

BIAŁA KSIĘGA

Kamery termometryczne

Do niezawodnego monitorowania temperatury

Grudzień 2024

Streszczenie

Kamery termometryczne Axis oparte na technologii obrazowania termowizyjnego służą do zdalnego monitorowania temperatury na określonym obszarze. Mają szeroką gamę zastosowań i mogą być używane wszędzie tam, gdzie występuje konieczność monitorowania krytycznych zasobów niezależnie od warunków pogodowych i oświetleniowych. Szczególne możliwości tych kamer obejmują alarmy temperaturowe, wiele wielokątnych obszarów detekcji, obrazy izotermiczne i punktowy odczyt temperatury. Alarmy temperaturowe służą do wyzwalania powiadomień, natomiast obrazy izotermiczne i punktowy odczyt temperatury stanowią wzrokową pomoc dla operatora.

Kamery termometryczne Axis są bardzo uniwersalne, a jako ich uzupełnienie można stosować kamery optyczne Axis. Nie jest to jednak konieczne. Kamery termometryczne Axis mogą pracować w każdym ogólnym systemie dozoru.

Spis treści

| | | |
|-----|---------------------------------------|----|
| 1 | Wprowadzenie | 4 |
| 2 | Obrazowanie termowizyjne | 4 |
| 2.1 | Długości fal promieniowania cieplnego | 4 |
| 2.2 | Termometria | 5 |
| 2.3 | Emisyjność i odbijanie promieniowania | 5 |
| 2.4 | Palety kolorów | 5 |
| 3 | Kamery termometryczne Axis | 6 |
| 3.1 | Cechy kamery | 8 |
| 3.2 | Dokładność | 8 |
| 3.3 | Alarmy | 8 |
| 3.4 | Palety izotermiczne | 9 |
| 3.5 | Punktowy odczyt temperatury | 10 |
| 3.6 | Metadane | 11 |
| 4 | Obszary zastosowań | 12 |

1 Wprowadzenie

Kamery termometryczne Axis umożliwiają monitorowanie obiektów i procesów oraz wykrywanie wzrostu lub spadku temperatury powyżej bądź poniżej zadanej wartości granicznej. Pomaga to zapobiegać uszkodzeniom, awariom, pożarom i innym niebezpiecznym sytuacjom.

W odróżnieniu od zwykłych czujników temperatury, które dokonują pomiaru w jednym określonym punkcie, kamery termometryczne Axis umożliwiają zdalne monitorowanie temperatury i zapewniają wzrokowe potwierdzenie zdarzeń zachodzących w obserwowanej scenie.

2 Obrazowanie termowizyjne

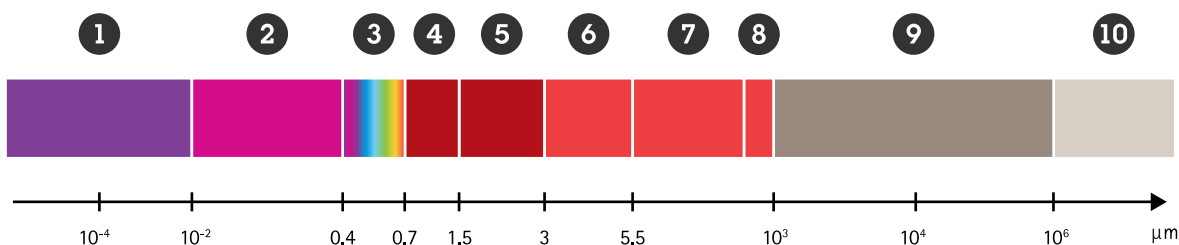
Obrazowanie termowizyjne staje się coraz bardziej dostępne, ponieważ nowe przetworniki, nowe materiały i coraz doskonalsze metody kalibracji zwiększają ekonomiczność, niezawodność oraz wszechstronność kamer termowizyjnych. Kamery tego typu można spotkać w różnych branżach, takich jak lotnictwo, transport, bezpieczeństwo i dozór oraz przetwórstwo przemysłowe, jak również w takich służbach jak straż pożarna i policja.

Więcej informacji na temat obrazowania termowizyjnego jest dostępnych na stronie www.axis.com/solutions/thermal-imaging.

2.1 Długości fal promieniowania cieplnego

Tradycyjne obrazy powstają dzięki odbijaniu światła widzialnego przez różne obiekty. Długość fali światła widzialnego wynosi w przybliżeniu 0,38–0,78 μm . Natomiast kamery termowizyjne są przeznaczone do detekcji promieniowania o większych długościach fal – nazywanego promieniowaniem cieplnym lub podczerwonym (ciepłem) – które nie jest widoczne dla oka ludzkiego. Inna technologia zastosowana w przetworniku umożliwia kamerze wizualizację obrazu termowizyjnego (cieplnego) przy użyciu światła widzialnego.

Zakres pasma podczerwieni dzieli się na kilka podzakresów, które przedstawiono na poniższej ilustracji. Kamery termowizyjne Axis pracują w zakresie, który najczęściej nazywa się zakresem długich fal podczerwonych (nr 7 na ilustracji).



Podzakresy widma promieniowania elektromagnetycznego przedstawione na ilustracji:

- 1 Promieniowanie X (rentgenowskie)
- 2 Promieniowanie nadfioletowe
- 3 Światło widzialne
- 4 Bliska podczerwień (NIR), około 0,75–1,4 μm
- 5 Promieniowanie podczerwone o małej długości fali (SWIR), 1,4–3 μm
- 6 Promieniowanie podczerwone o średniej długości fali (MWIR), 3–5 μm

- 7 *Promieniowanie podczerwone o dużej długości fali (LWIR), 8–14 μm – wykorzystywane w kamerach termowizyjnych Axis*
- 8 *Daleka podczerwień (FIR), około 15–1000 μm*
- 9 *Promieniowanie mikrofalowe*
- 10 *Długości fal używane w radiu i telewizji*

Warto zwrócić uwagę, że promienniki podczerwieni Axis działają w zakresie NIR (4), ale dostarczają światło kamerom optycznym. Kamery termowizyjne Axis nie potrzebują promienników, ponieważ mogą działać w całkowitej ciemności.

2.2 Termometria

Każdy obiekt o temperaturze wyższej od zera bezwzględnego (0°K lub -273°C lub -459°F) emituje promieniowanie podczerwone. Nawet lód emituje promieniowanie podczerwone, jeśli jego temperatura przekracza -273°C . Im cieplejszy obiekt, tym więcej promieniowania cieplnego emituje. Im większa różnica temperatur między obiektem a otoczeniem, tym wyraźniejszy obraz termowizyjny. Jednak kontrast obrazu termowizyjnego zależy nie tylko od temperatury obiektu, ale również od jego emisyjności.

2.3 Emisyjność i odbijanie promieniowania

Emisyjność (e) danego materiału to miara jego zdolności do absorpcji (pochłaniania) i emisji energii cieplnej. Emisyjność w dużym stopniu zależy od właściwości materiału, takich jak przewodność cieplna, która jest miarą zdolności materiału do przewodzenia ciepła. Całe promieniowanie pochłonięte przez daną powierzchnię prędzej czy później zostanie przez nią wyemitowane.

Każdy materiał ma określoną emisyjność z zakresu od 0 do 1. Tak zwane *ciało doskonale czarne* pochłania całe padające na nie promieniowanie, ma więc emisyjność $e=1$, natomiast materiały lepiej odbijające promieniowanie mają niższą emisyjność. Większość materiałów, takich jak drewno, beton, kamień, ludzka skóra i roślinność, ma wysoką emisyjność (0,9 lub wyższą) w zakresie LWIR widma promieniowania elektromagnetycznego. Z kolei większość metali ma niską emisyjność (0,6 lub niższą) zależnie od wykończenia powierzchni – im bardziej błyszcząca powierzchnia, tym niższa emisyjność.

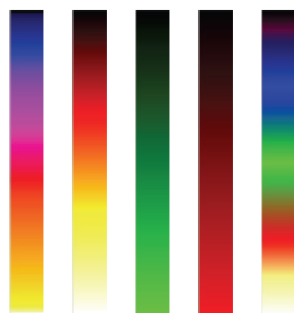
Promieniowanie ciepłe, którego materiał nie pochłonie, jest odbijane. Im większa energia odbitego promieniowania, tym wyższe ryzyko niewłaściwej interpretacji wyników pomiaru. Aby uniknąć nieprawidłowych odczytów, należy wybrać taki kąt pomiaru przy użyciu kamery, który pozwoli zminimalizować odbicia. Ogólnie można przyjąć, że jeśli w spektrum światła widzialnego materiał zachowuje się jak lustro, to podobnie będzie się zachowywał w zakresie LWIR. Taki materiał może utrudniać monitorowanie, ponieważ na odczyt temperatury mogą wpływać inne obiekty odbijające się w obserwowanym przedmiocie.

Ogólnie rzecz biorąc, kamery termometryczne Axis najlepiej działają przy obiektach o wysokiej emisyjności (powyżej 0,9), ale można obserwować również obiekty o niższej emisyjności (powyżej 0,5) pod warunkiem starannego doboru środowiska pomiaru.

2.4 Palety kolorów

Kamery termometryczne Axis mierzą energię promieniowania i przekształcają ją na właściwą wartość temperatury. Dzięki temu pomiary za pomocą światła dają odpowiednie odczyty temperatury, a każdy piksel

przetwornika obrazu działa jako mikroskopijny termometr mierzący wyemitowane ciepło. W kamerach termometrycznych Axis używane są różne domyślne palety kolorów.



Przykłady palet kolorów używanych w kamerach termometrycznych Axis.

Te intensywne kolory to wygenerowane cyfrowo pseudokolory, co oznacza, że nie są to prawdziwe barwy obserwowanej sceny. Obrazy termowizyjne najczęściej powstają w czerni i bieli, ale ponieważ ludzkie oko lepiej sobie radzi z rozróżnianiem odcieni barwnych niż odcieni szarości, dla podkreślenia różnic temperaturowych stosowane są palety kolorów. Górne zakresy palet odpowiadają najwyższym wartościom temperatury zmierzonym w obserwowanych scenach.

3 Kamery termometryczne Axis

Zarówno kamery termowizyjne Axis, jak i kamery termometryczne Axis wykorzystują obrazowanie termowizyjne i tę samą technologię przetwornika. Kamery termowizyjne Axis służą przede wszystkim

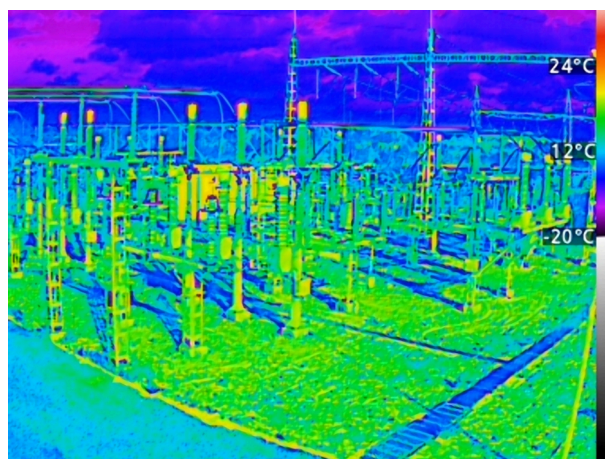
do dozoru. Kamery termometryczne Axis są używane do monitorowania temperatury i umożliwiają konfigurowanie alarmów temperaturowych, ale mogą także służyć do detekcji.



Obraz z kamery optycznej Axis.



Ta sama scena widziana przez kamerę termowizyjną Axis z wybraną paletą czarno-białą.



Podobna scena widziana przez kamerę termometryczną Axis, która korzysta z palety izotermicznej typu „tęcza”. Kamera wykrywa i mierzy promieniowanie podczerwone oraz przekształca wyniki pomiarów na wartości temperatury. Poszczególne temperatury są przedstawiane w postaci wizualnej przy użyciu palety kolorów.

3.1 Cechy kamery

Szeroki wybór obiektywów sprawia, że skuteczność detekcji kamery termometrycznej można przystosować do wymogów większości zastosowań. Obiektyw o krótszej ogniskowej zapewni szersze pole widzenia, natomiast obiektyw o dłuższej ogniskowej umożliwi monitorowanie obiektu z większej odległości.

3.2 Dokładność

Dokładność pomiarów dokonywanych przez kamerę termometryczną zależy od warunków. Aby zapewnić maksymalną wydajność, należy szczegółowo uwzględnić takie czynniki jak materiał, z którego wykonany jest obiekt, odległość od kamery, a także kąt pomiaru i otoczenie kamery. Jak wspomniano w sekcji dotyczącej emisyjności, na odczyty mogą wpływać odbicia i właściwości materiału. Znajomość emisyjności ma kluczowe znaczenie dla dokładności pomiarów. Ogólnie rzecz biorąc, niższa emisyjność przekłada się na niższy poziom dokładności. Dokładność mogą też obniżyć niekorzystne warunki pogodowe, takie jak mgła oraz opady śniegu lub deszczu.

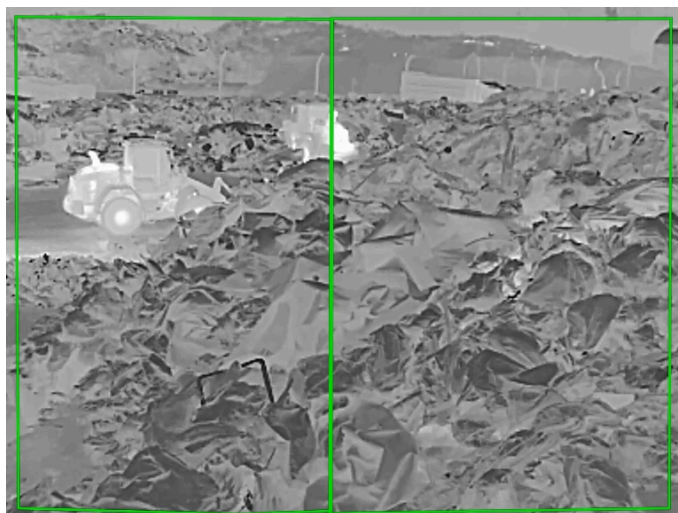
3.3 Alarmy

Kamery termowizyjne Axis mają kilka szczególnych funkcji, takich jak alarmy temperaturowe i wczesna detekcja ognia. Pozwalają one oceniać krytyczne sytuacje występujące na monitorowanym obszarze i odpowiednio na nie reagować.

3.3.1 Temperatura i alarmy

Główną z nich jest możliwość ustawiania alarmów temperaturowych, a dokładnie ich dwóch rodzajów. Istnieje możliwość wyzwalania działań na podstawie najwyższej, najniższej lub średniej temperatury na obszarze detekcji. Jeśli temperatura przekroczy ustawiony limit, urządzenie wyzwała alarm i wysła powiadomienie. Użytkownik może także ustawić dopuszczalną szybkość zmiany temperatury, powodując wyzwolenie powiadomienia w przypadku jej zbyt gwałtownego wzrostu lub spadku.

Obszary detekcji i panujące w nich temperatury mogą być wyświetlane w ramach strumienia wideo.



Kamera termometryczna wyzwała alarm, kiedy temperatura w obszarze detekcji przekroczy zdefiniowany przez użytkownika limit. Przykładem zastosowania przedstawionym na ilustracji jest punkt recyklingu, gdzie obszary detekcji (wyznaczone zielonymi liniami) koncentrują się na hałdach odpadów stanowiących zagrożenie pożarowe.

3.3.2 Wczesna detekcja ognia

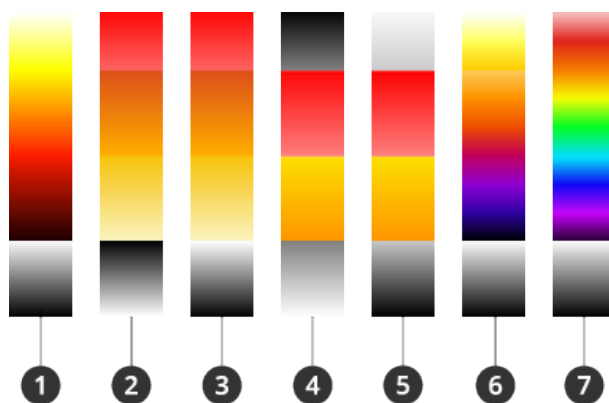
Wczesna detekcja ognia to funkcja, która przy użyciu obrazowania termowizyjnego wykrywa zmiany temperatury na monitorowanym obszarze, a także tłęczy się ogień, zanim dojdzie do jego rozprzestrzenienia. Urządzenie można skonfigurować tak, aby wyzwało alarm i wysłało powiadomienie, jeśli temperatura wzrośnie powyżej ustawionego limitu.

Dzięki śledzeniu ruchu funkcja wczesnej detekcji ognia odfiltrowuje ruchome obiekty, w tym te o temperaturze przekraczającej ustawiony limit. Koncentruje się ona na obiektach statycznych zlokalizowanych na monitorowanym obszarze. Ten filtr zmniejsza liczbę fałszywych alarmów, które mogą być wyzwalane przez ruchome obiekty. Jeśli jednak ruchomy obiekt zatrzyma się i pozostanie nieruchomy przez ponad 30 sekund, mechanizm śledzący sklasyfikuje taki obiekt jako statyczny, dopóki nie zacznie się on ponownie poruszać.

Wczesna detekcja ognia zmniejsza ryzyko szkód, do których mogłoby doprowadzić nagłe rozprzestrzenienie się pożaru. Pozwala szybko opanować potencjalny pożar, zanim dojdzie do jego eskalacji lub rozprzestrzenienia się na inne obszary.

3.4 Palety izotermiczne

Funkcja obrazowania izotermicznego pozwala skonfigurować na obrazie wyróżniane zakresy temperatur, ułatwiając interpretowanie tego, co dzieje się w obserwowanej scenie. Kamery termometryczne Axis umożliwiają to dzięki paletom izotermicznym. Palety są stałe, ale można w nich dostosowywać temperatury poszczególnych zakresów kolorów, tak aby krytyczne wartości temperatury odróżniały się od innych.



Palety izotermiczne w kamerach termometrycznych Axis:

- 1 *Iso-Axis-WH*
- 2 *Iso-Fire-BH*
- 3 *Iso-Fire-WH*
- 4 *Iso-MidRange-BH*
- 5 *Iso-MidRange-WH*
- 6 *Iso-Planck-WH*
- 7 *Iso-Rainbow-WH*

W przypadku korzystania z palet izotermicznych określa się limity, aby przyporządkować określone kolory określonym poziomom temperatury. *Poziom niski* wskazuje temperaturę, od której zaczyna się

kolorowa część palety. *Poziom średni* i *poziom górny* wskazują temperatury stanowiące początek zakresów temperatur średnich i wysokich.



Limity określające najniższą temperaturę każdego z zakresów temperatur palety izotermicznej:

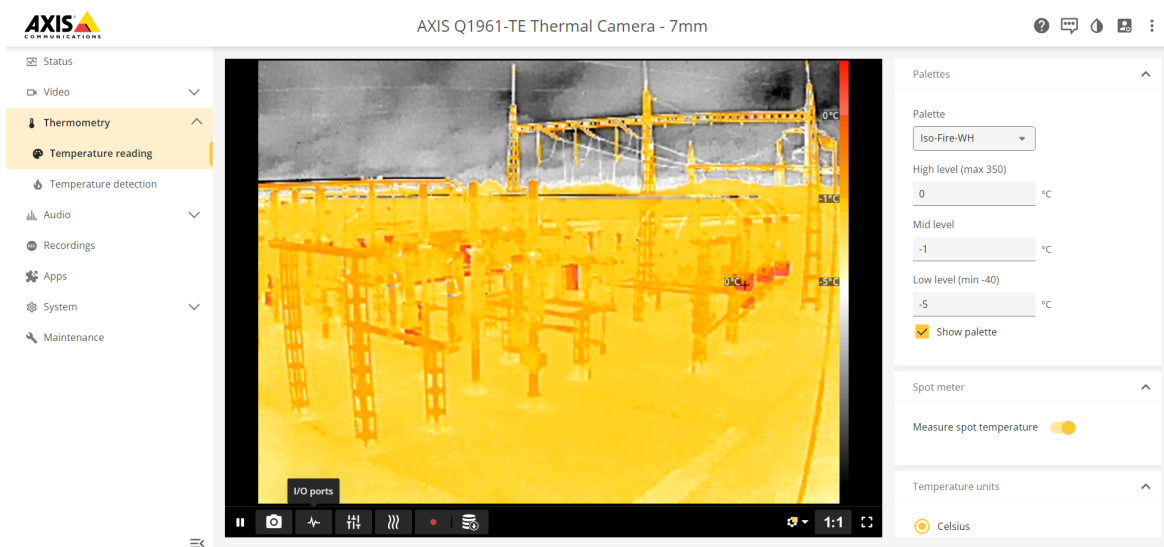
- 1 *Poziom wysoki*
- 2 *Poziom średni*
- 3 *Poziom niski*

Palety izotermiczne służą jedynie do wyróżniania określonych temperatur, stanowiąc wzrokową pomoc dla operatora. Jeśli przykładowo *limit dolny* zostanie ustawiony na temperaturę krytyczną dla danego obiektu, wszystkie temperatury przewyższające tę wartość będą się wyróżniać. W razie wystąpienia alarmu temperaturowego operator będzie mógł szybko sprawdzić, czy alarm nie był fałszywy, ponieważ obraz izotermiczny pokaże, czy wyzwolił go krytyczny obiekt czy coś innego.

3.5 Punktowy odczyt temperatury

Kolejną funkcją jest *punktowy odczyt temperatury*. Działa ona w ten sposób, że użytkownik klika dowolny punkt obrazu i uzyskuje odczyt temperatury tego punktu.

Podobnie jak palety izotermiczne temperatura uzyskana przy użyciu odczytu punktowego stanowi jedynie pomoc wzrokową dla operatora.



Zrzut ekranu z kamery AXIS Q1961-TE Thermal Camera. Użytkownik kliknął wybrany punkt, aby zobaczyć jego temperaturę.

3.6 Metadane

W przypadku kamer termometrycznych Axis dane termometryczne są dodawane do strumienia zdarzeń kamery. Umożliwia to łatwą ekstrakcję danych i ich wykorzystanie do innych celów. Dane te obejmują informacje o alarmach, wartości temperatury (maksymalną, minimalną i średnią) w obszarach detekcji oraz współrzędne temperatury maksymalnej i minimalnej.

4 Obszary zastosowań

Kamery termometryczne Axis mogą być stosowane w wielu sytuacjach, w których występuje potrzeba monitorowania temperatury, takich jak:

- obiekty wytwarzające energię elektryczną, takie jak turbiny gazowe i wodne, oraz cała połączona aparatura rozdzielcza
- inne ważne elementy wyposażenia elektrycznego, takie jak transformatory i podstacje
- miejsca zagrożone pożarem, takie jak składy węgla, punkty recyklingu, magazyny i silosy
- procesy przemysłowe, w których występuje ryzyko nadmiernego wzrostu temperatury sprzętu

Obrazowanie termowizyjne pomaga w rozwiązywaniu wielu problemów, na przykład przez przewidywanie awarii, lokalizowanie problematycznych obszarów czy sprawdzanie stanu izolacji. Dobrze sprawdza się ono w przewidywaniu awarii, ponieważ może wskazać problematyczne obszary, zanim problem stanie się widoczny lub zanim maszyny przestaną działać. Przewidywania mogą dotyczyć nadmiernie rozgrzanych części, zanim dojdzie do ich uszkodzenia lub zapłonu, zatkanych rur, zanim nastąpi ich rozerwanie, albo niewłaściwie zamocowanych połączeń, które mogą się stawać zbyt luźne.

Obrazowanie termowizyjne ma jeszcze kilka innych zastosowań. Jednym z nich jest detekcja poziomu zawartości zbiornika, możliwa dzięki wizualizacji różnicy temperatur między samym zbiornikiem a jego zawartością. Obrazowanie termiczne umożliwia także poprawę efektywności energetycznej: na przykład detekcja strat ciepła z rur mających braki w izolacji przyczynia się do oszczędności energii i redukcji kosztów.



Elektrownie, podstacje elektryczne i zakłady gospodarowania odpadami to tylko kilka z obszarów, w których można stosować kamery termometryczne Axis.

O firmie Axis Communications

Axis wspiera rozwój inteligentnego oraz bezpiecznego świata przez tworzenie rozwiązań umożliwiających poprawę bezpieczeństwa i efektywności biznesowej. Jako firma zajmująca się technologiami sieciowymi oraz lider branży, Axis oferuje rozwiązania z zakresu dozoru wizyjnego, kontroli dostępu, systemów domofonowych i systemów audio. Ich rozszerzeniem i uzupełnieniem są inteligentne aplikacje analityczne oraz wysokiej jakości szkolenia.

Axis zatrudnia około 4000 pracowników w ponad 50 krajach oraz współpracuje z partnerami z obszaru technologii i integracji systemów na całym świecie w celu dostarczania swoich rozwiązań klientom. Firma została założona w 1984 roku i ma swoją siedzibę w Lund w Szwecji