

## FIBERTYPERNA I NÄTET OCH DERAS OPTISKA FELAKTIGHETER

**SUNET byggs huvudsakligen upp med två typer av optisk fiber. Båda är visserligen single mode, men skiljer sig åt i vissa viktiga parametrar. De är därför lämpliga för olika typer av förläggning.**

Alla vanliga optiska fibrer är standardiserade enligt en ITU-T-norm, men olika tillverkare kan ändå ha olika produktnamn på dem. För SUNET har man valt typerna **ITU-T G.652** och **ITU-T G.657**. De är båda tämligen vanliga typer, men med olika användningsområden. Vad fibern kan användas till beror på vilka felaktigheter den inför i ljuset. Föreliggande beskrivning är ingalunda heltäckande, utan tämligen förenklad.



100 kilometer på en liten rulle

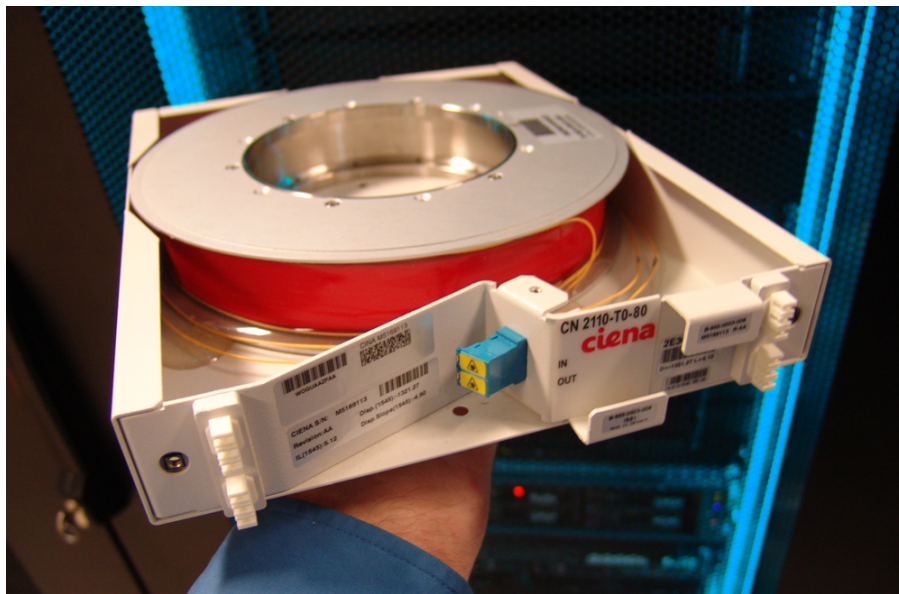
## KROMATISK DISPERSION

Ett mycket allvarligt fel är den kromatiska dispersion fibern uppvisar vid olika våglängder. De våglängder det rör sig om är de vanliga vid datatransmission, nämligen 1310 nanometer och 1550 nm. Kromatisk dispersion är en lurig parameter och det bästa vore om den vore noll, men så bra ska det inte vara. Förklaringen är komplicerad, men går ut på hur mycket ljuset fördröjs vid olika våglängder och räknas i pikosekunder per nanometer-kilometer (ps/nm\*km). Ett typiskt värde är 18 ps/nm-km.

I korthet går det ut på att en ljuspuls i en fiber inte kommer fram oskadd i andra änden. Dispersionen är den egenskap som gör att ljus av en våglängd kommer fram lite före, eller efter en annan. Även om ljuset i fibern är koherent och av mycket smal bandbredd är bandbredden inte noll. Ljuset av något kortare våglängd fördröjs i en typ av fiber något mer än den längre våglängden. Resultatet blir en utsmetad puls. Om pulsen smetas ut kommer detta att sätta en gräns för hur korta pulser man kan överföra, eftersom de tenderar att ta i varandra så det inte går att skilja dem åt. Det anger i sin tur hur snabba pulser, eller hur många bitar per sekund fibern kan överföra. Man vill därför att dispersionen ska vara så liten som möjligt.

DCF

I vanlig transmissionsfiber går det inte att bli av med dispersionen, utan den måste kompenseras bort med en fiber med motsatta dispersionsegenskaper.



Bilden visar en typisk rulle dispersionskompenserad fiber (DCF). Detta åstadkoms genom att glaset ges en annorlunda dopning än i transmissionsfibern. Längden kan vara mellan 60 och 150 kilometer (jo, på den lilla rullen) vilket kan göra nätet en bra bit längre, med ökad dämpning som följd. Ett typiskt värde på den kromatiska dispersionen i en dylik rulle kan vara -100 ps/nm-km.

Det här är emellertid en teknik i utdöende. Moderna nät kan läggas med fiber med omväxlande positiv och negativ dispersion så att egenskapen tar ut sig över fiberns hela längd. En annan, hypermodern metod som kommer att tillämpas i Nya SUNET är att motverka dispersionen med matematiska algoritmer i ändutrustningen. Datorer har blivit så mycket starkare på det senaste att detta är möjligt.

## POLARISATIONSDISPERSION

Det är ingen hejd på parametrarna. Nästa parameter är polarisationsdispersionen (Polarization Mode Dispersion, PMD), som räknas i pikosekunder per roten ur kilometer ( $\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$ ). Ett typiskt värde är  $0,1 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ .

Skickar man ljus genom fibern där polarisationen inte spelar någon roll borde alla polarisationsriktningar komma fram samtidigt i en ideal fiber. Den ideala fibern är absolut rund. En verklig fiber är inte absolut rund utan något oval med slumpmässiga variationer utmed fiberns hela längd. Det får vissa polarisationsriktningar att fördröjas mer än andra. Även detta resulterar i att en ljuspuls kommer att smetas ut, vilket precis som tidigare begränsar fiberns kapacitet.

För att öka fiberns kapacitet sänder man ofta två dataströmmar med samma våglängd men med olika polarisationsriktning över en fiber samtidigt. I en fiber med hög PMD kommer de olika strömmarna att fördröjas olika mycket. Om de är synkrona vid sändning är de inte längre synkrona vid mottagning.

Det är besvärligt att kompensera för detta.

## DÄMPNING

Ytterligare en parameter man måste känna till är fiberns dämpning. Den räknas i decibel per kilometer (dB/km). Ett typiskt värde kan vara  $0,25 \text{ dB/km}$ . Denna parameter är desto enklare att förklara. Den beror på felaktigheter och föroreningar i kvartsglasat, vilka åter upp en del av ljuset.

## BÖJFÖRLUSTER

Olika fibertyper förlorar olika mycket ljus vid böjning i stora radier (macro bend loss). Det kan till exempel räknas i förlust (dämpning) vid en böjning på hundra varv runt en stång med en diameter på 10 millimeter och räknas i decibel (dB). Ett typiskt värde kan vara  $0,1-0,5 \text{ dB}$ , alltså ganska mycket på bara 3 meter. Det gäller att inte böja en fiber skarpt för då smiter allt ljus ut. Det måste man ta hänsyn till vid förläggning av stadsnät, där fibern böjs och kröks och "misshandlas" en del vid läggningen.

Det finns därför särskilt böjökänslig fiber som till gengäld håller högre dämpning per kilometer, något man får tåla vid förläggning inom en stad.

## EXEMPEL: ITU-T G.652

Denna typ av fiber är lämplig för överföring på långa avstånd, mellan städer där man eftersträvar låg dämpning. Den tål inte mycket böjning, men det spelar inte så stor roll för fiber som är fast förlagd i marken.

Ett typiskt exempel på G.652 är Corning SMF-28. Datablad:

<https://www.corning.com/media/worldwide/coc/documents/Fiber/SMF-28%20Ultra.pdf>

**Snabbdata 1550 nm**

**Kärndiameter:** 9,2  $\mu\text{m}$

**Primärskyddets diameter:** 125  $\mu\text{m}$

**Dispersion:**  $\leq 18 \text{ ps/nm*km}$

**Polarisationsdispersion:**  $\leq 0,04 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$

**Dämpning:**  $\leq 0,18 \text{ dB/km}$

**Böjförlust (100 varv/25 mm):**  $\leq 0,01 \text{ dB}$

## LÄS MER

Jämförelser mellan olika fibertyper: <http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=170740&seqNum=7>

Skriven av



## JÖRGEN STÄDJE

Jag heter Jörgen Städje och har skrivit om teknik och vetenskap sedan 1984. Friskt kopplat, hälften brunnet!