

STANOVENÍ DÉLKY A PRŮBĚHU STÍNU V MALOPLOŠNÝCH OBNOVNÍCH PRVCÍCH

LESNICKÝ PRŮVODCE



Ing. JIŘÍ SOUČEK, Ph.D.



Certifikovaná metodika

2/2015

Stanovení délky a průběhu stínu v maloplošných obnovních prvcích

Certifikovaná metodika

Ing. Jiří Souček, Ph.D.

Strnady 2015

Lesnický průvodce 2/2015

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

<http://www.vulhm.cz>

Vedoucí redaktor: Ing. Jan Řezáč; e-mail: rezac@vulhm.cz

Výkonná redaktorka: Miroslava Valentová; e-mail: valentova@vulhmop.cz

Grafická úprava a zlom: Klára Šimerová; e-mail: simerova@vulhm.cz

ISBN 978-80-7417-090-4

ISSN 0862-7657

DETERMINATION OF SHADOW LENGHT AND ITS PATH IN VARIOUS CANOPY GAPS

Abstract

This guide provides to silviculturists a method for determining tree shadow lengths and occurrence of direct solar radiation on small area felling plots for the Czech Republic conditions. The shadow length and its shape depend on the term and site conditions. Relative formulation of tree shadow length as a ratio of tree height enables its easy recalculation for specific conditions. Shape, size and arrangement of small regeneration plot significantly affect occurrence and duration of direct solar radiation into the regeneration plot and into circumjacent stand parts. The main goal of this guide is to give information about tree shadow length and possibilities to influence the penetration of direct solar radiation into circumjacent stand parts.

Key words: direct solar radiation, tree shade, stand regeneration, ecology

Oponenti: Ing. Vladislav Seidl, Vojenské lesy a statky ČR, s. p., Praha
doc. Ing. Miroslav Mikeska, Ph.D., ÚHÚL Brandýs nad Labem,
pobočka Hradec Králové

Adresa autora:

Ing. Jiří Souček, Ph.D.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Výzkumná stanice Opočno

Na Olivě 550, 517 73 Opočno

e-mail: soucek@vulhmop.cz

Obsah:

Úvod	7
Cíl metodiky	8
Vlastní popis metodiky	9
Poloha Slunce na obloze a délka stínu	9
Lokalizace místa při stanovení polohy Slunce	10
Délky stínu stromu podle stanovištních podmínek a termínu.....	11
Stínění obnovované plochy výstavky	14
Závěr.....	19
Srovnání novosti postupů	19
Popis uplatnění metodiky	20
Ekonomické aspekty	20
Dedikace.....	20
Literatura	21
Seznam použité literatury	21
Seznam publikací, které předcházely metodice.....	21
Summary	22

ÚVOD

Sluneční záření představuje rozhodující energetický zdroj pro většinu procesů v atmosféře a na zemském povrchu, je základním předpokladem koloběhu a transformace energie. Slunce do svého okolí uvolňuje energii především ve formě elektromagnetického záření. Sluneční záření na své cestě od Slunce nemění svoji formu, s rostoucí vzdáleností se rozptyluje, a tím ztrácí na intenzitě. Ze slunečního záření dopadá na hranici atmosféry Země energie s hodnotou $1,4 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (solární konstanta). Průchodem záření zemskou atmosférou je tato energie snížena zhruba na polovinu (odraz, rozptýlení a pohlcení atmosférou), míra snížení energie závisí na stavu atmosféry. Globální sluneční záření dopadající na zemský povrch lze rozdělit na přímé sluneční záření (paprsky vycházející ze slunečního kotouče) a rozptýlené (difúzní) záření (všesměrné záření, nevrhá stín). Přímé sluneční záření dosahuje intenzit ve stovkách $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, příliš intenzivní přímé záření může vegetaci škodit. Intenzita difúzního záření značně kolísá v závislosti na stavu atmosféry, difúzní záření může být v závislosti na jeho intenzitě vegetací lépe využíváno. Značná část přiváděné energie je absorbována v biomase vegetace (až 47 %) a pouze necelé 1 % je využito na fotosyntézu. Fotosynteticky aktivní záření (FAR viditelné světlo s rozpětím vlnových délek 450–760 nm) má zásadní vliv na fotosyntézu, je využíváno primárními producenty a převáděno na chemickou energii organických vazeb (ROŽNOVSKÝ, HAVLÍČEK 1999; ŽALUD 2014).

Intenzita a vlastnosti slunečního záření v lesních porostech se výrazně liší od hodnot zjišťovaných na volné ploše. Množství světla uvnitř porostů se mění podle charakteru dřeviny, ročního období a korunové vrstvy. Využití slunečního záření lesním porostem, stejně tak podíly reflexe, absorpce a transmise závisí na množství a charakteru korunové vrstvy stromů, větví a asimilačního aparátu. Vložením malo-plošného obnovního prvku lesní hospodář výrazně ovlivňuje pronikání přímého slunečního záření do porostu, a tím i mikroklíma obnovního prvku i v jeho okolí. Faktor světla patří mezi nejsnáze ovlivnitelné faktory. Vhodnou úpravou porostní hustoty, druhové skladby a pěstebních postupů je možné vytvářet značně proměnlivé podmínky pro odrůstání jednotlivých složek lesních porostů (ROŽNOVSKÝ, HAVLÍČEK 1999; POLENO et al. 2009).

Problematika výskytu přímého slunečního záření v obnovních prvcích, doby jeho trvání a míra zastínění okolními stromy je v posledních letech často diskutovaná v souvislosti s využíváním jemnějších (nepasečných) způsobů hospodaření. Určení průběhu stínu má význam při volbě rozměrů a uspořádání obnovních prvků, ponechávání výstavků a clonících stromů na nich i pro pronikání přímého slunečního záření do nitra porostu (HU et al. 2010; KOŠULIČ 2010; POLENO et al. 2009). Doba

výskytu přímého slunečního záření je důležitý vstupní parametr různých modelů používaných např. v průmyslu, energetice, zemědělství, klimatologii.

Problematika stanovení délky a průběhu stínu v lesních porostech a obnovních prvcích byla opakovaně studována, lesním hospodářům však chybí jednoduché návody pro stanovení výskytu a doby trvání slunečního záření v porostech. Informace o průběhu stínění a pronikání světla na obnovní prvky a jejich okolí mohou být využívány i pro určení dalších charakteristik. Možnosti přejímání poznatků o době a trvání přímého slunečního záření nebo stínění pro lesní hospodářství z ostatních oborů (energetika, architektura, astronomie) jsou omezené.

CÍL METODIKY

Předkládaná metodika si klade tyto hlavní cíle:

- poskytnout informace o délce stínu v závislosti na termínu sledování, terénních podmínkách a charakteristice korun u samostatně stojících stromů;
- poskytnout informace o minimální době přímého slunečního záření v maloplošných obnovních prvcích podle jejich tvaru a terénních podmínek;
- poskytnout informace o potenciálu dosahu podzáření porostních okrajů přímým slunečním zářením v okolí maloplošných obnovních prvků.

Konečným efektem metodiky je využití poznatků o průběhu přímého slunečního záření a stínu v maloplošných obnovních prvcích a přilehlém okolí. Využití těchto poznatků vlastníky lesa, lesními hospodáři nebo zařizovateli může přispět k lepšímu využívání stávajících poznatků o obnově a odrůstání jednotlivých dřevin v maloplošných obnovních prvcích podle jejich růstových požadavků. Metodiku lze využít i při určení lokalizace výstavků ponechávaných na obnovních prvcích pro zajištění požadovaného zastínění.

VLASTNÍ POPIS METODIKY

Poloha Slunce na obloze a délka stínu

Délka stínu stromu závisí na poloze Slunce na obloze (ovlivněné lokalizací stanoviště a termínu sledování), terénních podmínkách, výšce stromu a tvaru jeho koruny.

Poloha Slunce na obloze je nejčastěji určena jeho výškou nad horizontální rovinou místa pozorování (SH – výškový (elevační) úhel svíraný slunečními paprsky a horizontální rovinou) a astronomickým azimutem (SA – úhel mezi kolmým průmětem slunečního paprsku do vodorovné roviny a jižním směrem (0°)). Poloha Slunce závisí na lokalizaci místa pozorování (zeměpisná šířka a délka) a termínu sledování. Hodnota zeměpisné šířky je zahrnuta ve výpočtech polohy Slunce, se zeměpisnou délkou souvisí rozdíl mezi slunečním a lokálním časem.

Zdánlivý pohyb Slunce po obloze způsobuje rotace planety Země kolem vlastní osy a kolem Slunce. Z dalších faktorů působí zejména změny polohy osy Země. Deklinace (odklon směru slunečních paprsků od roviny rovníku Země) se v průběhu roku mění v rozpětí od $-23,45^\circ$ do $+23,45^\circ$. Nejvyšších kladných hodnot dosahuje na severní polokouli v době letního slunovratu, nejnižších v době slunovratu zimního. V době jarní a podzimní rovnodennosti je hodnota deklinace nulová. Odchytky v orientaci osy Země vlivem gravitačního působení okolních planet a Slunce (precese a nutace) ovlivňují přesnost výpočtů polohy Slunce na obloze v dlouhodobém časovém měřítku, do výpočtu nebyly zahrnuty.

Poloha Slunce na obloze se mění podle termínu sledování v průběhu roku (vliv eliptické dráhy okolo Slunce, deklinace) i dne (otáčení Země). Výška Slunce na obloze kulminuje v pravé (sluneční) poledne, kdy Slunce přechází přes místní poledník a dosahuje nejvyšší relativní úhel k bodu na Zemi. Odchytky slunečního poledne od pravého poledne se spojitě mění v průběhu roku. Oba časy jsou shodné čtyřikrát do roka (duben, červen, září a prosinec), největší odchytky jsou v únoru (+12 minut) a listopadu (-16 minut). Okamžik slunečního poledne závisí i na zeměpisné délce místa, rozdíl mezi východní a západní částí České republiky nepřesahuje 25 minut.

Pro výpočet polohy Slunce na obloze existují různé způsoby v závislosti na účelu a požadované míře přesnosti. Pozice Slunce pro daný termín byla vypočítána s využitím standardní sférické trigonometrie (např. ČIHAL, JURČA 1961; HU et al. 2010):

$$\sin SH = \sin \delta \times \sin \varphi + \cos \delta \times \cos \varphi \times \cos t$$

$$\sin (SA) = - \cos \delta \times \sin (HA) / \cos (SH)$$

$$\cos (SA) = \sin \delta - \sin \varphi \times \sin (SH) / \cos \varphi \times \cos (SH)$$

SH	výška Slunce	φ	zeměpisná délka stanoviště
SA	azimut Slunce	HA	hodinový úhel $(t-12)*\pi/12$
δ	deklinace	t	čas

Výpočet délky stínu:

$$L = h / (\operatorname{tg} SH \pm \operatorname{tg} \beta * \cos \gamma)$$

h	výška stromu
β	úhel sklonu svahu
γ	směrník stínu od směru maximálního spádu

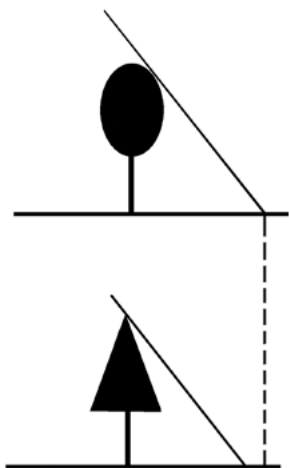
Shodným vzorcem byly počítány i hodnoty pronikání přímého slunečního záření do maloplošných obnovních prvků a podzáření sousedních porostů.

Lokalizace místa při stanovení polohy Slunce

Zeměpisná šířka v rámci ČR kolísá v rozpětí 48,5–51° s. š. (2,5°). Pro dané rozpětí zeměpisných šířek se minimální délka stínu stromu v období letního slunovratu na rovině liší o 5 %. V období jarní a podzimní rovnodennosti je tento rozdíl již 10 % a při zimním slunovratu dosahuje maxima (52 %). Na svazích se délky stínu liší v závislosti na orientaci a sklonu svahu. Pro použité sklony svahu (0–30°) se severní a jižní orientací se v období letního slunovratu délky stínu liší o 2–11 %. V jižních oblastech republiky jsou stíny kratší, v severnějších delší. Délka stínu stromu vysokého 30 m se pro daný termín a rozpětí zeměpisných šířek v ČR na rovině liší maximálně o 1,6 m, na severním svahu se sklonem 30° maximálně o 3,3 m. Hodnoty délky stínů v metodice jsou pro zjednodušení výstupů uváděny pouze pro modelové souřadnice (50° s. š.).

Z terénních podmínek ovlivňuje výpočet polohy Slunce orientace stanoviště ke světovým stranám a sklon terénu, případně výskyt blízkého stínícího horizontu. Výpočty délky stínů jsou uváděny pro rovinu a základní světové strany (S, V, J, Z) a sklony svahu (0, 15 a 30°). Grafické i tabulkové znázornění umožňují odvození délky stínu pro ostatní terénní situace.

Délky stínu stromů byly počítány pro termíny od 1. 4. do 30. 9., grafy znázorňují délky stínu při kulminaci výšky Slunce a pro termíny odchylovající se o 1–3 hodiny od slunečního poledne. Vyjádření délky stínu v procentech výšky stromu (případ-



Obr. 1.
Rozdíly v délce stínu u stromů s různým tvarem koruny

ně výšky nasazení koruny u podzáření porostních okrajů) umožňuje jednoduchý přepočet hodnot pro odlišné porostní podmínky. Tabulkový přehled uvádí minimální délky stínu v konkrétních datech a časech podle orientace a sklonu svahu (tab. 1).

Délku stínu koruny stromu ovlivňuje kromě rozměrů koruny i její tvar. Uváděné hodnoty platí pro stromy s modelovou korunou kuželovitého tvaru a jasně definovanou stínící hranou. U korun s odlišným tvarem se stínící hrana posouvá po obvodu koruny, a tím se zpravidla prodlužuje i stín koruny (obr. 1). U stromů s korunami stejných rozměrů (délka a šířka) cylindrického a kuželovitého tvaru v termínu letního slunovratu byl stín stromu s cylindrickou korunou delší o 4 m než stín koruny kuželovité. S poklesem polohy Slunce se rozdíly délek stínů dále zvyšovaly. V rámci výpočtu nebylo uvažováno s pronikáním slunečního záření skrz koruny stromů.

Délky stínu stromu podle stanovištních podmínek a termínu

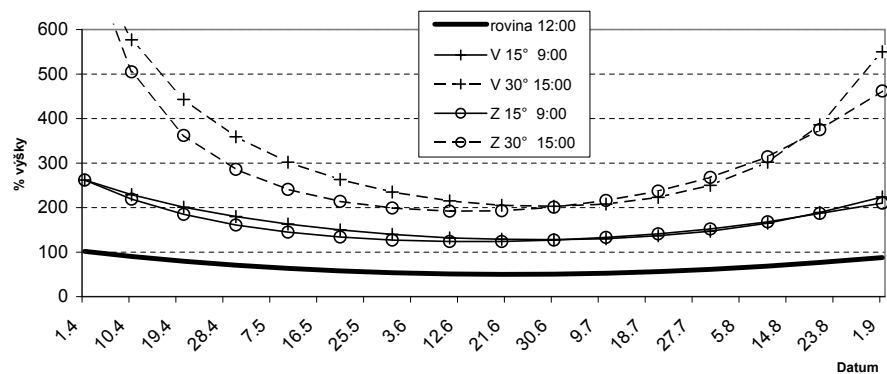
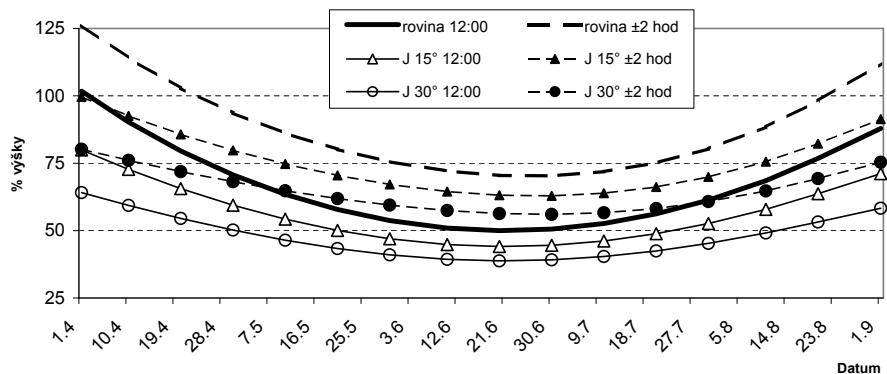
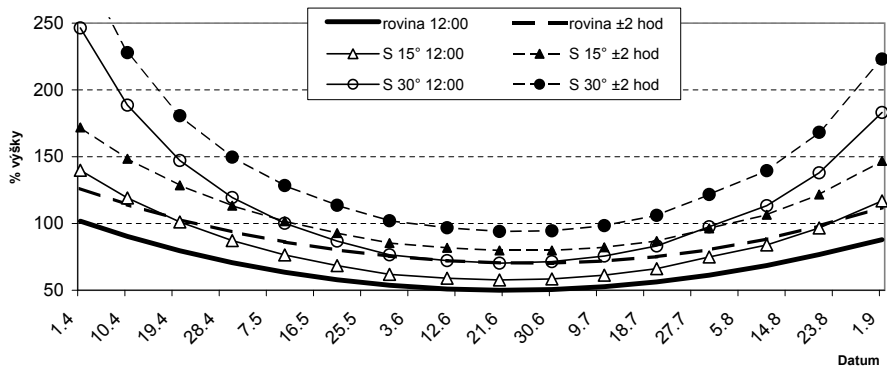
Stín vržený stromem v našich podmínkách je nejdelší v období zimního slunovratu, nejkratší v termínu letního slunovratu. V období letního slunovratu a pravém polední délka stínu stromu rostoucího na rovině odpovídá polovině jeho výšky (tab. 1, obr. 2). V termínech ± 10 dnů od tohoto data jsou rozdíly pozice Slunce při kulminaci minimální, prodloužení stínu na rovině nepřesáhne 1 % výšky. S rostoucí odchylkou od termínu letního slunovratu i pravého poledne se stíny postupně prodlužují. Odchylka času o ± 1 hodinu od poledne se projeví prodloužením stínu o 5 %, ± 2 hodiny od slunečního poledne jsou stíny delší již o 14 %. Prodloužení stínu na dvojnásobnou délku (odpovídá výšce stromu) nastává přibližně 3 hodiny od pravého poledne (tab. 1, obr. 2). S poklesem kulminační výšky Slunce na obloze se změny v daných časových termínech postupně zvětšují, shoda délky stínu s výškou stromu již v poledních hodinách nastává počátkem dubna a v polovině září.

Rozdíly v délkách stínů vznikají na svazích v závislosti na orientaci a sklonu svahu. V období letního slunovratu je polední stín na severním svahu delší až o 20 % (sklon 30°), zkracování délky stínu na jižních svazích není tak výrazné (tab. 1, obr. 2). Změny délky stínů na svazích s východní (západní) orientací jsou minimální v termínu kulminace výšky Slunce. Vliv sklonu svahu na východních nebo západních expozicích se výrazně projevuje v ranních nebo odpoledních hodinách,

Tab. 1.

Délky stínu stromu (v % výšky stromu) v daných termínech podle expozice a sklonu svahu

Datum	Hodina	Expozice a sklon svahu															
		rovina				Sever			Jih			Východ			Západ		
		0°	10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°			
1. 4. (10. 9.)	6	1526	1341	1188	1051	1771	2134	2784	414	233	156						
	9	166	199	252	366	142	124	107	134	111	93	219	330	784			
	12	101	123	160	242	86	74	64	101	101	101	101	101	101			
	14	127	154	198	294	108	94	81	148	180	238	111	98	87			
	16	241	283	349	474	209	184	161	399	1325	-	172	132	105			
1. 5. (11. 8.)	6	444	398	358	321	503	585	719	250	171	126						
	9	116	129	146	173	106	96	88	99	85	73	141	184	280			
	12	70	79	93	116	62	56	50	70	70	71	69	69	68			
	14	94	106	122	148	85	76	69	107	126	157	84	75	67			
	16	175	187	202	222	165	155	145	251	466		135	108	88			
10. 5. (2. 8.)	6	381	341	306	275	433	505	624	229	161	120	1127					
	9	108	118	132	151	99	91	84	92	80	69	130	165	241			
	12	63	71	82	99	57	51	46	64	64	65	63	62	62			
	14	87	97	110	129	79	72	66	99	115	142	78	70	63			
	16	163	172	182	195	155	148	140	228	393		127	103	85			
20. 5. (23. 7.)	6	339	302	271	242	387	454	566	214	154	116	819					
	9	101	109	120	135	94	87	81	87	76	66	120	151	214			
	12	58	64	73	86	52	48	43	58	58	59	57	57	57			
	14	81	89	100	115	75	69	63	92	106	129	73	66	59			
	16	153	159	166	174	147	141	136	208	339		120	98	81			
1. 6. (11. 7.)	6	313	277	247	220	359	426	540	201	148	113	673					
	9	96	103	112	123	90	85	79	83	73	64	114	142	197			
	12	53	58	66	76	48	44	41	53	54	54	53	52	52			
	14	76	83	91	103	70	65	60	85	98	117	69	62	56			
	16	143	147	152	158	139	135	130	191	297	798	114	94	79			
21. 6.	6	305	268	237	209	355	431	567	201	147	113	636					
	9	95	101	108	118	89	84	79	82	72	63	112	142	194			
	12	50	55	61	70	46	42	39	50	50	50	50	50	50			
	14	72	78	85	95	67	62	57	80	91	107	65	59	54			
	16	135	139	143	148	132	128	124	177	264	600	109	91	76			



Obr. 2.

Minimální délky stínu stromu v sluneční poledne a časových odchylkách podle expozice svahu

vypočítané délky stínů v závislosti na výšce Slunce několikanásobně přesahují výšku stromu.

Stínění obnovované plochy výstavky

Jeden z důvodů ponechávání výstavků na obnovních prvcích je zastínění půdního povrchu, a tím ovlivnění mikroklimatu. Míra stínění povrchu korunou výstavku závisí na umístění výstavku v rámci obnovního prvku, terénních podmínkách a vlastnostech koruny stromu (tvar, rozměry, propustnost pro záření). Umístění výstavků pro stínění musí být promyšlené, aby stíny korun vhodně pokrývaly obnovované plochu. Výstavek situovaný uprostřed obnovního prvku s výškou odpovídající průměru prvku zastíňuje v termínu letního slunovratu pruh při severním okraji prvku široký 5 m, většina stínu zasahuje pod porostní okraj. Odklon svahu od pozice Slunce zvyšuje souhrnnou plochu zastínění (tab. 2). S rostoucí odchylkou termínu od letního slunovratu se snižuje výška Slunce na obloze, a tím se zvyšuje šířka stínu a výměra zastíněné plochy. Stín stromů s eliptickou korunou je při srovnatelných rozměrech s korunou kuželovitou v daných termínech o 8–15 % větší v závislosti na termínu a charakteru svahu.

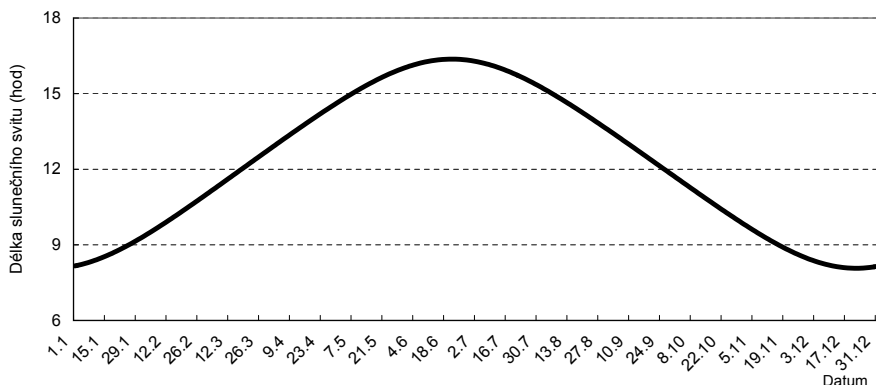
Tab. 2.

Plocha stínu koruny na povrchu terénu (m²) podle termínu a sklonu svahu (kuželovitá koruna 7 m široká, 10 m dlouhá, termín od 9:00 do 15:00 hod slunečního času)

Termín	Orientace a sklon svahu						
	S 30	S 20	S 10	rovina	J 10	J 20	J 30
1. 5. (11. 8.)	1461	935	692	546	448	384	350
10. 5. (2. 8.)	1079	787	602	480	415	360	325
20. 5. (23. 7.)	980	684	526	439	383	330	307
1. 6. (11. 7.)	822	601	475	401	349	325	294
10. 6. (2. 7.)	770	560	452	372	341	312	291
21. 6.	739	552	443	374	331	303	287

Zastínění maloplošných obnovních prvků

Doba, po kterou přímé sluneční paprsky dopadají na zemský povrch (délka slunečního svitu) se mění v závislosti na termínu sledování, výskytu oblačnosti a překážek v okolí místa pozorování. Udává se počtem hodin za časovou jednotku (den, měsíc, rok). V období letního slunovratu délka slunečního svitu přesahuje 16 hodin (maximum 982 minut), v období zimního slunovratu pouze 8 hodin (minimum 484 minut) (obr. 3). Maximální doba přímého slunečního záření v maloplošném obnovním prvku nepřesahuje 3, respektive 4 a 6 hodin (v závislosti



Obr. 3.

Maximální délka trvání slunečního svítu v průběhu roku pro 50° s. š.

na průměru obnovního prvku – 66 %, 100 % a 150 % porostní výšky v období letního slunovratu).

Požadavek zamezení pronikání přímého slunečního záření do maloplošných obnovních prvků platí pouze pro konkrétní lokality a dřeviny. Pro trvalé zastínění obnovního prvku na rovině nesmí rozestup korun okrajových stromů v S – J směru přesáhnout polovinu porostní výšky. Na svahu se severní expozicí se rozestup prodlužuje až na 70 % porostní výšky (sklon svahu 30°), na jižně exponovaném svahu se stejným sklonem rozestup dosahuje pouze 39 %. Částečné navýšení výměry obnovní plochy s trvalým zastíněním lze dosáhnout prodloužením osy obnovního prvku ve V – Z směru. U výrazně eliptických prvků mohou nastat technologické problémy, u prvků s větší výměrou se v letním období snižuje výměra trvale zastíněné plochy. S rozšiřováním výměry obnovních prvků dochází ke zvýraznění specifík mikroklimatu podle světových stran (rozdíly v trvalém zastínění, oslunění a s tím spojený průběh teplot, odlišná distribuce srážek, větrné poměry) a klimatické podmínky se postupně blíží volné ploše.

Maximální výměry obnovních prvků s trvalým zástinem podle tvaru a svahových poměrů při porostní výšce 30 m značně kolísají (tab. 3). Obnovním prvkům této výměry odpovídá termín hlouček (výměra pod 0,03 ha) nebo skupinka (0,03–0,10 ha) (POLENO et al. 2009).

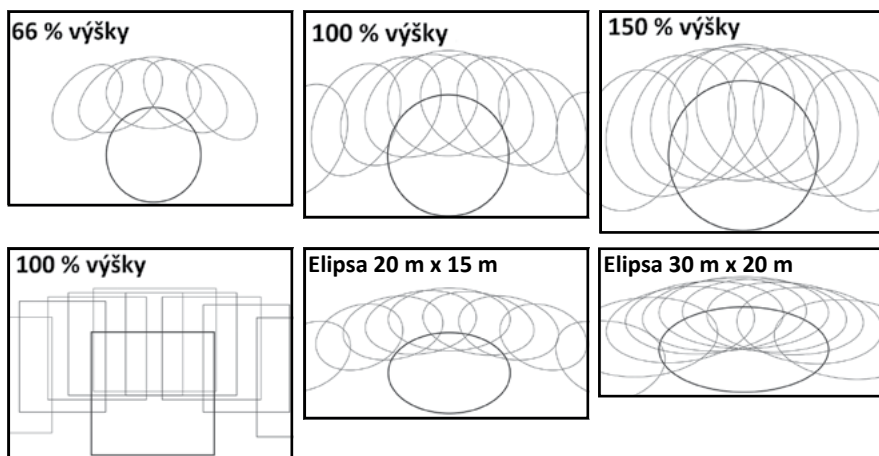
Hranice trvalého stínění v maloplošných obnovních prvcích na rovině má tvar obloku. Do kruhového kotlíku o šířce 2/3 porostní výšky (20 m při porostní výšce 30 m) proniká na rovině přímé sluneční záření pouze okrajově v severní části v poledních hodinách, doba výskytu přímého záření zde nepřesahuje 1 hodinu. V kru-

Tab. 3.

Maximální výměra trvale zastíněného obnovního prvku (m²) při porostní výšce 30 m

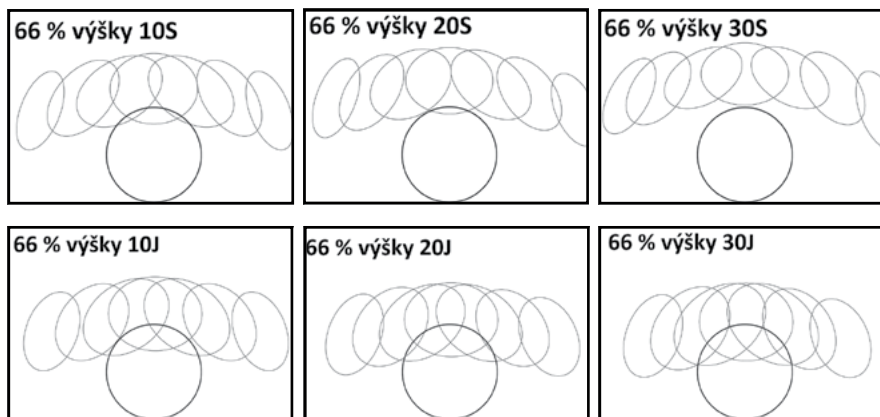
Obnovní prvek	Orientace a sklon svahu						
	Sever 30°	Sever 20°	Sever 10°	Rovina	Jih 10°	Jih 20°	Jih 30°
Kruhový kotlík	346	263	214	177	150	125	108
Elipsa (poměr stran 1 : 2)	882	670	545	450	381	318	274
Čtverec	441	335	272	225	190	159	137

hověm kotlíku s průměrem odpovídajícím porostní výšce plocha trvale zastíněná již nedosahuje ani 50 % výměry, expozice severní části kotlíku přímým slunečním zářením zpravidla nepřesahuje 3 hodiny. S nárůstem velikosti obnovního prvku se snižuje podíl trvale zastíněné plochy a narůstá doba expozice, v kotlíku s průměrem odpovídajícím 1,5násobku porostní výšky již trvale zastíněná plocha dosahuje pouze 27 % (obr. 4). V obnovním prvku čtvercového tvaru se šířkou odpovídající porostní výšce (30 m) je zhruba 35 % výměry trvale zastíněno, maximální doba expozice přímého slunečního záření nepřesahuje 5 hodin. S nárůstem rozměrů prvku se snižuje podíl trvale zastíněné plochy a stoupá doba expozice přímým slunečním zářením. U větších skupin s delší osou protaženou V – Z směrem se snižuje plocha trvale zastíněná, vlivem stínění okraji porostu však doba expozice přímým slunečním zářením není výrazně delší (obr. 4).

**Obr. 4.**

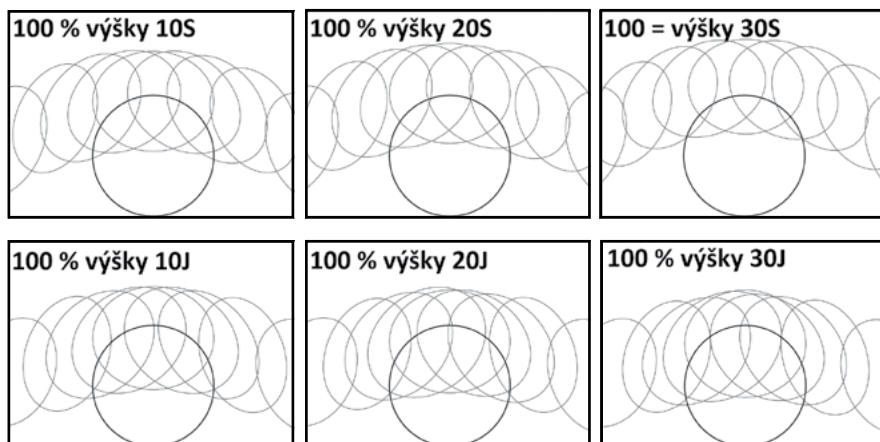
Průběh přímého slunečního záření ve skupině kruhového tvaru (66 %, 100 % a 150 % porostní výšky), čtverce (100 % porostní výšky) a eliptického tvaru (20 m x 15 m, 30 m x 20 m) na rovině v jednotlivých hodinách pro termín 21.6.

Pronikání přímého slunečního záření na plochu obnovního prvku a pod sousední porosty se kromě velikosti a tvaru obnovního prvku mění i podle orientace a sklonu svahu (obr. 5–7).



Obr. 5.

Průběh přímého slunečního záření v kruhovém kotlíku (66% porostní výšky) a podzáření sousedního porostu v jednotlivých hodinách podle orientace (S – sever, J – jih) a sklonu svahu (10°, 20°, 30°) pro termín 21.6.



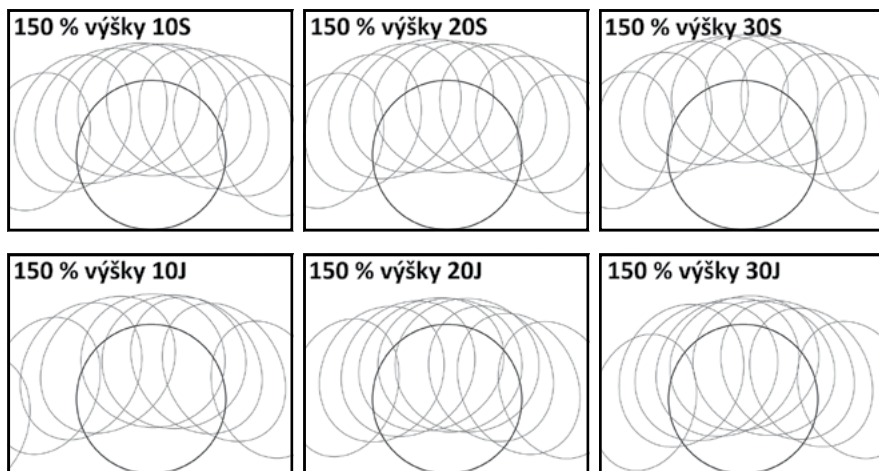
Obr. 6.

Průběh přímého slunečního záření v kruhovém kotlíku (100% porostní výšky) a podzáření sousedního porostu v jednotlivých hodinách podle orientace (S – sever, J – jih) a sklonu svahu (10°, 20°, 30°) pro termín 21.6.

Pronikání přímého slunečního záření pod okolní porosty (podzáření porostů)

Rozsah pronikání přímého slunečního záření pod okolní porosty závisí kromě polohy Slunce a charakteristikách obnovního prvku (velikost, rozměry, orientace) také na charakteristice porostu, dřevině, hustotě kmenů, délce a hustotě korun stromů. Udávané hodnoty jsou maximální, skutečné hodnoty závisí na porostních charakteristikách (stínění kmeny, podrostem, proměnlivá délka korun). Dlouhé koruny zabraňují pronikání přímého slunečního záření pod okolní porost. U obnovních prvků s malou výměrou nelze ve větší míře počítat s pronikáním přímého slunečního záření pod okolní porosty.

Podzáření v poledních hodinách se může pohybovat v desítkách metrů v závislosti na poloze Slunce, hloubce (délce) korun a stanovištních podmínkách. Informace o délce pronikání přímého slunečního záření v termínu letního slunovratu do okolního porostu shrnují obr. 5–7.



Obr. 7.

Průběh přímého slunečního záření v kruhovém kotlíku (150 % porostní výšky) a podzáření sousedního porostu v jednotlivých hodinách podle orientace (S – sever, J – jih) a sklonu svahu (10°, 20°, 30°) pro termín 21.6.

ZÁVĚR

V metodice jsou publikovány výsledky kalkulací délek stínu stromů, průběh přímého slunečního záření v maloplošných obnovních prvcích proměnlivého tvaru a velikosti a podzáření porostních okrajů, vše počítané pro podmínky České republiky. Délka a průběh stínu závisí na termínu sledování, stanovištních a porostních podmínkách. Vyjádření délky stínu a podzáření porostních okrajů v relativních hodnotách výšky stromu umožňuje snadný přepočet hodnot pro konkrétní stanovištní a porostní poměry. Délka a průběh stínu jsou počítány pro termín letní rovnodennosti, kdy je Slunce na obloze nejvýše, v ostatních termínech budou vypočítané hodnoty shodné nebo delší. Poznatky o variabilitě světelných poměrů v maloplošných obnovních prvcích umožňují lepší využití mikroklimatických podmínek při obnově lesa maloplošnými obnovními prvky.

SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Problematika délky stínu, podzáření okolních porostů a průběhu přímého slunečního záření v maloplošných obnovních prvcích byla v české lesnické literatuře v minulosti řešena příspěvkem pro konkrétní lokalitu a termíny (ČIHAL, JURČA 1961). V posledních letech byla opakovaně citována studie ozářenosti porostní mezery s průměrem porostní výšky na svazích různé orientace a sklonu pro lokalitu Zürich (47,5° s. š.) (LEIBUNDGUT 1981, citováno např. POLENO et al. 2009; KOŠULIČ 2010). Vzhledem k odlišné zeměpisné šířce je studie použitelná pouze na rovině a jižních svazích při kulminaci Slunce na obloze. S rostoucí odchylkou od poledne a termínu letního slunovratu odchylky délek stínů pro naše podmínky postupně narůstají. V zahraničí byly pro potřeby lesníků opakovaně publikovány přehledy délek stínu stromů pro širokou škálu lokalit a stanovištních podmínek (např. GEIER-HAYES et al. 1995; HALVERSON, SMITH 1974; JUNGHANS 1966).

Současné softwary často umožňují výpočet průběhu stínu a doby oslunění včetně jeho grafického znázornění. Vzhledem k odlišnosti výchozích oborů (stavebnictví, energetika) je jejich použití v lesním hospodářství omezené. Také současné aplikace GIS umožňují výpočty a znázornění doby oslunění a stínění, jejich použití v provozních podmínkách naráží na cenu software a nároky na uživatele.

POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena vlastníkům a správcům lesa jako návod pro stanovení délky stínu stromů a průniku přímého slunečního záření do porostů rozpracovaných maloplošnými obnovními postupy v různých stanovištních a porostních podmínkách. Poznatky mohou využívat i taxační kanceláře, zpracovávající lesní hospodářské plány a osnovy LHP a LHO jako podklad pro stanovení průniku přímého slunečního záření při různých způsobech obnovního rozpracování porostů.

EKONOMICKÉ ASPEKTY

Předkládaný materiál řeší problematiku stanovení délky stínu stromů a porostních okrajů a s tím spojené otázky výskytu a doby trvání přímého slunečního záření v maloplošných obnovních prvcích různého tvaru a velikosti. Zvýšení poznatků o ekologických podmínkách v rámci obnovních prvků přispívá k lepšímu využívání mikroklimatických podmínek k příznivějšímu odrůstání jednotlivých dřevin.

Ekonomické aspekty využití této metodiky jsou nepřímé. Přesnější znalosti o délce stínu, doby trvání přímého slunečního záření a jeho průniku do obnovně rozpracovaných porostů umožní lepší plánování postupu obnovy a vnášení dřevin podle jejich ekologických požadavků. Při celkové výměře lesů a obnovních postupech znamená každé procento snížení obnovních ztrát ekonomické přínosy v řádech milionů korun ročně.

DEDIKACE

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu NAZV QI102A085 „Optimalizace pěstebních opatření pro zvyšování biodiverzity v hospodářských lesích“.

LITERATURA

Seznam použité literatury

- ČIHAL, A., JURČA, J., 1961: Příspěvek k otázce využívání údajů o délkách stínů a podzáření při obnovách lesních porostů. Sborník VŠZ v Brně, Řada C: Spisy fakulty lesnické (1–2): 21–32.
- GEIER-HAYES, K., GATES, M. A., BASFORD, D. D., 1995: Determining Individual Tree Shade Length: A Guide for Silviculturists. USDA Forest Serv. Res. GTR-324, 64.
- HALVERSON, H. G., SMITH, J. L., 1974: Controlling solar light and heat in a forest by managing shadow sources. USDA Forest Serv. Res. Paper PSW-102, 14.
- HU, L.L., YAN B., WU, X., LI, J. 2010: Calculation method for sunshine duration in canopy gaps and its application in analyzing gap light regimes. *Forest Ecology and Management*, 259: 350-359.
- JUNGHANS, H., 1966: Die Sonnenscheinendauer geneigter Flächen. *Archiv für Forstwesen*, 15(5/6): 545–553.
- KOŠULIČ, M., 2010: Cesta k přírodě blízkému hospodářskému lesu. Brno, FSC. 450.
- LEIBUNDGUT, H., 1981. *Die natürliche Waldverjüngung*. Bern, Stuttgart, Paul Haupt. 115.
- POLENO, Z. et al., 2009: Pěstování lesů II. Ekologické základy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce. 315.
- ROŽNOVSKÝ, J., HAVLÍČEK, V., 1999: *Bioklimatologie*. Brno, MZLU. 155.
- ŽALUD, Z., 2014: *Bioklimatologie*. Brno, MZLU. 130.

Seznam publikací, které předcházely metodice

- SOUČEK, J., 2013: Změny délky stínu stromu. In: *Proceedings of Central European Silviculture. 14th International Conference*. M. Baláš, V. Podrázský, B. Kučeravá (eds.). Česká zemědělská univerzita v Praze, s. 238-244.
- SOUČEK, J. 2015: Délka a průběh stínu v maloplošných obnovních prvcích. *Zprávy lesnického výzkumu (v přípravě)*.

DETERMINATION OF SHADOW LENGHT AND ITS PATH IN VARIOUS CANOPY GAPS

Summary

This guide provides to silviculturists information about tree shadow lengths and occurrence of direct solar radiation on small area cutting plots in the Czech Republic conditions. Properties of solar radiation differ in open area and under forest stand according to species, season, time, stand and crown characteristics. The various methods of regeneration cutting differ from one another primarily in their ecological effect. Small area clearcuttings offer good opportunities for the control of light exposure. The size, shape and orientation of these small clearcuttings significantly affect occurrence and duration of direct solar radiation into the regeneration plot and into circumjacent stand parts. Better knowledge of the light obtained in small clearcuttings is essential for effective utilisation of desired types of regeneration.

The shadow length and its shape depend on the position of the Sun on the sky, time of watching, site conditions and tree characteristics. Relative formulation of tree length factor as a ratio of tree height enables its easy recalculation for specific conditions. Tree shadow lengths are presented for geographic coordinates (latitude 50°), basic cardinal points (N, E, S, W) and slope inclination (0-30°). Shadow length is presented for term of the Sun's culmination on the sky (summer solstice), shadow lengths in different terms are the same or longer. Shadow length corresponds to half tree height on flat land in summer solstice and noon, different time of watching or slope characteristics affect shadow length. Direct solar radiation penetrates into small circular clearcutting on flat land (diameter corresponds to 2/3 of tree height) only marginally with duration under 1 hour. Share of permanently shaded part decreased with growing regeneration plot, area with permanent shadow in clearcutting with diameter comparable to tree height covers only south half of clearcutting. Penetration of direct solar radiation into circumjacent stand parts depends on the Sun's position on the sky and stand characteristics. The northern part of clearcutting received more of the potential direct solar radiation than the centre and south part. Such differences in light conditions might be reflected in the species composition and growth of trees.

LESNICKÝ PRŮVODCE



Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
www.vulhm.cz