

Osvětlení Langweilova modelu Prahy

Ing. Petr Žák, Ph.D., ETNA s. r. o.

Langweilův model Prahy je součástí sbírek Muzea hlavního města Prahy (MHMP). Patří k nejpodrobnějším urbanistickým modelům města na světě. Model tvoří přes dva tisíce budov a zachycuje podobu Prahy z první poloviny 19. století. Je na něm ukázáno Staré Město s židovským ghettem, Malá Strana bez petřínských svahů, Pražský hrad, Hradčany bez Pohořelce a část Nového Světa. Model je v současné době vystaven v hlavní budově MHMP na Florenci.

Návrh osvětlení

S vědomím složitosti a citlivosti řešeného problému byla snaha pojmout návrh nového osvětlení co nejkompexněji, přičemž hlavní ideou, procházející celou

Analýza

Langweilův model o půdorysné ploše $11,5 \text{ m}^2$ byl umístěn v prachotěsné vitríně (20 m^2) na kovovém roštu ve výšce 80 cm. Boky vitríny tvoří samonosné prosklené stěny bez dalších kovových konstrukcí. Strop ve výšce 2,0 m tvořil rošt z hliníkových profilů s roztečí $1 \times 1 \text{ m}$, na který byly ze spodní části uchyceny stropní desky z černého plastu. Původní osvětlení modelu mělo dvě úrovně. První úroveň bylo celkové, trvale svítící osvětlení, které rovnoměrně osvětlovalo celý model. Druhou úrovní bylo zvýrazňující osvětlení vybraných objektů (celkem sedm), které se ovládalo tlačítky na panelu, umístěném na noze před vitrínou. Osvětlovač soustavu tvořil systém

Před vyjmutím modelu z vitríny byla změněna osvětlenost přímo na modelu. Při celkovém osvětlení se vodorovná osvětlenost pohybovala v rozsahu $E_{hc} = 20$ až 30 lx , vertikální osvětlenost v rozsahu $E_{vc} = 5$ až 10 lx . Při zvýrazňujícím osvětlení se horizontální osvětlenosti pohybovaly v rozsahu $E_{ha} = 150$ až 300 lx a vertikální osvětlenosti v rozsahu $E_{va} = 30$ až 50 lx . Součástí vitríny byl monitorovací systém mikroklimatu s jedním kombinovaným čidlem pro měření vlhkosti a teploty a s jedním čidlem pro měření osvětlenosti.

Architektonické hledisko

Jednou ze základních otázek, která je důležitá pro sledování a vnímání exponátu, je otázka adaptace lidského zraku. Vzhledem k tomu, že maximální povolené hodnoty osvětlenosti (50 lx) jsou velmi nízké, je třeba zajistit, aby byl zrak návštěvníků adaptován na nízkou úroveň jasu. Pro vytvoření vhodných adaptačních podmínek bylo třeba zajistit, aby hlavní plochy výstavního prostoru s modelem měly nízký jas a zároveň aby návštěvník nevstupoval do výstavní místnosti z prostoru s příliš vysokými hladinami osvětlení. Tento problém byl, vzhledem k samotnému umístění exponátu v prostorách muzea, poměrně složitě řešitelný. Přesto byly navrženy úpravy, které přispěly ke zlepšení adaptačních i pozorovacích podmínek návštěvníků a k odstranění některých dalších rušivých jevů.

Úvahy o způsobu nového osvětlení modelu navazovaly na předchozí řešení a snažily se je doplnit a rozšířit. Výsledné řešení, vycházející z počítačových simulací i reálných světelných zkoušek, tvoří tři základní úrovně. První úroveň (Město) obsahuje svícené scény při různých denní době a její součástí jsou tři statické scény (Úsvit, Poledne a Soumrak) a jedna dynamická scéna (Proměna), která simuluje změnu denního osvětlení v průběhu dne. Druhá úroveň (Městské části) obsahuje světlené scény, při kterých jsou osvětleny jednotlivé části modelu. Tvoří ji cel-



Obr. 1. Celkový pohled na Langweilův model

konceptu návrhu, bylo zásadní zlepšení viditelnosti a přehlednosti modelu subjektivně oceňované návštěvníkem. Aby bylo možné systematicky pojmenovat všechny dílčí oblasti řešeného úkolu, byl v první fázi návrhu analyzován současný stav. V další fázi byl projekt řešen z pohledu čtyř souběžně sledovaných hledisek:

- architektonického,
- světelnotechnického,
- provozně technického,
- vedlejších vlivů.

Výstupy z těchto jednotlivých oblastí se promítaly do výsledného řešení.

optických kabelů (PMMA), které byly zakončeny a upevněny ve stropních deskách podhledovými koncovkami. Pro celkové osvětlení bylo použito šest projektorů pro 150W halogenidové výbojky a optické kabely byly zakončeny v pevných koncovkách. Pro zvýrazňující osvětlení bylo použito sedm projektorů pro halogenové žárovky 50 W a optické kabely byly zakončeny ve směrovatelných koncovkách s možností změny úhlu poloviční svítivosti. Projektory byly umístěny na stropě vitríny. Celkový instalovaný příkon osvětlovač soustav byl 1,4 kW a instalovaný světelný tok 90 klm.

kem pět světelných scén (Staré Město, Židovské město, Malá Strana, Hradčany a Královská cesta). Třetí úroveň je zvýrazňující osvětlení, do kterého je zahrnuto sedm objektů (Staroměstské náměstí, Ovocný trh, Klementinum, Karlův most,

la k návrhu zabudovat do stropní konstrukce vitríny kameru, prostřednictvím které by návštěvníci mohli sledovat detaily vzdálenějších částí modelu. Aby bylo možné skloubit ovládání jednotlivých scén osvětlovací soustavy i kamery zabudované do stropní konstrukce, byl pro ovládání celého systému použit dotykový monitor.

Světelnotechnické hledisko

Jednou z podstatných skutečností, která se objevila při analýze původního osvětlení, bylo zjištění, že převažující směr světelného toku osvětluje model je kolmo dolů. Při tomto způsobu osvětlení byly osvětleny hlavně horizontální roviny. Pro sledování a vnímání modelu jsou ale daleko důležitější fasády jednotlivých objektů, tedy vertikální plochy, jejichž osvětlení bylo u původního řešení nedostatečné. Proto bylo v novém návrhu hledáno takové řešení, které by umožnilo výrazně zvýšit osvětlenosti vertikálních ploch. Pro to, aby bylo možné dosáhnout vyšších hodnot vertikálních osvětleností, bylo třeba část osvětlova-

cí soustavy umístit co nejbliže k okrajům vitríny. Vzhledem k různorodosti modelu bylo také zapotřebí navrhnout osvětlovací soustavu, která by nebyla vázána na pevnou polohu jako v původním řešení, ale aby měla určitou prostorovou flexibilitu, jež umožní přesné nastavení a doladění parametrů osvětlení jednotlivých částí modelu.

Vzhledem k citlivosti exponátu i jeho historické hodnotě byl pro osvětlení použit systém optických kabelů. Ve spolupráci s konstruktérem vitríny byl navržen nosný systém pro koncovky optických kabelů, který tvoří hliníkové profily, kopírující rastr stropní konstrukce. Použití směrovatelných koncovek, upevněných v hliníkovém profilu, zajišťuje požadovanou flexibilitu osvětlovací soustavy. Pro pohledové zakrytí stropní konstrukce a části osvětlovací soustavy byl v horní části vitríny vytvořen krycí límec.

Další fází návrhu bylo určení potřebného počtu optických kabelů a projektorů, které umožní vytvořit požadovaný charakter osvětlení i navržené světelné scény. Pro první úroveň osvětlení (Město) bylo třeba přizpůsobit rozmístění a směrování osvětlovací soustavy světovým stranám, aby bylo možné vytvořit světelné situace simulující podmínky denního osvětlení. Pro druhou úroveň (Městské části) bylo nutné osvětlovací soustavu rozdělit a přesně směřovat tak, aby bylo možné vytvořit světelné scény, ve kterých jsou osvětlovány pouze dílčí části modelu, odpovídající definovaným světelným scénám. Pro první dvě uvedené úrovně byla, s ohledem na ochranu exponátu, stanovena limitní hodnota maximální osvětlenosti 50 lx. Při počítačových simulacích i reálných testech bylo u navržené osvětlovací soustavy při maximálních hodnotách horizontální osvětlenosti $E_h = 50$ lx dosaženo vertikálních osvětleností v úrovni $E_v = 30$ lx. U třetí úrovně osvětlení (Pamětihodnosti) bylo zvoleno sedm objektů, které jsou samostatně zvýrazněny větším osvětlením. Vzhledem ke krátkodobému působení tohoto osvětlení byla vybrána vyšší úroveň limitních hodnot maximálních osvětleností, a to $E_h = 150$ lx, $E_v = 50$ lx.

Při směřování osvětlovací soustavy bylo třeba zajistit jednak, aby nedocházelo



Obr. 2. Ovládací panel

Malostranské náměstí, Újezdské kasárny a Pražský hrad).

Viditelnost jednotlivých částí a objektů modelu je ovlivněna nejen osvětlením, ale také jejich polohou v rámci modelu. Se zvětšující se pozorovací vzdáleností objektů od kraje směrem do středu modelu přirozeně klesá schopnost rozlišovat malé detaily. Tato skutečnost ved-



Obr. 3. Zvýrazňující osvětlení Karlova mostu

k oslnění návštěvníků na protější straně vitríny, a jednak aby v modelu nevznikaly rušivé stíny. Z uvedených důvodů byla část koncovek optických kabelů osazena clonami pro omezení oslnění a část koncovek optickými čočkami, umožňujícími přesné nastavení úhlu poloviční svítivosti (10° až 24°) a omezení parazitního světla. Aby bylo možné dosáhnout uvedených limitních hodnot osvětlenosti a současně je nepřekročit, je osvětlovací soustava připojena přes řídicí systém, který umožňuje přesné nastavení hladiny osvětlenosti.

Nově navrženou osvětlovací soustavu celkem tvoří skleněné optické kabely v délce 380 m, šestnáct projektorů pro 50W halogenové žárovky, pět projektorů pro 20W halogenové žárovky a 141 flexibilních koncovek pro optické kabely. Celkový instalovaný příkon nové osvětlovací soustavy je 1,0 kW.

Provozně technické hledisko

Jednou z důležitých skutečností z pohledu provozu osvětlovací soustavy, který byl zmíněn při vstupních jednáních, bylo poměrně neorganizované rozmístění projektorů po celé ploše stropu vitríny. Proto jsou projektory u nově navržené osvětlovací soustavy rozmístěny po obvodu vitríny v přímém dosahu. Přehlednost elektroinstalace je zajištěna tím, že kabely napájecího i řídicího okruhu jsou vedeny po vnějším obvodu vitríny. Použité ploché vodiče jsou upevněny na vnitřní straně krycího límce a umožňují připojení projektorů v libovolném místě s využitím nožového konektoru. Konektorové připojení zaručuje snadnou výměnu komponent při jejich poruše. Projektory jsou napájeny z elektronických stmívatelných transformátorů, napojených na řídicí systém s protokolem DALI. Pro prodloužení doby života halogenových žárovek je ve všech světelných scénách nastavena maximální úroveň napájecího napětí elektronických transformátorů na 90 % jmenovité hodnoty.

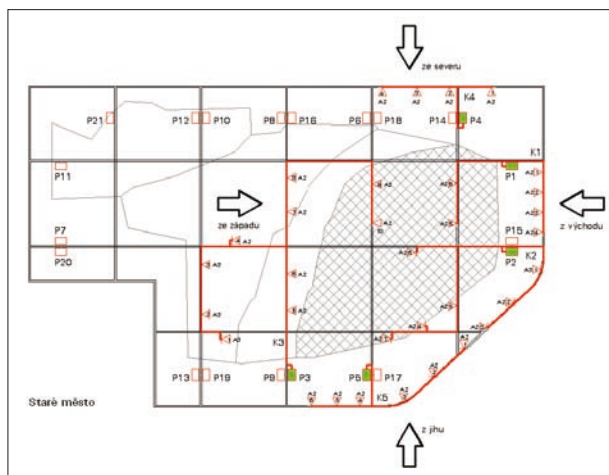
Nový systém osvětlení se ovládá z dotykového monitoru, umístěného na stejném místě jako původní ovládací panel. Dotykový monitor pracuje ve dvou zá-

kladních režimech. Prvním režimem jsou světelné scény, které jsou rozděleny do tří úrovní (Město, Městské části, Pamětihodnosti). Jednotlivé světelné scény se spouštějí z tlačítkového menu nebo prostřednictvím grafické části obrazovky, kterou tvoří mapa modelu. Druhým režimem je režim kamery s dvěma úrovněmi (Pamětihodnosti, Procházka). V úrovni Pamětihodnosti návštěvník volí v tlačítko-

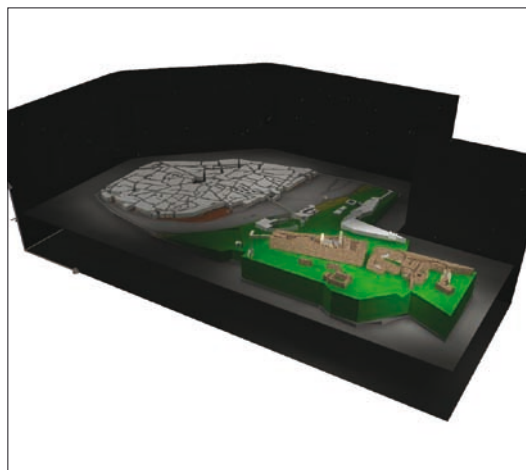
vém menu jednotlivé objekty, na které se kamera zaměří a přiblíží je. V úrovni Procházka může zájemce prostřednictvím kamery procházet modelem a zvětšovat detaily. Obraz z kamery se ukazuje jednak přímo na dotykovém monitoru a jednak na obrazovce, která je upevněna na vitríně. Dodatečná obrazovka je určena pro sledování obrazu z kamery při větší skupině návštěvníků.



Obr. 4. Ovládání světelných scén v úrovni Městská část



Obr. 5. Ukázka návrhu osvětlení části modelu (Staré Město)



Obr. 6. Simulace osvětlení v programu Dialux

Hledisko sekundárních vlivů

Velmi významnou a důležitou součástí návrhu byla minimalizace možných poškozujících účinků světelného záření osvětlujícího exponát. Vysoká citlivost Langweilova modelu souvisí jednak s materiály použitými při výrobě modelu (papírová lepenka na dřevěné konstrukci) a jednak s jeho stářím. Ze strany konzervátorů bylo základním požadavkem, aby trvalá hladina osvětlenosti na modelu nepřekročila úroveň 50 lx. Vzhledem k technologickému vývoji a novým technickým možnostem v monitorování mikroklimatu byl v rámci návrhu vytyčen úkol, jehož cílem bylo omezit namáhání exponátu světelným zářením na minimum. Navržené opatření muselo být takové, aby neovlivnilo vnímání exponátu návštěvníky. Součástí uvedeného úkolu bylo také nalezení způsobu, jak informovat pracovníky muzea při výrazném překročení povolené úrovně sledovaných parametrů mikroklimatu a jak ukládat světelnou historii exponátů.

Řešení první části tohoto úkolu vycházelo ze skutečnosti, že nejsou-li u modelu návštěvníci, není třeba, aby byla osvětlovací soustava zapnuta na úroveň, která je běžná pro prohlídku, ale může být snížena. Pro realizaci tohoto řešení byly světelné scény rozšířeny o dva klidové režimy (1 a 2). V klidovém režimu 1 je model osvětlen na průměrnou hodnotu horizontální osvětlenosti $E_h = 10$ lx a v klidovém režimu 2 na $E_h = 30$ lx.

Pokud v místnosti s modelem nejsou návštěvníci, osvětlovací soustava přejde do klidového režimu 1. Přítomnost osob detekují čtyři čidla pohybu, která jsou instalována v límci vitríny. Při příchodu návštěvníka přejde osvětlovací soustava do klidového režimu 2. Každá scéna má nastavenou dobu trvání na 5 minut. Pokud se v místnosti pohybují lidé, doba trvání scény se automaticky prodlužuje. Světelná scéna se mění prostřednictvím dotykového monitoru volbou jiné scény. Navržené řešení umožňuje nejen minimalizovat namáhání exponátu světelným zářením, ale také snížit spotře-

Tab.1. Porovnání parametrů původní a nově navržené osvětlovací soustavy

Parametr	Původní osvětlení	Nové osvětlení
instalovaný příkon (kW)	1,4	1,0
instalovaný světelný tok (klm)	90	17
průměrná horizontální osvětlenost (lx)	30	50
průměrná vertikální osvětlenost (lx)	10	30
účinnost osvětlovací soustavy pro celkové osvětlení*) (%)	0,4	3,8

*) horizontální osvětlenost × plocha/světelný tok světelných zdrojů

bu elektrické energie a prodloužit dobu života světelných zdrojů.

Pro druhou část úkolu, jež je zaměřena na monitorování mikroklimatu uvnitř vitríny, byl navržen dvoustupňový monitorovací systém. První stupeň tvoří dvě kombinovaná čidla pro měření vlhkosti a teploty a dvě kombinovaná čidla pro měření osvětlenosti a hladiny UV záření. Tato čidla jsou napojena na počítačovou síť muzea a naměřené údaje jsou přenášeny (on-line) na vybraná pracoviště. Při překročení předem nastavených hodnot program vizuálně a akusticky upozorní uživatele, že byl překročen limit některé ze sledovaných veličin. Současně se všechny naměřené údaje ukládají. Tento způsob monitorování je dostatečný v případě teploty a vlhkosti, kde pro popsání stavu stačí údaje z referenčních bodů. V případě osvětlení je ale situace výrazně složitější. Model není vli-

vem velkého počtu světelných scén osvětlen rovnoměrně, a proto nelze jednou nebo dvěma hodnotami v referenčních bodech stanovit s dostatečnou přesností skutečnou expozici modelu. Z tohoto důvodu byl pro osvětlení navržen druhý monitorovací stupeň. Pro jeho účely byl model rozdělen na síť dvaceti kontrolních bodů, ve kterých byly změřeny příspěvky osvětlenosti od jednotlivých projektorů, při jejich provozu na 100 % výkonu. V řídicím počítači byl vytvořen program, který v nastaveném časovém intervalu ukládá údaje o zapnutých světelných scénách a o době jejich trvání. Z uvedených údajů jsou v jednotlivých kontrolních bodech dopočítávány skutečné hodnoty expozice (lx·h). Z těchto hodnot je následně vytvářena světelná historie exponátu.

V tab. 1 je uvedeno celkové porovnání, z kterého lze vyčíst, že výsledná

účinnost řešení není primárně podmíněna použitím nejúčinnějších technických zařízení, ale jejich vhodným použitím. Z energetické hlediska má nová osvětlovací soustava v porovnání s původní nižší instalovaný příkon i spotřebu elektrické energie. Celkové osvětlení původní osvětlovací soustavy zajišťovaly projektory osazené halogenidovými výbojkami (1,0 kW), které nelze stmívat ani je nelze často zapínat a vypínat. Proto muse-la být tato část osvětlovací soustavy trvale zapnuta. U nového řešení umožňuje použití halogenových žárovek a řídicího systému využít popsané klidové režimy, které dovolují výrazně snížit spotřebu elektrické energie v době, kdy nejsou ve výstavním sále návštěvníci.

Architekt: akad. arch. J. Polášek

Kurátor: MHMP; PhDr. K. Bečková, Mgr. P. Státníková

Návrh osvětlení: Etna s. r. o.; Ing. P. Žák, Ph.D., Ing. T. Moravec

Optické kabely: SAAS Instruments (Finsko)

Konstrukce vitríny: Revyko spol. s r. o., F. Záhrobský

Řízení: ApolloArt, J. Čepelka

Grafické řešení: J. Sušánka

Foto: Petr Janžura

16. - 19. 10. 2007

13. ROČNÍK MEDZINÁRODNÉHO VELTRHU ELEKTROTECHNIKY, ELEKTRONIKY A ENERGETIKY

**ELO
SYS**

ZÁŠTITA

Ministerstvo hospodárstva SR

ODBORNÁ GARANCIA

Zváz elektrotechnického priemyslu SR
Fakulta elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave
Slovenské elektrárne, a. s., Bratislava
Slovenský elektrotechnický zväz
Čech elektrotechnikov Slovenska

SPRIEVODNÉ PODUJATIA

konferencia
Elektrotechnika a informatika 2007

súťaže

Elektrotechnický výrobok roka 2007
Najúspešnejší exponát veľtrhu ELO SYS 2007
Konštruktér roka 2007
Unikát roka 2007



VÝSTAVISKO TMM, a.s.

Pod Sokolicami 43, 911 01 Trenčín, Slovak Republic
tel.: +421-32-744 24 15, fax: +421-32-743 56 00, e-mail: os55@tmm.sk, www.tmm.sk

www.elosys.sk

