GLOBALfiber

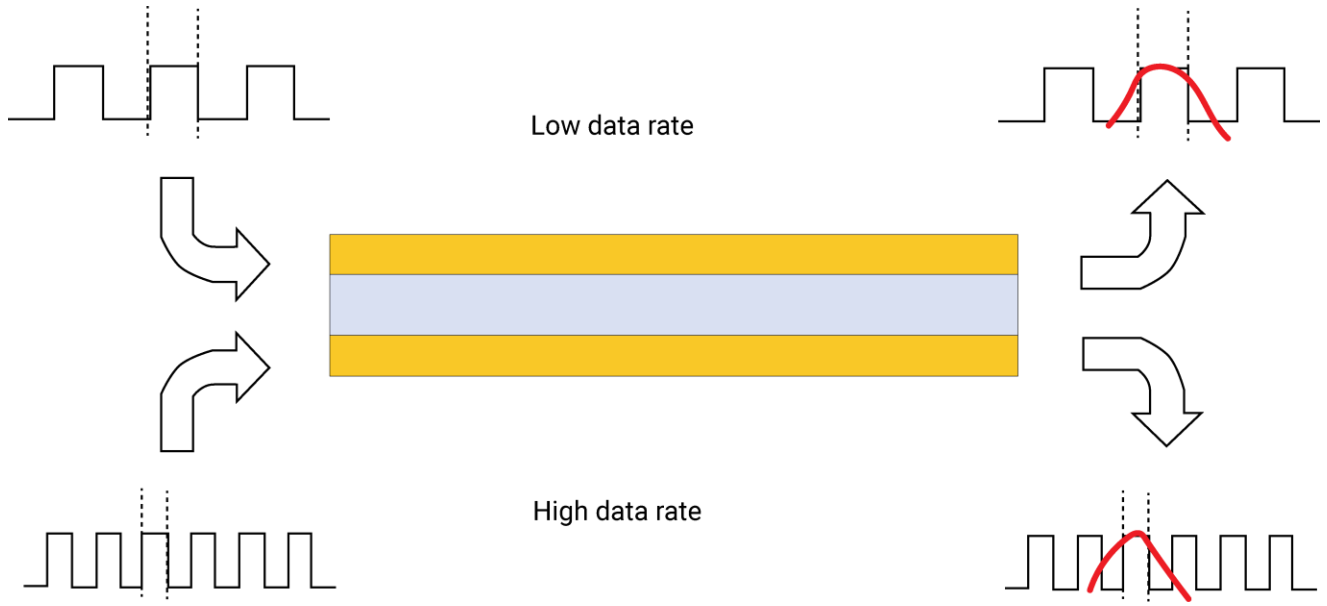
Webinar

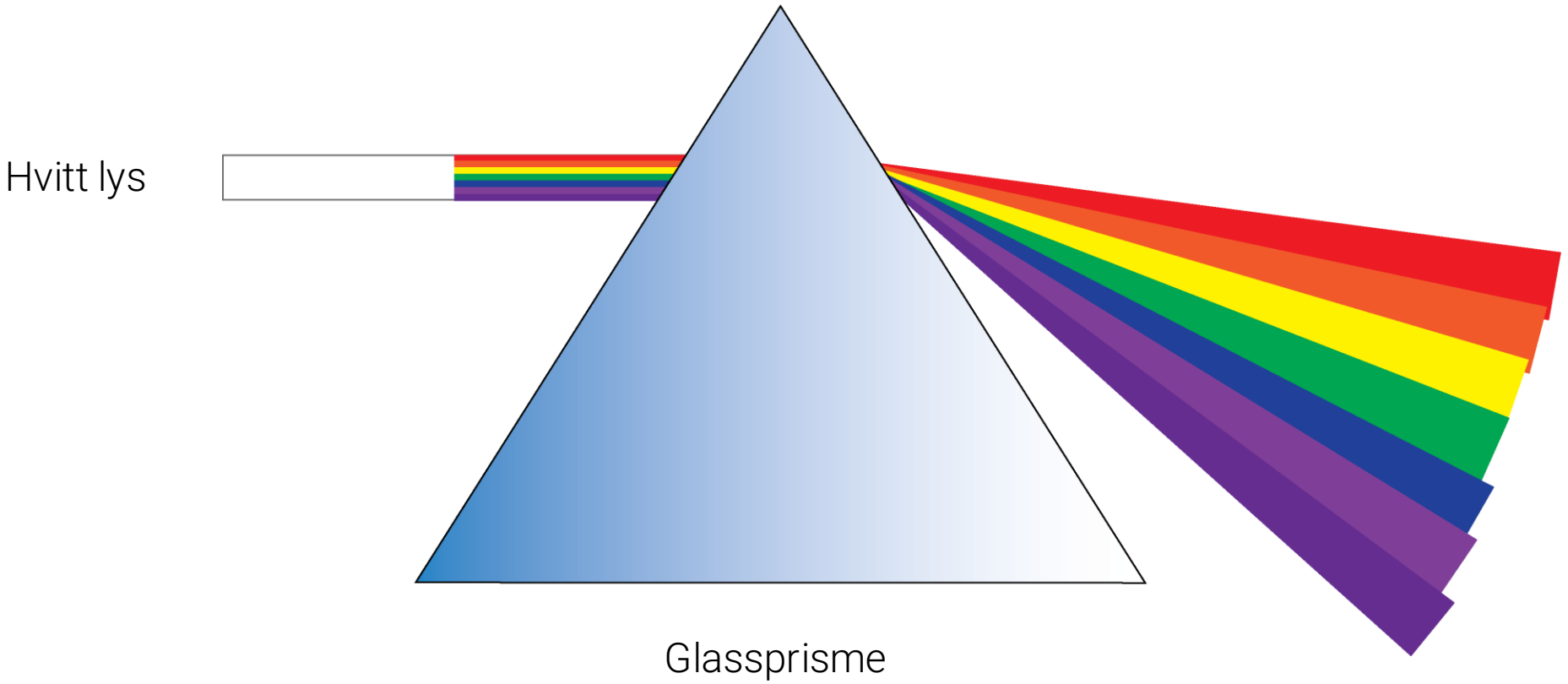
CWDM DWDM O-Band

Passive WDM nett

Der vi ønsker overføre mer per fiber, flere kunder eller flere tjenester.

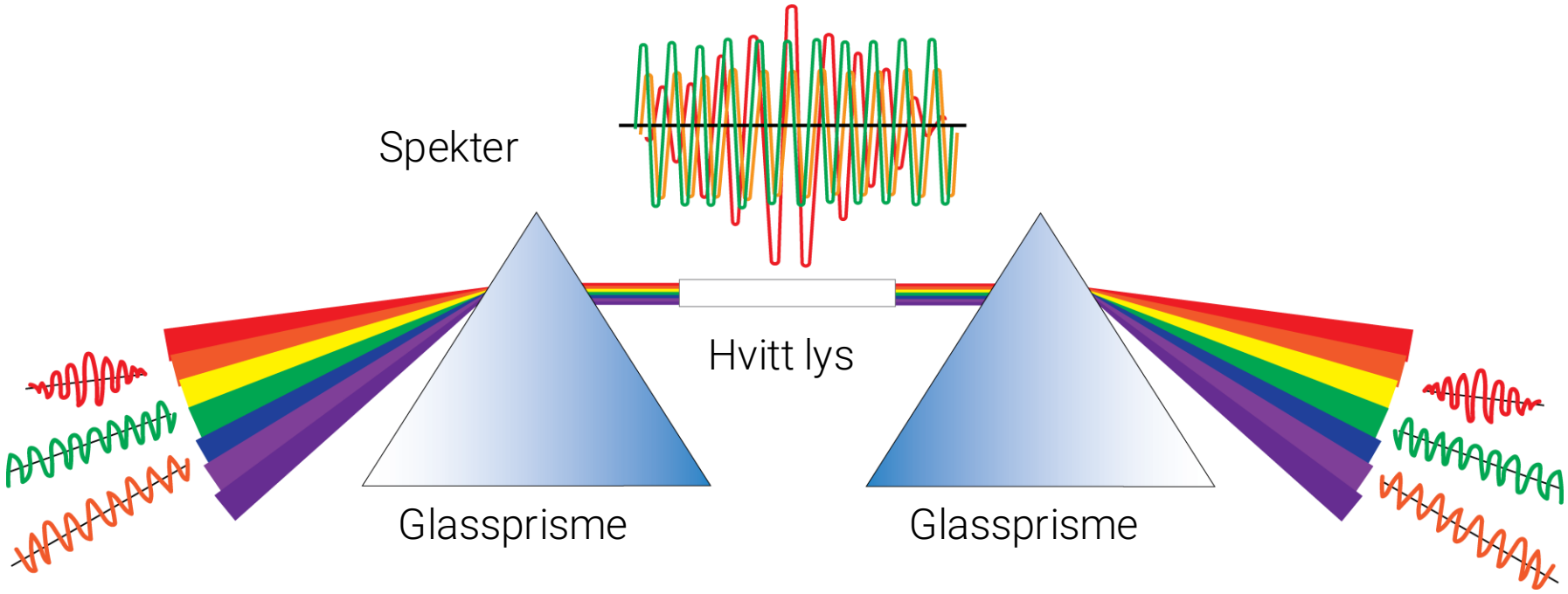
kan vi benytte flere kanaler per fiber med wdm løsninger.




Hvitt lys
Spekter
Glassprisme

WDM –

Wavelength Division Multiplexing



- Hver “fargede” bølgelengde representerer en WDM-kanal
- Multipleksing av separate signaler på samme fiber

CWDM

CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing)

CWDM er en fiberoptisk teknologi som utnytter prinsippet om bølgelengdemultiplikasjon for å overføre flere datastrømmer samtidig over én enkelt optisk fiber. Dette oppnås ved å bruke forskjellige bølgelengder (farger) av lys, hvor hver bølgelengde fungerer som en separat kommunikasjonskanal.

CWDM er spesielt utviklet for korte til mellomlange overføringsdistanser og er en enklere og mer kostnadseffektiv løsning enn DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), som er designet for høy kapasitet og lange avstander.

Teknisk prinsipp bak

CWDM

CWDM fungerer ved å bruke et spektrum av lysbølgelengder i det optiske området, mellom 1270 nanometer (nm) og 1610 nm.

BØLGELENGDEAVSTAND:

Kanalene i CWDM er adskilt med 20 nm mellomrom, noe som gir plass til opptil 18 bølgelengder (kanaler) over én fiber. Dette brede spekteret av bølgelengder gir mindre tetthet enn DWDM, som kan ha kanalavstander ned til 0,8 nm.

INGEN FORSTERKNING:

Siden CWDM vanligvis ikke benytter optiske forsterkere (som EDFA – Erbium-Doped Fiber Amplifiers), er maksimal rekkevidde typisk begrenset til 60–80 km på grunn av tap i fiberen. Dette gjør CWDM godt egnet for lokalnettet og metro-nettverk.

Hovedkomponenter i et

CWDM-system

Et CWDM-system består av flere nøkkelkomponenter som sammen muliggjør overføringen:

1. **CWDM-lasere:** Disse genererer lys på spesifikke bølgelengder.
   Laserne er uncooled, noe som betyr at de ikke trenger temperaturstabilisering,
   og de bruker mindre energi enn DWDM-lasere.

2. **Multiplexer:** Samler lys fra flere bølgelengder og kombinerer dem til én enkelt fiber.

3. **Demultiplexer:** Ved mottakeren splittes de ulike bølgelengdene tilbake til individuelle kanaler.

4. **Optisk fiber:** Bærer de multiplekserte signalene over en fysisk linje.

5. **Transceivere:** Konverterer elektriske signaler til optiske signaler (og omvendt) i hvert ende av forbindelsen.

Fordeler med

CWDM

KOSTNADSEFFEKTIV:

CWDM-systemer krever mindre presisjon i produksjon og installasjon enn DWDM. Mangelen på kjøleutstyr reduserer både innkjøps- og driftskostnadene

ENKEL IMPLEMENTASJON:

CWDM fungerer med standard optisk fiber og krever ikke avanserte løsninger som forsterkere for korte til mellomlange avstander.

LAVERE ENERGIFORBRUK:

Laserne i CWDM krever mindre strøm siden de ikke er kjølte.

FLEKSIBILITET:

Ideelt for små til mellomstore nettverk, som by-nettverk, bedriftsnettverk eller punkt-til-punkt-forbindelser.

Begrensninger med

CWDM

Wavelength [nm]	Attenuation [dB/km]	Dispersion [ps/(nm*km)]
1271	0,42	- 8,5
1291	0,40	- 3,9
1311	0,39	0
1331	0,37	3,3
1351	0,36	5,0
1371	0,35	6,6
1391	0,34	8,0
1411	0,32	9,1
1431	0,30	10,3
1451	0,29	11,5
1471	0,28	12,7
1491	0,27	13,9
1511	0,26	15,1
1531	0,25	16,3
1551	0,25	17,5
1571	0,25	18,7
1591	0,26	19,9
1611	0,27	21,1

KORTERE REKKEVIDDE:

CWDM er begrenset til avstander på opptil 80 km på grunn av manglende optisk forsterkning. Over lengre avstander kreves DWDM eller andre løsninger.

LAVERE KANALTETTHET:

Med større avstand mellom bølgelengder har CWDM færre kanaler tilgjengelig enn DWDM.

DEMPING:

Fiberens demping, særlig i spekteret i laveste delen av CWDM skalaen 1270-1430nm, kan redusere ytelsen.

Typiske bruksområder

CWDM brukes i mange forskjellige type nettverk.

1. **Metro-nettverk:**

   Kobler ulike noder i by-nettverk uten høye kostnader.

2. **Datacenter-forbindelser:**

   Sikrer raske forbindelser mellom servere og lagringsenheter i datacentere.

3. **Kabel-TV-distribusjon:**

   Overfører TV-signaler fra sentrale hovedkontorer til lokale stasjoner.

4. **Bedriftsnettverk:**

   Gir små og mellomstore bedrifter muligheten til å oppnå høyere båndbredde uten behov for nye fiberinstallasjoner.

Parameter

CWDM / DWDM

- **Kanalavstand:** 20 nm / 0,8–1,6 nm
- **Antall kanaler:** Opptil 18 / 40–96 eller mer
- **Rekkevidde:** 60–80 km uten forsterkning Over 1000 km med forsterkning
- **Utstyrskostnad:** Lav / Høy
- **Typiske bruksområder:** Lokal- og by-nettverk / Langdistanse og høy kapasitet

CWDM er dermed et attraktivt valg for scenarier hvor kostnadseffektivitet og enkel implementasjon er viktigere enn maksimal kapasitet eller rekkevidde.

Hva er

DWDM

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)

DWDM benytter en teknologi som maksimerer kapasiteten i fiberoptiske nettverk ved å kombinere et stort antall datasignaler på ulike, tettliggende bølgelengder av lys, og overføre dem gjennom én enkelt fiber.
Dette gjør det mulig å sende enorme mengder data over lange avstander, noe som er avgjørende for moderne telekommunikasjon, datacentere og internettleverandører.

Spekteret i DWDM:

- Bølgelengdeområde: C-Båndet 1530 nm – 1565 nm (191.5 -196.1 THz)
- Bølgelengdeområde: L-Båndet 1565 nm – 1625 nm (186.0 -191.5 THz)
- Bølgelengdeområde: O-Båndet 1260 nm – 1360 nm (220.4 -238.1 THz)
- Frekvensområde: Rundt 186.0–196.1 THz (L+C) 220.4 -238.1 THz (O)
- Vanlig kanalseparasjon 100 GHz , 50GHz

Teknisk prinsipp bak

DWDM

BØGELENGDER OG SPEKTRUM:

DWDM opererer primært i C-båndet (1525–1565 nm), som har lav demping i optiske fibre. Det kan også bruke L-båndet (1565–1625 nm) for å øke kapasiteten.
Hver kanal har svært liten bølgelengdeavstand, ofte bare 0,8–1,6 nm. Dette gjør det mulig å pakke mange kanaler (40–96 eller flere) i samme fiber.

TETTHET:

Den tette kanaliseringen gir mulighet for høyere kapasitet enn CWDM. For eksempel kan én fiber med DWDM transportere terabit per sekund (Tbps) med data.

TRANSCEIVERE:

DWDM-transceivere sender og mottar data på spesifikke bølgelengder. Høy presisjon er nødvendig for å unngå overlapp mellom kanalene.

Teknisk prinsipp bak

DWDM

OPTISK FORSTERKNING:

DWDM bruker EDFA (Erbium-Doped Fiber Amplifiers) for å forsterke signalet uten å konvertere det tilbake til elektriske signaler. Dette muliggjør dataoverføring over store avstander (over 1000 km) uten signaltap.

MULTIPLEXER OG DEMULTIPLEXER:

En DWDM-multiplexer kombinerer datasignaler fra flere bølgelengder til én fiber.

Ved mottakeren splittes signalene opp av en demultiplexer tilbake til individuelle kanaler.

Fordeler med

DWDM

HØY KAPASITET:

DWDM kan overføre opptil 96 eller flere kanaler per fiber, hver med båndbredde på opptil 100 Gbps eller mer.
Dette gir total kapasitet på flere terabit per sekund.

LANG REKKEVIDDE:

Med bruk av EDFA-forsterkere og Raman-forsterkning kan DWDM overføre signaler over flere tusen kilometer uten å miste data.

SKALERBARHET:

DWDM kan enkelt oppgraderes ved å legge til flere bølgelengder uten å trekke nye fiberkabler.
Dette gjør det ideelt for nettverk som skal vokse over tid.

EFFEKTIV BRUK AV FIBER:

Maksimerer kapasiteten i eksisterende fiberoptisk infrastruktur, noe som reduserer behovet for nye installasjoner

REDUKSJON AV KONVERTERING:

DWDM lar signalene forbli i optisk form gjennom hele overføringen, noe som minimerer forsinkelse og reduserer kostnadene for elektrisk konvertering.

Bakdeler med

DWDM

HØYE KOSTNADER:

Utstyret som brukes i DWDM, som lasere, transceivere og filtre, er svært presisjonsavhengig og derfor kostbart.

KOMPLEKSITET:

DWDM krever avansert teknologi og kompetanse for installasjon og drift. Dette inkluderer kjøling av lasere og styring av signaler.

ENERGIFORBRUK:

DWDM-lasere krever temperaturkontroll for å sikre stabilitet, noe som fører til høyere strømforbruk.

Hovedkomponenter i et

DWDM-system

Et CWDM-system består av flere nøkkelkomponenter som sammen muliggjør overføringen:

1. **DWDM-lasere:** Disse genererer lys på spesifikke bølgelengder. For å opprettholde kanalstabilitet, krever DWDM-lasere temperaturkontroll.

2. **Optiske forsterkere:** EDFA: Forsterker signaler uten elektrisk konvertering, som gjør det mulig å sende data over lange avstander. Raman-forsterkere: Forsterker signalet langs hele fiberen i stedet for på bestemte punkter.

3. **Multiplexer/Demultiplexer:** Kombinerer og splitter bølgelengder i fiberoptiske kabler. Disse er svært nøyaktige i DWDM-systemer.

4. **Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer (ROADM:** Lar spesifikke bølgelengder legges til eller fjernes fra en fiber uten å påvirke andre kanaler. Dette gir fleksibilitet for dynamiske nettverk.

5. **Transceivere:** Brukes til å sende og motta data over spesifikke DWDM-kanaler. Typisk integrert i nettverksutstyr som routere og switcher.

Typiske bruksområder

DWDM brukes i mange forskjellige type nettverk.

1. **Telekommunikasjon:**
   Brukes til å bygge høyhastighetsnettverk som forbinder byer, land og kontinenter.

2. **Datacentere:**
   Sikrer raske forbindelser mellom datasentre som håndterer store datamengder.

3. **Internettleverandører:**
   Muliggjør høy kapasitet og lave forsinkelser for å støtte moderne internettbruk, inkludert strømmetjenester og skylagring.

4. **Finans:**
   Sikrer lav forsinkelse og høy pålitelighet for finansielle transaksjoner over store avstander.

5. **Forsvar og sikkerhet:**
   Brukes i militære og regjeringsnettverk for sikker kommunikasjon med høy båndbredde.

Hva er

C-BAND/ C-BÅND

C-Band står for Conventional/ konvensjonelle båndet i DWDM optisk kommunikasjon.

Spekteret i C-Bånd:

- **Bølgelengdeområde:** 1530 nm – 1565 nm
- **Frekvensområde:** Rundt 191.5 til 196.1 THz

C- Båndet er populært og mye benyttet fordi båndet har lavt tap i standard singelmode fiberen.

Båndet støtter mange forsterkerteknologier (EDFA) erbium-dopede fiberforsterker

Dispersjonsutfordringer

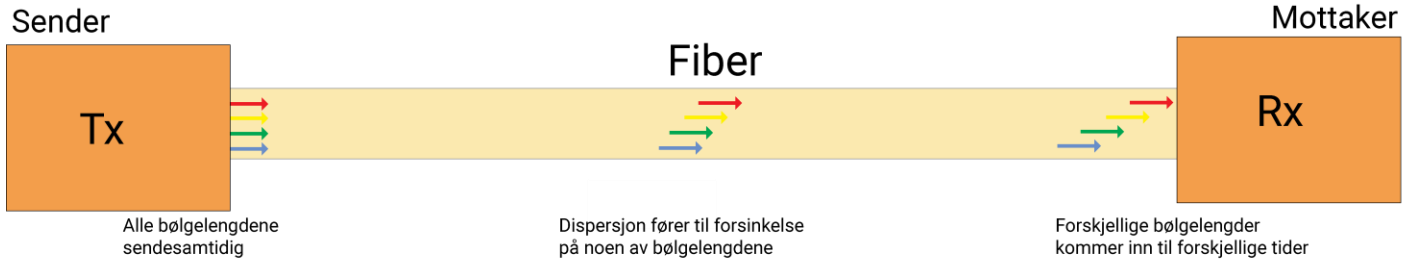
C-båndet

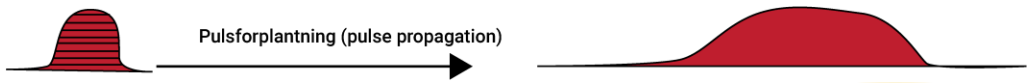
Kromatisk dispersjon oppstår når ulike bølgelengder i en lysimpuls beveger seg med forskjellige hastigheter gjennom en fiber, noe som fører til at signalet «blir uklart».

I C-båndet (1530–1565 nm) i DWDM-systemer er kromatisk dispersjon den viktigste formen for dispersjon, og den avhenger av fiberens design.

Kromatisk dispersjon i standard single-mode fiber (ITU-T G.652):

I C-båndet er dispersjonsverdien typisk rundt 18 ps/(nm·km) (pikosekunder per nanometer per kilometer).
Dette fører til at lysimpulser med ulike bølgelengder sprer seg over tid, som kan gi signaloverlapp og redusert ytelse.





Dispersjonsutfordringer

C-båndet

EFFEKTER AV DISPERSASJON:

Signalforringelse: Høy dispersjon kan føre til tap av datastruktur og lavere overføringshastigheter.

Økt krav til båndbredde: For å pakke kanalene tettere i DWDM-systemer må dispersjonen kompenseres.

Metoder for å håndtere dispersjon i C-båndet:

Dispersjonskompensasjonsfiber (DCF):

Fiber med negativ dispersjon som nøytraliserer positiv dispersjon i vanlig fiber.

Elektronisk dispersjonskompensasjon (EDC):

Digital korreksjon av dispersjonsforvrengning i mottakeren.

Fiber Bragg-gitter (FBG):

Optisk enhet som reflekterer bestemte bølgelengder og korrigerer dispersjon.

Ved høyere datahastigheter (40 Gbps og oppover) blir det enda viktigere å håndtere dispersjon for å bevare signalets kvalitet i DWDM-systemer som opererer i C-båndet.

Hva er

O-Band / O-Bånd

O-Band står for **Original Band**, og refererer til bølgelengdeområdet fra **1260 nm til 1360 nm** i det optiske spekteret. Dette båndet er viktig fordi det er området der **null-dispersjon** oppstår i optisk fiber. Null-dispersjon betyr at lys med forskjellige bølgelengder ikke sprer seg ut og overlapper hverandre, noe som gir mindre signaltap og gjør det enklere å overføre data med høy hastighet.

Spekteret i O-Band:

- Bølgelengdeområde: 1260 nm – 1360 nm
- Frekvensområde: Rundt 220–240 THz
- Unik egenskap: Lav kromatisk dispersjon.

Fordeler med

O-BÅND

Fordeler ved å bruke O-Bånd:

- **Reduserte dispersjonsproblemer:**

  O-Band ligger nær det naturlige null-dispersjonspunktet i standard singel mode fiber, som oppstår rundt 1310 nm.

  Gir enklere modulasjon og signalprosessering.

- **Liten demping:**

  O-Band har en lav dempingskoeffisient (rundt 0,35 dB/km), men ikke så lav som C-Band (~0,2 dB/km).

- **Forsterkning mindre nødvendig:**

  EDFAs (Erbium-Doped Fiber Amplifiers) er ikke effektive i dette området, men dette er mindre kritisk for korte avstander.

DWDM i

O-BÅND

DWDM muliggjør transport av mange datastrømmer samtidig, hver på en egen bølgelengde, gjennom samme fiber. I O-Band brukes smalt plasserte bølgelengder (ofte med en kanalavstand på 100 GHz eller 50 GHz), som tillater høy spektral effektivitet.

DWDM Arkitektur:

- Multiplexing:

  Flere datastrømmer på ulike bølgelengder kombineres til et enkelt optisk signal.

- Demultiplexing:

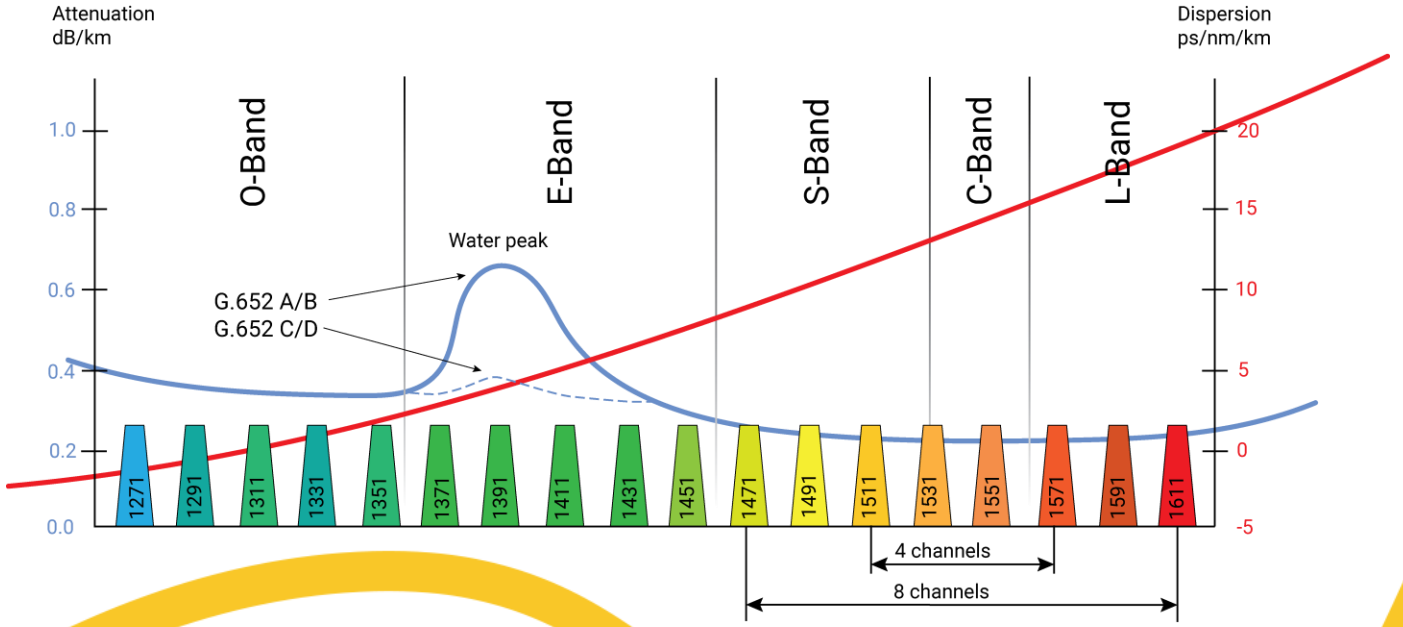
  Signalene splittes ved mottakerenden.

- Wavelength Grid:

  O-Band DWDM bruker et definert sett av bølgelengder i området 1260–1360 nm.

O-Bånd VS C-Bånd

Egenskap	O-Band	C-Band
Bølgelengdeområde	1260–1360 nm	1530–1565 nm
Rekkevidde	Kort til medium	Langdistanse
Kromatisk dispersjon	Lav (nær null)	Moderat
Forsterkere	Ikke EDFAs (kompleks)	EDFAs (moden teknologi)
Demping	0,35 dB/km	0,2 dB/km
Typiske bruksområder	Datasenter, metro-nettverk	Langdistansenettverk



Teknologier for 100G i

O-BÅND

Modulasjonsteknikker:

For å oppnå 100 Gbps per bølgelengde kreves avanserte modulasjonsteknologier:

- **NRZ (Non-Return-to-Zero):**

  Enkel, men ineffektiv ved høyere hastigheter.

- **PAM4 (Pulse Amplitude Modulation, 4 nivåer):**

  - Hver symbolperiode bærer to bits, noe som dobler kapasiteten uten å øke båndbredden.

  - Ofte brukt i korte til middels rekkevidder.

- **Coherent Detection med QPSK:**

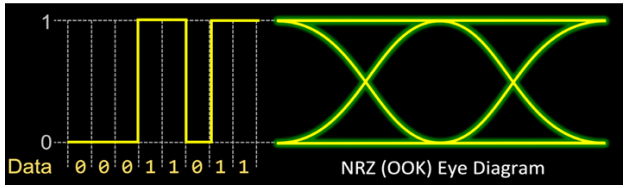
  - Bruker kvadraturfasemodulasjon for å sende 4 biter per symbol.

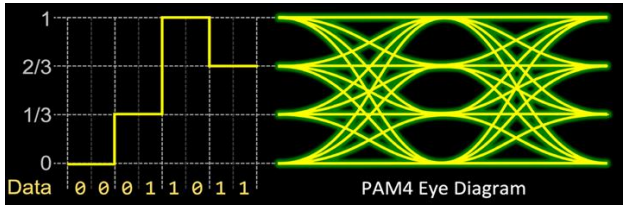
  - Krever komplekse mottakere, vanligvis brukt i langdistansenettverk

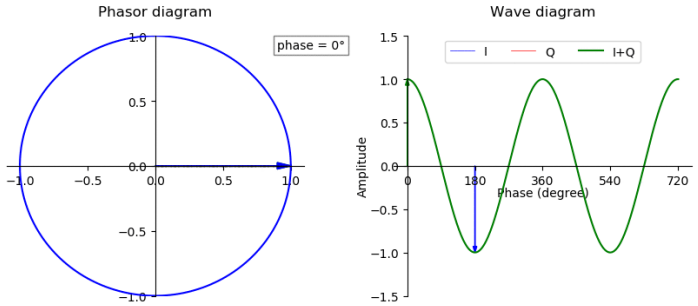
- **DMT (Discrete Multi-Tone):**

  - Effektiv i dispersjonskritiske miljøer.

  - Tillater dynamisk tilpasning av båndbredde.







Teknologier for 100G i

O-BÅND

OPTISKE TRANSCEIVERE:

100G DWDM O-Band bruker spesialiserte transceivere, som kan inkludere:



- QSFP28-moduler: Designet for korte og medium rekkevidder.
- O-Band dedikerte transceivere: Optimalisert for dispersjonsfrie miljøer.
- Forward Error Correction (FEC): FEC brukes for å korrigere feil i det optiske signalet og forbedre overføringspålitelighet uten behov for regenerasjon.

Fordeler FEC
Reduserer bitfeil og forbedrer signalintegritet
Øker Rekkevidden for optiske linker.
Reduserer behovet for retransmisjon.

Ulemper FEC.
Øker Latens pga. ekstra prosessering
Øker Båndbreddeforbruk pga. ekstra paritets data.

Typiske avstandsgrenser

O-BÅND

KORTE AVSTANDER (0–10 km):

Bruksområde: Datasenter-interconnects, campusnettverk eller korte bygningskoblinger.

Teknologi:

- PAM4-modulasjon (Pulse Amplitude Modulation) er typisk for korte avstander.
- Ingen behov for forsterkere eller dispersjonskompensering.

Fordel: Lav kompleksitet, lav energibruk, og billigere transceivere.

MIDDELS AVSTANDER (10–40 km):

Bruksområde: Metro-nettverk og regionale forbindelser.

Teknologi:

- PAM4 eller enklere modulasjoner kan fortsatt brukes, men det kan være behov for mer følsomme mottakere for å kompensere for tap og optisk signalstøy.
- Ingen optisk forsterkning (som EDFAs) brukes vanligvis i dette avstandsområdet.

Fordel: Fortsatt rimelig og effektiv for datakoblinger i tettbygde områder.

Typiske avstandsgrenser

O-BÅND

LENGRE AVSTANDER (40–80 km):

Bruksområde: Metro-tilkoblinger og regionale forbindelser med mer krevende topologier.

Teknologi:

- Mer avanserte modulasjonsteknikker som QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying) eller DMT brukes.
- Dispersjonseffekter kan bli mer fremtredende, men fortsatt innenfor håndterbare nivåer i O-Bånd.
- Elektronisk regenerering eller spesialisert optisk signalbehandling kan være nødvendig.

Faktorer som påvirker avstandene i O-Båndet

DEMPINGSKOEFFISIENT:

- O-Bånd har en demping på ca. **0,35 dB/km** i typiske optiske fibre, som er høyere enn i C-Bånd (0,2 dB/km).
- Over 40–80 km blir signalstyrken betydelig redusert uten forsterkning.

DISPERSJON:

- O-Bånd har lav **kromatisk dispersjon**, spesielt i standard single-mode fiber.
- På avstander over 80 km kan selv den lave dispersjonen bli en utfordring, spesielt for høyhastighetsmodulasjon.

Faktorer som påvirker avstandene i O-Båndet

MODULASJON:

Modulasjonsformatet påvirker avstanden:

- PAM4: Brukes vanligvis opp til 40 km.
- QPSK: Støtter lengre avstander på grunn av høyere robusthet mot dispersjon og støy.
- DMT: Optimal for dispersjonskritiske forhold.

FIBERKVALITET:

- Moderne Low-Loss Optical Fibers kan øke maksimal rekkevidde.
- Bending-Insensitive Fibers kan også bidra til bedre ytelse i praktiske implementasjoner.

Oppsummering av avstander

O-BÅND

KORT REKKEVIDDE (<10 KM):

- Perfekt for datasentre og korte forbindelser. Ingen ekstra teknologi nødvendig.

MIDDELS REKKEVIDDE (10-40 KM):

- Krever god optisk signalprosessering, men kan fortsatt være kostnadseffektivt.

LENGRE REKKEVIDDE (10-40 KM):

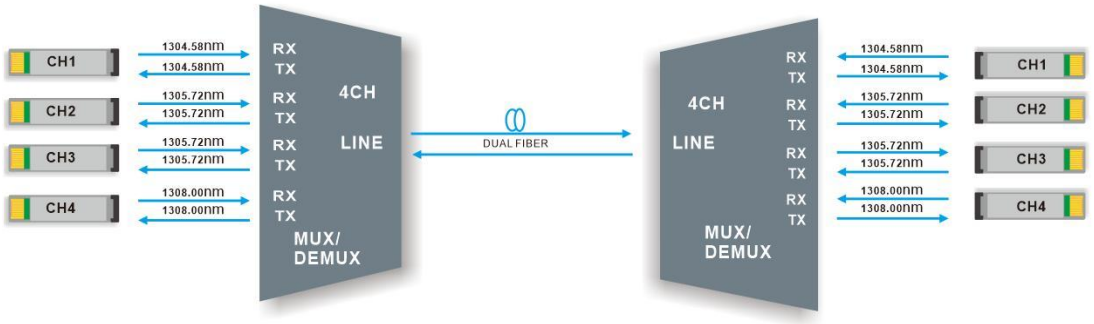
- Krever avanserte modulasjonsteknikker, regenerering eller spesiell forsterkning.

UTOVER 80 KM:

- O-Bånd mister sin fordel; C-Band eller L-Band er bedre alternativer.

DWDM 4-KANAL DUAL FIBER





QSFP28, 100GbE, O-Band DWDM
40km, 18dB, SM, LC FEATURES

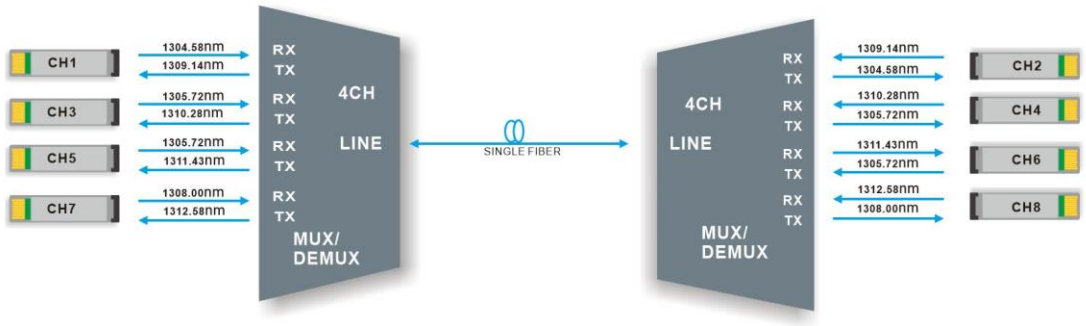
- Hot-pluggable QSFP28 form factor
- Supports 106.25Gb/s(PAM4)
- High Sensitivity APD Receiver
- Operation case temperature -5°C to +80°C
- Single 3.3V power supply
- Aligned with IEEE 802.3bs and 100G Lambda MSA
- Duplex LC receptacles
- I2C management interface
- RoHS-6 compliant
- Compliant with QSFP28 MSA
- nWDM 8 Wavelengths



DWDM 4-KANAL SINGEL FIBER





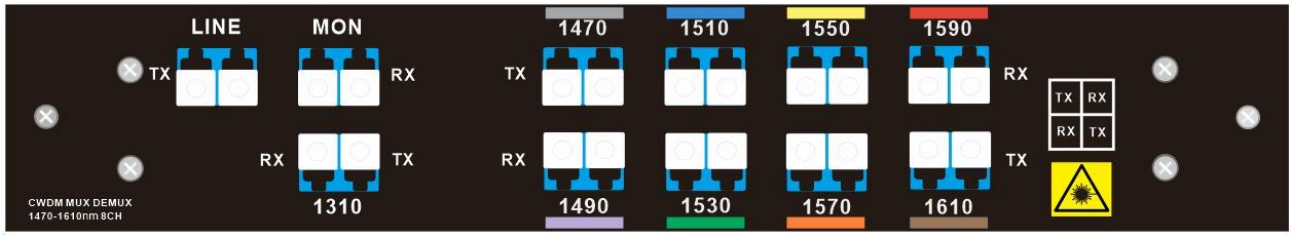


QSFP28, 100GbE, O-Band DWDM
40km, 18dB, SM, LC FEATURES

- Hot-pluggable QSFP28 form factor
- Supports 106.25Gb/s(PAM4)
- High Sensitivity APD Receiver
- Operation case temperature -5°C to +80°C
- Single 3.3V power supply
- Aligned with IEEE 802.3bs and 100G Lambda MSA
- Duplex LC receptacles
- I2C management interface
- RoHS-6 compliant
- Compliant with QSFP28 MSA
- nWDM 8 Wavelengths



UTNYTTELSE AV WB1310 KANALEN

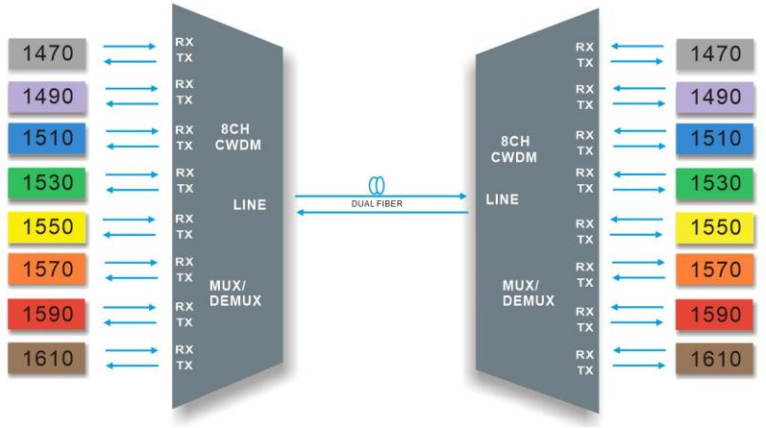




QSFP28 BiDi 100GbE LWDM 80km
L4 Tx 1280/ L4 Rx 1310nm SM

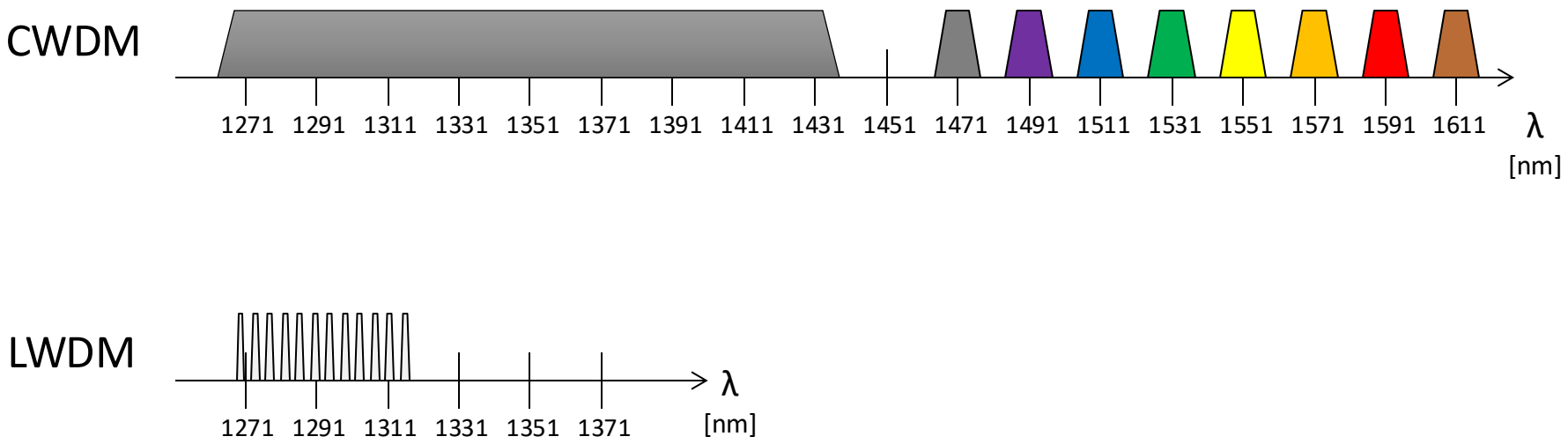


QSFP28 BiDi 100GbE LWDM 80km
L4 Tx 1310/ L4 Rx 1280nm SM



1310nm Port Pass
Band Width
1260nm~1360nm Insertion Loss @
1310 port
≤ 0.8dB

LWDM vs CWDM



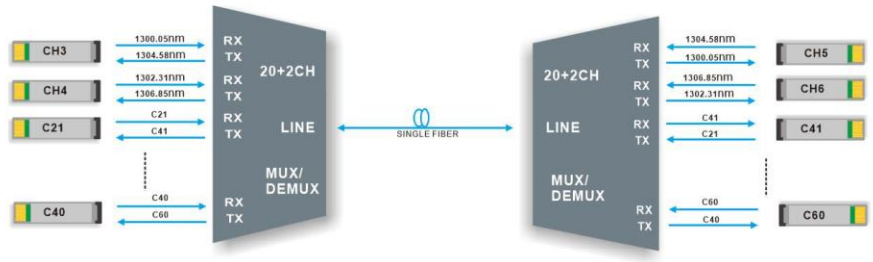
LWDM (Low wawelength Division Multiplexing) 1260-1360nm
Kanalavstand 200ghz

LØSNINGSFORSLAG 1

20+2 kanaler DWDM Mux/Demux i én passiv Singel fiber punkt-til-punkt løsning

DWDM Mux/Demux med Singel fiber 20 kanaler (40 bølgelengder) i C-Band og 2 kanaler (4 bølgelengder) i O-Band med monitorport, LC/UPC i 1U. 20 kanaler i C-Båndet, C21-C60 og 2 kanaler i O-Band, 1300,05/1302,31/1304,58/1306,85nm.





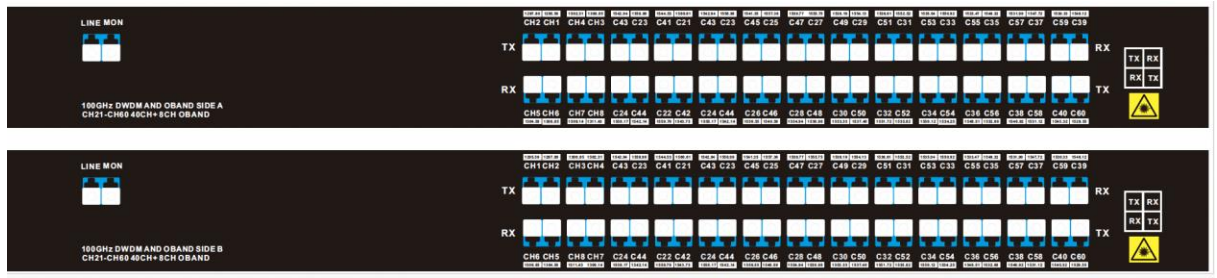
Q100G-L40-DOxx, QSFP28 100GbE O-Band DWDM, 40km, 18dB, SM, LC, 8 DWDM kanaler i O-Båndet



LØSNINGSFORSLAG 2

20+4 kanaler DWDM Mux/Demux i én passiv Singel fiber punkt-til-punkt løsning

DWDM Mux/Demux med Singel fiber 20 kanaler (40 bølgelengder) i C-Band og 4 kanaler (8 bølgelengder) i O-Band, med monitorport, LC/UPC i 1U. 20 kanaler i C-Båndet, C21-C60 og 4 kanaler i O-Band,1295.56/1297.80/1300,05/1302,31/1304,58/1306,85/1309.14/1311.43nm.



Q100G-L40-DOxx, QSFP28 100GbE O-Band DWDM, 40km, 18dB, SM, LC, 8 DWDM kanaler i O-Båndet

