

BIAŁA KSIĘGA

# Oświetlenie dla sieciowych systemów wizyjnych

Przewodnik projektanta oświetlenia

Listopad 2023

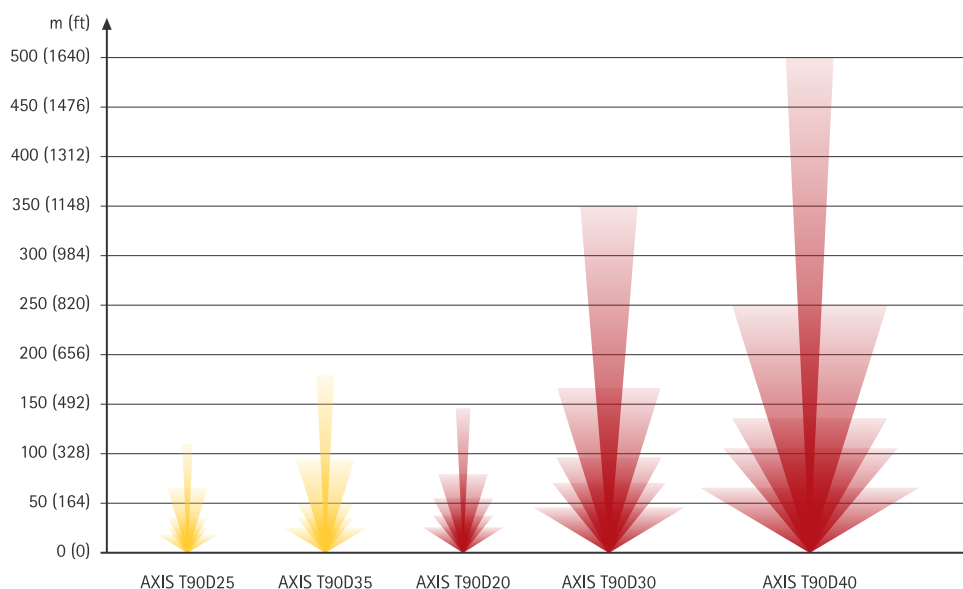
# Streszczenie

Wybór kamery sieciowej do systemu dozoru wiąże się z kilkoma rozważaniami, jakie należy przeprowadzić, a jednym z nich jest analiza oświetlenia. Parametry pracy kamery oraz jakość obrazu determinują źródło światła oraz sytuację oświetleniową obszaru obserwacji.

Obecnie stosowane diody elektroluminescencyjne (LED) są dobrym rozwiązaniem oświetleniowym dla większości sieciowych systemów wizyjnych. Są one popularne ze względu na ich przystępność cenową, długi okres przydatności użytkowej oraz niskie zużycie energii. Rozważania dotyczące systemu dozoru dziennego różnią się nieco od dozoru nocnego, gdzie występuje potrzeba zastosowania różnych rodzajów oświetlenia. Na przykład, oświetlacz z korekcją kolorów pomaga uzyskać prawdziwy kolor obiektów w ramach nocnego systemu dozoru.

Istnieją również inne czynniki związane z oświetleniem, które zależą w znacznej mierze od tego, jakie oczekiwania w odniesieniu do parametrów pracy kamer wiążą się z nimi. Obejmują one:

- Zachowanie się światła: odnosi się to do różnych powierzchni, na które światło może padać i wynikającego z tego wpływu na jakość obrazu. Może to być materiał rozpraszający światło lub je odbijający (odbicie zwierciadlane, odbicie rozproszone lub odbłask).
- Odległość oświetlania i jego wzorzec: każdy system oświetlania przeznaczony do sieciowego systemu nadzoru wizyjnego musi być w stanie zapewnić równomierne oświetlenie w celu uzyskania dobrych parametrów pracy. Oświetlenie nie powinno być za wąskie lub zbyt szerokie w odniesieniu do pola widzenia kamery, a także należy uwzględnić odległość oświetlacza od obiektu. Oświetlacze firmy Axis zapewniają elastyczność, zapewniając różne kąty oświetlania, z których można wybrać najlepszy ze względu na określone pole widzenia.



Zarówno te czynniki, jak i wiele innych, zostały w pełni wyjaśnione w niniejszym raporcie oficjalnym – białej księdze.

# Spis treści

1	Wprowadzenie	4
2	Czym jest światło?	4
3	Czym jest kolor?	4
4	Czym jest światło podczerwone?	5
5	Obraz kolorowe, czy monochromatyczne?	6
6	Jasność i olśnienie	6
7	Źródła światła	8
8	Oświetlenie w sieciowych systemach wizyjnych – jaką długość fali świetlnej wybrać?	9
9	Oświetlenie i bezpieczeństwo	10
10	Wzorce wiązki świetlnej	10
11	Prawo odwrotności kwadratu	11
12	Odległości oświetlania dla produktów Axis	12
13	Użycie wielu oświetlaczy	12
14	Pomiar światła	13
15	Potrzeba równomiernego oświetlenia	14
16	Wybór właściwej kamery	14
17	Wybór właściwego obiektywu	15

# 1 Wprowadzenie

Dokonując wyboru kamery sieciowej do dziennego lub nocnego systemu dozoru, należy zrozumieć znaczenie szeregu elementów wpływających na jakość obrazu. Niniejszy przewodnik ma na celu wprowadzenie do jednego z tych elementów, a mianowicie „w jaki sposób oświetlenie wywiera wpływ na obraz”, co stanowi jeden z istotnych czynników, które należy uwzględnić podczas tworzenia korzystnego oświetlenia w ciemnych otoczeniach.

## 2 Czym jest światło?

Światło ma znaczenie fundamentalne dla sieciowych systemów wizyjnych. To właśnie światło odbijające się od sceny sprawia, że obrazy są widzialne zarówno dla oka ludzkiego, jak i dla obiektywu kamery. Tak więc parametry pracy każdego sieciowego systemu wizyjnego zależą nie tylko od kamery i obiektywu, lecz także od ilości, jakości i rozprządzenia dostępnego światła.

Światło stanowi energię w postaci promieniowania elektromagnetycznego. Długość fali świetlnej (lub jej częstotliwość) determinuje kolor światła i jego rodzaj. Tylko bardzo wąski zakres długości fal jest widzialny dla ludzkiego oka, tj. od około 400 nm (fiolet) do 700 nm (czerwień). Kamery sieciowych systemów wizyjnych mogą jednak wykrywać światło spoza zakresu ludzkiego oka, dzięki czemu w nocnych systemach dozoru mogą być używane nie tylko przy oświetleniu światłem białym, ale także światłem bliskiej podczerwieni (715 – 950 nm).

Zachowanie światła różni się w zależności od materiału lub powierzchni, na którą pada, od tego gdzie jest odbijane, rozpraszane, pochłaniane lub (częściej), w którym miejscu podlega działaniu kompozycji tych efektów. Większość powierzchni odbija tylko niektóre elementy światła. Ogólnie rzecz ujmując, im jaśniejsza jest powierzchnia, tym więcej światła ona odbija. Czarne powierzchnie pochłaniają światło widzialne, podczas gdy powierzchnie białe niemal całe spektrum światła widzialnego odbijają. Podczerwień nie zawsze jest odbijana w taki sam sposób jak światło widzialne. Sposób, w jaki odbijana jest podczerwień zależy od rodzaju materiału.

## 3 Czym jest kolor?

Procesy, dzięki którym ludzkie oko i mózg widzą kolor, są bardzo skomplikowane, a zatem przedstawiona w tym miejscu definicja koloru jest z konieczności w znacznym stopniu uproszczona.

Mózg interpretuje światło o długościach fal widzialnych dla oka ludzkiego jako kolory; od 400 nm (fioletowego) do 700 nm (czerwonego). Postrzeganie kolorów odbywa się w wyspecjalizowanych komórkach siatkówki, zwanych komórkami stożkowymi. Komórki stożkowe zawierają różne formy pigmentów, co w efekcie powoduje różną wrażliwość widmową. Oko ludzkie zawiera trzy typy tych komórek, co skutkuje trójchromatycznym widzeniem kolorów (czerwonego, niebieskiego i zielonego). Wszelkie inne kolory widzialne zawierające się pomiędzy tymi podstawowymi długościami fal, takie jak indygo, niebiesko-zielony, żółty i pomarańczowy, są wykrywane jako mieszanina kolorów podstawowych.

W przypadku, gdy jednocześnie widziana jest równa ilość światła czerwonego, niebieskiego i zielonego, te długości fal objawiają się w postaci światła białego. Kamera zbiera światło i wykrywa kolory w podobny sposób. W większości kamer cyfrowych wykorzystywana jest siatka Bayera, kolorowy filtr, który umożliwia pozyskiwanie kolorowych fotografii przy użyciu matrycy obrazu. W momencie, gdy warstwa krzemu jest ukończona, na czujnik jest napylana ta właśnie siatka filtrów kolorowych, przy użyciu kolorów podstawowych (czerwonego, niebieskiego i zielonego). Matryca ta została zoptymalizowana w celu ułatwienia przebiegu demozajkowania, czyli procesu interpolacji brakujących kolorów. Poprzez

zastosowanie podwójnej liczby pikseli zielonych w porównaniu do pikseli niebieskich i czerwonych, matryca ta imituje czułość ludzkiego oka na różne kolory.

Zielony liść wygląda jak zielony, ponieważ odbija obecne w widmie światła białego fale świetlne o długości odpowiadającej zieleni. Jeżeli spojrzeć na ten sam liść w świetle czerwonym, będzie on wyglądał jak czarny, ponieważ oświetlenie nie będzie zawierać zieleni. To samo dotyczy sytuacji, gdy kupuje się kolorowy element odzieży, można go przybliżyć wówczas do drzwi lub okien, aby sprawdzić, jak on wygląda w świetle dziennym. Dzieje się tak ponieważ oświetlenie wewnętrzne zawiera mieszaninę fal o nieco innych długościach niż światło zewnętrzne, a w konsekwencji zmienia pozorny kolor odzieży.

Dokładnie to samo można powiedzieć o sieciowych systemach wizyjnych. Kolor wyjściowy oświetlacza wpływa na kolor widziany przez kamerę, np. światło żółtawe widoczne przy oświetleniu sodowych lamp ulicznych. Aby zapewnić uzyskiwanie sieciowych obrazów wizyjnych w prawdziwych kolorach, oświetlacze emitujące światło białe muszą zapewniać dopasowane do widma widzialnego oświetlenie z korekcją kolorów.

Obiekty kolorowe odbijają światło w sposób selektywny. Odbijają tylko fale o tych długościach (tj. kolorach), które są widoczne, a reszta jest pochłaniana. Na przykład czerwony kwiat zawiera cząsteczki pigmentu, które pochłaniają wszystkie długości fal światła białego inne niż czerwone, tak że kolor czerwony jest jedyną barwą, która zostaje odbita.

Przy długościach fal krótszych niż fale widma widzialnego, promieniowanie staje się ultrafioletowe (UV), które powoduje oparzenia skóry (opaleniznę) i dlatego jest szkodliwe dla zdrowia. Przy długościach fal dłuższych niż widmo widzialne, promieniowanie staje się promieniowaniem podczerwonym (IR).

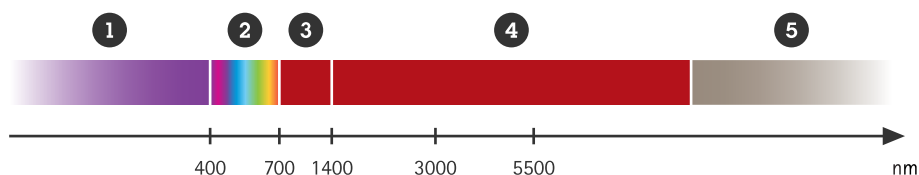


Figure 1. Część widma promieniowania elektromagnetycznego, z zakresami energii oznaczonymi za pomocą fal o różnych długościach (w nanometrach). Zakresy energii od lewej do prawej: (1) promieniowanie ultrafioletowe, (2) światło widzialne, (3) bliska podczerwień, (4) światło podczerwone, (5) mikrofałe.

## 4 Czym jest światło podczerwone?

Światło podczerwone (IR) jest światłem o dłuższej długości fali, występującym poza widmem widzialnym, a zatem jest niewidoczne dla oka ludzkiego. Światło podczerwone używane do oświetlania sieciowych systemów wizyjnych ma długość fali nieco większą niż widmo widzialne, tj. mieści się pomiędzy 700 a 1100 nm. Ten zakres podczerwieni jest również znany jako światło bliskiej podczerwieni (NIR). Światło NIR jest wykrywane we wszystkich trzech pikselach niezależnie od głównego filtra kolorów, a zatem wszelkie światło NIR zalicza się również do światła kolorowego. Sprawia to, że obrazowanie w kolorze jest niemożliwe, chyba że kamera jest wyposażona w filtr podczerwieni, który blokuje całe pasmo światła NIR. Filtr ten jest instalowany przed czujnikiem w dzień i usuwany za pomocą siłownika w nocy, gdy prawie nie ma światła, umożliwiając wszystkim pikselom zbieranie światła NIR (we wszystkich pikselach) i światła widzialnego w każdym typie kolorowego piksela. Aby ten obraz pochodzący od światła mieszanego uczynić użytecznym, odrzuca on (już wyeliminowane) informacje o kolorze i ukazuje obraz w czerni i bieli.

Ponieważ kamera może widzieć światło podczerwone, które jest niewidoczne dla ludzkiego oka, istnieją różne możliwości alternatywne przedstawienia go na ekranie komputera. Zazwyczaj obraz jest wyświetlany w czerni i bieli, a scena wygląda tak, jak gdyby ludzkie oko mogło widzieć światło podczerwone. Aby ukazać zawartość światła podczerwonego w porównaniu do światła widzialnego, mogą być również używane inne fałszywe kolory. Jest to niekiedy wykorzystywane w obrazowaniu naukowym.

W zastosowaniach, które wymagają ukrytego systemu dozoru, lub które muszą w inny sposób unikać niskiego poziomu oświetlenia widzialnego, światło podczerwone nadaje się idealnie.

## 5 Obraz kolorowe, czy monochromatyczne?

Pierwszą decyzją, jaką należy podjąć podczas konfigurowania oświetlenia do systemu dozoru nocnego, jest czy dokonać wyboru obrazu kolorowego, czy monochromatycznego. W wielu przypadkach preferowany jest obraz kolorowy, jakkolwiek należy zachować ostrożność, aby zapewnić prawdziwy kolor, który można osiągnąć za pomocą oświetlacza z korekcją barwową. Rozważmy żółte światło dostarczane przez niskociśnieniowe sodowe oświetlenie uliczne. Używanie nieprawidłowego światła białego może pogorszyć parametry pracy i prowadzić do niedokładnego odwzorowania kolorów, a kamera będzie tylko tak dobra, jak dobre będzie dostępne światło.

Podczerwień powinna być metodą oświetlenia we wszystkich przypadkach, w których białe światło byłoby zbyt inwazyjne lub wszędzie tam, gdzie wymagany jest ukryty system dozoru. Oświetlenie podczerwone może również zapewniać oświetlenie na większe odległości niż światło białe przy zachowaniu takiego samego poziomu mocy.

## 6 Jasność i olśnienie

Jasność stanowi subiektywne postrzeganie luminancji z danego obszaru. Olśnienie jest wynikiem nadmiernego kontrastu pomiędzy jasnymi i ciemnymi obszarami w polu widzenia. Problem ten jest większy w ciemności, w czasie, gdy kontrast pomiędzy jasnymi i ciemnymi obszarami utrudnia ludzkiemu oku (oraz sieciowym kamerom wizyjnym, wykorzystującym podczerwień) akomodację do zmian jasności.

Dyfuzja:

Materiał rozpraszający rozprasza przechodzące przez siebie światło. W miarę przechodzenia światła przez materiał, jego kierunek i rodzaj zmienia się.

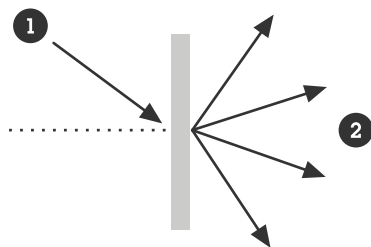


Figure 2. Rozproszenie światła. Światło padające (1) i światło rozproszone (2)

Odbicie:

W czasie, gdy światło pada na jakąś powierzchnię, może zostać od niej odbite. Na rodzaj odbicia wpływa jakość powierzchni. Wysoce teksturowane powierzchnie rozpraszają światło z powodu drobnych

nieregularności obecnych w materiale, podczas gdy powierzchnia płaska, taka jak lustro, zapewnia odbicie bardziej skupione.

- **Odbicie lustrzane:**

Jeżeli powierzchnia odbija światło podobnie jak lustro, można powiedzieć, że wykazuje odbicie lustrzane. W przypadku powierzchni lustrzanych, kąt padania jest równy kątowi odbicia.

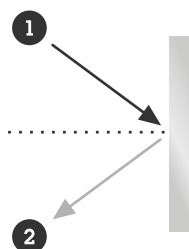


Figure 3. Odbicie lustrzane. Światło padające (1) i światło odbite (2)

- **Rozproszenie odbicia:**

Z powodu drobnych nieregularności obecnych na powierzchni odbijającej, rozpraszające powierzchnie odbijające odbijają światło we wszystkich kierunkach. Powierzchnia ziarnista, na przykład, odbija światło w różnych kierunkach. Rozpraszająca powierzchnia odbijająca może rozpraszać światło we wszystkich kierunkach w równych proporcjach.

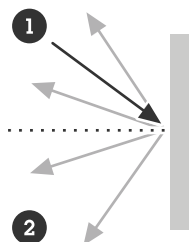


Figure 4. Rozproszenie odbicia. Światło padające (1) i rozproszone światło odbite (2)

- **Odblask:**

W tym typie odbicia, powierzchnie odbijają światło z powrotem w kierunku, z którego ono dochodzi. Powierzchnie odbłaskowe mają m.in. znaki drogowe i tablice rejestracyjne pojazdów.

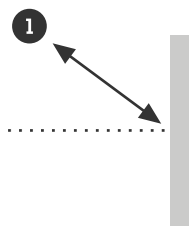


Figure 5. Odblask. Światło padające (1)

### Poziomy współczynnik odbicia:

Współczynnik odbicia jest miarą mocy promieniowania odbitego w porównaniu do mocy promieniowania padającego. Obiekty odbijają światło z różną intensywnością, a energia, która nie zostaje odbita jest pochłaniana i przetwarzana na ciepło. Obiekty o niskim współczynniku odbicia pochłaniają dużo energii, dlatego też np. ściana ceglana w świetle słonecznym wydaje się być ciepła.

Ważne jest, aby pamiętać, że kamera nie wykorzystuje wykrywanego przez światłomierz światła otoczenia oświetlającego scenę, lecz zamiast tego wykorzystuje ilość światła odbitego przez obiekty tam się znajdujące.

### Pochłanianie:

Niektóre powierzchnie pochłaniają światło. Powierzchnie kolorowe pochłaniają część światła a resztę odbijają, dlatego też pojawiają się w określonym kolorze. Powierzchnia czarna pochłania większość padającego na nią światła. Energia świetlna jest zwykle przemieniana na ciepło, dlatego ciemne materiały z łatwością się nagrzewają.

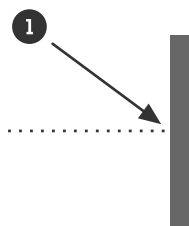


Figure 6. Pochłanianie światła. Światło padające (1)

## 7 Źródła światła

### Lampy żarowe (w tym halogenowe):

Pierwszymi opracowanymi źródłami światła były żarówki i były one wysoce niewydajne. Traciły ok. 90% energii wejściowej na grzanie i były zbyt gorące, aby można było ich dotknąć. Lampy halogenowe przyniosły minimalny wzrost sprawności energetycznej, lecz nadal ok. 85% dostarczonej energii było tracone na grzanie. Na potrzeby sieciowych systemów wizyjnych lampy żarowe mają ograniczony okres przydatności użytkowej, a poza tym są wysoce niewydajne energetycznie.

### Świetlówki:

Ze względu na efekt „pulsacji” dostrzegany podczas obserwacji za pomocą kamer należących do sieciowych systemów wizyjnych, wykorzystanie tego rodzaju lamp na potrzeby sieciowych systemów wizyjnych jest ograniczone. Lampy tego rodzaju mają ogólnie rzecz biorąc niską moc i są przeznaczone głównie do montażu wewnętrznego. Ponieważ stanowią one duże źródło światła rozproszonego, emitowany strumień świetlny jest trudny do zogniskowania i kontrolowania.

### Lampy HID (lampy wyładowcze dużej intensywności):

Są to wydajne lampy, które zapewniają dobre odwzorowanie kolorów i charakteryzują się długim okresem przydatności użytkowej, wynoszącym do 12 000 godzin. Lampy HID mogą być używane w sieciowych systemach wizyjnych, jakkolwiek odznaczają się długim czasem rozruchu (2-3 minuty) i po wyłączeniu nie można ich natychmiast włączyć z powrotem.



## Lampy LED-owe:

Diody elektroluminescencyjne stanowią najszybciej rozwijające się rozwiązanie oświetleniowe do zastosowań w sieciowych systemach wizyjnych. Ich wydajność wynosi zazwyczaj 80–90%, przy czym największą wydajność charakteryzują się diody LED wytwarzające światło czerwone. Diody LED są często wybierane w zastosowaniach sieciowych systemów wizyjnych ze względu na ich zalety, które obejmują wyjątkowo niewielkie zużycie energii elektrycznej, niskie temperatury pracy i ciągłość barwową przez cały okres eksploatacyjny lampy.

W odróżnieniu do tradycyjnych żarówek, diody LED są bardzo trwałe, niewrażliwe na wibracje, a ich twarda obudowa sprawia, że trudno je uszkodzić. Są one również zdolne do emitowania światła o określonej długości fali bez potrzeby stosowania filtra i stanowią urządzenia szybkiego startu.

Diody LED gwarantują najniższe możliwe do uzyskania koszty eksploatacji (dla lamp o najwyższej mocy świetlnej wymagają mocy mniejszej niż 100 watów) przy zapewnieniu najdłuższego okresu przydatności użytkowej, sięgającego do 100 000 godzin (10 lat). W porównaniu do tego, świetlówki mają trwałość wynoszącą typowo ok. 10 000 godzin, a żarówki 1 000 godzin. W przypadku niektórych diod LED, częstotliwość obrotu sterownika może nie być taka sama jak częstotliwość lokalnej sieci zasilania, co sprawia, że uzyskanie obrazu wolnego od migotania jest niemożliwe. Na terenie USA, diody LED zawsze wykorzystują częstotliwość 30, 60, 120, 240 Hz lub wyższą, a częstotliwość stosowanych w Europie diod LED wynosi 50, 100, 150, 200 Hz lub więcej. Aby uzyskać obraz wideo bez migotania, kamerę i ekran wizyjny należy skonfigurować w taki sposób, aby urządzenia te korzystały z tej samej poklatkowości.

## 8 Oświetlenie w sieciowych systemach wizyjnych – jaką długość fali świetlnej wybrać?

Światło białe: Prawdziwie białe światło zapewnia mieszanina fal świetlnych o długości 400 – 700 nm.

Praktyczne wykorzystanie:

- Oświetla obszar sieciowego systemu wizyjnego
- Poprawia ogólny poziom oświetlenia, odpowiedni dla personelu
- Zapewnia przyjazne środowisko dla upoważnionego personelu
- W przypadku wtargnięcia odstrasza przestępców poprzez oświetlenie zabezpieczonego obszaru
- System ten może być używany w połączeniu z kamerami monochromatycznymi, kolorowymi oraz z kamerami z funkcją dzień/noc

Kamery na podczerwień:

- 715–730 nm: Jawne promieniowanie IR wytwarza czerwony blask, podobny do czerwonego światła w sygnalizacji świetlnej
- 815–850 nm: Półukryte promieniowanie IR wytwarza słaby czerwony blask
- 940–950 nm: Ukryte promieniowanie IR, niewidoczne dla oka ludzkiego

Praktyczne rodzaje zastosowania podczerwieni:

- Zapewnia dyskretne lub ukryte oświetlenie dla sieciowego systemu wizyjnego
- Minimalizuje zanieczyszczenie świetlne

- Zapewnia oświetlenie na bardzo duże odległości
- System ten może być używany w połączeniu z kamerami monochromatycznymi lub z kamerami z funkcją dzień/noc

## 9 Oświetlenie i bezpieczeństwo

Białe światło jest dobrze widoczne dla ludzkiego oka, a my dysponujemy naturalną ochroną przed nadmierną ekspozycją na białe światło. Aby zmniejszyć wpływ światła widzialnego tęczówka zwęża się, a powieki się zamykają. A jeżeli to nie wystarczy, po prostu odwracamy wzrok od światła. Jednakże do nadmiernej ekspozycji na światło podczerwone nasze oczy nie mogą dostosować się w sposób automatyczny, ponieważ nie możemy go nie zobaczyć. Tym niemniej, światło podczerwone wytwarza ciepło, które może zostać wykorzystane jako środek zabezpieczający. Jeżeli odczuwa się ciepło emitowane przez urządzenie IR, wówczas w kierunku źródła światła nie należy patrzeć.

## 10 Wzorce wiązki świetlnej

Kąt oświetlenia powinien być wyregulowany w taki sposób, aby mogło ono odpowiednio oświetlać całą scenę i zapewniać właściwe natężenie światła dla sieciowych systemów wizyjnych. Nowoczesne zespoły oświetlenia adaptacyjnego pozwalają na taką regulację kąta oświetlenia na miejscu, aby dopasować go do specyficznych wymagań sceny. Zbyt wąska wiązka świetlna będzie powodować olśnienie lub oślepienie w środku sceny, przy czym niektóre obszary nie będą prawidłowo oświetlone.

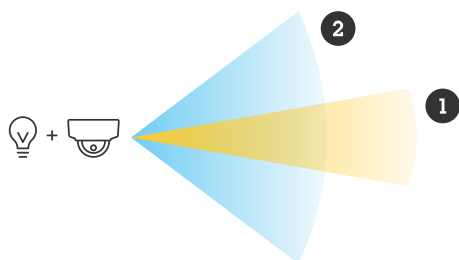


Figure 7. Zbyt wąskie oświetlenie (1) w odniesieniu do pola widzenia kamery (2)

Zbyt szerokie oświetlenie oznacza „marnotrawstwo” światła i zmniejszony dystans obserwacji.

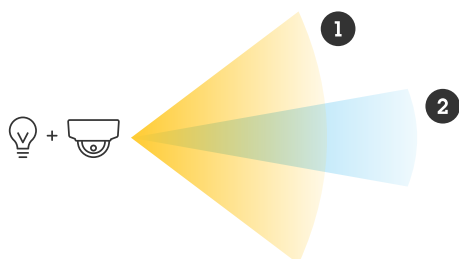


Figure 8. Zbyt szerokie oświetlenie (1) w odniesieniu do pola widzenia kamery (2)

W wielu instalacjach stosowane są obiektywy zmiennoogniskowe i żeby zmaksymalizować parametry pracy systemu, najlepiej byłoby, gdyby istniał taki sam poziom elastyczności w odniesieniu do oświetlenia.

Elastyczne oświetlacze, przeznaczone do nadzoru wizyjnego, takie jak znajdują się w portfolio firmy Axis, zapewniają szeroki zakres kątów wyjściowych, co pozwala dobrać odpowiedni kąt, który dokładnie pokrywa pole widzenia i zapewnia uzyskanie możliwie jak najlepszego obrazu. Regulacja jest szybka i dogodna, a dostępne kąty można dobierać w łatwy sposób.

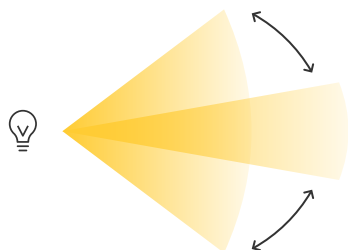


Figure 9. Oświetlenie adaptacyjne, pokrywające wiele kątów widzenia

## 11 Prawo odwrotności kwadratu

Dostępne w danej odległości natężenie oświetlenia powierzchni jest odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości od źródła światła. Ponieważ światło podlega prawu odwrotności kwadratu, przyjrzyjmy się teraz, jak prawo to jest stosowane.

W miarę jak światło oddala się od punktowego źródła oświetlenia, rozchodzi się ono zarówno w sposób poziomy, jak i pionowy, przy czym w większej odległości występuje mniejsze natężenie oświetlenia powierzchni. W praktyce oznacza to, że jeśli obiekt zostanie przemieszczony z danego punktu do innego punktu dwukrotnie dalej od źródła światła, otrzyma tylko  $\frac{1}{4}$  natężenia oświetlenia ( $(2 \times \text{odległość})^2 = 4$ ).

Kontynuując ten tok myślenia, w przypadku, gdy obiekt znajdujący się w odległości 10 m od źródła światła otrzymuje 100 luksów, przemieszczenie go na odległość 40 m od źródła światła oznacza, że otrzyma tylko  $\frac{1}{16}$  natężenia oświetlenia ( $(4 \times \text{odległość})^2 = 16$ ), w wyniku czego natężenie oświetlenia obiektu będzie wynosiło jedynie 6,25 lx. Prawo odwrotności kwadratu znajduje zastosowanie zarówno w odniesieniu do światła białego, jak i do podczerwonego w ten sam sposób.

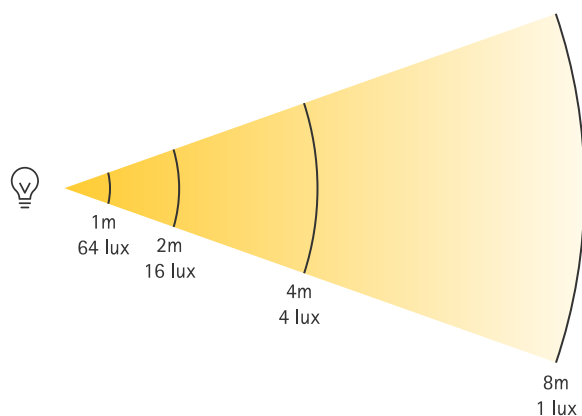


Figure 10. Prawo odwrotności kwadratu

## 12 Odległości oświetlania dla produktów Axis

Przedstawiona poniżej ilustracja stanowi wskazówkę ułatwiającą dobór odpowiedniego oświetlacza podczerwieni firmy Axis w zależności od jego odległości od oświetlanego obiektu. Należy zauważyć, że obszar ciągły oznacza optymalne użycie, a obszar cieniowany oznacza użycie, które nie jest całkowicie optymalne. Ponadto wybrany obiektyw określa kąt i zilustrowany stożek światła, jaki można uzyskać. Na przykład kamera AXIS T90D20 IR-LED jest wyposażona w obiektyw standardowy (10°) i w obiektywy rozpraszające (35°, 60°, 80°, 120°), które są do wyboru.

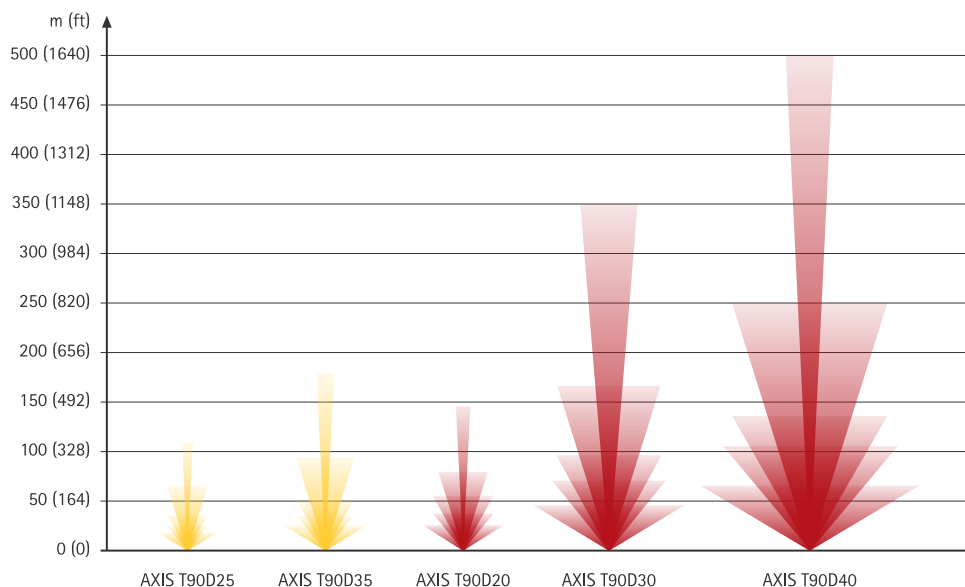


Figure 11. Wykres doboru oświetlaczy IR

## 13 Użycie wielu oświetlaczy

To, w jaki sposób ilość światła spada wraz z odległością, wyjaśnia prawo odwrotności kwadratu, lecz prawo to można wykorzystać również do obliczenia, jaka liczba dodatkowych oświetlaczy jest potrzebna do osiągnięcia określonego wzrostu odległości.

Jeśli odległość od pojedynczego oświetlacza zostanie podwojona, ilość światła zostanie zredukowana do 25%. Aby zapewnić oświetlenie na dwukrotnie większą odległość przy użyciu jednego oświetlacza (przy zachowaniu tej samej mocy świetlnej na scenie), potrzebne będą cztery oświetlacze ( $2^2 = 4$ ). Podobnie, aby zapewnić oświetlenie na trzykrotnie większą odległość przy użyciu jednego oświetlacza, wymaganych będzie dziewięć oświetlaczy ( $3^2 = 9$ ).

Prawo odwrotności kwadratu można również wykorzystać do obliczenia efektu użycia wielu oświetlaczy, przy uwzględnieniu pierwiastka kwadratowego zmiany dostępnego natężenia światła w źródle oświetlenia. Na przykład użycie czterech oświetlaczy spowoduje dwukrotny wzrost odległości oświetlania ( $\sqrt{4} = 2$ ), a użycie 25 oświetlaczy spowoduje pięciokrotny wzrost takiej odległości ( $\sqrt{25} = 5$ ).

W celu zwiększenia odległości oświetlania, nie zawsze konieczne jest korzystanie z wielu oświetlaczy. Wymagany dodatkowy wzrost odległości oświetlania mogą zapewnić oświetlacze o węższym kącie lub o większej mocy świecenia.

W przypadku konieczności oświetlenia wyłącznie jakiegoś szczególnego obiektu na określoną odległość, np. przy użyciu obiektywu zmiennoogniskowego, można umieścić mały oświetlacz blisko obiektu. Przykładem może być brama lub drzwi na obrzeżach obiektu, stosunkowo daleko oddalone od budynków i od innej infrastruktury.

Tabela 13.1 Wzrost odległości oświetlania wraz z podwyższeniem liczby oświetlaczy

Liczba oświetlaczy	Mnożnik odległości
1	1
2	1,4
3	1,7
4	2
5	2,2
6	2,4
7	2,6
8	2,8
9	3

Podwojenie odległości oświetlania wymaga czterokrotnie większej mocy świetlnej. Podwojenie liczby oświetlaczy zapewnia 1,4-krotny wzrost odległości oświetlania.

## 14 Pomiar światła

### Światło białe:

W Międzynarodowym Układzie Jednostek (SI) światło białe jest mierzone w luksach, w jednostkach natężenia oświetlenia, które uwzględniają również obszar, na którym światło rozprzestrzenia się (1 luks = 1 lumen na metr kwadratowy). Jako jednostka miary nadal w powszechnym użyciu jest stopoświeca: 10 luksów  $\approx$  1 stopoświeca. Białe światło oświetlające scenę można w prosty sposób mierzyć przy użyciu światłomierza. Typowe poziomy światła w luksach są następujące:

Tabela 14.1 Natężenie światła przy różnych scenariuszach

Jasny, słoneczny dzień	10 000 – 100 000 lux
Dzień całkowicie zachmurzony	1 000 – 10 000 lx
Zmierzch	1 – 100 lx
Oświetlenie uliczne	5 lx
Pełnia księżyca	0,1 lx
Jasne, czyste światło gwiazd	0,01 – 0,0001 lx

### Oświetlenie podczerwone:

Ponieważ jednostką miary światła widzialnego są luksy, a podczerwień z definicji wytwarza światło niewidzialne, oznacza to, że do pomiaru światła podczerwonego luksy nie mogą być używane. Najbardziej popularną jednostką miary światła podczerwonego jest mW na metr kwadratowy, czyli proste określenie energii wyjściowej ze źródła światła przypadającej na określone pole powierzchni.

## 15 Potrzeba równomiernego oświetlenia

Najważniejszym aspektem w procesie projektowania każdego systemu oświetleniowego jest uzyskanie równomiernego oświetlenia. Zarówno ludzkie oko, jak i kamera sieciowa lub obiektyw muszą radzić sobie z różnicami w ilości światła obecnego w polu widzenia.

Podczas prowadzenia pojazdu nocą na pustej drodze, można widzieć w sposób wyraźny, korzystając jedynie z reflektorów swojego samochodu. Jednak w momencie, gdy z naprzeciwka nadjeżdża inny samochód, ilość światła oświetlającego scenę wzrasta, nocne widzenie osłabia się, ponieważ w pobliżu centrum sceny znajduje się teraz źródło bardzo silnego światła, powodując zamknięcie tęczęwki oka. To samo dzieje się z kamerą sieciowego systemu wizyjnego, jasny punkt na obrazie spowoduje zamknięcie przysłony obiektywu i zredukuje parametry pracy kamery w nocy. Aby uzyskać możliwie jak najlepszy obraz w nocy, oświetlenie musi być równomiernie rozłożone przy użyciu produktów oświetleniowych zaprojektowanych odpowiednio do tego celu.

### OptimizedIR:

Technologia Axis OptimizedIR zapewnia równomierne oświetlenie pola widzenia kamery. Jest ono specjalnie dostosowane do potrzeb każdej kamery. Na przykład, aby uzyskać równomierne oświetlenie, wiązka podczerwieni kamery Axis z funkcją PTZ (obrót/pochylenie/zbliżenie) zbudowanej w technologii OptimizedIR, automatycznie poszerza się lub zwęża w miarę, jak kamera przybliża obraz lub go oddala.

Kamery zbudowane w technologii OptimizedIR wykorzystują wysokiej jakości diody LED i oprócz równomiernego oświetlenia sceny, zapewniają także dobrą gospodarkę ciepłem.

## 16 Wybór właściwej kamery

### Czułość:

Termin ten opisuje wrażliwość kamery na światło i zasadniczo mierzy minimalny poziom światła niezbędny do uzyskania akceptowalnego obrazu, jakkolwiek wartość ta jest niezmiernie subiektywna. Dla jednej dla jednej osoby obraz może być akceptowalny, a dla innej całkowicie nie do przyjęcia.

Technologia Axis Lightfinder eliminuje szumy i wytwarza obraz dobrze odwzorowujący szczegóły przy oświetleniu o niskim natężeniu. Dlatego też kamery z wykorzystującą technologię Lightfinder rejestrują w pełni kolorowe obrazy i filmy wideo nawet w zaciemnionych obszarach.

Czułość jest zwykle mierzona w luksach, a producenci kamer określają minimalny poziom luksów wymagany aby uzyskać akceptowalny obraz. Jednakże stwierdzenie to zwykle nie określa, czy minimalna liczba luksów przedstawia sobą minimalną ilość światła obecnego na scenie, w obiektywie kamery lub na jej matrycy. W przypadku kamer firmy Axis wartość ta zawsze odnosi się do światła obecnego na scenie.

Jakkolwiek wartości podawane w luksach są zwykle zawyżane i chociaż minimalna wartość luksów opisuje tylko parametry pracy kamery w świetle widzialnym, wartości wyrażone w luksach stanowią nadal jeden ze sposobów pomiaru czułości kamery w przypadku, gdy minimalne oświetlenie jest subiektywnie porównywane w ten sam sposób.

Nie istnieje nic takiego jak kamera „zero luksów”. Aby generować wysokiej jakości obrazy każda kamera potrzebuje światła. Nawet kamery odznaczające się największą czułością świetlną, wszędzie tam, gdzie będzie więcej światła, będą generować obrazy o wyższym sygnale i niższym poziomie szumów. Wyjątkiem są kamery termowizyjne, które wytwarzają obrazy w oparciu o ciepło emitowane przez pojazdy lub osoby, co pozwala na tworzenie obrazów również w całkowitej ciemności. Niektóre kamery dodają emiter bliskiej podczerwieni (NIR), co pozwala ich producentom utrzymywać, że wymagają zerowej liczby luksów,

jednakże kamery takie tracą długości fal odpowiadające światłu kolorowemu, przez co wszystkie obiekty i w czerni i bieli wyglądają tak samo.

Więcej informacji na temat światłoczułości można znaleźć w oficjalnym raporcie Axis – białej księdze, *Lightfinder*, dostępnej pod adresem *White paper | Axis Communications*

## 17 Wybór właściwego obiektywu

### Wartość F-stop:

Wartość f-stop (przysłony) obiektywu wyznacza ilość światła przepuszczanego przez obiektyw kamery do jej matrycy. W uproszczeniu, im niższa wartość przysłony, tym więcej światła przechodzi przez obiektyw, jakkolwiek jakość obiektywu również wpływa na ilość światła, które może zostać przez niego przepuszczone. Tabela przedstawia wpływ użycia różnych przysłon obiektywu w sieciowym systemie wizyjnym (· = pełna wartość przysłony):

*Tabela 17.1 Wartości przysłony oraz poziomy natężenia światła wymagane do uzyskania na matrycy natężenia oświetlenia o wartości 1 luksa*

Nastawa przysłony	Światło przepuszczane w %	Natężenia oświetlenia wymagane do uzyskania 1 luksa na matrycy
f/1 ·	20%	5 lx
f/1.2	15%	7,5 lx
f/1.4 ·	10%	10 lx
f/1.6	7,5%	13,3 lx
f/1.8	6,25%	16 lx
f/2 ·	5%	20 lx
f/2.4	3,75%	30 lx
f/2.8 ·	2,5%	40 lx
f/4	1,25%	80 luksów

W przypadku większości matryc kamer, im niższa jest wartość nastawy przysłony obiektywu, tym więcej światła dociera do matrycy. W przypadku obiektywów zmiennoogniskowych najlepsza wartość przysłony jest osiągalna tylko przy ustawieniu szerokokątnym. W miarę zoomowania, przysłona zamyka się. Wpływa to na ilość światła potrzebną do uzyskania dobrych obrazów przy niskich poziomach natężenia oświetlenia.

### Jasność obiektywu:

Efektywność obiektywu mierzy się jego jasnością (światłem). Przechodząc przez obiektyw, część światła zostanie utracona w wyniku działania materiału obiektywu, jego grubości oraz cech charakterystycznych powłok ochronnych. Obiektyw o wyższej jasności przepuszcza większy udział procentowy światła. Podczas gdy wartość przysłony obiektywu, która opisuje ilość światła przepuszczanego przez obiektyw, nie jest wyznacznikiem jego ogólnej jasności.

Jasność obiektywu zmienia się wraz z długością fali świetlnej. Przykładowo, jeden obiektyw może przepuszczać 95% światła widzialnego i 80% w podczerwieni o długości fali 850 nm, podczas gdy inny może przepuszczać 95% światła widzialnego i 50% w podczerwieni o długości fali 850 nm. Przy doborze obiektywu należy uwzględnić długość fali świetlnej, przy której będzie on używany. Należy również zauważyć, że obiektywy szklane są zwykle bardziej jasne niż obiektywy z tworzyw sztucznych.

## Obiektywy z korekcją:

- Soczewki z korekcją podczerwieni:

Soczewki z korekcją podczerwieni zostały zaprojektowane w taki sposób, aby przy użyciu specjalnego szkła oraz technologii nakładania powłok ochronnych, minimalizujących rozpraszanie światła, wyeliminować problem zmiany ostrości pomiędzy światłem dziennym i nocnym. Zmiana ostrości jest spowodowana różną długością fal świetlnych. Każda pojedyncza długość fali po przejściu przez soczewkę, ogniskowana jest w innym punkcie.

- Soczewki z korekcją kolorów:

Źródła światła, ze słońcem włącznie, wytwarzają szerokie widmo świetlne. Światło białe oznacza po prostu zakres widma światła widzialnego dla ludzi. W rezultacie obiektyw musi regulować światło, które jest przepuszczane do kamery w taki sposób, aby wytworzyć obraz dokładnie odpowiadający obrazom postrzeganym przez oko ludzkie. Wiele tanich obiektywów nie jest w stanie skutecznie dopasować przepuszczanych przez siebie kolorów do widma widzialnego, przez co odwzorowanie kolorów staje się niedokładne. Obiektywy z korekcją kolorów przepuszczają tylko światło widzialne i ogniskują każdy kolor w tym samym punkcie, zapewniając prawdziwe odwzorowanie kolorów i ostry obraz.

Większość obiektywów z korekcją kolorów nie nadaje się do użytku w oświetleniu podczerwonym, jakkolwiek występują pewne wyjątki od tej reguły.





# O firmie Axis Communications

Axis umożliwia tworzenie mądrzejszego i bezpieczniejszego świata, tworząc rozwiązania zwiększające bezpieczeństwo i wydajność biznesową. Jako firma z branży technologicznej będąca liderem na rynku, Axis oferuje systemy dozoru wizyjnego, kontroli dostępu, domofonowe i rozwiązania audio. Rozwiązania te są wzbogacone o inteligentne aplikacje analityczne i wysokiej jakości szkolenia

Firma Axis zatrudnia około 4000 zaangażowanych pracowników w ponad 50 krajach i współpracuje z partnerami z sektora technologii oraz integracji systemów na całym świecie, aby dostarczać rozwiązania dla klientów. Firma Axis powstała w 1984 roku, a jej siedziba znajduje się w Lund w Szwecji