University and The University of Bath in the UK and the University of Huelva in Spain,
- organisation of the international conference about solar radiation and daylighting Solaris 2001 under the auspices of the Faculty of Civil Engineering, BUT and in collaboration with the Scottish Energy Centre, Edinburgh Napier University, UK.
- building daylighting and insolation expert assessments, reviewer of scientific theses, EU project expert evaluator, Elsevier reviewer,
- membership in the Czech and European standardization committees (CEN 169/WG11) for daylighting in buildings as well as in the board of the Czech Lighting Society,
- involvement of author's doctoral students into the interdisciplinary collaboration with the FME of Brno University of Technology, Czech Lighting Society and Slovak Academy of Sciences,
- supervision and external evaluation of students' projects and dissertations, innovation of lectures on building physics and indoor climate, introduction of a new lecture module on daylight building technology.