

# Světlo má vliv na zdraví i na kvalitu studijních výsledků

HYNEK MEDŘÍCKÝ

**Zdraví, spánek i fyzický a mentální výkon, to vše ovlivňuje během dne i noci světelné záření. Je-li správné, pomáhá, není-li, dokáže ublížit.**

**Světlo** vždy bylo a je pro živé organismy nepostradatelné. Pomáhá k vidění, k orientaci, ale především **je podstatné pro správné fungování lidského těla**. Ideální pro organismus je denní světlo, k umělým zdrojům je nutné být obezřetný. Na jedné straně je možné využívat jejich předností, na straně druhé je potřeba **předcházet negativním vlivům nesprávného osvětlení**.

Následující třídílný seriál představí, jakou roli sehrává světlo v lidském životě. První z článků uvádí do problematiky světla a jeho vlivu na zdraví i fyzický a mentální výkon a vysvětluje, jaký dopad může mít špatné osvětlení na zdraví a prospěch žáků ve škole. Další dva články se budou postupně zabývat stávajícím stavem osvětlení ve školských zařízeních, výzkumy vlivu světla v prostředí škol a potenciálem inovativních biooptimalizovaných světelných zdrojů pro studenty i pedagogy.

## Kde se bere světlo?

Úvodem jen ve zkratce pár základních informací o samotném světle. Viditelné světlo je ve skutečnosti elektromagnetické vlnění v rozsahu vlnových délek 380–780 nm, přičemž důležitá je jeho frekvence, měřená v hertzech (Hz), a vlnová délka, uváděná v metrech či častěji v nanometrech (nm).

Různé frekvence vidí člověk jako barvy – od fialové s nejvyšší frekvencí a nejkratší vlnovou délkou po červenou s nejnižší frekvencí a nejdelší vlnovou délkou. Ne všechny barvy světla však lidské oko zachytí, patří mezi ně například ultrafialové záření (UV) nebo infračervené záření.

U světelných zdrojů se také rozlišuje různá barevná teplota neboli teplota chromatičnosti, udávaná v kelvinech (K). Čím je teplota nižší, tím se více blíží k teplým barvám (červená, oranžová, žlutá), čím je vyšší, tím jsou barvy studenější (bílá, modrá).

## Světlo ovlivňuje hladiny klíčových hormonů, naše zdraví a imunitu

Právě chromatická teplota má **pro lidský organismus velký význam**, protože na jejím základě je řízen cirkadiánní rytmus

v těle, tedy základ biologických hodin člověka s 24hodinovým cyklem. Podle něj je v lidském těle načasována bdělost, nastavena tělesná teplota, vylučují se hormony a spouští se spánkový proces, **včetně duševní a fyzické regenerace a imunitních procesů**.

Naše oko se vyvíjelo **po miliony let pod holým nebem** a podle něj je náš cirkadiánní rytmus slunečním zářením přirozeně synchronizován. Během dne na nás svítí slunce vyrovnaným spektrem s obsahem všech vlnových délek viditelného spektra, tj. všech barev. Je to právě zastoupení modré a zelené složky (vlnové délky cca pod 550 nm), které je pro nás signálem, že je den, tj. čas na aktivitu. Takové světlo v těle aktivuje produkci hormonu serotoninu, který nám **pomáhá k plné bdělosti a soustředění, zrychluje naše reakce** a zvyšuje rychlost a kvalitu **ukládání do krátkodobé paměti i vyvolávání z ní**, a dokonce způsobuje dobrou náladu. S nadcházejícím západem slunce se ale mění poměr zastoupení vlnových délek tohoto světla, protože v něm ubývají krátké modré a zelené vlnové délky – jsou totiž atmosférou filtrovány, a světlo se tak stává více teplým a červeným. Během západu sluneční záření již neobsahuje modré a zelené vlnové délky. Absence těchto vlnových délek je pro nás signálem, že přichází noc, čas odpočinku, a zhruba 90 minut od zachycení posledního paprsku modrého světa naším okem se začne do krve vylučovat melatonin – spánkový hormon, jenž reguluje spánkový cyklus a chová se jako antioxidant (Mills a kol., 2005), přispívající k **regeneraci buněk, imunitě i konsolidaci paměti**.

Oheň, kterým naši předci večer a v noci svítili, také neobsahoval tyto vlnové délky – byl to až vynález žárovky, který náš přirozený cirkadiánní rytmus narušil. Světlo z neztlumených žárovek vyzařuje totiž všechny vlnové délky viditelného spektra, včetně modré a zelené, a tak je pro náš systém permanentním signálem, že je den. To také platí pro běžné LED žárovky, zářivky a displeje na mobilech a počítačích (pro srovnání světelného spektra různých osvětlení viz obrázky 2 níže). Tak **je náš cirkadiánní systém maten** a místo přípravy na odpočinek je nesprávně buzen k plné aktivitě.

## Pozor na příliš modrého světla!

Výše popsaný optimální průběh je umožněn přirozeným světlem od slunce. Umělé zdroje, které nabývají různých hodnot chromatičnosti, mají na lidský organismus vliv odlišný.

Většina umělých světelných zdrojů obsahuje krátkovlnné záření, tedy s podílem modré barvy, a ovlivňuje mozek natolik, že se mylně domnívá, že jde o přítomnost denního světla. Ve večerních a nočních hodinách **je tak jeho přítomnost pro lidské tělo biologicky toxická**, má negativní vliv na spánek a včas a v dostatečné míře se nezačne uvolňovat melatonin. Jeho nedostatek pak vede k **nedostatečné regeneraci a reparaci buněk**, v těle se hromadí odpadní látky a poškozené buňky. Opakuje-li se to, kromě **negativního vlivu na bezprostřední fyzický i psychický stav a naši imunitu významně vzrůstá riziko rozvinutí hormonální rakoviny** (Al-Naggar, Anil, 2016), tedy např. nádoru prsu (James a kol., 2017), prostaty či tlustého střeva (Schernhammer, 2003), poruch metabolismu, nespavosti, deprese (Walker, 2017), kardiovaskulárních chorob (Dominguez-Rodriguez a kol., 2010; Tengattini a kol., 2007) a dalších onemocnění.

## Unavený student se toho příliš nenaučí

Nedostatečná regenerace organismu má vedle zdraví přímý vliv také na fyzický a mentální výkon, což se pak **negativně projevuje v práci i ve škole** (Heschong Mahone Group, 2003; Heschong Mahone Group, 1999). Navíc jsou lidé během dospívání kvůli hormonálním změnám na světelnou hygienu nejcitlivější. Mezinárodní studie dokazují, že kvalita a zkracující se délka spánku dospívajících **negativně ovlivňují jejich studijní výsledky** (Walker, 2017; Frank, Issa, Stryker, 2001; Sarkar a kol., 2010). A podobně špatný dopad má na studenty i samotné prostředí tříd a jejich osvětlení.

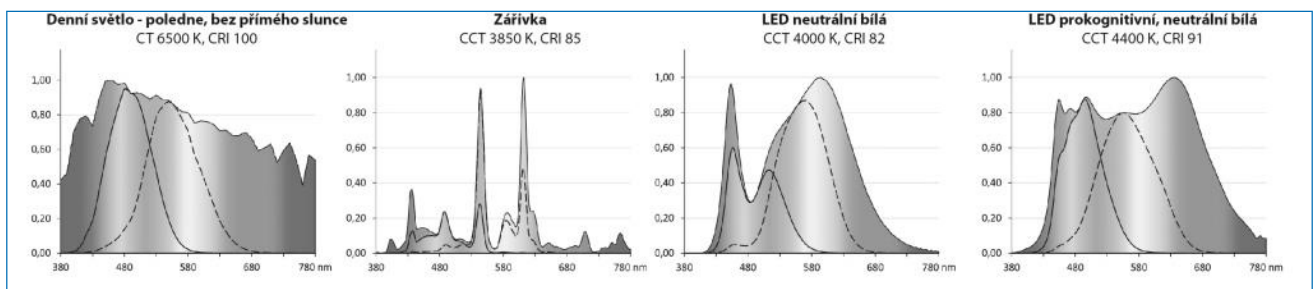
Z výzkumu kalifornské vědecké skupiny Heschong Mahone, provedeném na 21 000 studentech v USA, vyplývá, že **lepší výsledků dosahují ti, v jejichž třídách je dostatek denního světla** (Heschong Mahone Group, 1999). Ve třídách, kde

bylo světla nejvíce, **byly zaznamenány o 7 až 18 % lepší známky** než tam, kde denního světla příliš nebylo. V prosvětlených třídách byli studenti navíc ve vyplňování testů **z matematiky a čtenářské gramotnosti až o čtvrtinu rychlejší** než jejich spolužáci z nevhodně osvětlených tříd.

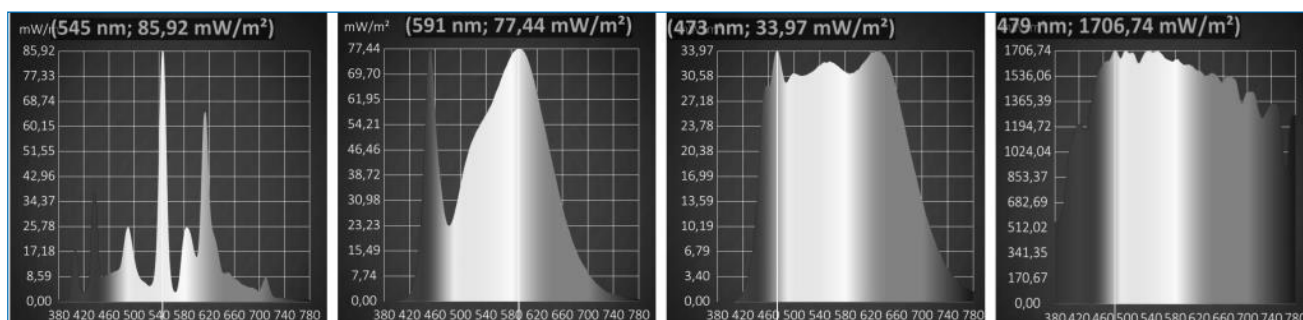
Optimálně by tak měly veškeré vzdělávací prostory v maximální míře využívat jako **primární zdroj dostatečně intenzivní denní světlo** a pouze v časech nedostatku ho nahrazovat či doplňovat světlem umělým. Nicméně i s umělým světlem je třeba zacházet obezřetně a důkladně zvažovat jeho kvalitu. Jak již v roce 1991 ukázala kanadská studie Školského úřadu státu Alberta, **lepšími výsledky dosahují ti studenti, kteří se učí pod umělým světlem podobajícím se svou kvalitou a spektrálním složením dennímu světlu**. Takové světelné zdroje totiž disponují podobnou biologickou účinností jako přirozené světlo od slunce (viz obrázek 1 níže).

Účinnost takového osvětlení na studium dokazuje také probíhající experiment na pražském Gymnáziu Na Pražačce, kde se testuje tzv. **biooptimalizované prokognitivní LED osvětlení**, které má ve srovnání s běžně ve školách využívanými světelnými zdroji spektrální složení bližší dennímu světlu od slunce (viz srovnání na obrázku 2 níže).

Dosavadní výsledky ukázaly meziroční **statisticky významné zlepšení prospěchu u žáků**, kteří se pod ním učili. **Snižil se také počet jejich pozdních příhodů**. S pomocí psychologických testů byla prokázána i **výrazně lepší kognitivní vytrvalost a výkon, lépe fungovala i krátkodobá paměť**. Světelné zdroje napodobující přirozené denní světlo totiž v našem těle podporují silný časový systém a ten **zachovává přirozený a nenarušený cirkadiánní rytmus**. Plynoucím důsledkem jsou **pak lepší zdraví, neoslabená imunita, lepší psychika a fyzický i kognitivní výkon**. Tyto účinky kvůli nevyrovnanosti světelného spektra a nedostatkům v jeho prokognitivní oblasti, resp. odlišnostem od denního světla od slunce, na které je náš mozek adaptován, běžné zdroje světla nenabízejí. S podrobnostmi nejen tohoto experimentu vás seznámíme v posledním z řady seriálu tří článků.



**Obrázek 1** Srovnání biologické (plná křivka) a zrakové účinnosti (čárkovaná křivka) umělého osvětlení ve srovnání s přirozeným denním světlem. Vlevo denní světlo od slunce, druhé zleva světlo od zářivky, třetí zleva světlo od běžných LED, poslední vpravo biooptimalizované prokognitivní LED osvětlení napodobující přirozené světlo. Zdroj: ČVUT UCEEB, 2019



**Obrázek 2** Srovnání spektrálního složení umělých zdrojů světla a přirozeného světla od slunce. První zleva světelné spektrum zářivky, druhé zleva běžného LED osvětlení, třetí zleva biooptimalizovaného prokognitivního LED osvětlení, na čtvrté pozici denního světla od slunce. Zdroj: Spectrasol, 2020

Zdraví, kvalitu spánku i kognitivní schopnosti lze tedy výrazně podpořit světelnou hygienou. Zatímco před spaním je lepší si číst papírovou knihu než brouzdat na mobilním telefonu, ve škole se lze zamyslet nad kvalitou osvětlení. V příštím článku se seznámíme se stavem umělého osvětlení v našich školských zařízeních, potenciálem speciálních, biooptimalizovaných zdrojů světla a jejich specifickými benefity pro studenty a pedagogy.

## ZDROJE

- AL-NAGGAR, R. A. a S. ANIL. Artificial Light at Night and Cancer: Global Study. *Asian Pac. J. Cancer Prev.* 2016, roč. 17, s. 4661–4664. DOI 10.22034/APJCP.2016.17.10.4661.
- DOMINGUEZ-RODRIGUEZ, A., ABREU-GONZALEZ, P., SANCHEZ-SANCHEZ, J. J., KASKI, J. C. a R. J. REITER. Melatonin and circadian biology in human cardiovascular disease. *J. Pineal Res.* 2010, roč. 49, s. 14–22. DOI 10.1111/j.1600-079X.2010.00773.x.
- FRANK, M. G., ISSA, N. P. a M. P. STRYKER. Sleep enhances plasticity in the developing visual cortex. *Neuron.* 2001, roč. 30, s. 275–287. DOI 10.1016/S0896-6273(01)00279-3.
- Heschong Mahone Group. *Daylighting in Schools: An Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance.* 1999. DOI 10.13140/RG.2.2.31498.31683.
- Heschong Mahone Group. *Windows and Offices: A Study of Office Worker Performance and the Indoor Environment.* 2003.
- JAMES, P., BERTRAND, K. A., HART, J. E., SCHERNHAMMER, E. S., TAMIMI, R. M. a F. LADEN. Outdoor light at night and breast cancer incidence in the nurses' health study II. *Environ. Health Perspect.* 2017, roč. 125. DOI 10.1289/EHP935.
- MILLS, E., WU, P., SEELY, D. a G. GUYATT. Melatonin in the treatment of cancer: A systematic review of randomized controlled trials and meta-analysis. *J. Pineal Res.* 2005, roč. 39, s. 360–366. DOI 10.1111/j.1600-079X.2005.00258.x.
- SARKAR, S., KATSHU, M. Z. U. H., NIZAMIE, S. H. a S. K. PRAHARAJ. Slow wave sleep deficits as a trait marker in patients with schizophrenia. *Schizophr. Res.* 2010, roč. 124, s. 127–133. DOI 10.1016/j.schres.2010.08.013.
- SCHERNHAMMER, E. S., LADEN, F., SPEIZER, F. E., WILLETT, W. C., HUNTER, D. J., KAWACHI, I., FUCHS, C. S. a G. A. COLDITZ. Night-Shift Work and Risk of Colorectal Cancer in the Nurses' Health Study. *JNCI J. Natl. Cancer Inst.* 2003, roč. 95, s. 825–828. DOI 10.1093/jnci/95.11.825.
- TENGATTINI, S., REITER, R. J., TAN, D.-X., TERRON, M. P., RODELLA, L. F. a R. REZZANI. Cardiovascular diseases: protective effects of melatonin. *J. Pineal Res.* 2007, roč. 0, s. 16–25. DOI 10.1111/j.1600-079X.2007.00518.x.
- WALKER, M. P. *Why We Sleep: Unlocking the Power of Sleep and Dreams.* Scribner, 2017. Dostupné z: <http://www.simonandschuster.com/books/Why-We-Sleep/Matthew-Walker/9781501144318>.



Hynek Medřický, Spectrasol, s. r. o.