

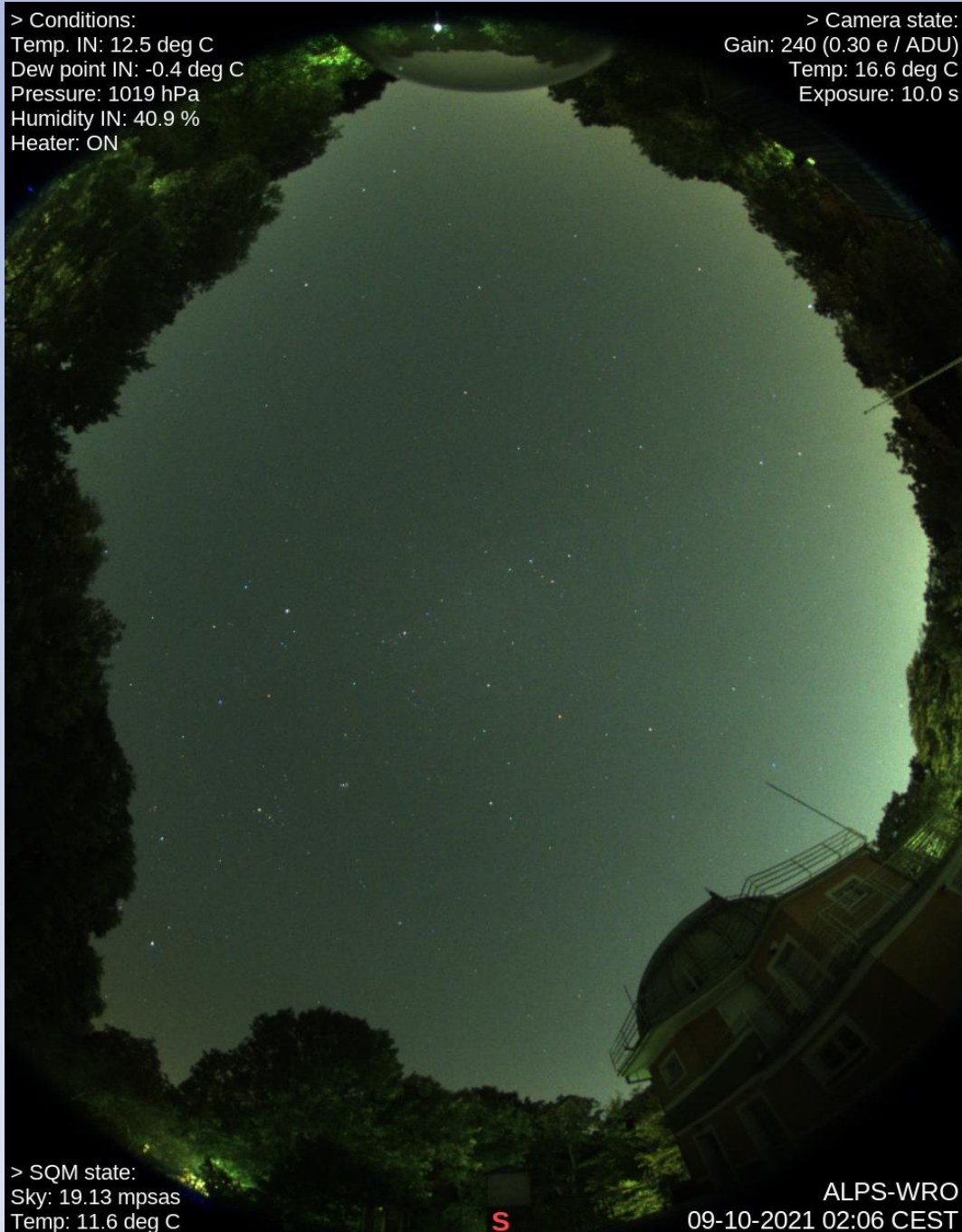
Ochrona obserwatoriów astronomicznych przed zanieczyszczeniem światłem w dobie rewolucji oświetleniowej LED

Sylwester Kołomański (Uniwersytet Wrocławski)

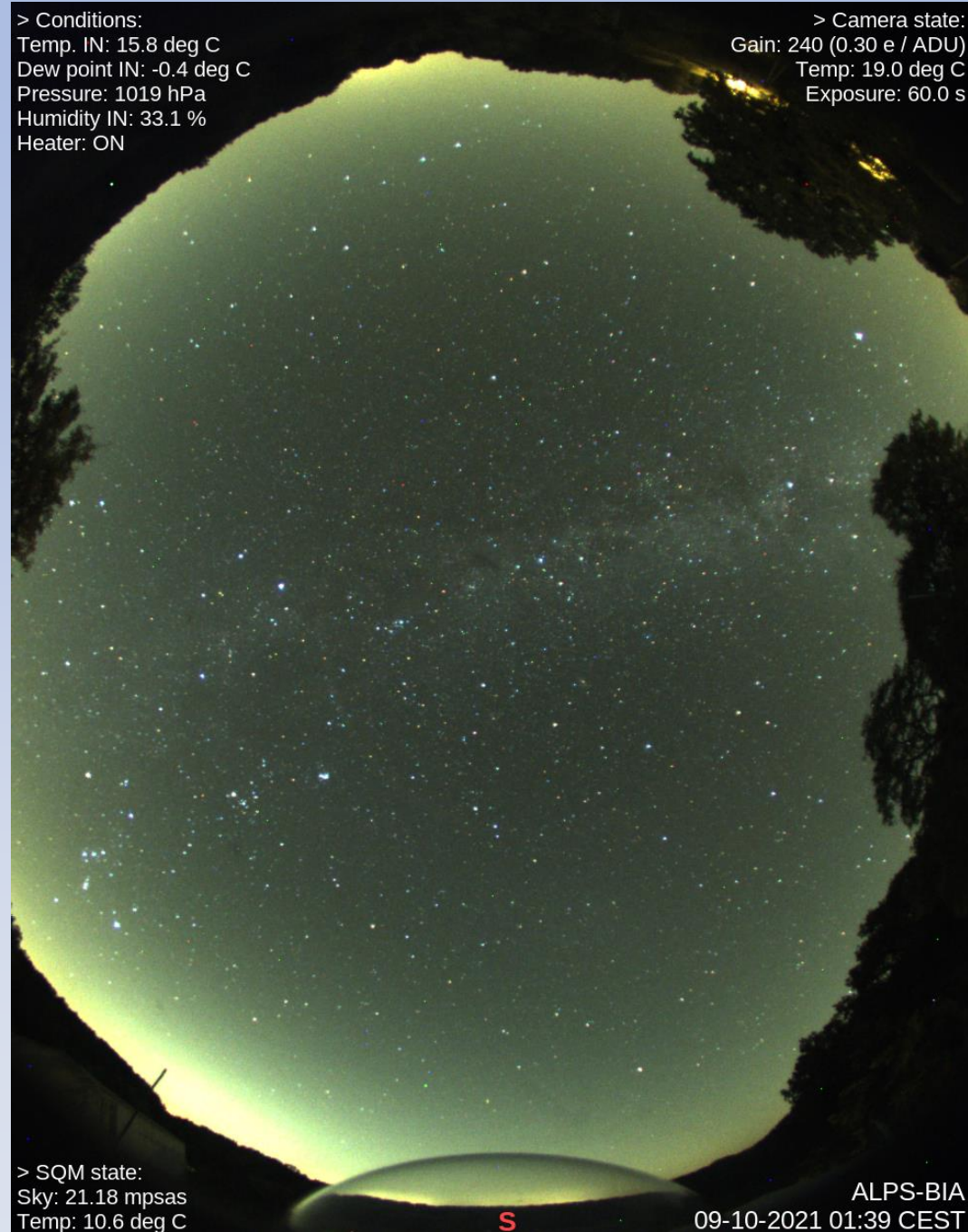
Przemysław Tabaka (Politechnika Łódzka)

Przemysław Mikołajczyk (Uniwersytet Wrocławski, Uniwersytet Warszawski)

Wpływ oświetlenia sztucznego na jasność nocnego nieba

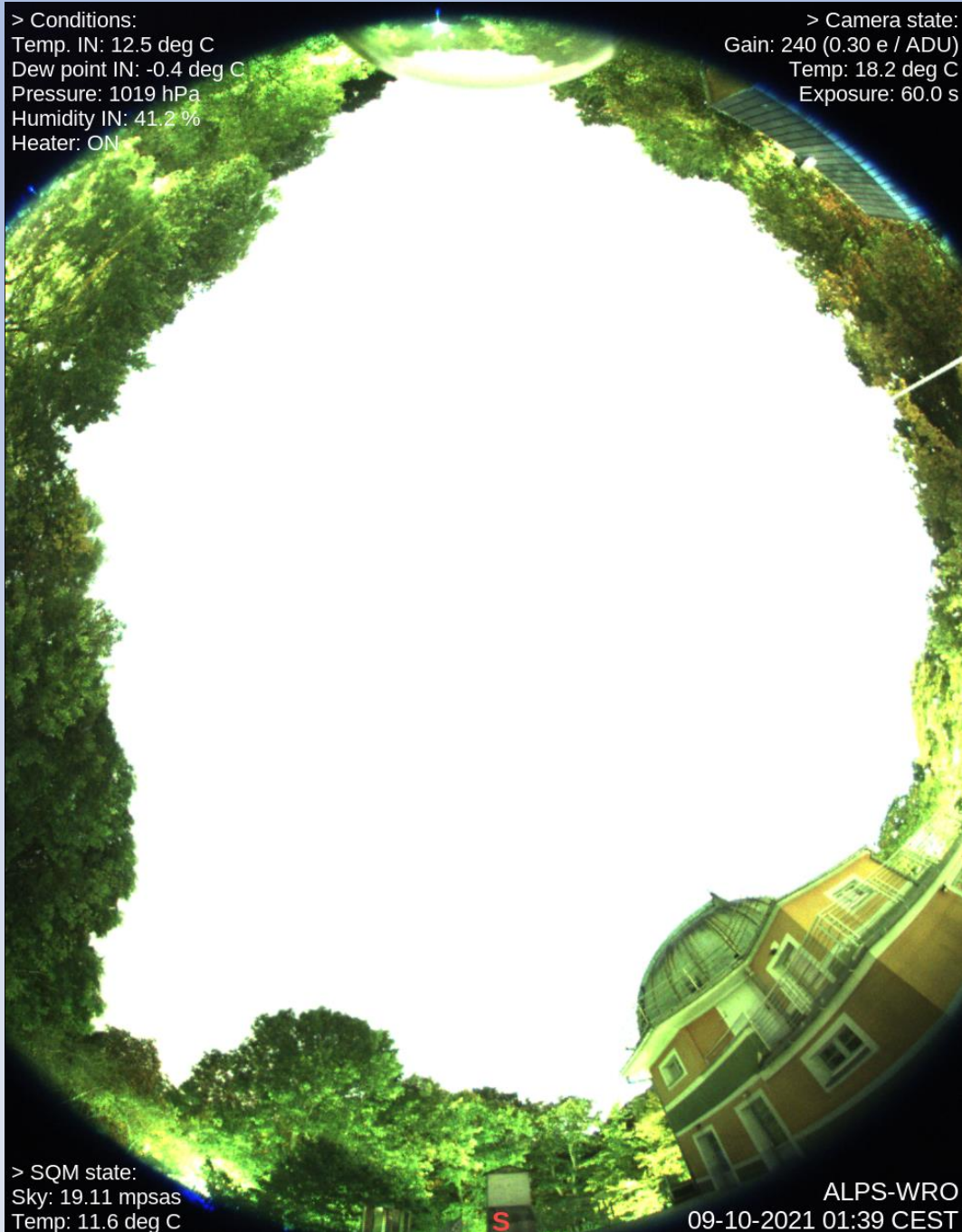


Wrocław

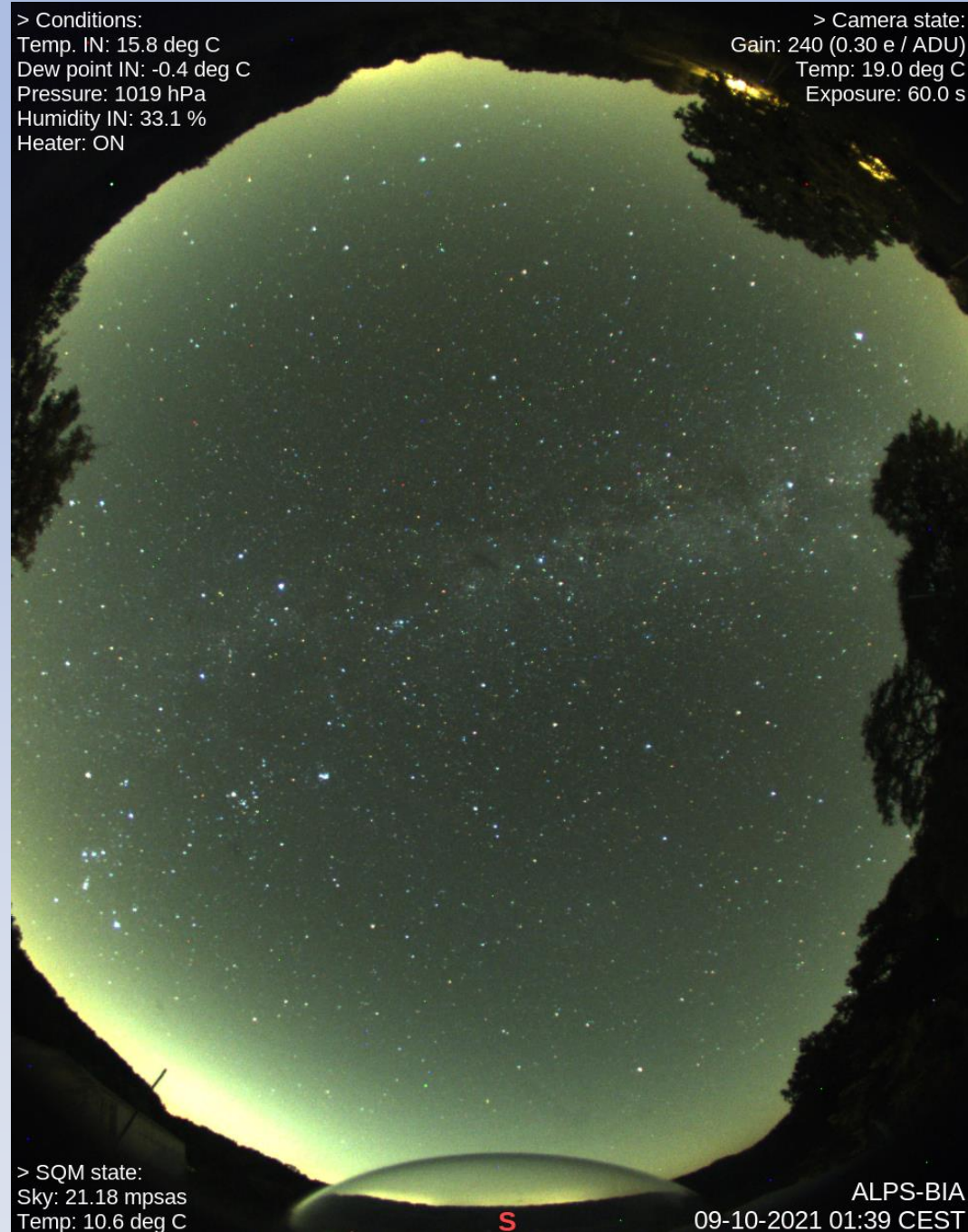


OA w Białkowie

Wpływ oświetlenia sztucznego na jasność nocnego nieba



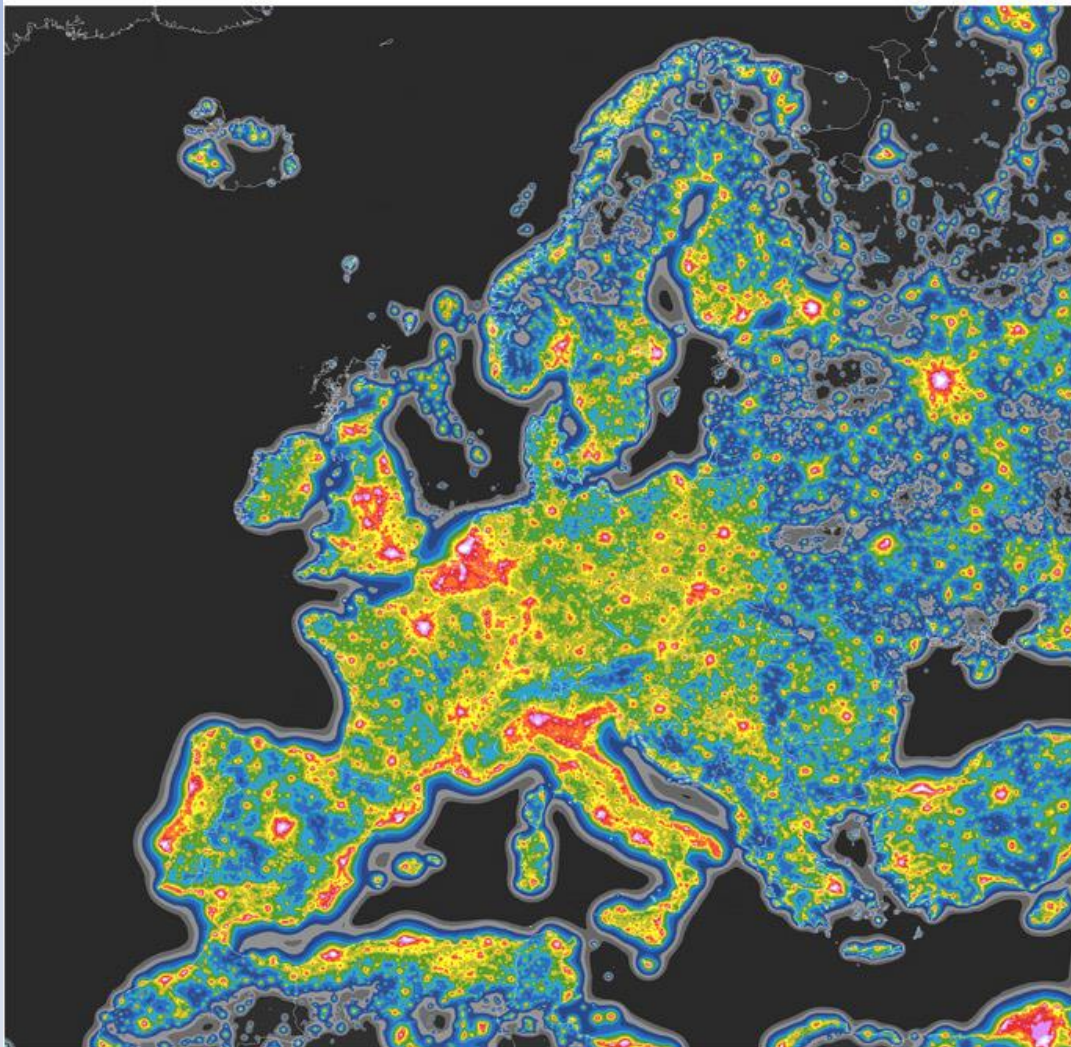
Wrocław



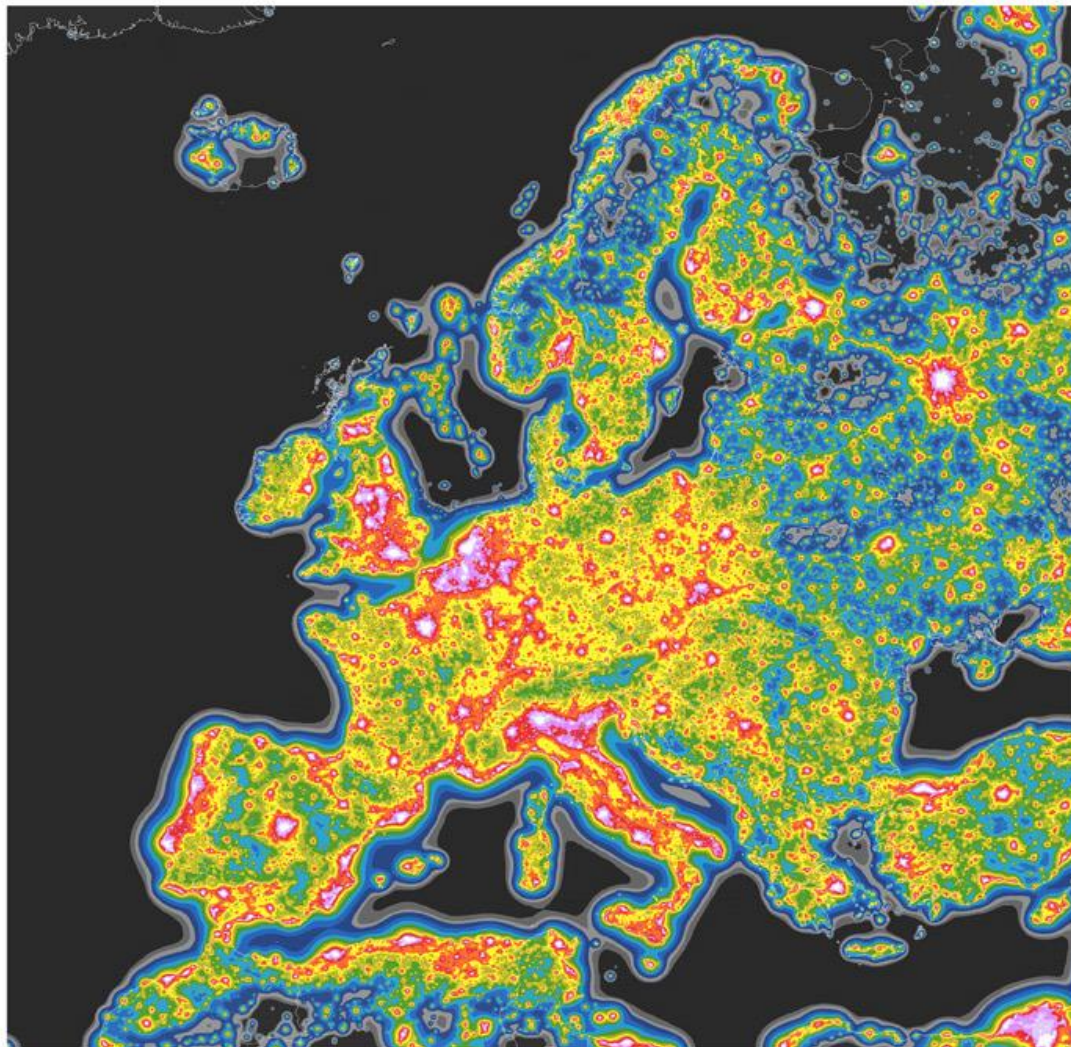
OA w Białkowie

Wpływ oświetlenia sztucznego na jasność nocnego nieba

A



B

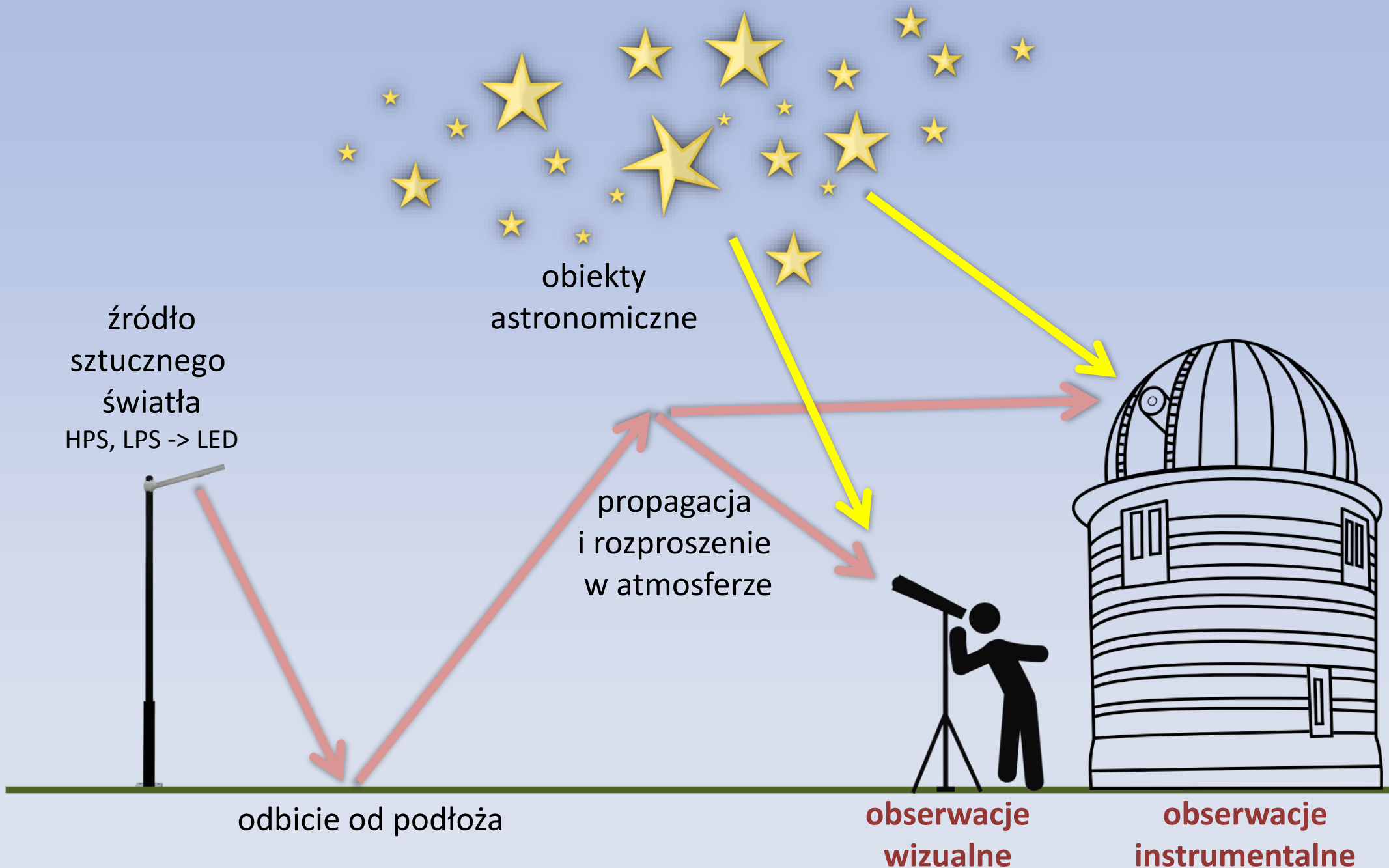


Mapa sztucznej jasności nieba w filtrze V.

(A) stan obecny, **(B)** przewidywany stan po całkowitym przejściu na LED 4000K (strumień świetlny bez zmian)

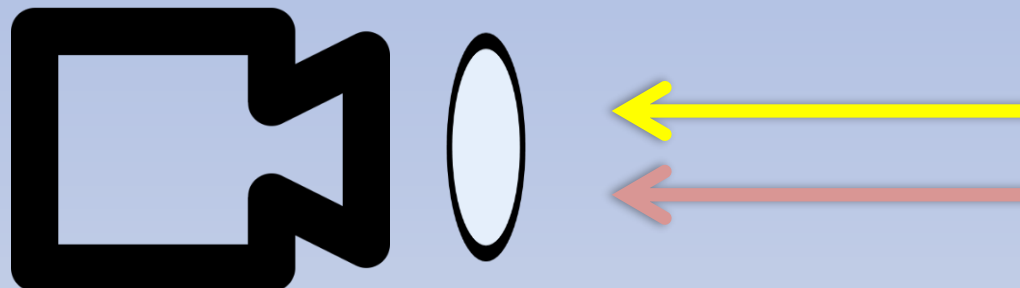
źródło: Falchi i in. 2016

Wpływ oświetlenia sztucznego – rozważany model



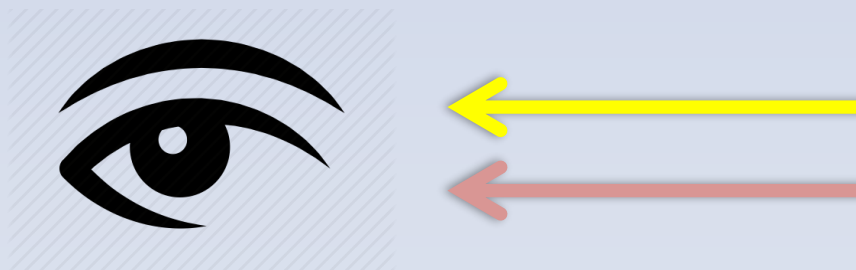
Obserwacje astronomiczne profesjonalne i amatorskie

obserwacje instrumentalne (astronomia profesjonalna)



układ: kamera cyfrowa CCD + filtry + teleskop

obserwacje wizualne (astronomia amatorska)



układ: oko (widzenie nocne) + teleskop (opcjonalnie)

SkyGlow Ratio (SGR)

Wizualny SGR – obserwacje wizualne (oko, widzenie nocne):

$$vSGR = \frac{\int_{380}^{780} S(\lambda)_{lamp} r(\lambda) V'(\lambda) p\lambda^{-a} d\lambda}{\int_{380}^{780} S(\lambda)_{LPS} r(\lambda) V'(\lambda) p\lambda^{-a} d\lambda}$$

Instrumentalny SGR – obserwacje instrumentalne (różne filtry astronomiczne):

$$iSGR = \frac{\int_{300}^{1000} S(\lambda)_{lamp} r(\lambda) c(\lambda) f(\lambda) p\lambda^{-a} d\lambda}{\int_{300}^{1000} S(\lambda)_{LPS} r(\lambda) c(\lambda) f(\lambda) p\lambda^{-a} d\lambda}$$

$S(\lambda)_{lamp}$ – unormowany rozkład widmowy źródła światła

$S(\lambda)_{LPS}$ – rozkład widmowy lampy sodowej niskoprężnej

$V'(\lambda)$ – krzywa czułości ludzkiego oka przystosowanego do ciemności (CIE 1951)

$f(\lambda)$ – krzywa przepuszczalności wybranego filtra astronomicznego

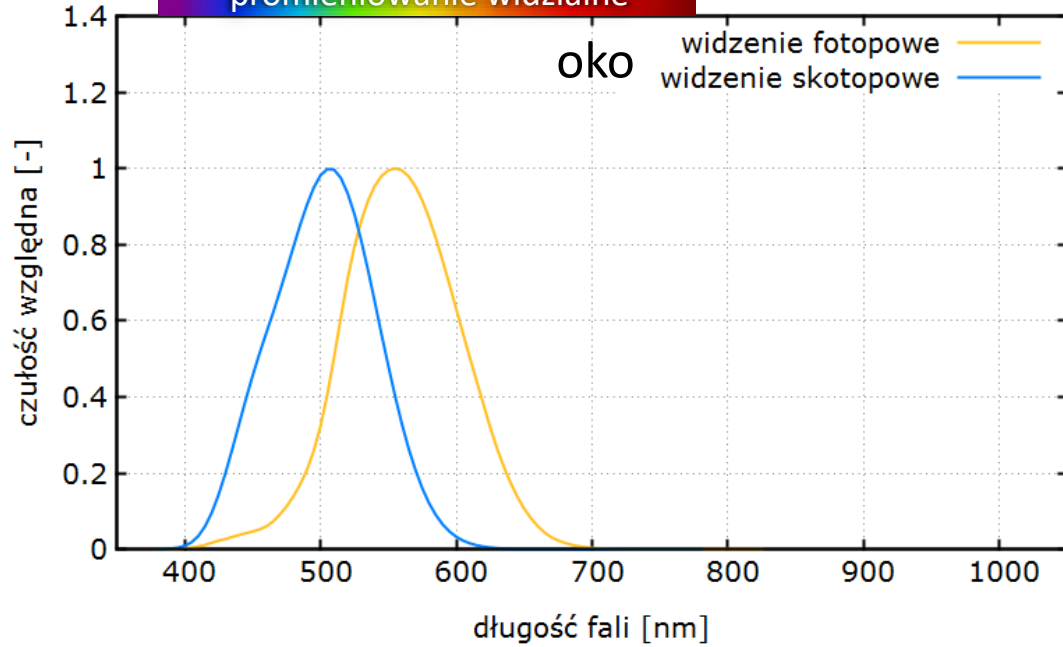
$c(\lambda)$ – czułość kamery

$r(\lambda)$ – widmowy współczynnik odbicia podłoża (otoczenie mieszane: asfalt, bruk, trawa)

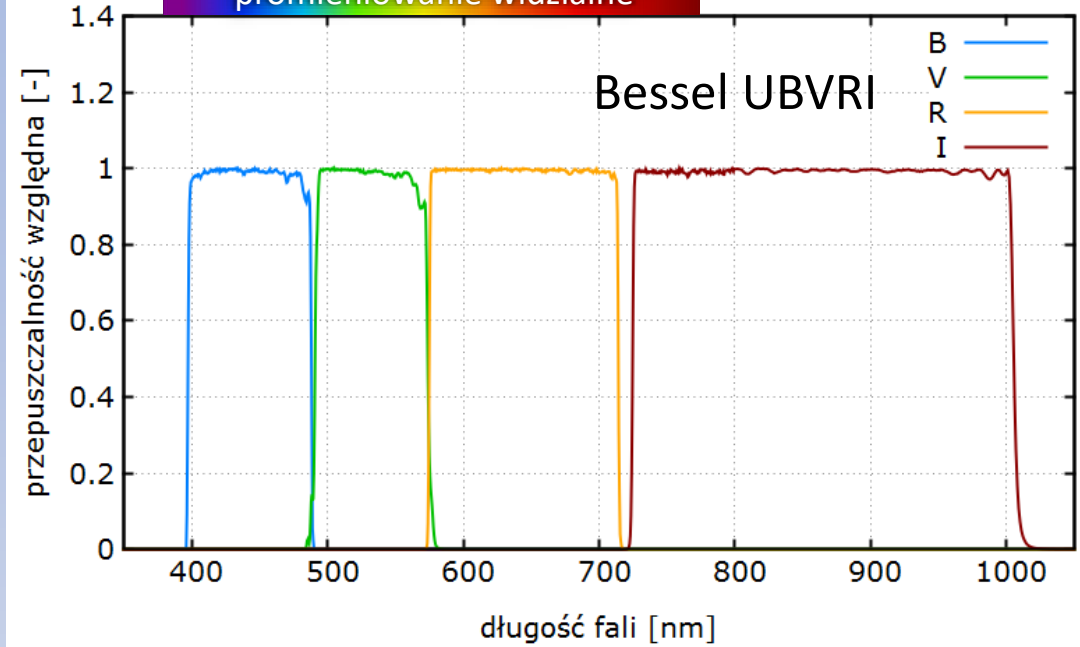
$p\lambda^{-a}$ – rozpraszanie atmosferyczne

Okno, systemy fotometryczne, sztuczne źródła światła

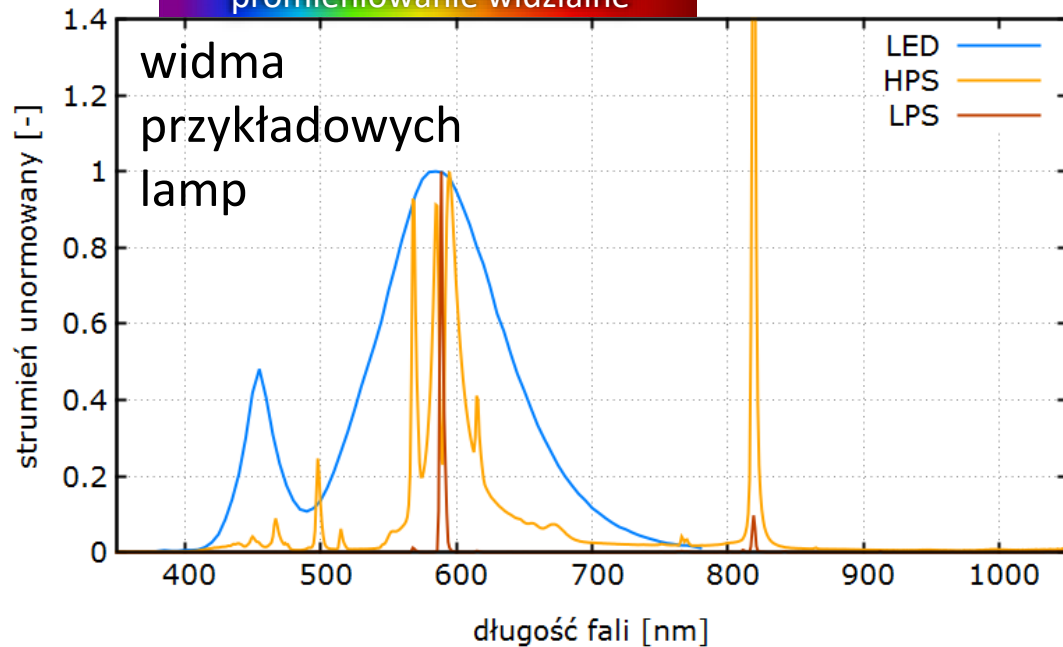
promieniowanie widzialne



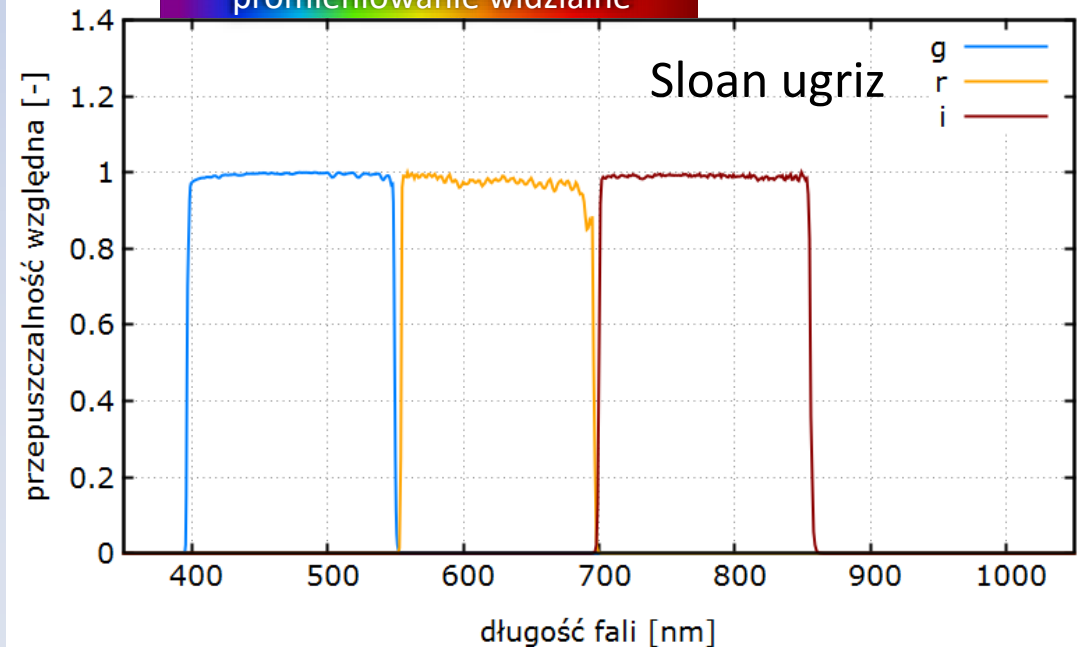
promieniowanie widzialne



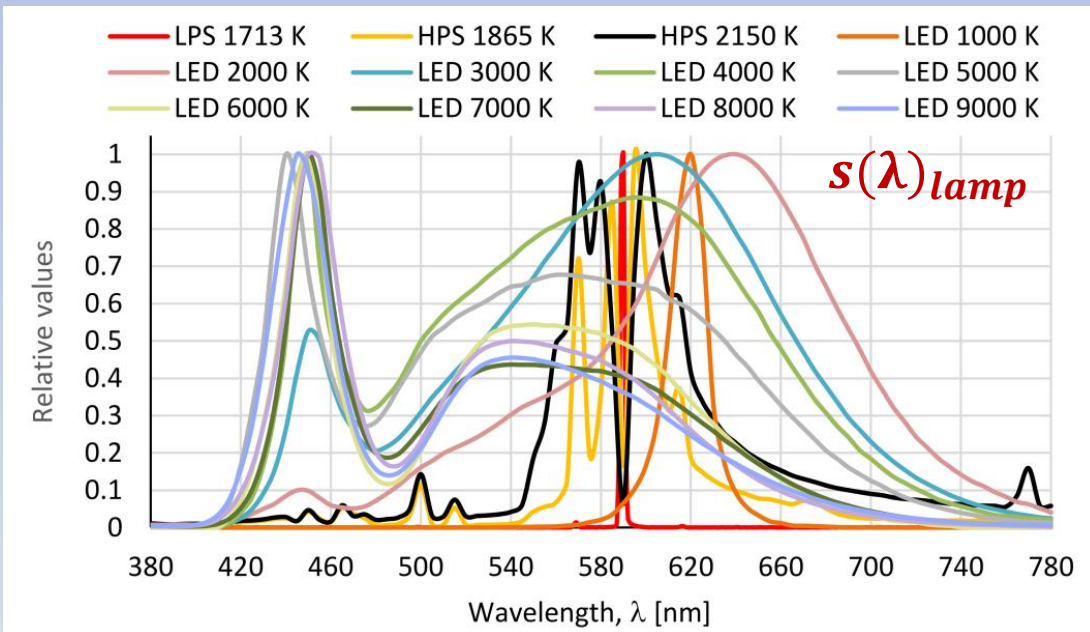
promieniowanie widzialne



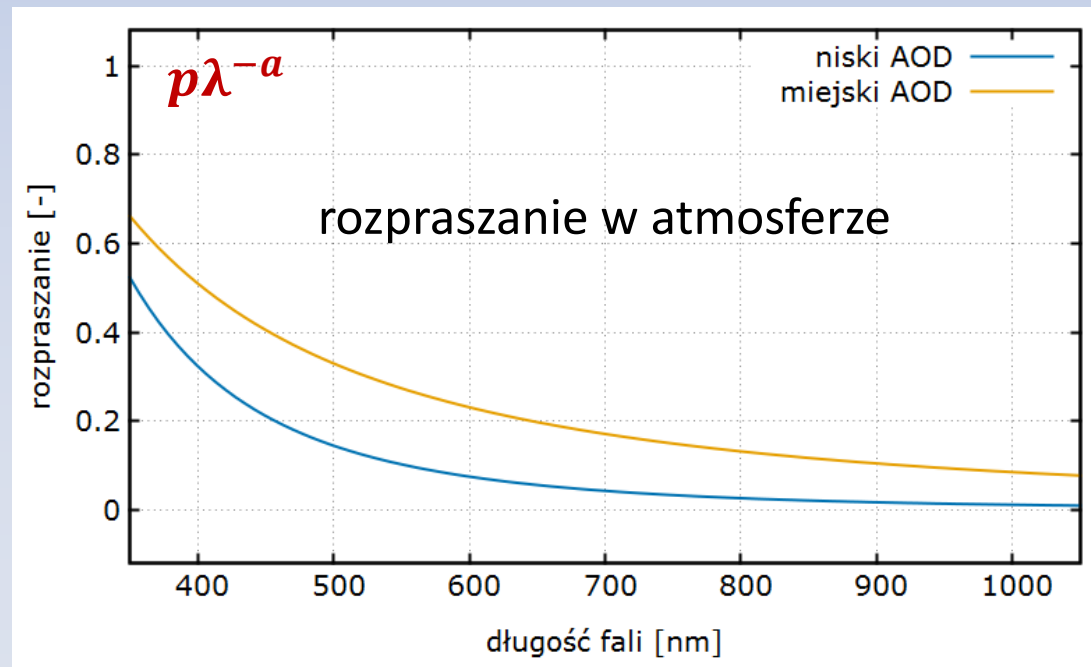
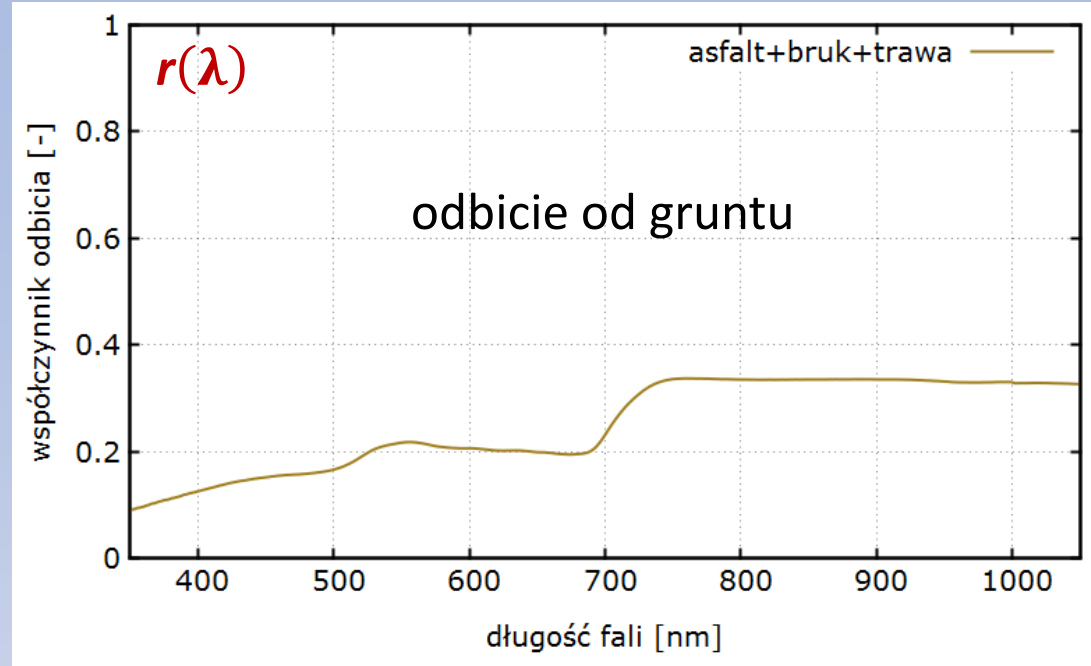
promieniowanie widzialne



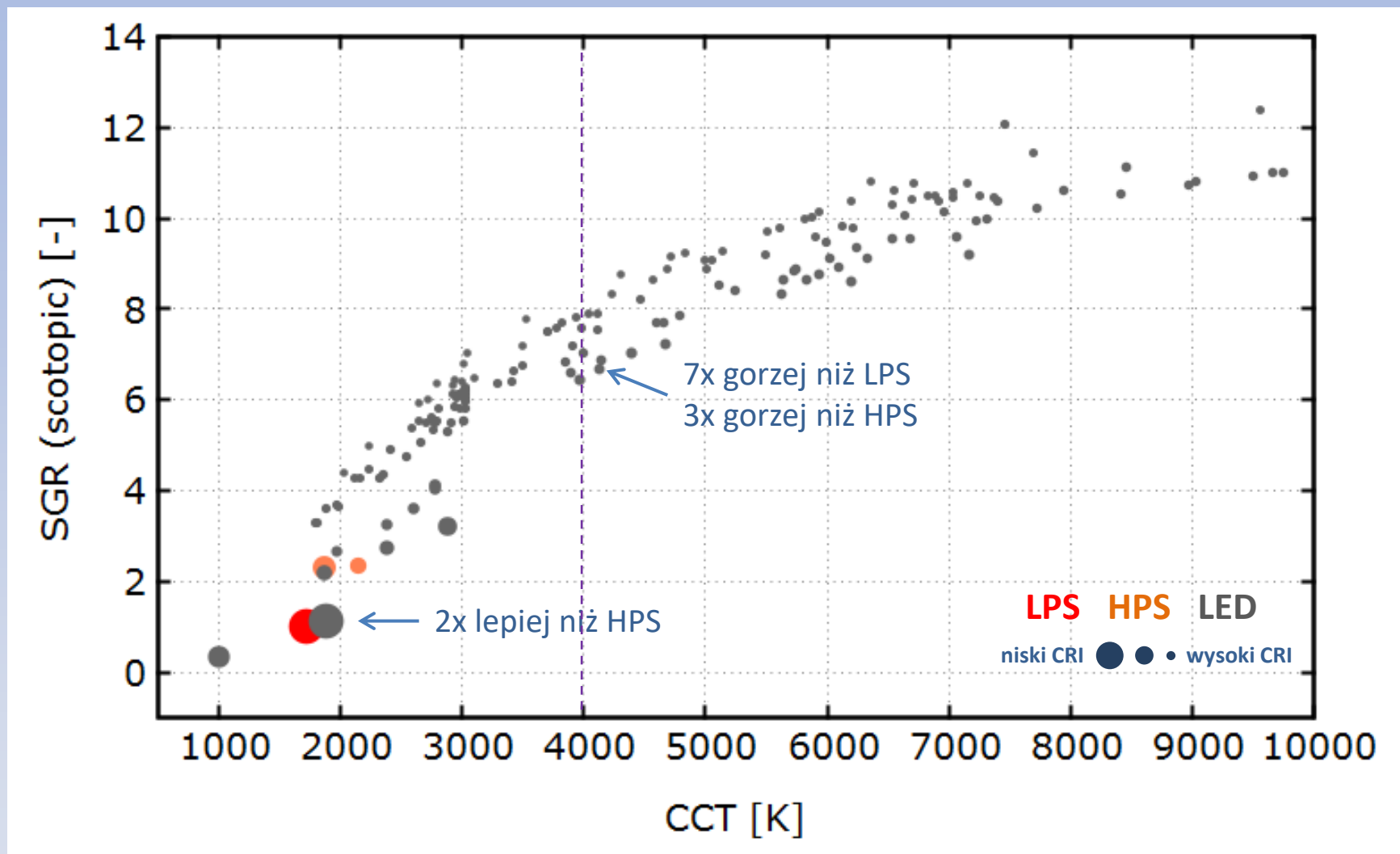
Sztuczne źródła światła, odbicie, rozpraszanie



3 lampy sodowe (LPS, HPS)
156 źródeł LED (14 badanych w różnych temp.)



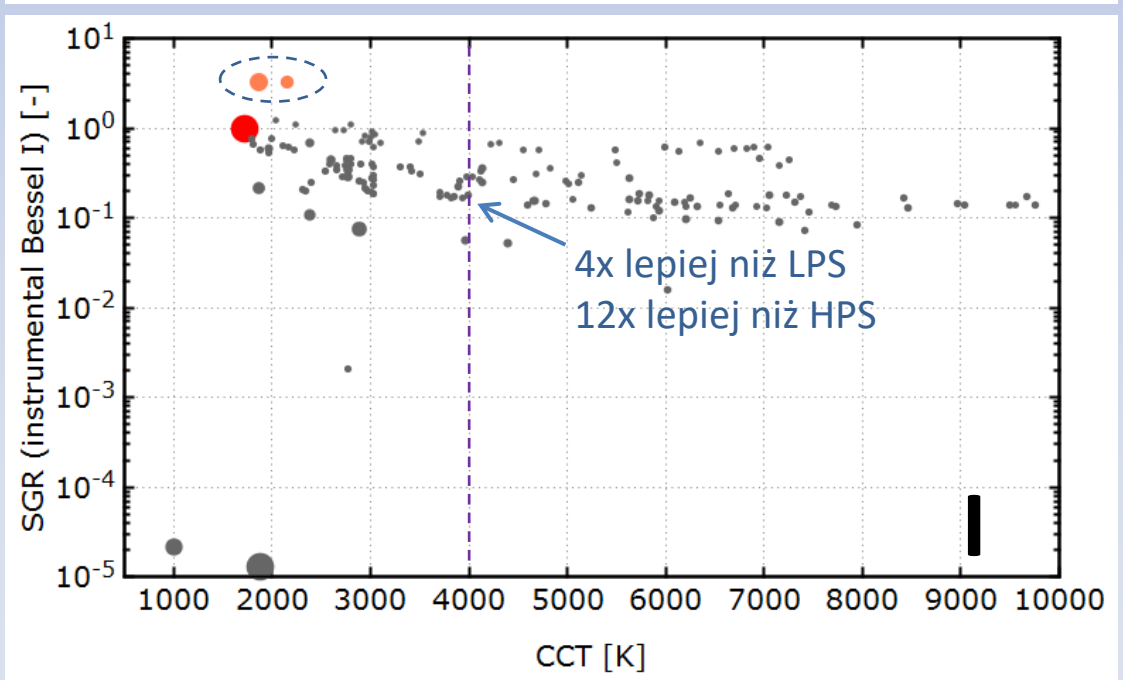
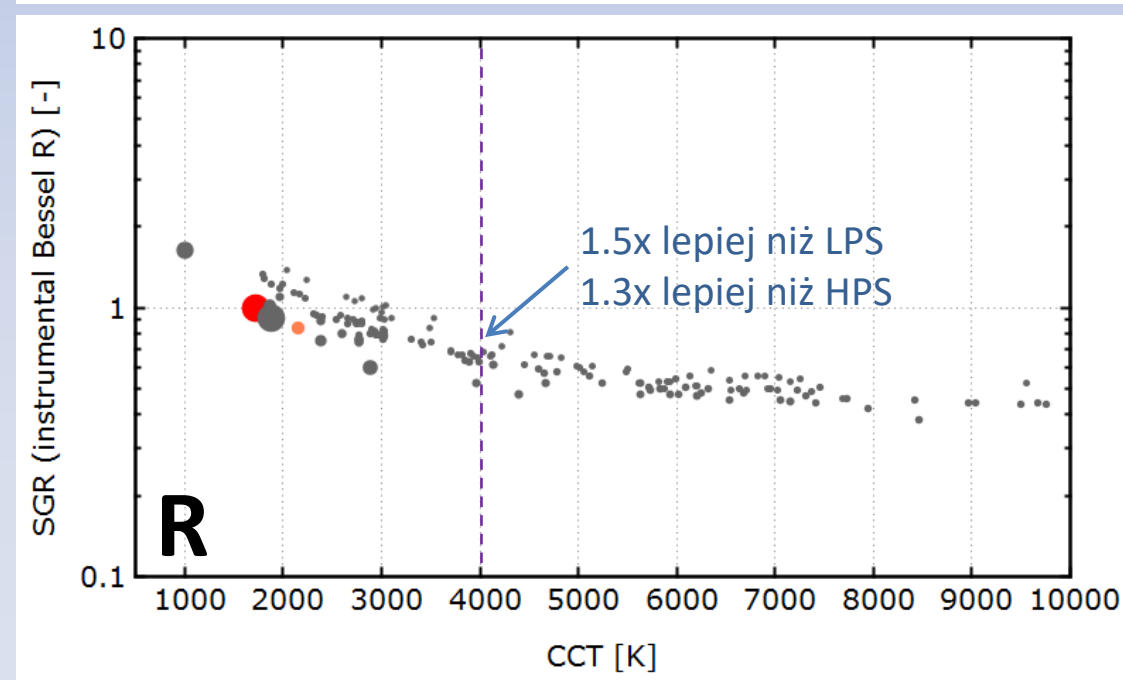
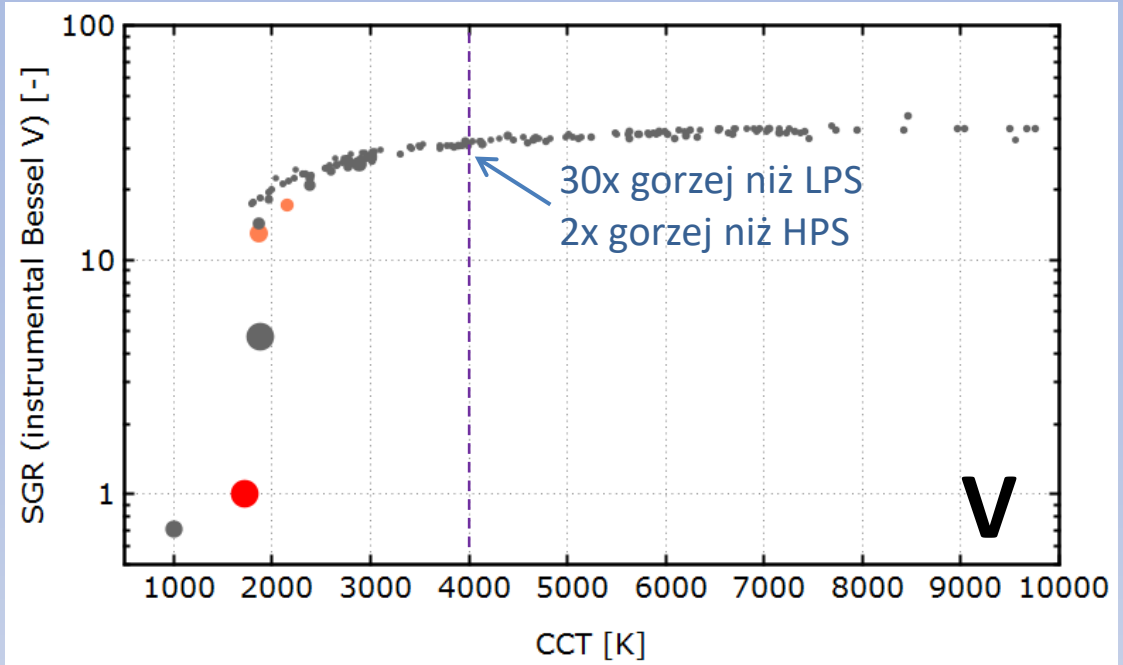
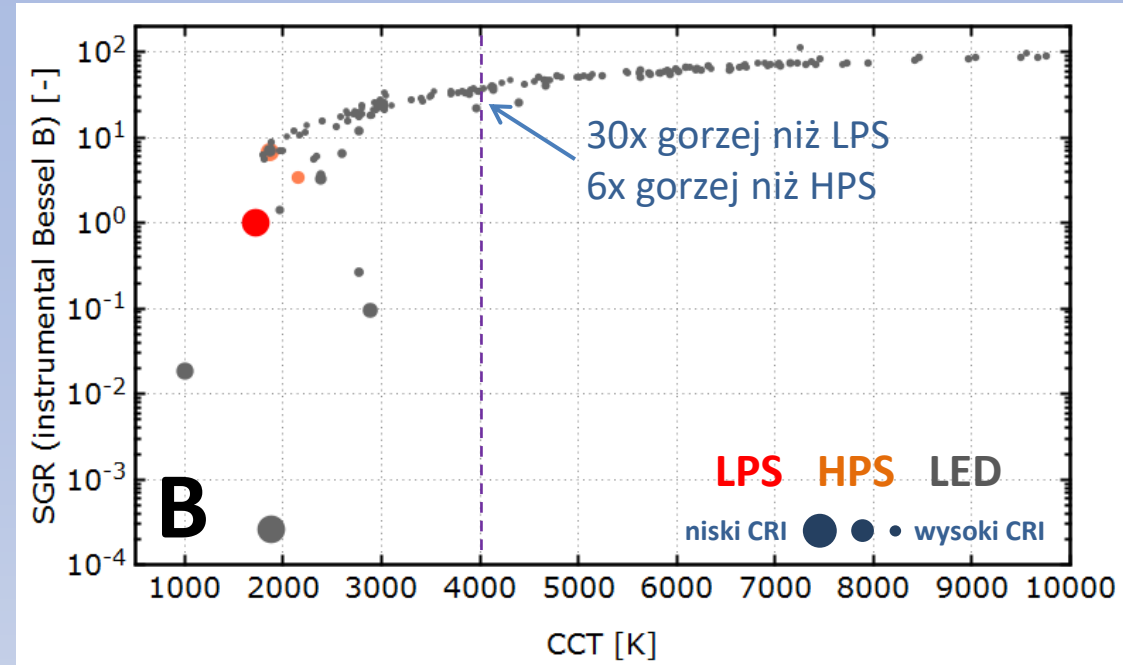
Wyniki – obserwacje wizualne



LED o niskich CCT i CRI mogą być podobnie lub mniej zakłócające dla obserwacji wizualnych w porównaniu do LPS i HPS

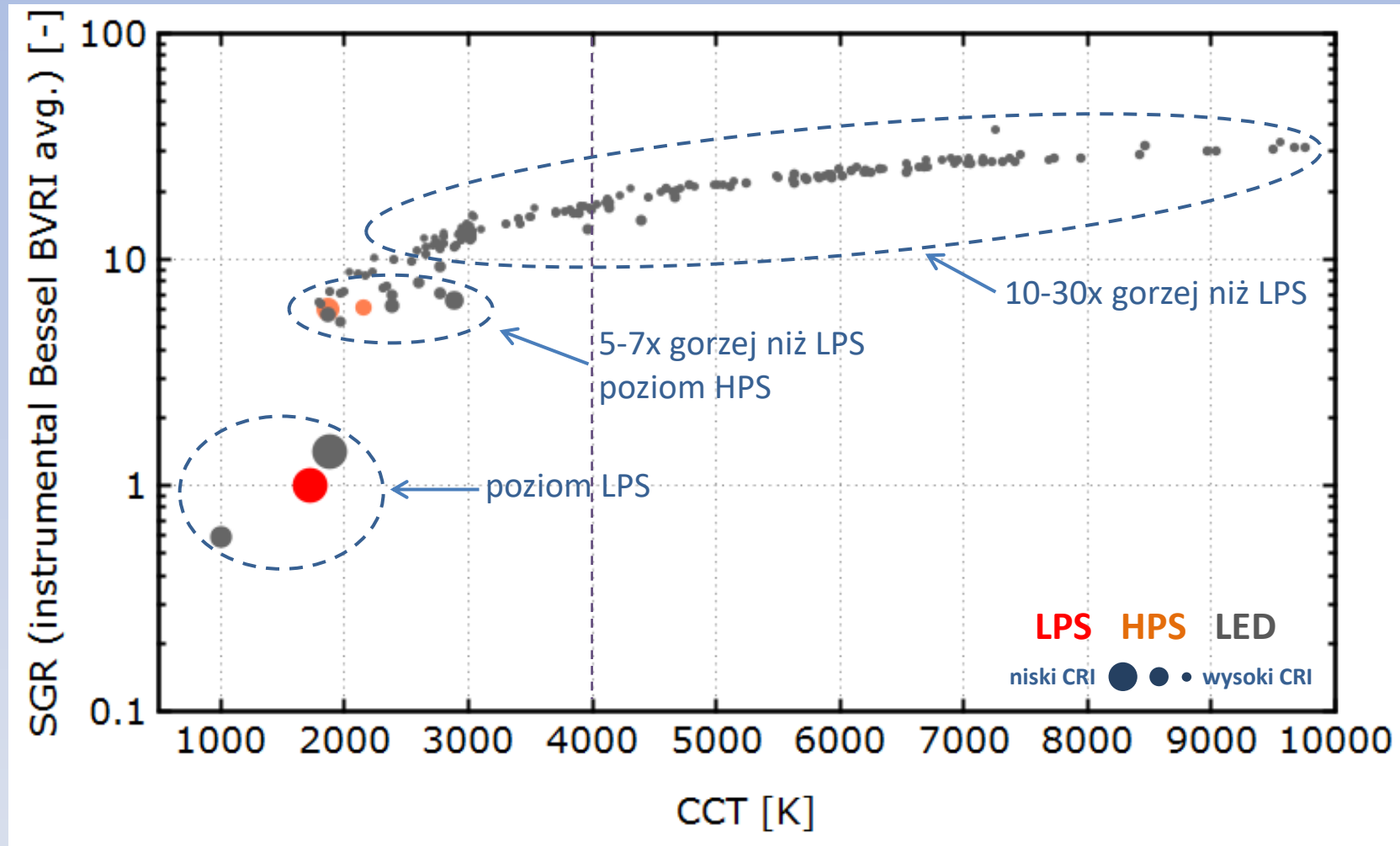
CCT – temperatura barwowa, CRI – współczynnik oddawania barw

Wyniki – obserwacje instrumentalne (Bessel B, V, R, I)



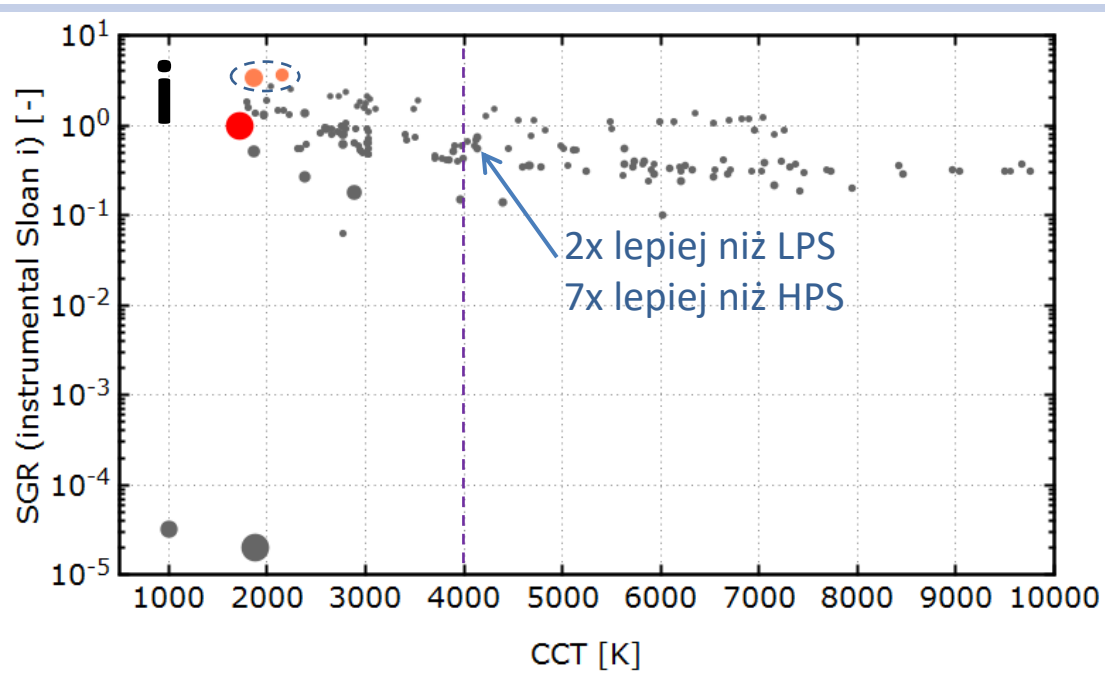
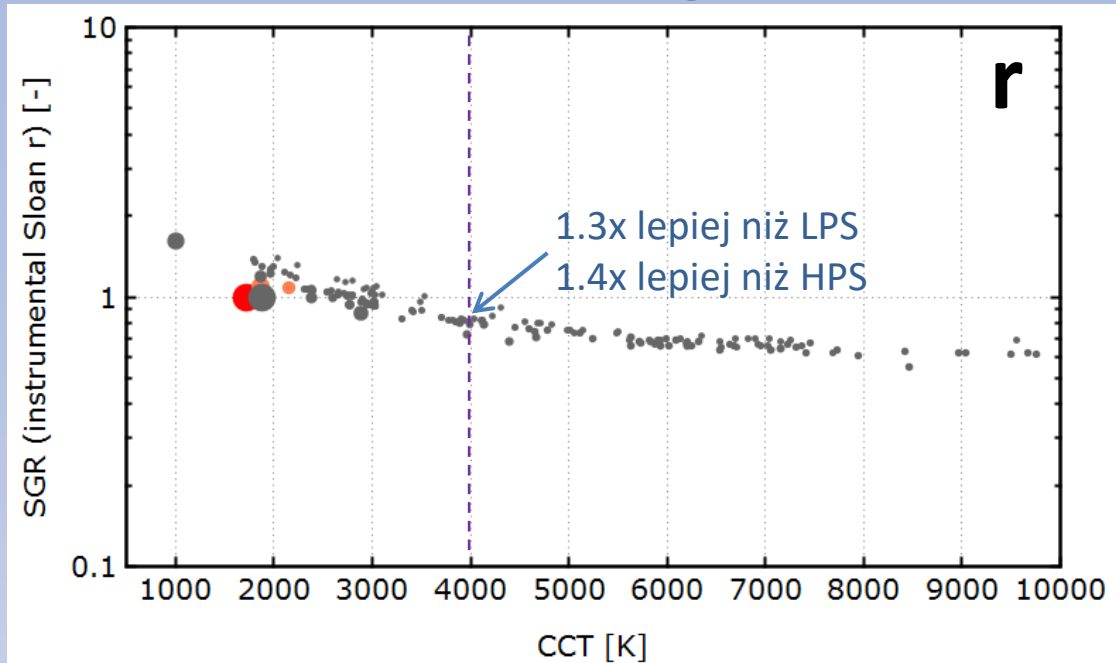
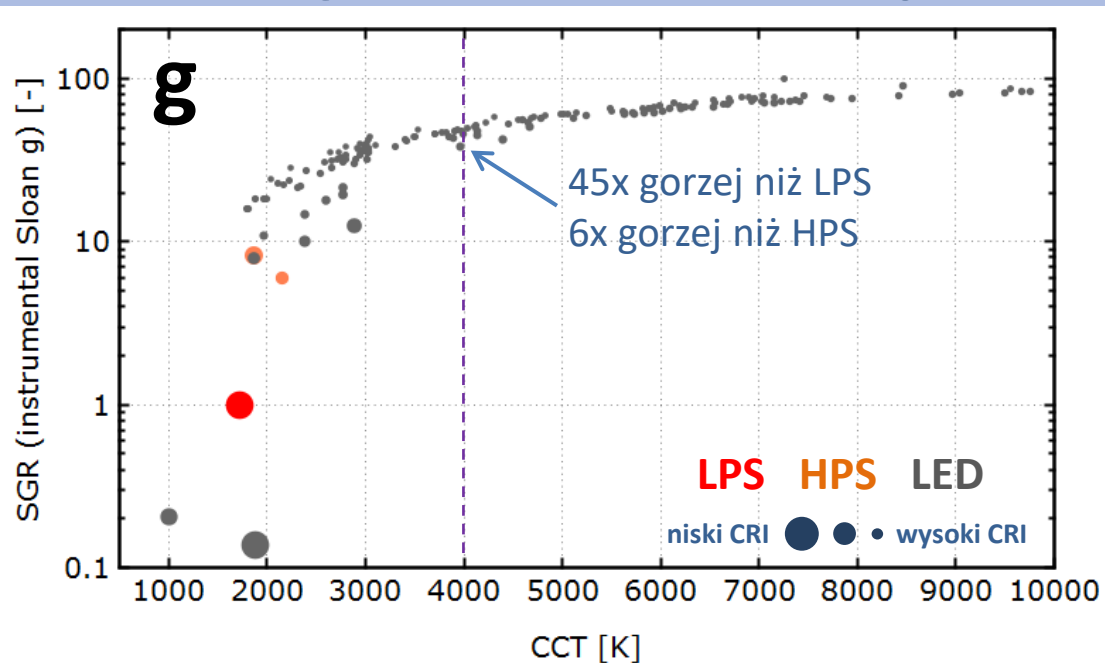
LED o niskich CCT i CRI mogą być najlepszym kompromisem dla systemu wielobarwnego

Wyniki – obserwacje instrumentalne (Bessel B, V, R, I)



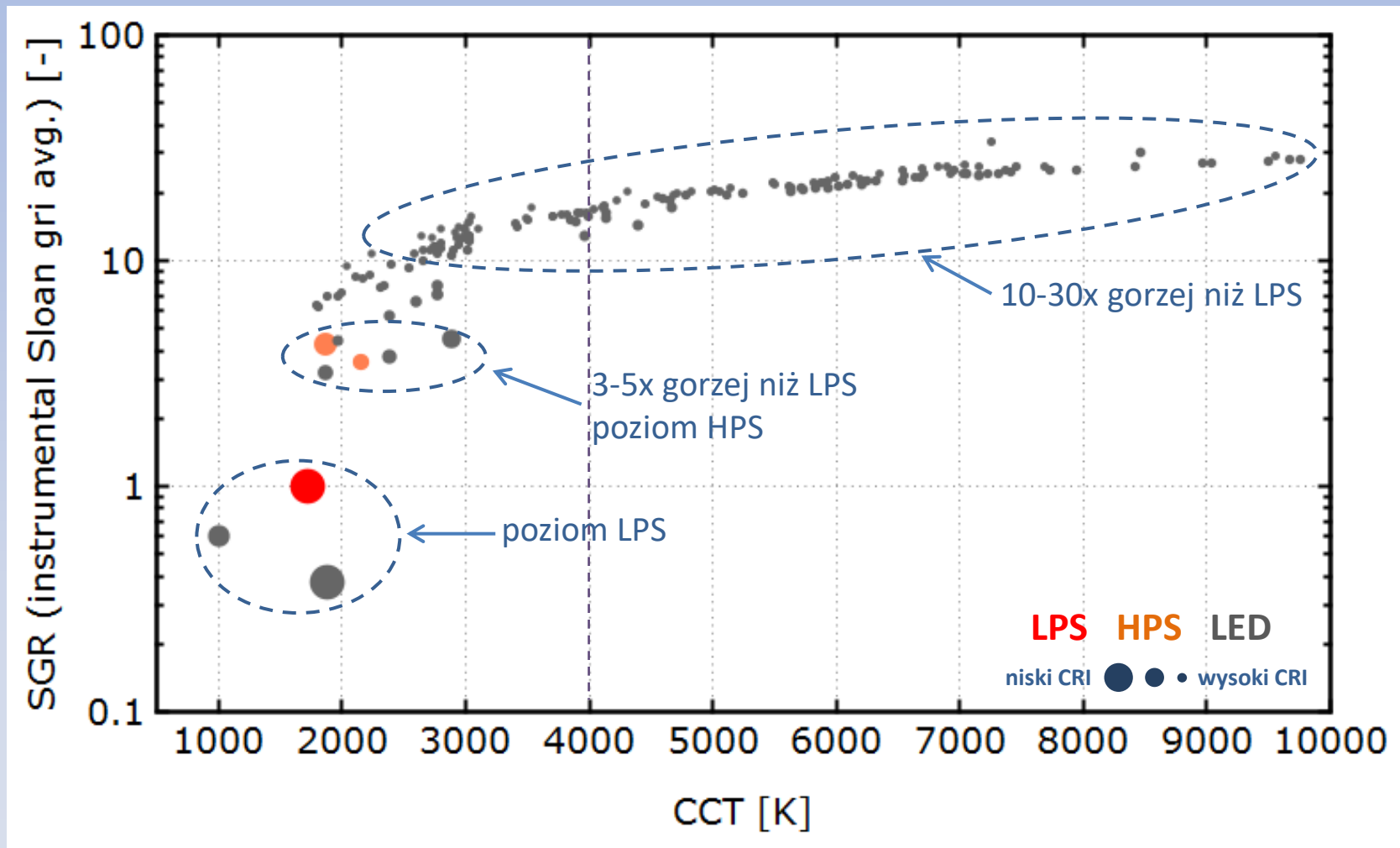
LED o niskich CCT i CRI mogą być najlepszym kompromisem dla systemu wielobarwnego

Wyniki – obserwacje instrumentalne (Sloan g, r, i)



LED o niskich CCT i CRI mogą być najlepszym kompromisem dla systemu wielobarwnego

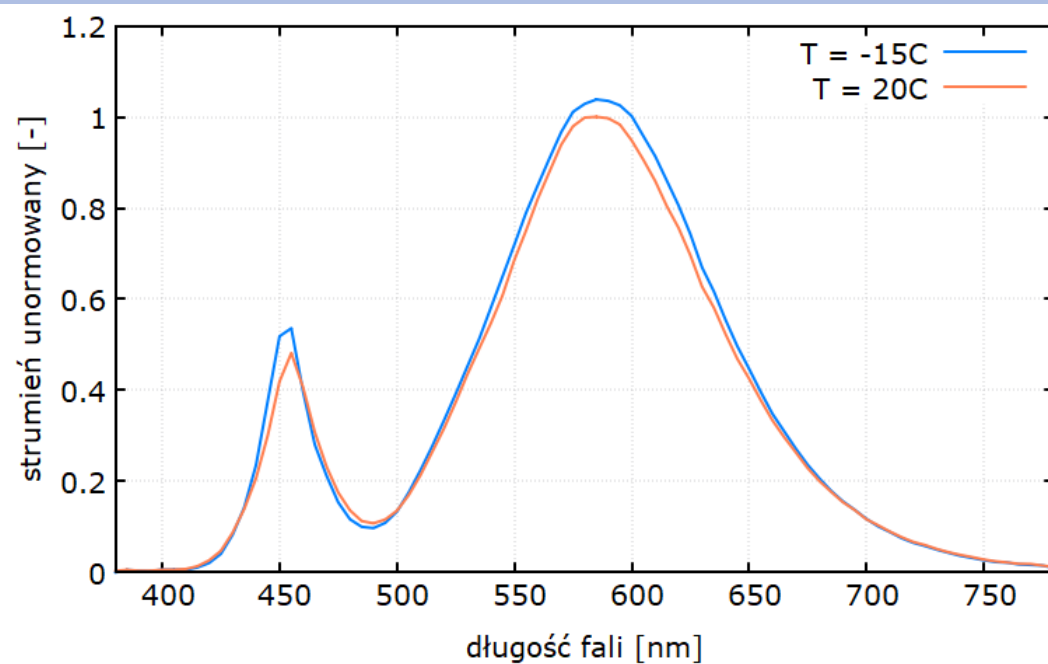
Wyniki – obserwacje instrumentalne (Sloan g, r, i)



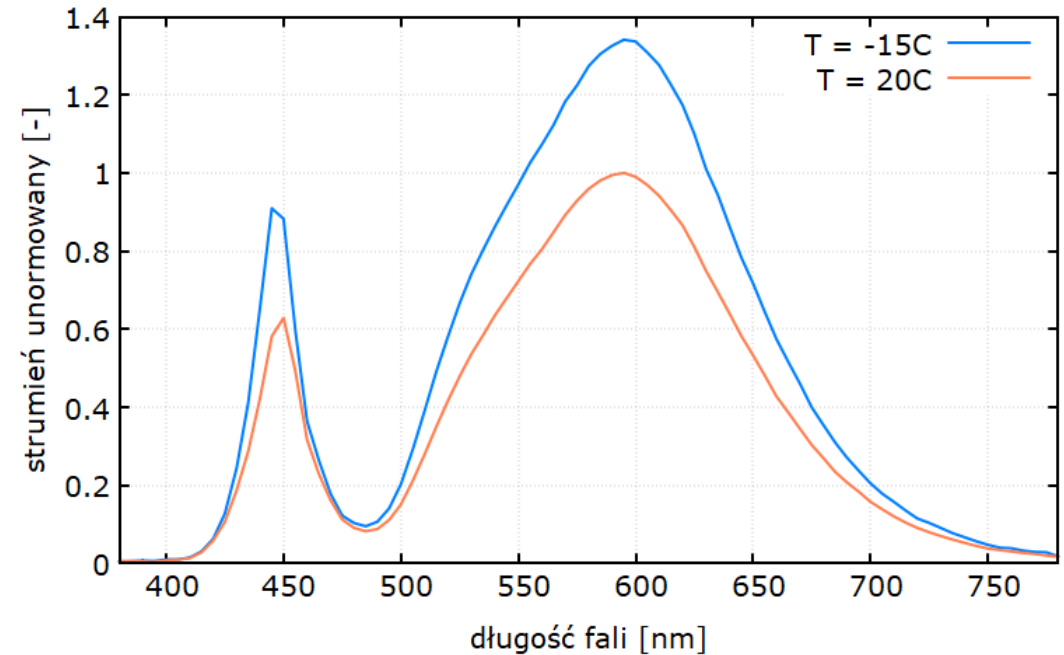
LED o niskich CCT i CRI mogą być najlepszym kompromisem dla systemu wielobarwnego

Wpływ warunków zewnętrznych – temperatura zewn. i widmo

Dla LED – badania w komorze klimatycznej wpływu T zewn. na kształt widma i strumień



LED: CCT=3076, CRI=64



LED: CCT=3092, CRI=72

- Spadek temperatury otoczenia (zima) może spowodować znaczący wzrost strumienia źródeł LED, a przez to zwiększone rozjaśnienie nieba.
- Zjawisko to może być dodatkowo nasilone wskutek zwiększenia rozpraszania (zwiększony poziom pyłów zawieszonych zimą) oraz zwiększenia albedo gruntu (pokrywa śnieżna).
- Rozwiązanie: inteligentne systemy sterowania oświetleniem.

Podsumowanie, wnioski

- Wyznaczono SGR dla wielu źródeł w przypadku obserwacji wizualnych (widzenie nocne) i instrumentalnych (Bessel UBVRI, Sloan ugriz).
- SGR pozwala na łatwe oszacowanie negatywnego wpływu danego źródła LED na obserwacje astronomiczne w odniesieniu do lamp sodowych.
- Możliwe jest uwzględnienie wpływu warunków zewnętrznych (pyły, temperatura, podłoże).
- SGR nie pozwala jednak na pełne oszacowanie wpływu infrastruktury oświetleniowej na stan nieba nocnego.
- Analiza zachowania SCD umożliwia wybór bardziej przyjaznych sztucznych źródeł światła w strefach otaczających obserwatoria astronomiczne.
- Dla obserwacji wizualnych najbardziej przyjazne oświetlenie LED ma niskie wartości CCT i CRI.
- Dla obserwacji instrumentalnych nie ma jednego najlepszego źródła LED dla wszystkich filtrów w danym systemie. Średnio najlepiej wypadają jednak LED o niskich CCT i CRI.
- Często stosowane LED o CCT = 4000 K nie są idealnym astronomicznie rozwiązaniem.
- Dalsza redukcja wpływu LED na obserwacje astronomiczne możliwa jest przez inteligentne sterowanie oświetleniem (warunki zewnętrzne, natężenie ruchu, starzenie się źródeł).

