



Koncepcja elementów astronomicznych do realizacji w ramach budowy Centrum Edukacji Ekologicznej Natura 2000 „Izerska Łąka w Świeradowie –Zdroju”

T.Mrozek^{1,2}, S. Kołomański¹

¹Instytut Astronomiczny, Uniwersytet Wrocławski

²Zakład Fizyki Słońca, Centrum Badań Kosmicznych PAN



Spis treści

1. Gwieździste niebo.....	2
1.1 Fragment sufitu z zainstalowanymi końcówkami światłowodów o różnych średnicach, które będą pozwalały zaprezentować różnice jasności gwiazd.	3
1.2 Listwa z diodami LED służącymi do symulacji zaświecenia nocnego nieba światłami cywilizacyjnymi.....	13
1.3 Panel sterujący, pozwalający realizować różne scenariusze pokazów pod Gwieździstym niebem.	14
2. Wytyczne dla oświetlenia zewnętrznego	15
2.1 Zanieczyszczenie światłem.....	15
2.2 Świadomość społeczna istnienia zanieczyszczenia światłem i rola CEE NATURA 2000 „Izerska Łąka” w Świeradowie-Zdroju.....	16
2.3 Oświetlenie zewnętrzne CEE NATURA 2000 „Izerska Łąka” w Świeradowie-Zdroju.....	16
2.3.1 Oprawy oświetleniowe i sposób ich montażu.....	17
2.3.2 Wybór typu źródła światła.....	17
2.3.3 Regulacja natężenia oświetlenia.....	18
2.3.4 Dalsze uwagi.....	18
3. Zakończenie.....	19

Zgodnie z informacjami zawartymi w Programie Funkcjonalno-Użytkowym, sporządzonym dla Centrum Edukacji Ekologicznej Natura 2000 „Izerska Łąka w Świeradowie – Zdroju” (dalej w skrócie: CEE), proponujemy w ramach planowanej budowy zrealizować następujące elementy związane z edukacją astronomiczną i ekologiczną:

1. Gwieździste niebo – podwieszany sufit wypełniony końcówkami światłowodów, które utworzą fragment nieba widocznego w wybranej porze roku.
2. Wytyczne dla oświetlenia zewnętrznego zgodnego z ideą ochrony nocnej ciemności.

1. Gwieździste niebo.

W zamierzeniu instalacja ma służyć poznaniu gwiazdozbiorów oraz zapoznania z problemem zanieczyszczenia światłem. Powinna umożliwić pracę grup zorganizowanych pod opieką nauczyciela, ale także indywidualne zajęcia pod nadzorem osoby odpowiedzialnej za pomieszczenie. Elementy składowe:

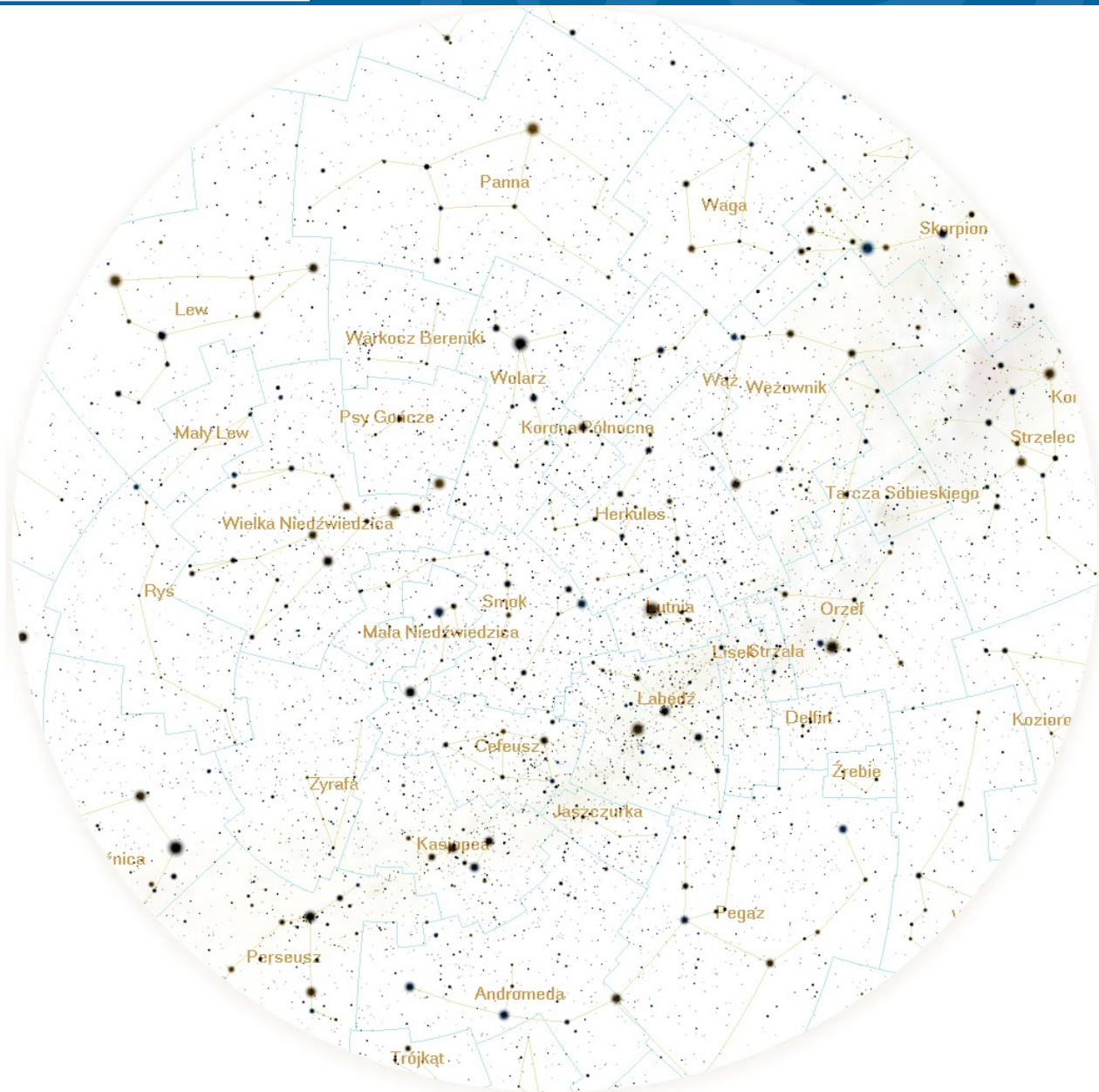


- plafon mapa nieba
- listwa z diodami LED
- panel sterujący

1.1 Fragment sufitu z zainstalowanymi końcówkami światłowodów o różnych średnicach, które będą pozwalały zaprezentować różnice jasności gwiazd.

Fragment nieba proponowany do wizualizacji (Rysunek 1) będzie prezentował widok nieba w Górach Izerskich, w dniu 22 czerwca (przesilenie letnie), o godzinie 00:00 (północ).

Mapa będzie zrealizowana w podwieszonym suficie, a gwiazdy będą reprezentowane przez końcówki światłowodów o różnych średnicach, co pomoże symulować rzeczywisty rozkład jasności gwiazd na niebie. Podstawowe parametry i funkcje mapy:



Rysunek . Fragment nieba do wizualizacji w ramach Gwiazdzistego Nieba.

- średnica od 5 m do 10 m, optymalnie 8 m,
- realizacja w podwieszonym suficie – mapa jest wklęsłym elementem tego sufitu,
- odległość pomiędzy stropem a podwieszonym sufitem w zakresie 12-15 cm,
- liczba punktów świetlnych od 1800 do 2200,
- średnice końcówek światłowodów: 0.25 mm, 0.5 mm, 0.75 mm, 1 mm,
- opcjonalnie mapa może być uzupełniona o monochromatyczny fresk przedstawiający gwiazdozbiory w postaci rysunków zaczerpniętych z atlasu Jana Heweliusza,
- mapa jest pomalowana na czarno,



- fragment zawierający Drogę Mleczną jest nieco jaśniejszy lub przedstawiony za pomocą farby zawierającej drobne elementy odbijające światło (np. brokat), ten efekt ma być bardzo delikatny, nie może zdominować wyglądu mapy,
- jasność gwiazdozbiorów jest kontrolowana (pojedynczo jak i wszystkie razem).

Mapa jest zorientowana zgodnie z kierunkami świata w miejscu posadowienia budynku CEE. Odpowiednie kierunki zostały zaznaczone na Rysunku 2. Gwiazdy wizualizowane na niej można podzielić na trzy grupy:

- Gwiazdy tworzące rysunek gwiazdozbiorów – ich położenia muszą być wyznaczone dokładnie, a ich rozmieszczenie na plafonie może różnić się maksymalnie o 1% od położenia określonego w załączonym pliku (projekt mapy o rozmiarze 118.9 cm x 118.9 cm, załącznik_1.pdf). Gwiazdy należące do gwiazdozbiorów są połączone czerwonymi liniami lub zakreślone czerwonymi kołami (patrz załącznik_1.pdf)
- Pozostałe gwiazdy należące do gwiazdozbiorów – w każdym gwiazdozborze pojawia się grupa gwiazd wyraźnie widocznych okiem nieuzbrojonym, które nie są wykorzystywane do utworzenia rysunku gwiazdozbioru. Takie gwiazdy także należy przedstawić za pomocą końcówek światłowodów umieszczonych w określonej lokalizacji, ale w tym wypadku dopuszcza się błąd na poziomie 3% względem mapy zamieszczonej w pliku załącznik_1.pdf. Te gwiazdy są sterowane tak jak kolejna grupa, gwiazdy tła.
- Gwiazdy tła – są to gwiazdy, które nie tworzą rysunku gwiazdozbioru, ale są wystarczająco jasne aby były widoczne gołym okiem na ciemnym niebie. Nie jest potrzebne ich dokładne rozlokowanie na plafonie, a jedynie dbałość o zachowanie gęstości powierzchniowej, która jest większa w pasie Drogi Mlecznej, a mniejsza poza nim. Gęstość powierzchniowa poszczególnych fragmentów nieba zostanie uściślona w momencie wyboru rozmiaru docelowej mapy.

Kompletna lista gwiazdozbiorów obejmuje 36 pozycji. Poniżej podano ich nazwy polskie i łacińskie oraz skrót nazwy łacińskiej (wszystkie będą wykorzystywane w panelu sterującym i podczas zajęć prowadzonych pod Gwieździstym niebem):

Tabela Lista gwiazdozbiorów użytych w Gwieździstym niebie

l.p.	nazwa polska	nazwa łacińska	skrót nazwy łac.
1	Andromeda	Andromeda	And
2	Cefeusz	Cepheus	Cep
3	Delfin	Delphinus	Del



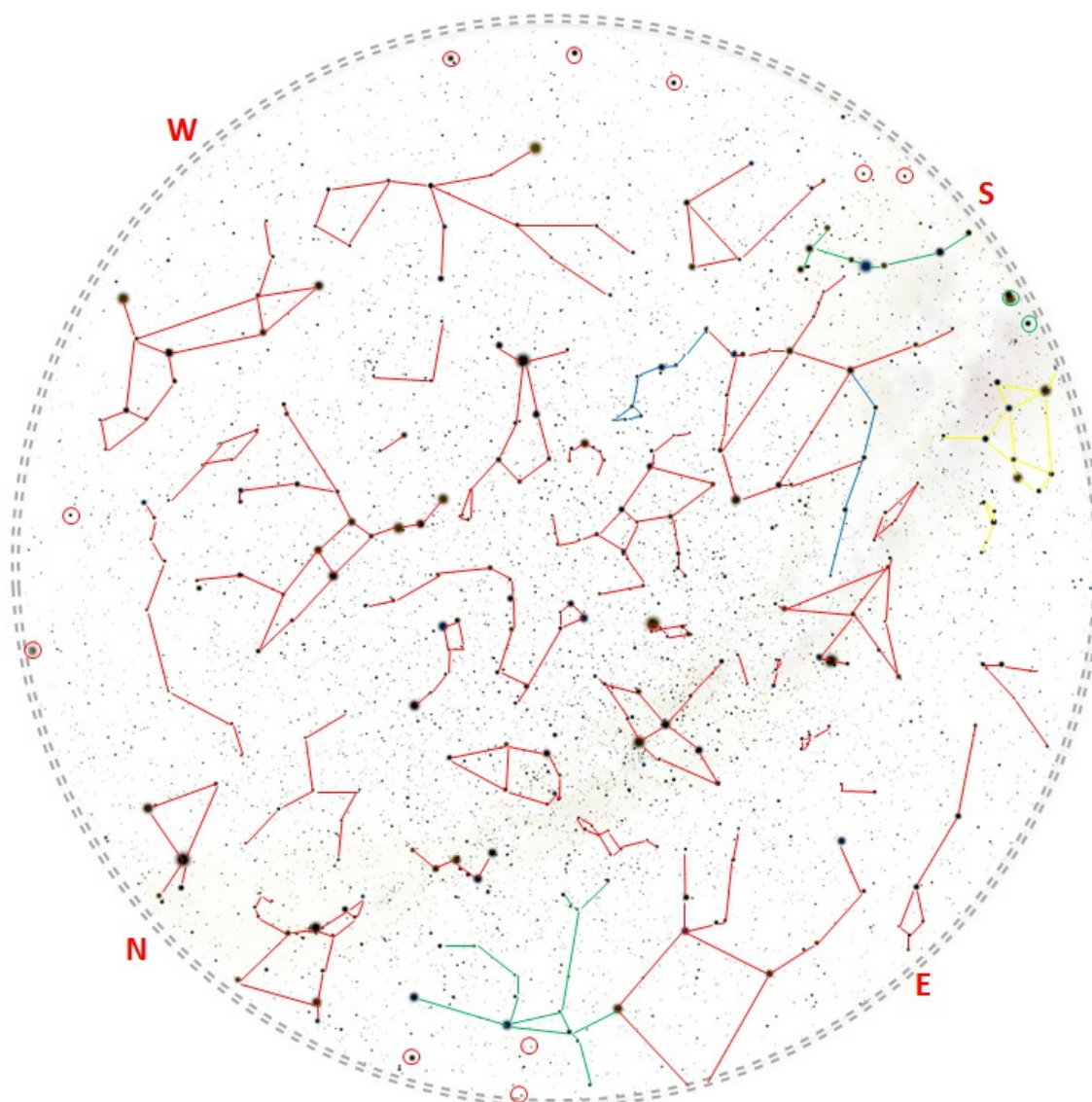
4	Herkules	Hercules	Her
5	Jaszczurka	Lacerta	Lac
6	Kasjopea	Cassiopeia	Cas
7	Korona Północna	Corona Borealis	CrB
8	Koziorożec	Capricornus	Cap
9	Łabędź	Cygnus	Cyg
10	Lew	Leo	Leo
11	Lis	Vulpecula	Vul
12	Lutnia	Lyra	Lyr
13	Mała Niedźwiedzica	Ursa Minor	UMi
14	Mały Lew	Leo Minor	LMi
15	Orzeł	Aquila	Aql
16	Panna	Virgo	Vir
17	Pegaz	Pegasus	Peg
18	Perseusz	Perseus	Per
19	Psy Gończe	Canes Venatici	CVn
20	Ryś	Lynx	Lyn
21	Skorpion	Scorpius	Sco
22	Smok	Draco	Dra
23	Strzała	Sagitta	Sge
24	Strzelec	Sagittarius	Sgr
25	Tarcza	Scutum	Sct
26	Waga	Libra	Lib
27	Warkocz Bereniki	Coma Berenices	Com
28	Wąż: Głowa	Serpens Caput	Ser
29	Wąż: Ogon	Serpens Cauda	Ser
30	Wężownik	Ophiuchus	Oph
31	Wielka Niedźwiedzica	Ursa Major	UMa
32	Wodnik	Aquarius	Aqr
33	Wolarz	Bootes	Boo
34	Woźnica	Auriga	Aur
35	Żrebię	Equuleus	Equ
36	Żyrafa	Camelopardalis	Cam

Na Rysunku 2 zamieszczona została miniatura kompletnej mapy Gwiazdzonego nieba wraz z liniami łączącymi gwiazdy należące do poszczególnych gwiazdozbiorów.



Linie tworzące rysunki gwiazdozbiorów są zgodne z wytycznymi Komisji 3 Międzynarodowej Unii Astronomicznej (IAU) zaproponowanymi przez Eugène Delporte w 1930 r. Przedstawione linie i kółka mają na celu ułatwienie rozpoznania gwiazd należących do gwiazdozbiorów. Układ tych linii nie jest realizowany na docelowej mapie nieba.

Większość gwiazdozbiorów widocznych na rysunku 2 jest oznaczonych czerwonymi liniami, co oznacza, że są wydzielonymi, spójnymi i kompletnymi rysunkami, które wyznaczone są gwiazdami przeznaczonymi do wizualizacji. Oprócz tego na mapie można zauważyć obszary wyznaczone innym kolorem, lub kółkami. Szczegóły są podane poniżej:



Rysunek . Gwieździsty sufit z liniami gwiazdozbiorów.



- Kółka – oznaczają pojedyncze gwiazdy należące do gwiazdozbiorów, które w większości są schowane pod horyzontem (niewidoczne). Są sterowane tak jak gwiazdy tła.
- Zielone linie w dolnej części mapy – symbolizują gwiazdozbiór Andromedy, który został oznaczony dla odróżnienia go od gwiazdozbioru Pegaza. Oba gwiazdozbiory łączą się, mają jedną gwiazdę wspólną, ale są traktowane jako rozłączne. Jest to istotne z punktu widzenia włączania i wyłączania tych gwiazdozbiorów – wspólna gwiazda musi być sterowana przez przyciski odpowiadające gwiazdozbiorowi Pegaza i Andromedy.
- Niebieskie linie – podobna sytuacja, jak ta opisana powyżej, odnosi się do gwiazdozbiorów Wężownika oraz Węża. Wąż jest oznaczony niebieskimi liniami i ma wspólne gwiazdy z Wężownikiem. Oprócz tego gwiazdozbiór Węża dzieli się na dwie części: Głowa Węża i Ogon Węża. Obie będą sterowane niezależnie.
- Zielone linie i kółka w górnej części mapy – w tym miejscu widoczny jest fragment gwiazdozbioru Skorpiona. Gwiazdy zaznaczone zielonymi kółkami także należą do niego, ale łączą się z gwiazdami, które na wizualizowanej mapie są schowane pod horyzontem.
- żółte linie – przedstawiają gwiazdozbiór Strzelca, składający się z dwóch części, które nie łączą się w jeden rysunek, ale są jednym gwiazdozbiorem. Obie części będą sterowane jednocześnie jak jeden gwiazdozbiór.

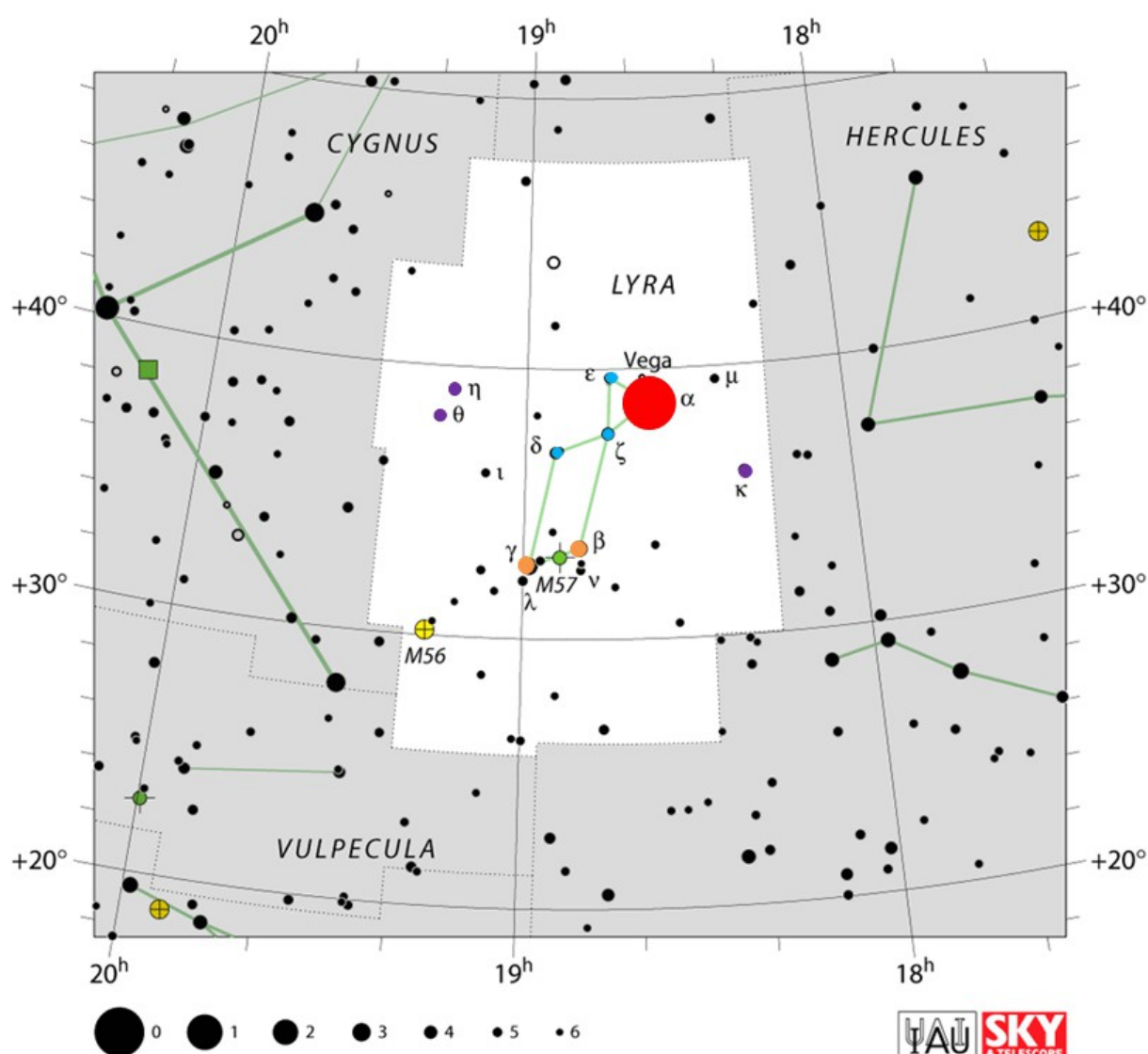
W Załączniku 2 (plik załącznik_2.pdf) zawarte zostały szczegółowe mapy wszystkich gwiazdozbiorów użytych do wizualizacji. Poszczególne strony mają rozmiary 118.9x118.9 cm i nadają się do wydruków wielkoformatowych, co ułatwi przenoszenie poszczególnych gwiazdozbiorów na mapę. Gwiazdy połączone liniami i oznaczone kółkami na Rysunku 2 muszą zostać przeniesione na mapę, a ich jasności będą odzwierciedlone średnicami światłowodów mocowanych w punktach odpowiadających ich położeniu. Linie i kółka nie będą wizualizowane na mapie. Schemat doboru średnic światłowodów jest następujący:

- gwiazdy jaśniejsze od 1.5 magnitudo¹ – światłowod 1 mm
- od 1.5 do 3.5 magnitudo – 0.75 mm
- gwiazdy słabsze niż 3.5 magnitudo, ale należące do rysunku gwiazdozbioru (na Rysunku 2. są połączone liniami lub oznaczone kółkami) – 0.5 mm
- gwiazdy słabsze niż 3.5 magnitudo i jaśniejsze od 5 magnitudo, które nie tworzą rysunku gwiazdozbioru – 0.5 mm
- gwiazdy tła – 0.25 mm

¹ Skala jasności gwiazd jest skalą odwrotną, co oznacza, że im mniejsza liczba tym jaśniejszy obiekt. Np. gwiazda o jasności 3 magnitudo jest słabsza od gwiazdy o jasności 1.5 magnitudo, a ta jest słabsza od gwiazdy o jasności 0 magnitudo.



Mapy zawarte w Załączniku 2 zostały obrócone tak aby w przybliżeniu rysunek gwiazdozbioru zgadzał się z rysunkiem widocznym na kompletnej mapie (Załącznik 1). Na każdej mapie przedstawiona jest skala jasności za pomocą krążków o odpowiedniej średnicy. Należy zwrócić uwagę na to, że średnice krążków nie są zunifikowane dla wszystkich paneli zawartych w Załączniku 2.



Rysunek . Przykład szczegółowej mapy gwiazdozbioru z zaznaczoną skalą jasności i dobranymi do niej średnicami światłowodów, które są reprezentowane za pomocą kół o barwach czerwonej, niebieskiej, fioletowej i pomarańczowej.

Przykład postępowania przy określaniu średnic światłowodów jest pokazany na Rysunku 3. Przedstawia on rysunek gwiazdozbioru Lutni, który składa się z gwiazd o

wyraźnie różnej jasności. Skala jasności (średnice kół) jest zawarta w dolnej części rysunku. Porównując średnice gwiazd połączonych liniami ze skalą określamy, że w tym gwiazdozborze znajduje się jedna gwiazda, która będzie przedstawiona światłowodem o średnicy 1 mm (jasność większa od 1.5 magnitudo). Oznaczono ją czerwonym kółkiem. Dwie gwiazdy mają jasności z przedziału 1.5-3.5 magnitudo i zostały oznaczone kolorem pomarańczowym, a na mapie będą reprezentowane światłowodem o średnicy 0.75 mm. Pozostałe trzy gwiazdy mają jasność mniejszą niż 3.5 magnitudo. Oznaczono je kolorem niebieskim i będą wyróżnione światłowodem o średnicy 0.5 mm.

Oprócz gwiazd połączonych liniami w granicach tego gwiazdozbioru widoczne są trzy gwiazdy, których jasność jest większa od 5 magnitudo. Na Rysunku 3. są przedstawione krążkami w kolorze fioletowym. Te gwiazdy należy odwzorować światłowodami o średnicy 0.5 mm, ale sterowane będą tak jak gwiazdy tła. W ich przypadku dopuszcza się większy błąd w położeniu jednak nie przekraczający 3%. Postępując w ten sposób z wszystkimi gwiazdozbiorami uzyskane zostanie docelowe odwzorowanie nieba widocznego na Świeradowem Zdrojem w dniu przesilenia letniego.

1.2 Listwa z diodami LED służącymi do symulacji zaświecenia nocnego nieba światłami cywilizacyjnymi.

Mapa zostanie wyposażony w dodatkowy element, który będzie miał duże znaczenie edukacyjne. Jest to listwa z diodami LED, która będzie służyła do ilustrowania problemu zanieczyszczenia światłem. Została ona schematycznie przedstawiona na Rysunku 2. za pomocą podwójnej linii przerywanej. Dzięki umieszczeniu mapy w podwieszonym suficie do dyspozycji będzie obrzeże pozwalające zamocować diody LED. Listwa będzie miała następujące cechy:

- gęstość – 60 diod na metr bieżący taśmy lub większa pozwalająca na uzyskanie jednolitej smugi światła,
- barwa światła – zbliżone do lamp sodowych (bardzo ciepły biały do 2500 K, lub monochromatyczny żółty),
- ułożenie – taśmę należy tak umocować lub osłonić aby nie świeciła uczestnikom pokazu prosto w oczy, strumień światła ma być skierowany tylko na mapę,
- sektorowość – taśma jest podzielona na 5 niezależnych części, które mogą być włączane osobno,



- zmienna jasność – taśma (sektory) mają regulowaną indywidualnie jasność w zakresie 0-100 %,
- integracja z jasnością Gwieździstego nieba – przy zwiększaniu jasności taśm LED jest jednocześnie zmniejszana jasność całego nieba aż do wyłączenia gwiazd.

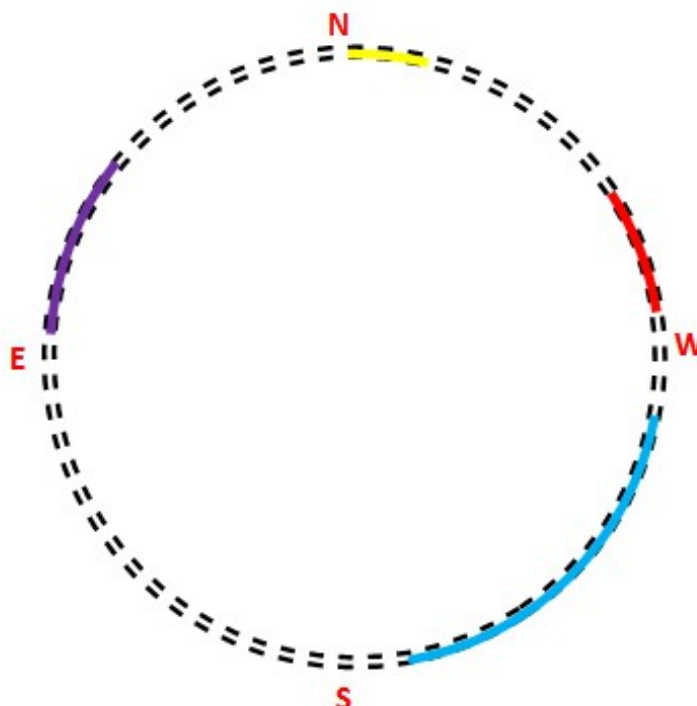
Tryby jasności taśmy LED i gwiazd na mapie pozwalają na zilustrowanie co najmniej pięciu możliwych widoków nieba (naturalnie ciemne, izerskie, w małym mieście, wrocławskie, wielkomiejskie).

Opisane powyżej cechy pozwolą na pełne ilustrowanie problemu zanieczyszczenia światłem i jego wpływu na liczbę widocznych gwiazd. Wspomniana sektorowość w strukturze taśm LED będzie dawała możliwość pokazywania tzw. kopuł świetlnych, które są widoczne na niebie w pewnej odległości od dużych skupisk miejskich. W przypadku Izerskiego Parku Ciemnego Nieba (IPCN) na niebie widoczne są wyraźnie cztery kopuły świetlne, które będą wizualizowane w Gwieździstym niebie. Ich przybliżone położenie jest pokazane na Rysunku 4. Poniżej zamieszczony został kod barwny dla kopuł, miasta odpowiedzialne za nie wraz z odległością od centrum IPCN oraz ich azymut:

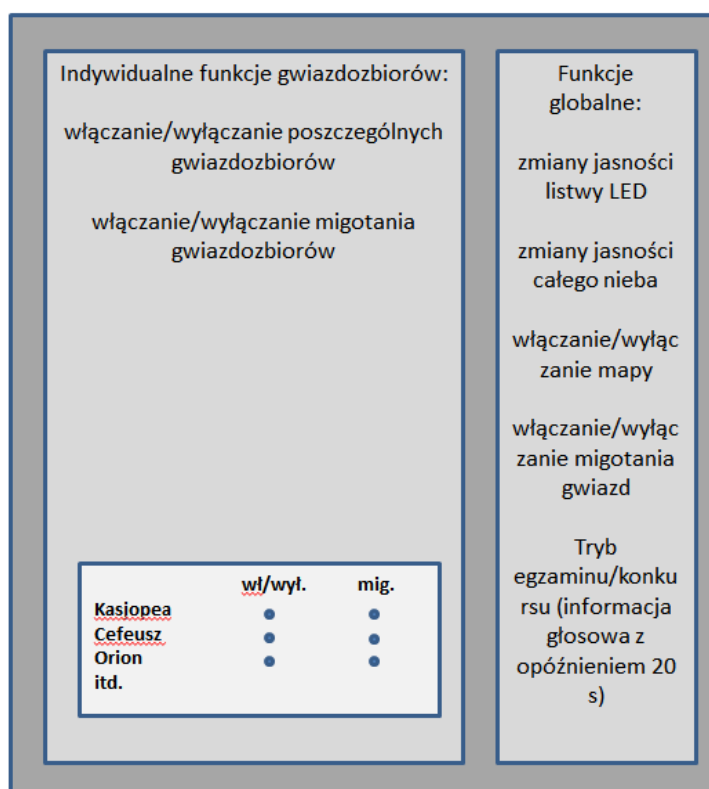
- czarny – (ogólna jasność widnokręgu),
- niebieski – Liberec (20 km, 240°-260°), Jablonec (15 km, 220°-240°), Lučany, Smržovka, Desná, Tanvald (7-13 km, 190°-220°),
- żółty – Świeradów Zdrój (10 km, 350°-360°),
- fioletowy – Jelenia Góra, Piechowice, Szklarska Poręba (12-29 km, 68°-90°),
- czerwony – Bogatynia, Zittau (30-39 km, 280°-295°).

1.3 Panel sterujący, pozwalający realizować różne scenariusze pokazów pod Gwieździstym niebem.

Panel sterujący umożliwi kontrolowanie poszczególnych funkcji edukacyjnych mapy nieba. Schemat rozmieszczenia elementów sterujących jest przedstawiony na Rysunku 5. W tym wypadku szkic nie jest zobowiązujący i może być modyfikowany przez Wykonawcę. Panel umieszczony na ścianie powinien być także wyposażony w moduł pozwalający na kontrolę zdalną (tzw. pilot).



Rysunek Schematyczne przedstawienie kopuł świetlnych widocznych w centralnej części Izerskiego Parku Ciemnego Nieba.



Rysunek . Schemat panelu sterującego mapą nieba



Panel sterujący może być zrealizowany jako element stały umieszczony na ścianie lub tablet pozwalający na sterowanie zdalne. Preferowane jest drugie rozwiązanie w postaci tabletu oprogramowanego w sposób odpowiedni do sterowania efektami świetlnymi DMX.

Przykładowa realizacja rozmieszczenia elementów sterujących Gwieździstym niebem jest przedstawiona na Rysunku 5. W lewej części panelu przewidziano miejsce na listę gwiazdozbiorów wraz z zestawem przycisków sterujących włączaniem/wyłączaniem oraz uruchamianiem trybu migotania gwiazdozbioru. Lista obiektów tak kontrolowanych jest zgodna z zawartymi Tabeli 1. Prawa część panelu sterującego będzie wykorzystywana przy sterowaniu funkcjami globalnymi Gwieździstego nieba. Kolejność wymienionych elementów nie musi być zachowana, ale wszystkie elementy muszą pojawić się na panelu.

Możliwe wykorzystanie poszczególnych trybów pracy Gwieździstego nieba sterowanych panelem:

1. Orientacja na niebie – podstawowy tryb pracy, który ma na celu zapoznanie grupy odwiedzającej CEE z nocnym niebem. Podczas pokazu osoba prowadząca, będzie mogła wskazywać wybrane gwiazdozbiory na niebie (włączanie/wyłączanie/migotanie) i pomagać w późniejszym znalezieniu ich na prawdziwym niebie nocnym. Aby zrealizować takie zajęcia potrzebna jest kontrola nad każdym gwiazdozbiorem z osobna. Możliwe powinno być także wyłączenie kilku gwiazdozbiorów jednocześnie.
2. Nocne niebo, a mitologia – opowieść o zdarzeniach mitologicznych, w które były zaangażowane postaci przedstawione na niebie. Realizowanie takiego pokazu wymaga kontroli nad poszczególnymi gwiazdozbiorami.
3. Konkurs ze znajomości gwiazdozbiorów – panel posiada funkcjonalność polegającą na tym, że osoba prowadząca uruchamia konkurs, a następnie układ sterujący losuje 15 gwiazdozbiorów, które są wyróżniane (migotanie) w odstępach pięciosekundowych przez piętnaście sekund każdy. Uczestnicy zapisują rozpoznane gwiazdozbiory w kolejności ich wyróżniania, a po zakończeniu ich wyniki są sprawdzane przez osobę prowadzącą.
4. Zapoznanie z problemem zanieczyszczenia światłem – w celu zrealizowania tego celu panel sterujący umożliwia kontrolę nad sektorami taśmy LED poprzez włączanie/wyłączanie i zmianę jasności sektorów indywidualnie. Panel ma umożliwiać także zmianę jasności wszystkich sektorów jednocześnie. W trybie zmiany jasności wszystkich sektorów LED następuje synchronizacja z jasnością wszystkich końcówek światłowodów gwiazd tła – wraz z rosnącą jasnością diod LED zmniejszana jest jasność gwiazd tła aż do ich całkowitego wyłączenia.

5. Migotanie całego nieba – możliwość uruchamiania takiego trybu dla całego nieba pozwoli na zapoznanie grup z zagadnieniami związanymi z turbulentną naturą atmosfery ziemskiej i jej wpływu na obserwacje astronomiczne (tzw. seeing). Taki tryb pracy wymaga czterech lub pięciu stopni migotania (w częstotliwości i amplitudzie).

2. Wytyczne dla oświetlenia zewnętrznego

Integralną częścią edukacji na temat zanieczyszczenia światłem realizowanej za pomocą Gwieździstego sufitu jest odpowiednie zaplanowanie i zrealizowanie oświetlenia zewnętrznego Centrum Edukacji Ekologicznej NATURA 2000 „Izerska łąka” w Świeradowie Zdroju. Ze względu na niewielką ilość dostępnych źródeł dotyczących tego problemu przedstawimy istotne elementy zagadnienia. Poniższe informacje mogą być wykorzystane do wykonania tablic informacyjnych i edukacyjnych w ramach projektu CEE.

2.1 Zanieczyszczenie światłem

Zanieczyszczenie światłem (światłne, ang. *light pollution*) to jedna z form zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Zanieczyszczenie to definiowane jest jako zaburzanie nocnego środowiska naturalnego poprzez wprowadzanie do niego sztucznego światła (światła wytwarzanego przez człowieka). Źródłem tego zanieczyszczenia jest głównie nocne oświetlenie zewnętrzne. Jak wskazują badania naukowe, jest to jedna z najpoważniejszych form zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Pod względem niesionych zagrożeń i zasięgu porównywane jest do chemicznego zanieczyszczenia atmosfery, wody i gleby.

Nawet względnie nieduże ilości sztucznego światła mogą zaburzyć nocne środowisko. Jednak szczególnym, nieuzasadnionym naszymi potrzebami, przypadkiem zanieczyszczania środowiska światłem jest światło wytwarzane przez człowieka w nieodpowiednim miejscu, czasie i w nadmiernej ilości. Źródłem takiego zanieczyszczenia światłem jest oświetlenie zewnętrzne o następujących cechach:

- emisja światła kierowana jest bezpośrednio poza obszar, który ma być oświetlony,
- natężenie oświetlenia jest większe niż wymagane w danej sytuacji,
- oświetlenie działa w czasie, gdy jest zbędne,
- widmo emisji jest niewłaściwe.

Racjonalna redukcja zanieczyszczenia światłem polega na stosowaniu zasad niedopuszczających do wyżej wymienionych sytuacji.

Zanieczyszczenie światłem powoduje szereg poważnych problemów. Są to:

- *Wzrost jasności nocnego nieba* zmniejsza widoczność obiektów astronomicznych. To utrudnia lub uniemożliwia naziemne obserwacje astronomiczne i prowadzi do degradacji obrazu nieba w świadomości społecznej. Rozgwieżdżone niebo było ważnym czynnikiem kształtującym ludzkość. Inspirację nocnym niebem odnajdujemy w sztuce, filozofii, religii, literaturze i nauce. Współcześnie naturalnie ciemne niebo stało się trudnodostępnym zasobem dla dużej części ludzi.
- *Zaburzenie naturalnego cyklu dobowego flory i fauny.* Badania naukowe wskazują, że ciemność jest czynnikiem koniecznym dla funkcjonowania systemów biologicznych. Zanieczyszczenie światłem, zmieniając naturalny cykl dobowy obecności i braku światła, negatywnie wpływa na istotne zachowania i procesy organizmów żywych, w tym człowieka.
- *Obniżanie komfortu i bezpieczeństwa użytkowników oświetlenia nocnego.* Oświetlenie zewnętrzne o źle skierowanej lub zbyt jasnej emisji światła powoduje zjawisko olśnienia, prowadząc do słabszej widoczności otoczenia co z kolei niekorzystnie wpływa na bezpieczeństwo w ruchu drogowym.
- *Straty finansowe i podnoszenie poziomu tradycyjnych form zanieczyszczenia środowiska.* Zbyt jasne lub źle skierowane światło oznacza straty energii elektrycznej (i pieniędzy), a tym samym powoduje zwiększoną emisję zanieczyszczeń chemicznych. To wynika z faktu, że duża część energii wytwarzana jest przez elektrownie pracujące na paliwach kopalnych.

2.2 Świadomość społeczna istnienia zanieczyszczenia światłem i rola CEE NATURA 2000 „Izerska Łąka” w Świeradowie-Zdroju

Większa część mieszkańców Unii Europejskiej i Polski żyje na obszarach, gdzie środowisko nocne jest zanieczyszczone światłem. Pomimo tego jest to najmniej znana w naszym społeczeństwie forma zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Dzieje się tak z trzech powodów. Po pierwsze, zostało ono „odkryte” stosunkowo niedawno i wciąż jeszcze poznajemy w jaki sposób jest ono szkodliwe. Po drugie, poprzez uwarunkowania ewolucyjno-kulturowe, światła nie kojarzymy z zanieczyszczeniem. Po

trzecie, przepływ wiedzy o tym zanieczyszczeniu do społeczeństwa jest niewystarczający.

Powstające w Świeradowie-Zdroju Centrum Edukacji Ekologicznej NATURA 2000 „Izerska Łąka” może odgrywać znaczącą rolę w przekazywaniu społeczeństwu wiedzy na temat zanieczyszczenia światłem. Społeczeństwo uzbrojone w tę wiedzę będzie mogło podejmować skuteczne i racjonalne działania prowadzące do redukcji tego zanieczyszczenia.

2.3 Oświetlenie zewnętrzne CEE NATURA 2000 „Izerska Łąka” w Świeradowie-Zdroju

Efektem funkcjonowania CEE ma być kształtowanie społeczeństwa postępującego zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju i podejmującego działania na rzecz ochrony środowiska naturalnego. Z tego powodu jedna z instalacji edukacyjnych w CEE ma na celu uświadamiać społeczeństwu jak poważnym problemem jest zanieczyszczenie światłem. Oświetlenie zewnętrzne CEE powinno pomagać w tym zadaniu edukacyjnym, prezentując właściwe rozwiązania w technice oświetleniowej, które minimalizują zanieczyszczenie światłem. Właściwe oświetlenie zewnętrzne jest również niezbędne dla planowanych obserwacji nocnego nieba prowadzonych z tarasu CEE. Ponadto budynek CEE znajdzie się sąsiedztwie łąki, której ekosystem ma być tematem zajęć edukacyjnych CEE. Wskazane jest, aby ten ekosystem podlegał jak najmniejszej presji ze strony oświetlenia zewnętrznego CEE.

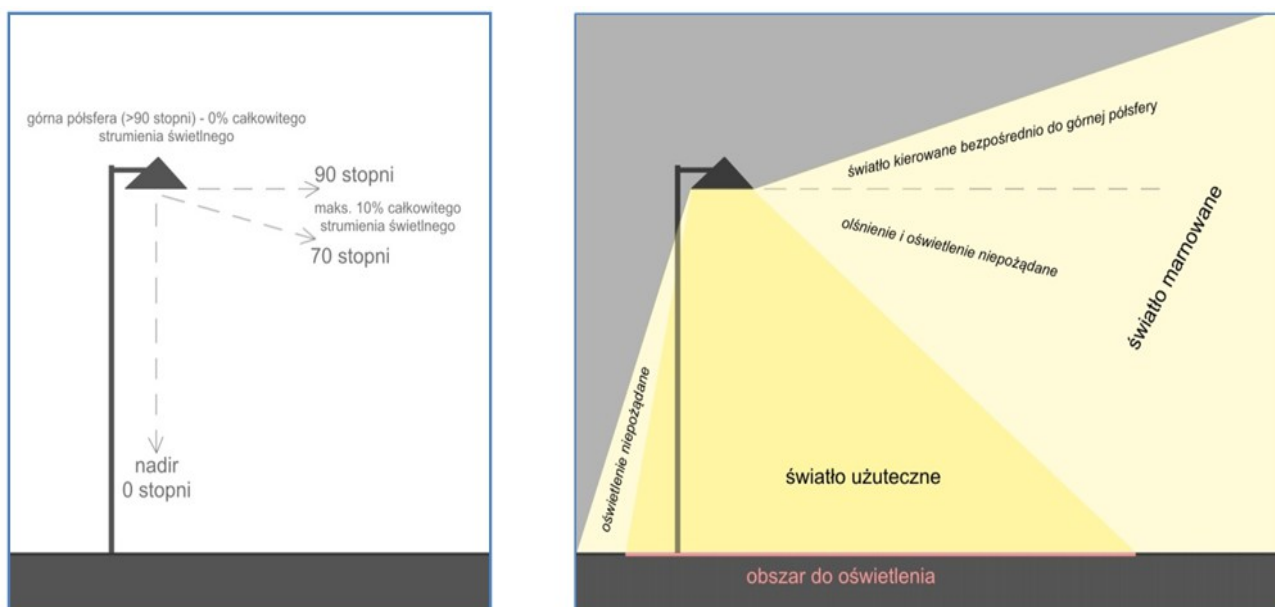
W związku z powyższym przy projektowaniu, montażu i eksploatacji oświetlenia zewnętrznego na terenie CEE NATURA 2000 „Izerska Łąka” w Świeradowie-Zdroju (zatoka autobusowa, parking, drogi wewnętrzne i dojazdowe, ciągi piesze, oświetlenie nad wejściami i na tarasie, itd.) należy zastosować zasady ograniczające zanieczyszczenie światłem. Oznacza to, że oświetlenie to musi spełniać następujące warunki.

2.3.1 Oprawy oświetleniowe i sposób ich montażu.

Wszystkie oprawy oświetleniowe po zamontowaniu (na słupach, ścianach budynku, itd.) muszą ograniczać emisję światła do obszaru docelowego dla oświetlenia, tj. ciągów komunikacyjnych na terenie CEE (Rysunek 6). Niedopuszczalne jest bezpośrednie przenikanie światła poza obszar CEE. Niedopuszczalna jest bezpośrednia emisja światła powyżej 90 stopni ponad nadir, tj. do górnej półsfery

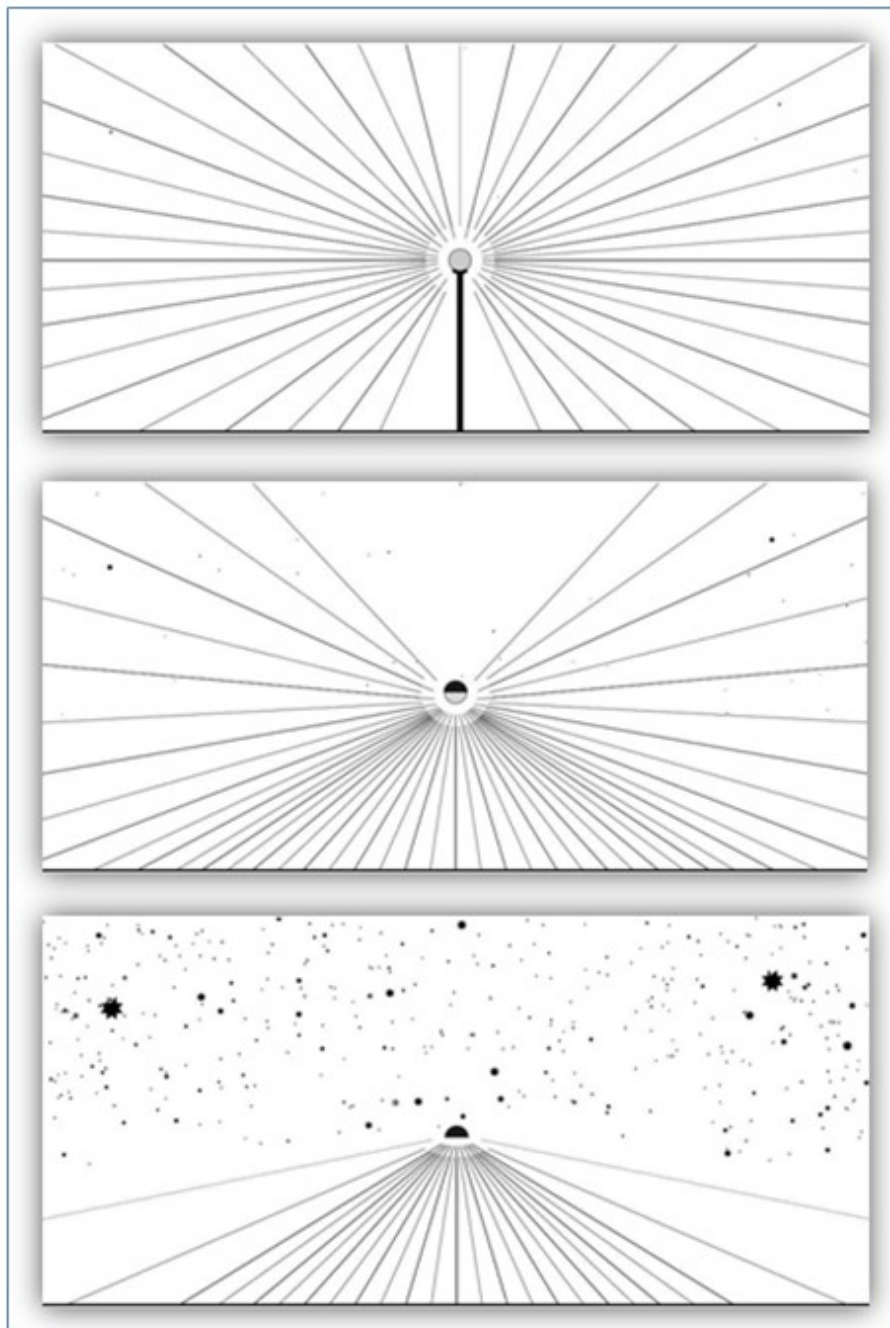


(ULR=0%). Całkowita emisja światła między 70 a 90 stopni ponad nadir nie może przekraczać 10% całkowitego strumienia świetlnego emitowanego z oprawy (Rysunek 7). Światło emitowane z oprawy w kierunkach powyżej 70 stopni ponad nadir skutkuje zanieczyszczeniem światłem, które jest szczególnie uciążliwe i nieuzasadnione potrzebami oświetleniowymi (Rysunek 6), Dokładniej ujmując, powoduje ono straty (marnowane światło, elektryczność), zmniejsza bezpieczeństwo (zjawisko olśnienia) i prowadzi do zwiększenia astronomicznych i środowiskowych skutków zanieczyszczenia światłem.



**Rysunek . Kierunki i ilość emitowanego światła (po lewej),
światło użyteczne i marnowane (po prawej)**

W celu uzyskania zerowej emisji światła do górnej półsfery należy zastosować oprawy oświetleniowe w pełni odcinające światło z górnej półsfery (oprawa o ULR=0% potwierdzone przez producenta oprawy, Rysunek 7). W oprawie takiej źródło światła jest osłonięte od góry obudową z odbłyśnikiem, a obudowa od dołu wyposażona jest w płaską, przezroczystą szybę (klosz). Po zamontowaniu obudowy, płaszczyzna klosza musi być ustawiona prostopadle do osi pionu, tak by osiągnąć wymaganą zerową emisję do górnej półsfery (ULR=0%).



Rysunek Trzy typy opraw oświetleniowych: z kloszem sferycznym – wysoki ULOR (góra), z kloszem wypukłym – znaczący ULOR (środek), z kloszem płaskim – ULOR=0% (dół). W prawej kolumnie przykładowe oprawy tych trzech typów. Dla oświetlenia zewnętrznego CEE dopuszczalny jest tylko typ trzeci (ULOR=0%).

2.3.2 Wybór typu źródła światła.

Źródła światła użyte w oprawach muszą mieć niską lub zerową emisję światła w niebieskiej i fioletowej części widma światła widzialnego (długości fali poniżej 500 nm). Maksimum emisji musi przypadać na światło żółte i zielone (długości fali w zakresie 520-600nm). Uzasadnione jest to następująco:

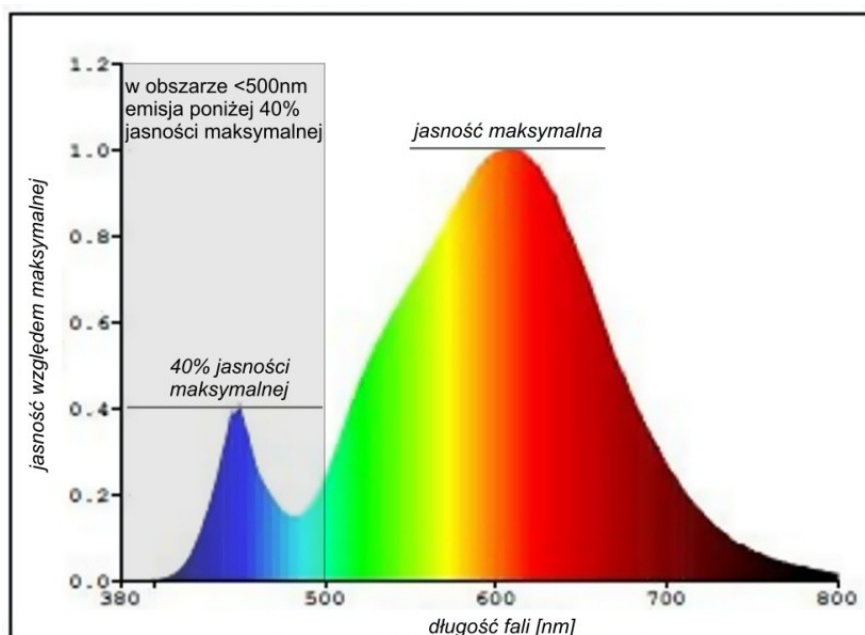
- a) Światło żółto-zielone (oraz pomarańczowe i czerwone) wyraźnie słabiej rozprasza się w atmosferze niż światło niebieskie. Dzięki temu obszar oświetlony tym światłem jest lepiej widoczny (większe bezpieczeństwo, większy komfort użytkowania). Słabsze rozpraszanie światła minimalizuje również zanieczyszczenie światłem (jego skutki środowiskowe i astronomiczne).
- b) Światło żółto-zielone bliskie jest maksimum czułości spektralnej oka. Dzięki temu do wywołania podobnego wrażenia wzrokowego potrzeba źródła o mniejszej mocy (energochłonności) niż w przypadku źródeł o świetle zawierającym dużo składowej niebieskiej lub czerwonej. Ta cecha daje mniejszą energochłonność lamp emitujących głównie światło żółto-zielone i mniejsze koszty ich utrzymania w porównaniu do innych źródeł światła.
- c) Na światło żółto-zielone nie jest czuły fotoreceptor, który bierze udział w regulowaniu cyklu dobowego organizmu ludzkiego (fotoreceptor ten reguluje m. in. wytwarzanie ważnego hormonu - melatoniny i "sterowany" jest światłem niebieskim). Zatem lampy emitujące głównie światło żółto-zielone minimalizują zdrowotne skutki zanieczyszczenia światłem.

W związku z powyższym do oświetlenia zewnętrznego CEE należy zastosować źródła światła spośród następujących typów:

- a) wysokoprężne lampy sodowe (HPS)
- b) niskoprężne lampy sodowe (LPS)
- c) lampy LED o temperaturze barwowej do 3000K (uwaga: w widmie emisji LED, jasność na dowolnej długości fali poniżej 500 nm nie może być większa niż 40% jasności w maksimum rozkładu widmowego, Rysunek 8).

Każdy z tych typów może być zastosowany do opraw oświetleniowych zamontowanych na słupach. Do oświetlenia wejść do budynku CEE (oprawy naścienne) najodpowiedniejsze są lampy LED o podanej charakterystyce widmowej.

Źródła światła muszą mieć wysoką wydajność (lm/W) i żywotność.



Rysunek 8 Widmo emisji lampy LED o pożądanym rozkładzie spektralnym.

2.3.3 Regulacja natężenia oświetlenia

Oprawy oświetleniowe (za wyjątkiem opraw naściennych nad wejściami do budynku CEE) powinny mieć możliwość automatycznego i ręcznego ściemnienia (zmniejszanie strumienia świetlnego) o minimum 50%. Zmniejszanie jasności oświetlenia powinno być wykonywane w godzinach nocnych (poza godzinami otwarcia CEE dla zwiedzających). Dzięki temu zmniejszy się energochłonność CEE i nastąpi dalsza redukcja zanieczyszczenia światłem.

2.3.4 Dalsze uwagi

1. Należy zaniechać oświetlenia w celach czysto dekoracyjnych, np. iluminacja ścian zewnętrznych budynku CEE, punkty świetlne montowane w chodnikach, itp.
2. Okna i drzwi przeszklone w budynku CEE powinny posiadać żaluzje (wewnętrzne ciemne lub zewnętrzne) lub ciemne rolety, które ograniczą emisję światła z oświetlenia wewnętrznego na zewnątrz budynku. Jest to dodatkowy element

redukcji zanieczyszczenia światłem i umożliwia niezakłócone sztucznym światłem obserwacje nocnego nieba prowadzone z tarasu CEE.

3. Oprawy oświetlenia zewnętrznego i sposób ich zamontowania powinien umożliwiać łatwą konserwację tych opraw (czyszczenie klosza, wymiana lampy, itd.).
4. Zalecana wysokość słupów oświetleniowych to 3-5 m. Jeśli słup oświetleniowy znajdzie się przy ciągu komunikacyjnym o szerokości większej niż jego wysokość, należy rozważyć zastosowanie wysięgnika.
5. Żadne źródło światła z oświetlenia zewnętrznego nie może być bezpośrednio widoczne z tarasu obserwacyjnego CEE.
6. Oświetlenie ma być włączane automatycznie w zależności od poziomu oświetlenia naturalnego (czujnik zmierzchowy). Jednocześnie powinno być dostępne sterowanie ręczne oświetleniem.
7. Przy wyborze oświetlenia nie należy kierować się tylko ceną. Cały system oświetlenia zewnętrznego powinien mieć wysoką wydajność (lm/W) i niską energochłonność.

Spełnienie powyższych warunków pozytywnie wpłynie na energochłonność CEE (koszty eksploatacji, emisja zanieczyszczeń wytwarzanych przy produkcji energii elektrycznej) i komfort użytkowania ciągów komunikacyjnych przy CEE oraz mniejszy środowiskowe i astronomiczne negatywne skutki oświetlenia zewnętrznego.

3. Zakończenie

Wykłady, zajęcia, prezentacje i emisja materiału multimedialnego będą wymagały odpowiedniego nagłośnienia sali. W związku z tym minimalne wymagania dla systemu audio są następujące:

- kolumny - 2x 300 W, zamontowane po obydwu bokach (po prawej i lewej) ściany głównej, frotelem do audytorium. W przypadku tej realizacji (podwieszany sufit) nie zaleca się mocowania głośników sufitowych.
- pasmo przenoszenia kolumn od 60 Hz do 20 kHz
- dodatkowy głośnik basowy
- wzmacniacz 2x400 W z powermixerem (2 kanały mikrofonowe, 1xDVD, 1xmały jack do obsługi komputera, telefonu itp.)



- dwa mikrofony bezprzewodowe
- szafka rackowa na wzmacniacz wbudowana w ścianę i zamykana na klucz

Opisana realizacja będzie służyła celom edukacyjnym i dlatego podczas jej wykonania należy dołożyć szczególnych starań, aby odpowiadała powyższym wytycznym. W związku z tym będzie wymagała konsultacji i kontroli zgodności z powyższymi wytycznymi na każdym etapie projektowania i wykonania.

W celu testowania przyjętych rozwiązań na etapie projektowania będzie wykonany niewielki fragment mapy nieba (50x50 cm) z docelowymi elementami (średnice światłowodów, malowanie tła nieba, fragment taśmy LED).