

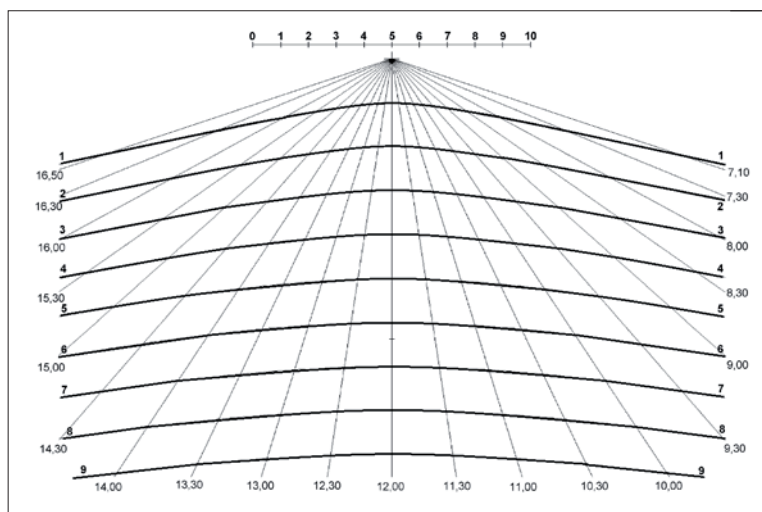
Diagram zastínění pro 21. březen

doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D.

Začleněním požadavků na proslunění do nové EN 17037 *Denní osvětlení budov* [1] Evropská unie prokazuje, že se o proslunění budov stará více než leckterá odpovědná místa České republiky. Avšak posuzování proslunění podle této nové evropské normy vykazuje jisté rozdíly oproti dosavadní praxi podle ČSN 73 4301 *Obyt-*

tí děle a dosahuje větších výšek. V době psaní tohoto příspěvku ještě o způsobu stanovení dne posuzování nebylo v České republice rozhodnuto. Avšak i kdyby určeným dnem zůstal 1. březen, vyhovující stav k 21. březnu bude díky evropské normě [1] pádným argumentem k žádosti o výjimku.

technických norem již od 60. let minulého století. V některých starších normách [3] byl doplněn i diagramem zastínění pro letní slunovrat – tedy pro 21. červen (obr. 2). Naposledy byl diagram pro 1. březen uveden v ČSN 73 0581 [4]. Ta však byla v souvislosti s přijetím normy [1] kompletně zrušena. Nový diagram pro 21. březen (obr. 3) je možné ve větším formátu získat zdarma na adrese www.svetloplus.cz v sekci *Novinky*. Zvětšení nebo zmenšení diagramu zastínění např. na kopírovacím stroji nemá vliv na jeho použitelnost. Při kopírování ale nesmí dojít ke tvarovému zkreslení. Ke kontrole lze použít stupnici v horní části diagramu. Vzdálenost mezi průsečíkem paprsků a nenápadnou značkou na paprsku označeném číslicí 12 musí být stejná jako vzdálenost mezi body 0 a 10 na měřítku nad diagramem. Pro účely dalšího výkladu se předpokládá, že tato vzdálenost je 100 mm.



Obr. 1.
Diagram
zastínění
pro
1. březen
[4]

né budovy [2]. Jednou z významných odlišností je stanovení rozhodného dne, při kterém se proslunění posuzuje. Podle ČSN 73 4301 je tímto rozhodným dnem 1. březen s možností posouzení i bilance za období mezi 10. únorem a 21. březnem. Ke stanovení bilance je ale zapotřebí specializovaný software, takže proslunění nelze v úplnosti předběžně posoudit pomocí diagramu zastínění. Možnost předběžného posouzení touto relativně jednoduchou metodou je důležitá pro práci architektů a urbanistů, kteří specializovanými programy většinou nedisponují. Těmi jsou totiž vybaveni jen specialisté, kteří jsou stále velmi zaměstnaní, a tedy okamžitě nedostupní.

1. Proč 21. březen

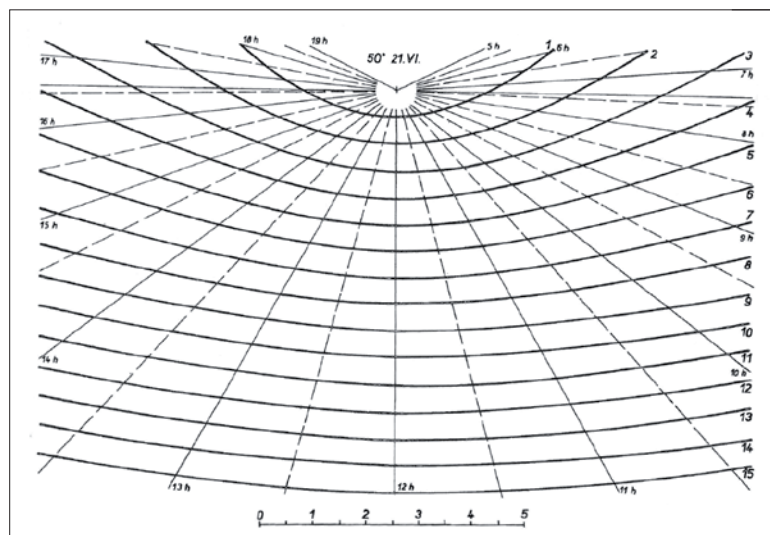
Nová evropská norma [1] oproti dosud používané technické normě [2] nabízí k posuzování „určený den z intervalu mezi 1. únorem a 21. březnem“. Neuvádí ale, zda rozhodný den má být určen normalizační komisí příslušného státu nebo projektantem posuzované stavby. Lákavé, protože urbanismus nejméně omezující by bylo posuzování 21. března, kdy slunce v porovnání s 1. březnem svi-

2. Jak diagram pro 21. březen získat

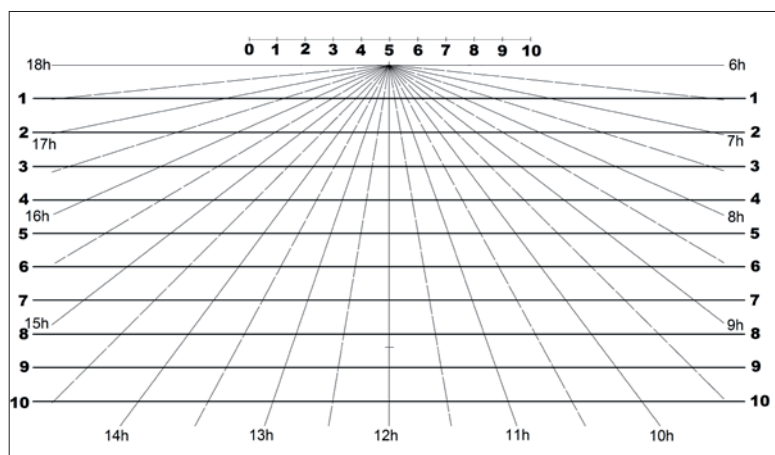
Diagram zastínění je grafická pomůcka, kterou je možné pouhým jejím přiložením na urbanistickou situaci stanovit, zda a jak dlouho bude navržený objekt (nejčastěji budova) vrhat stín v určený den do daného místa. Diagram zastínění pro 1. březen (obr. 1) je součástí českých

3. Příklad posouzení

Práce s diagramem pro 21. březnem je stejná jako s diagramem pro 1. březen, jak bylo popsáno ve zrušené normě [4]. Diagram zastínění je možné použít pro urbanistické situace zobrazené v jakémkoliv měřítku. Ve stejném měřítku je pak třeba uvažovat výšky stínících překážek. Na obr. 4 je příklad situace v měřítku 1 : 500 skupiny budov A, B, C a D. Posuzované okno je v místě P na budově A. Diagram se přiloží na situa-



Obr. 2.
Diagram
zastínění
pro
21. červen
[3]



Obr. 3.
Diagram
zastínění
pro
21. březen

ci tak, že se průsečík paprsků ztotožní s posuzovaným místem P a paprsek označený číslem 12 se směřuje k jihu. Nyní je třeba pracovat s výškami budov, které mohou posuzovanému objektu stínit. Nevýhodou metody je skutečnost, že lze pracovat pouze s budovami, které mají plochou střechu. Sleduje se převýšení budov nad úroveň kontrolního místa P v posuzovaném okně. Budova B má nad bodem P převýšení 10 m. V měřítku situace 1 : 500 jde o převýšení 20 mm = 2 cm. Proto o stínění touto budovou rozhodne přímka označená číslem 2, která tvoří následující hranici: část budovy, která je blíže k bodu P, stíní (vybarveno na obr. 4 modře) a zbylá část nestíní, tj. viděno z místa posuzování: slunce se na své zdánlivé dráze po obloze bude pohybovat nad touto částí budovy. Budova C na obrázku je stejně vysoká jako budova B, a nebude proto stínit vůbec. Budova D má převýšení 30 m, a o jejím stínění proto s přihlédnutím k měřítku 1 : 500 rozhodne přímka označená číslem 6. Výsledkem posouzení daného příkladu je poznatek, že přímé sluneční záření bude 21. břez-

na svítit do posuzovaného místa od 8:12 do 13:14 (hh:mm).

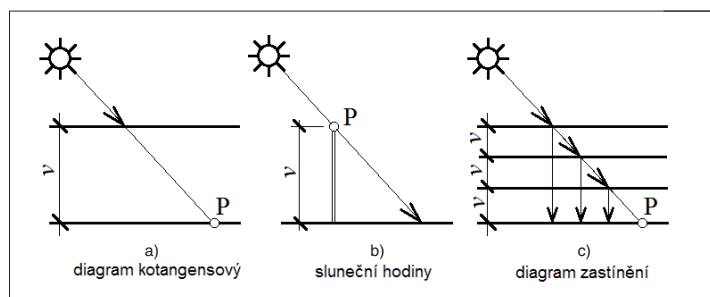
4. Kotangensový diagram

Diagram pro den rovnodennosti 21. března je mezi diagramy zastínění unikátní tím, že k jeho sestrojení nejsou třeba složitější útvary, než je přímka. Diagram zastínění je jistým druhem kotangensového slunečního diagramu, který je znám už od starověku a používá se ke konstrukci slunečních hodin [5]. Tento diagram vzniká jako množina průsečíků slunečních paprsků s vodorovnou rovinou, která je umístěna ve výšce

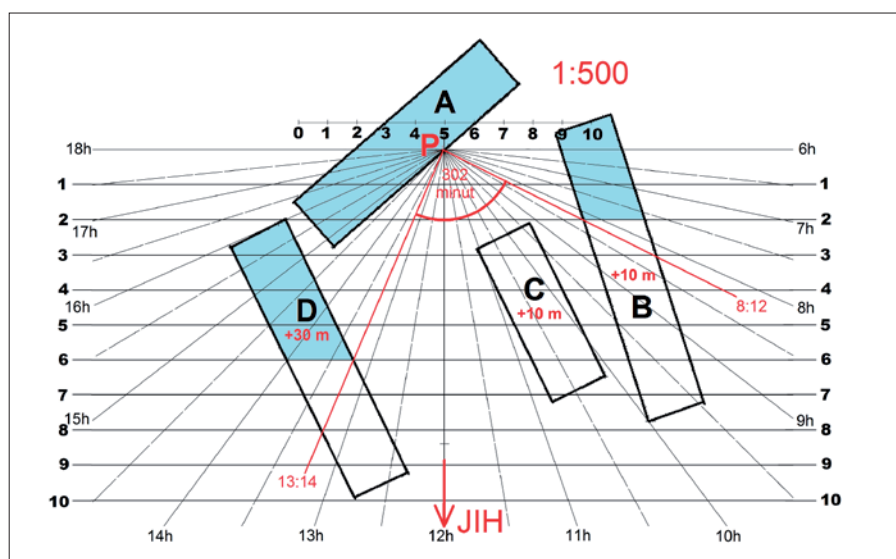
v (m) nad rovinou zemského povrchu, na kterém stojí pozorovatel P (obr. 5a). Také sluneční hodiny jsou kotangensovým diagramem, který lze konstruovat tak, že pozorovatel P je umístěn ve výšce v (m) nad terénem, na který sluneční paprsky polohu pozorovatele promítají (obr. 5 b). Šipky v obr. 5 označují místa, kde paprsek během dne „píše“ datumovou křivku. Oběma způsoby vzniknou identické diagramy proti sobě navzájem otočené o 180° . V kotangensovém diagramu (obr. 6) jsou datumovými křivkami hyperboly s výjimkou rovnodennosti (21. března), kdy je datumovou „křivkou“ přímka. Významnou vlastností diagramu je skutečnost, že s jeho pomocí lze určit délku vrženého stínu během dne i roku. Na rozdíl od kotangensového diagramu platí diagram zastínění vždy jen pro jedno vybrané datum v roce. Jeho křivky vznikají jako průsečíky slunečních paprsků se soustavou vodorovných rovin umístěných ekvidistantně nad terénem (obr. 5c).

5. Sestrojení diagramu zastínění pro 21. březen

Poloha slunce na obloze je určena azimutem α_s ($^\circ$) a výškou γ_s ($^\circ$). Ke stanovení hodnot těchto dvou veličin je třeba znát zeměpisnou šířku φ ($^\circ$), deklinaci δ ($^\circ$) slunce a hodinový úhel ω_h ($^\circ$). De-



Obr. 5.
Schémata
vzniku
diagramů



Obr. 4. Řešený příklad posouzení s diagramem pro 21. březen

klinace δ ($^\circ$) je úhel mezi rovinou rovníku naší planety a směrem slunečních paprsků [6]. Mění se během roku v rozsahu $\pm 23,45^\circ$ a při rovnodennosti je nulová. Hodnota hodinového úhlu ω_h ($^\circ$) se mění během dne a lze ji stanovit v závislosti na pravém slunečním čase TST (h) podle vztahu (1), který uvádí norma [1]

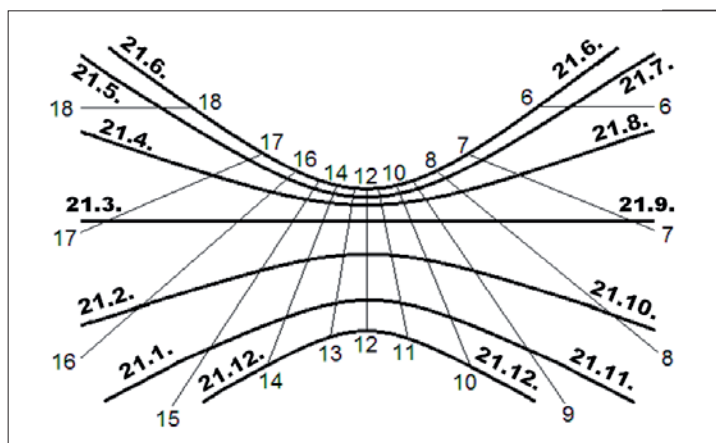
$$\omega_h = 15(TST - 12) \quad (1)$$

Norma [1] obsahuje též vztahy pro výpočet azimutu α_s ($^\circ$) a výšky γ_s ($^\circ$) slunce

$$\alpha_s = 180^\circ \mp \arccos \frac{\sin \gamma_s \sin \varphi - \sin \delta}{\cos \gamma_s \cos \varphi} \quad (2)$$

kde znaménko $-$, resp. $+$ se použije dopoledne, resp. odpoledne.

$$\gamma_s = \arcsin(\cos \omega_h \cos \varphi \cos \delta + \sin \varphi \sin \delta) \quad (3)$$



Obr. 6.
Kotangensový
diagram
(podle [7])

čin výšky tyče v (m) a tangenty zeměpisné šířky. Tato vzdálenost y (m) je zároveň nejmenší délkou stínu $d_{\min}$ (m), který nastává v poledne. Aby bylo možné používat diagramy zastínění, počítá se při stanovení doby proslunění na celém území naší republiky s jednotnou hodnotou zeměpisné šířky $\varphi = 50^\circ$

$$y = d_{\min} = v \tan 50^\circ \cong 1,192v \quad (10)$$

Pomocí tohoto vztahu lze sestavit datumové křivky, které jsou navzájem rovnoběžnými přímkami. Hodinové křivky mají tvar svazku přímek, které se od jižního směru odklánějí o úhel α_s ($^\circ$). Tento úhel lze vypočítat podle vztahu (11), který vznikne řešením rovnic (5) a (6), kde se hodinový úhel ω_η ($^\circ$) stanoví podle vztahu (1)

$$\cos \alpha_s = \frac{\cos \omega_\eta \sin \varphi}{\sqrt{1 - \cos^2 \omega_\eta \cos^2 \varphi}} \quad (11)$$

Vypočtené hodnoty ω_η ($^\circ$), γ_s ($^\circ$) a α_s ($^\circ$) pro 21. březen a pro $\varphi = 50^\circ$ jsou v závislosti na pravém slunečním čase TST (h) uvedeny v tab. 1.

Jestliže se nulový směr azimutu zvolí na jihu, stane se vztah (2) přehlednějším

$$\alpha_s = \mp \arccos \frac{\sin \gamma_s \sin \varphi - \sin \delta}{\cos \gamma_s \cos \varphi} \quad (4)$$

Den 21. března je dnem rovnodennosti, a proto hodnota deklinace $\delta = 0^\circ$. Vztahy (3) a (4) se tím pro tento den zjednoduší

$$\sin \gamma_s = \cos \omega_\eta \cos \varphi \quad (5)$$

$$\cos \alpha_s = \tan \gamma_s \tan \varphi \quad (6)$$

Sluneční hodiny se zkonstruují podle obr. 7. Na vodorovném terénu je postavena svislá tyč výšky v (m). Pata tyče P je v rovině terénu počátkem pravoúhlého systému souřadnic, ve kterém osa y směřuje k jihu. Vrcholem tyče B je veden sluneční paprsek, který na vodorovnou rovinu dopadá v místě S a určuje tak délku d (m) stínu tyče. Během dne sluneční paprsky přicházejí z různých směrů, které jsou dány azimutem α_s ($^\circ$) a výškou γ_s ($^\circ$) slunce. Množina takto vzniklých bodů S vytvoří datumovou křivku k v diagramu. V diagramu zastínění pro 1. březen byla touto křivkou hyperbola. Dva pra-

voúhlé trojúhelníky v obr. 7 mohou být využity k výpočtu délky stínu d (m) dvojitým způsobem

$$d = \frac{y}{\cos \alpha_s} = \frac{v}{\tan \gamma_s} \quad (7)$$

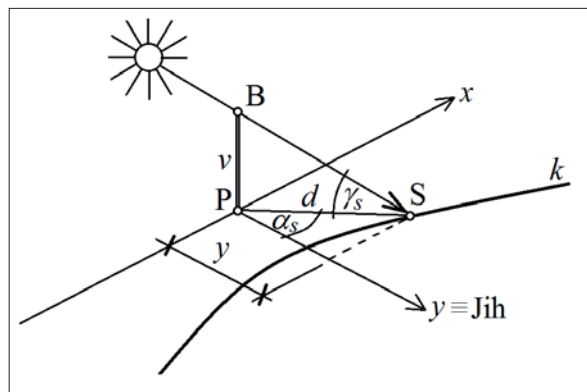
Z rovnice (7) se vyjádří souřadnice y (m) bodu S

$$y = \frac{v \cos \alpha_s}{\tan \gamma_s} \quad (8)$$

a vztah se upraví dosazením z rovnice (6)

$$y = \frac{v \tan \gamma_s \tan \varphi}{\tan \gamma_s} = v \tan \varphi \quad (9)$$

Ze vztahu (9) vyplývá, že souřadnice y (m) bodu S závisí jen na výšce tyče v (m) a zeměpisné šířce φ ($^\circ$) daného místa. Není závislá na hodinovém úhlu ω_η ($^\circ$), a tedy ani na čase během dne. Datumovou „křivkou“ diagramu pro 21. březen je proto přímka rovnoběžná s osou x . Vzdálenost y (m) této přímky od osy x se stanoví jako sou-



Obr. 7. K sestavení diagramu zastínění

Tab. 1. Hodnoty výšky γ_s ($^\circ$) a azimutu α_s ($^\circ$) 21. 3. v závislosti na TST

TST (h)		Hodinový úhel $\pm \omega_\eta$ ($^\circ$)	Výška slunce γ_s ($^\circ$)	Azimut slunce ^{*)} $\mp \alpha_s$ ($^\circ$)
dopoledne	odpoledne			
12,0	12,0	0,0	40,000	0,000
11,5	12,5	7,5	39,590	9,752
11,0	13,0	15,0	38,381	19,279
10,5	13,5	22,5	36,431	28,401
10,0	14,0	30,0	33,826	37,005
9,5	14,5	37,5	30,661	45,048
9,0	15,0	45,0	27,034	52,546
8,5	15,5	52,5	23,036	59,553
8,0	16,0	60,0	18,747	66,141
7,5	16,5	67,5	14,240	72,395
7,0	17,0	75,0	9,577	78,401
6,5	17,5	82,5	4,813	84,241
6,0	18,0	90,0	0,000	90,000

^{*)} Pozn.: Azimut α_s ($^\circ$) je počítán jako odklon od jižního směru.

Pomocí hodnot v tabulce je možné nakreslit diagram zastínění pro den 21. března.

Literatura:

- [1] EN 17037. *Denní osvětlení budov*. 2019.
- [2] ČSN 734301. *Obytné budovy*. 2004.
- [3] ČSN 734301. *Obytné budovy*. 1968.
- [4] ČSN 73 0581. *Oslunění budov a venkovních prostor – metoda stanovení hodnot*. (2009). Zrušeno 2019.
- [5] POLIO, Marcus Vitruvius. *Deset knih o architektuře*. Překlad Alois Otoupalík. Praha: ARISTA, 2009.
- [6] KAŇKA, J. Deklinace Slunce v průběhu desetiletí. *Světlo*. 2015, (1).
- [7] WEIGLOVÁ, J. a J. KAŇKA. *Stavební fyzika 10: Denní osvětlení a oslunění budov*. ČVUT, 2005.