

Inovovaný způsob použití Daniljukovy metody

doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D.,
Stavební fakulta ČVUT Praha

Denní osvětlení jako každý fyzikální jev podléhá fyzikálním zákonům (u denního osvětlení speciálně jde o zákony fotometrie) a každá metoda stanovení množství a kvality denního osvětlení musí tyto zákony respektovat. V této věci jsou si všechny známé metody výpočtu rovnocenné a mohou se lišit jen pracností výpočetního postupu a přesností či průkazností výsledku. Graficko-početní metody, ke kterým Daniljukova metoda patří, jsou relativně pracné, jejich přesnost je přiměřená potřebám stavební a hygienické praxe, ale vynikají svou průkazností. Průkaznost a nezpochybnitelnost výsledku vyplývají z grafického řešení, které lze kdykoliv ověřit přeměřením.

Daniljukova metoda se používá ke stanovení hodnot oblohové a vnější odražené složky činitele denní osvětlenosti. Využívá grafické pomůcky – Daniljukovy úhlové sítě (Daniljukovy diagramy) – a je naší technické veřejnosti dobře známa, protože je dlouhodobě vyučována na českých vysokých školách stavebního zaměření. Jedna z pomůcek se používá při práci v řezu a druhá při práci v půdorysu osvětlované místnosti. Postup práce s těmito pomůckami je popsán např. v knize [4] nebo v učebních textech [3] či [6]. O Daniljukově metodě bylo již také pojednáno na stránkách tohoto časopisu [2].

Při aplikaci Daniljukových úhlových sítí (obr. 1) je nepříjemnou okolností používání relativně nepřehledných grafických pomůcek, které je nutné pracně podkládat pod stavební výkres, aby byly při společném prosvícení

získány hodnoty potřebné pro výpočet. Při znalosti způsobu, kterým Daniljuk sítě navrhl, není třeba nic prosvěcovat

a k výpočtu stačí úhломěr a všeobecně dostupný tabulkový procesor, např. Excel.

Úhlovými sítěmi je hemisféra oblohy rozdělena dvojím systémem rovin. Diagram pro řez vychází z rozdělení svazkem rovin s průsečnicí ležící v osvětlované rovině rovnoběžně s rovinou osvětlovacího otvoru. Půdorysným průmětem kružnic vymezených na hemisféře touto sítí jsou elipsy. Diagram pro půdorys vychází z rozdělení soustavou svislých, navzájem rovnoběžných rovin kolmých na rovinu osvětlovacího otvoru. Půdorysným průmětem kružnic vymezených na hemisféře touto sítí rovin jsou úsečky, které vymezují plochy kruhových úsečí. Vše je uspořádáno tak, aby plošný obsah útvaru vymezeného půdorysným průmětem dvou sousedních kružnic byl vždy jednou setinou plochy S_0 (m²) kruhové podstavy hemisféry – viz obr. 2.

Na obr. 2 je hemisféra jednotkového poloměru $R = 1$. Plocha S_a (m²) souvisí s elevačním úhlem ε a je vyznačena tečkovaním. Tuto plochu lze stanovit jako polovinu rozdílu plochy celého kruhu a plochy příslušné elipsy s vedlejší poloosou $a = \cos \varepsilon$.

$$S_a = \frac{1}{2} \pi (1 - \cos \varepsilon) \quad (1)$$

Ploše $S_0 = \pi$ odpovídá 100 dílků úhlové sítě pro řez. Vztah mezi elevačním úhlem ε a číslem n_1 dílků úhlové sítě pro řez plyne z úměrnosti ploch $n_1/100 = S_a/S_0$

$$n_1 = 50(1 - \cos \varepsilon) \quad (2)$$

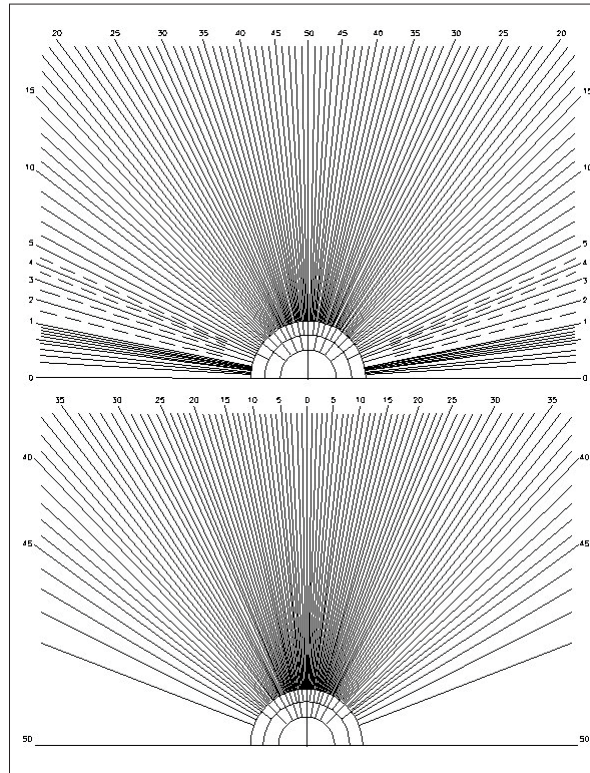
Plocha S_b (m²) kruhového pásu vyznačeného ve vyobrazení šrafováním souvisí s azimutálním odklonem α od kolmice k osvětlovacímu otvoru v Daniljukově úhlové síti pro půdorys.

$$S_b = \frac{1}{2} (2\alpha + \sin 2\alpha) \quad (3)$$

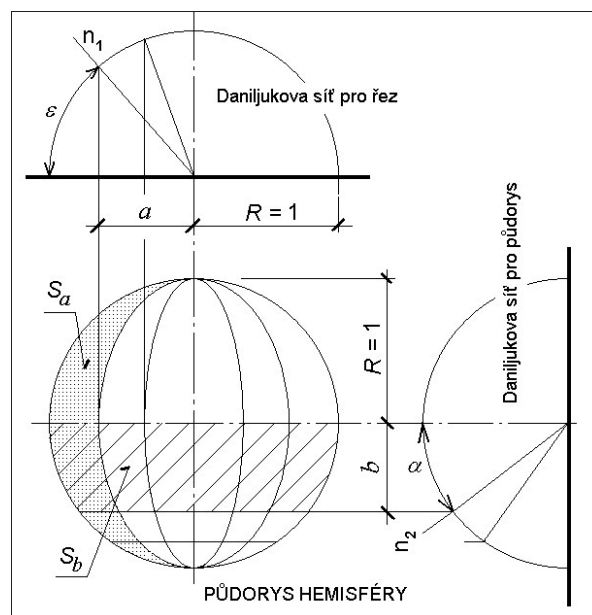
Poznámka: Do vztahů (3), (4) a (9) je nutné úhel α dosazovat v radiánech.

Vztah mezi azimutálním odklonem α od kolmice k oknu a číslem n_2 dílků úhlové sítě pro půdorys plyne z úměrnosti ploch $n_2/100 = S_b/S_0$

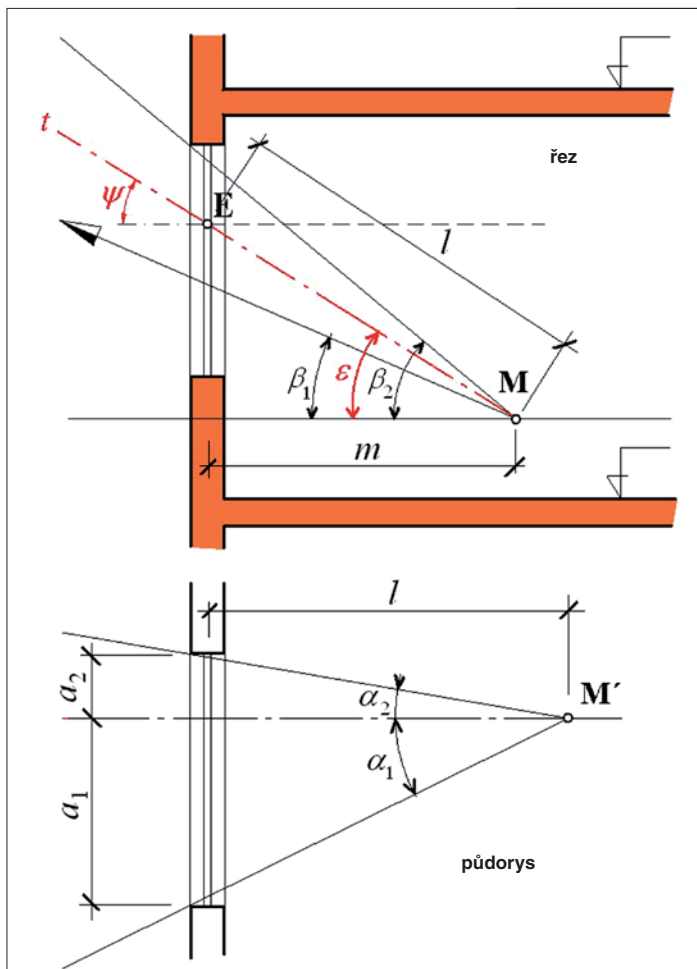
$$n_2 = \frac{50}{\pi} (2\alpha + \sin 2\alpha) \quad (4)$$



Obr. 1. Daniljukův diagram pro řez a pro půdorys



Obr. 2. Princip sestavení Daniljukových úhlových sítí



Obr. 3. Příklad stanovení oblohové složky činitele denní osvětlenosti modifikovanou Daniljukovou metodou

$$\alpha_i = \arctan \frac{a_i}{l}, \quad i = 1, 2 \quad (8)$$

Stanoví se počet dílků n_2

$$n_{2i} = \frac{50}{\pi} (2\alpha_i + \sin 2\alpha_i), \quad i = 1, 2 \quad (9)$$

$$n_2 = n_{21} + n_{22} \quad (10)$$

Poznámka: Ve vztahu (10) může být i znaménko minus v případě, kdy kolmice vedená z posuzovaného bodu k okenní stěně neprochází oknem.

Hodnota oblohové složky činitele denní osvětlenosti se stanoví podle vztahu

$$D_s = \frac{n_1 n_2}{100} q \tau_{0,\psi} \quad (11)$$

Ve vztahu (11) jsou již obsaženy korekce zahrnující gradovaný jas výpočtového modelu oblohy a ztráty světla při průchodu světla osvětlovacím otvorem. Hodnota činitele gradovaného jasu oblohy q (-) se získá dosazením hodnoty úhlu ε do vztahu

$$q = \frac{3}{7} (1 + 2 \sin \varepsilon) = \frac{3}{7} (1 + 2\sqrt{1 - \cos^2 \varepsilon}) \quad (12)$$

a hodnota souhrnného činitele prostupu světla $\tau_{0,\psi}$ (-) se stanoví podle vztahu

$$\tau_{0,\psi} = \tau_{s,\psi} \tau_k \tau_r \tau_z \tau_b \quad (13)$$

kde

jednotlivá τ (-) jsou činitele prostupu světla osvětlovacím otvorem zahrnující různé vlivy,

$\tau_{s,\psi}$ (-) vliv materiálů zasklení,

Daniljukovu metodu lze modifikovat tak, že k výpočtu postačí změření dvou úhlů, β_1 a β_2 , a tří vzdáleností: m (m), a_1 (m) a a_2 (m) (viz obr. 3).

kde m (m) je vzdálenost posuzovaného bodu na pracovní rovině od středu tloušťky okenní stěny. Stanoví se úhly α_1 a α_2 .

Při svislém zasklení osvětlovacího otvoru se postupuje tak, že se nejdříve v řezu změří úhly β_1 a β_2 . Úhel β_1 svírá spojnice k vrcholu stínící překážky s vodorovnou rovinou a úhel β_2 svírá spojnice k nadpraží okna s vodorovnou rovinou. Stanoví se počet dílků n_1 podle vztahu

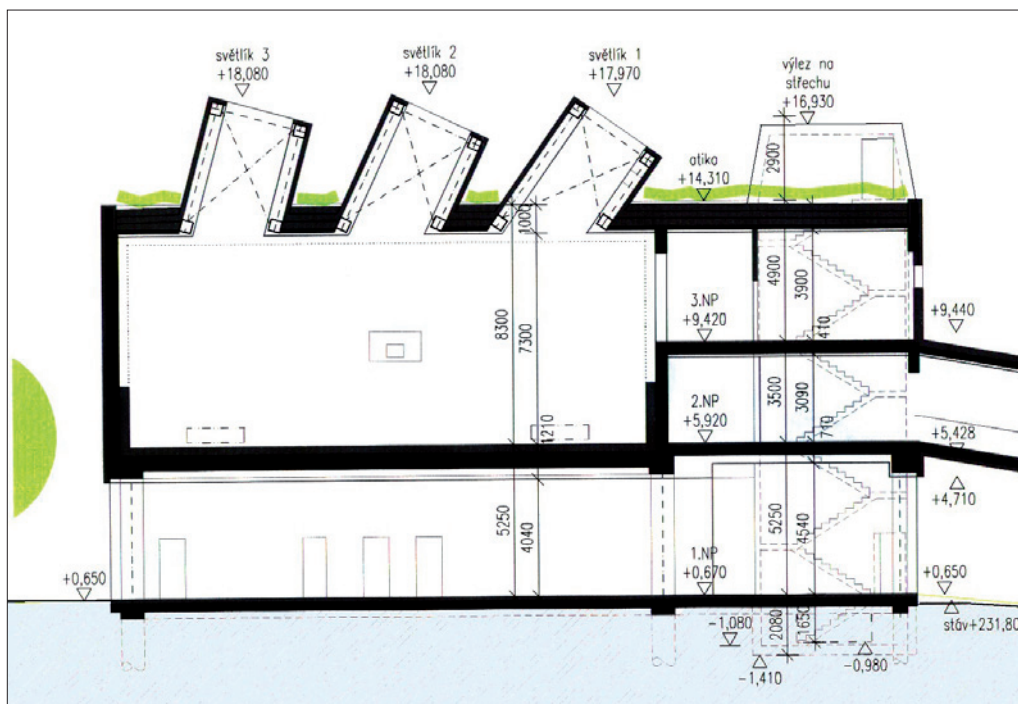
$$n_1 = 50(\cos \beta_1 - \cos \beta_2) \quad (5)$$

Stanoví se kosinus úhlu ε podle vztahu

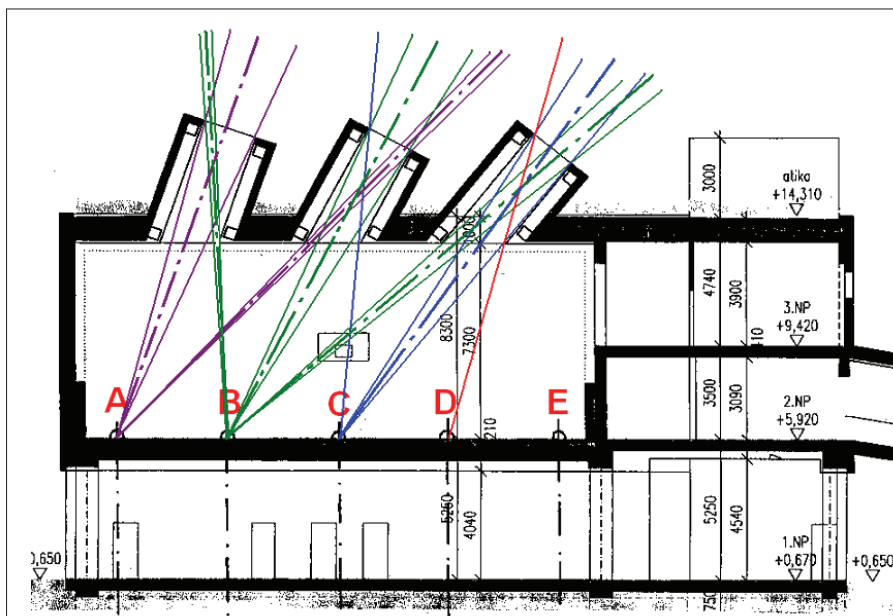
$$\cos \varepsilon = \frac{1}{2} (\cos \beta_1 + \cos \beta_2) \quad (6)$$

Hodnota $\cos \varepsilon$ se použije do vztahů (12) a (15). Stanoví se vzdálenost l (m)

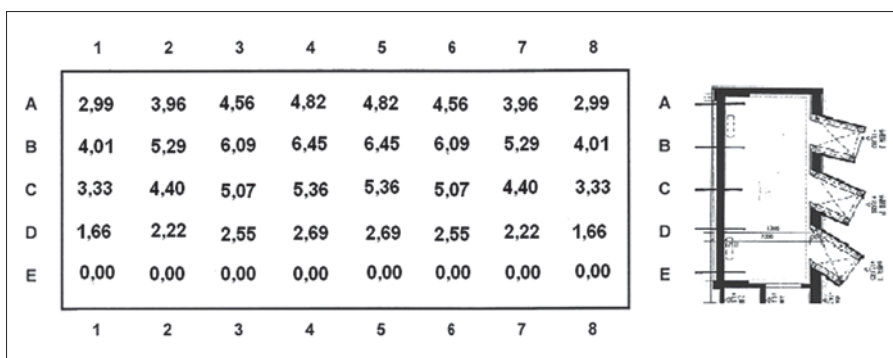
$$l = \frac{m}{\cos \varepsilon} \quad (7)$$



Obr. 4. Příčný řez tělocvičnou



Obr. 5. Geometrická část řešení



Obr. 6. Schéma půdorysu tělocvičny s vypočtenými hodnotami oblohové složky činitele denní osvětlenosti D_s (%)

τ_k (-) vliv neprůsvitných konstrukcí okna,
 τ_y (-) vliv žaluzií,
 τ_z (-) vliv znečištění skla,
 τ_b (-) vliv případného stínění konstrukcemi uvnitř posuzovaného prostoru.

U prvního ze jmenovaných činitelů se v závislosti na úhlu ψ uplatní směrová propustnost.

$$\tau_{s,\psi} = \tau_{s,nor} \tau_\psi = \tau_{s,nor} \cos \psi \left(1 + \frac{1}{2} \sin^2 \psi \right) \quad (14)$$

kde $\tau_{s,nor}$ (-) je činitel prostupu světla v kolmé směru. Pro svislé zasklení platí $\psi = \varepsilon$.

$$\tau_{s,\psi} = \tau_{s,nor} \cos \varepsilon \left(1 + \frac{1}{2} \sin^2 \varepsilon \right) = \tau_{s,nor} \frac{\cos \varepsilon}{2} (3 - \cos^2 \varepsilon) \quad (15)$$

Kromě měření úhlů β_1 a β_2 a měření vzdáleností m (m), a_1 (m) a a_2 (m) je mož-

né celý výpočet naprogramovat v tabulkovém procesoru Excel.

Metodu je možné použít ke kontrole výsledků automatických výpočtů nebo při atypickém uspořádání denního osvětlení, kdy běžně dostupný software lze obtížně použít. Takovým případem byl výpočet osvětlení tělocvičny základní školy s horním osvětlením světlíky. V důsledku jiného než svislého zasklení osvětlovacích otvorů byl uvedený postup doplněn i zakreslením těžišťových os a odměřením vzdálenosti l (m) a úhlu ψ . Na obr. 4 je příčný řez tělocvičnou. V podélném směru má tělocvična délku 30 m a světlíky, v jejichž konstrukci je integrován nosný systém střechy, mají délku také 30 m.

Grafická část řešení (viz obr. 5) je v příčném řezu, kde pomůckou je jen pravítko a úhloměr. Z hodnot naměřených úhlů byl celý výpočet proveden v tabulkovém procesoru Excel. Hodnota vnitřní odražené složky byla stanovena Arndtovým vztahem.

Výpočtem byly stanoveny hodnoty činitele denní osvětlenosti na podlaze tělocvičny v síti $8 \times 5 = 40$ kontrolních bodů. Rozměry ok sítě jsou 4×4 m. Vypočtené hodnoty oblohové složky činitele denní osvětlenosti jsou uvedeny na obr. 6.

Literatura:

- [1] ČSN 730580-1 *Denní osvětlení budov – základní požadavky.*
- [2] KAŇKA, J.: *Stanovení činitele denní osvětlenosti roviny okna Daniljukovou metodou.* SVĚTLO, 2001, č. 3, s. 5–6.
- [3] KAŇKA, J.: *Žvuk a denní světlo v architektuře.* ČVUT, 2003.
- [4] KITTTLER, R. – KITTLEROVÁ, L.: *Návrh a hodnotenie denného osvetlenia.* ALFA, Bratislava, 1975.
- [5] REKTORYS, K. a kol.: *Přehled užité matematiky.* Prometheus, Praha, 1995.
- [6] WEIGLOVÁ, J. – KAŇKA, J.: *Denní osvětlení a oslunění budov.* ČVUT, 1999.

Recenze: Ing. Stanislav Darula, CSc., Ústav stavebnictva a architektury SAV

Pozvánka na Architecture Week Praha 2011



Pátý ročník festivalu architektury a urbanismu Architecture Week proběhne ve dnech **od 10. do 23. října 2011** v Praze. Ve spolupráci se Správou Pražského hradu připravují organizátoři v prostorách Letohrádku královny Anny za přispění velvyslanectví a kulturních institutů výstavu světové architektury s názvem Arch Cities, na níž bude představena architektura více než třiceti zemí světa, a akci Architektura a urbanismus V4, kde budou ukázány nejlepší architektonické a urbanistické projekty zemí Visegrádské čtyřky. Jako každý rok se festivalu zúčastní známé osobnosti architektury na přednáškách nejen v Národní technické knihovně, kde budou umístěny další výstavy. Program festivalu a další informace naleznete na www.architectureweek.cz.