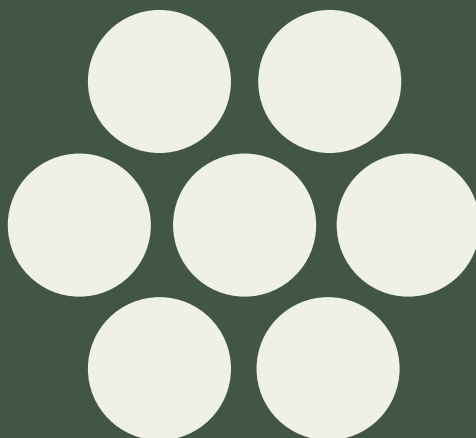


Vägledning för införande av Passiva Optiska Nät

Bilaga 1 Kapacitetsberäkning

Version 1.0



Innehåll

1.	Inledning	2
	1.1 Syfte	2
	1.2 Tekniska förutsättningar	2
	1.3 Beräkningsbegrepp	2
	1.4 Verktyg för kapacitetsberäkning	3
2.	Beräkning av den totala band-bredden	4
3.	Kapacitetsberäkning per OLT-port.....	4
	3.1 Syfte	4
	3.2 Beräkning	4
	3.3 Beräkningsmodell med laddfaktor	5
	3.4 Tolkning och dimensionering	6
4.	Överbokning	7
	Referenser	7



1. Inledning

1.1 Syfte

Denna bilaga fungerar som en **praktisk** tillämpning i projekteringsfasen avseende kapacitetsberäkning av ett PON-nät och bygger på grunderna i G.9807.1 med tillägg för:

- Realistiska trafikprofiler som samtidighet, användarbeteenden, trafikmönster över tid och abonnemangstyp.
- Förenklade beräkningsmodeller som underlättar nätplanering i praktiken.

Beräkningarna är tumregler och kan inte ersätta detaljerade trafikmätningar.

Kapacitetsutnyttjandet bestäms inte enbart av samtidighetsfaktorer och användarbeteenden utan också av antalet OLT-portar, ONT:er samt kunder som delar kapaciteten.

1.2 Tekniska förutsättningar

Nedströmskapacitet per port	10 000 Mbit/s
Uppströmskapacitet per port	10 000 Mbit/s
Max ONT per port	Vanligtvis upp till 64, i vissa fall upp till 128 (beroende på OLT-specifikation)

1.3 Beräkningsbegrepp

Abonnemangsprofil – tekniska resurser och parametrar en kund (abbonnent) tilldelas i nätet. Hanterar till exempel:

- Bandbreddsallokering
- Tjänstekvalitet (Quality of Service - QoS)
- Policy och nätverksstyrning
- Provisionering och automatisering

Abonnemangstyp – marknads- eller produktbenämning (t.ex. Privat 100/100) som översätts till abonnemangsprofilen i nätet. Hanterar till exempel:

- Bandbredd
- Tjänsteinnehåll
- Serviceavtal (Service Level Agreement – SLA / Servicenivå – SN)

Abonnemangets bandbredd är den parameter som ligger till grund för de kapacitetsberäkningar som hanteras i denna bilaga.

Max nominell hastighet (Mbit/s) . den högsta överföringshastighet som ett abonnemang är avtalat för och som nätet tekniskt är konfigurerat att leverera till en användare uttryckt i megabit per sekund (Mbit/s).

Samtidigheidsfaktorn (S), används för att modellera hur många användare som samtidigt belastar OLT-porten vid en given tidpunkt – typiskt under peak-period.

Formel: $S = \text{Faktisk trafik i peak (Mbit/s)} \div \text{Max nominell hastighet per abonnemang (Mbit/s)}$.



Genomsnittlig faktisk användning (G), anger hur mycket bandbredd en genomsnittlig användare faktiskt utnyttjar, inte maxhastigheten i abonnemanget.

Formel: $G = [\text{Total trafik under perioden (Mbit)}] \div [\text{Antal användare} \times \text{Tid (perioden i sekunder)}]$.

Peak (Mbit/s), ett schablonvärde för den högsta genomsnittliga trafikmängden som en abonnemangstyp förväntas generera under den mest belastade perioden på dygnet ("peak hours"), uttryckt per användare. Peakvärden används inte direkt i beräkningsformler utan fungerar som referens- och kontrollvärden för att verifiera att beräknad portbelastning är rimlig i förhållande till förväntade användarmönster.

Schablonmatris för kapacitetsberäkning

För kapacitetsberäkningar i projekteringsfasen kan en schablonmatris användas för en förenklad uppskattning av den totala belastningen på en PON-port, d.v.s. den sammanlagda trafikvolymen (Mbit/s eller Gbit/s) som alla anslutna användare samtidigt genererar på en specifik OLT-port under en viss tid, vanligtvis under peak-period.

- **Vid dimensionering rekommenderas att belastningen inte planeras över ca 70 % av portkapaciteten under peak.**
- **Värdena för Faktisk användning och Peak är uppskattade schabloner och ska justeras utifrån det verkliga uppmätta kundnyttjandet.**

Abonnemangstyp Exempel	Max nominell hastighet (Mbit/s)	Samtidighetsfaktor (S)	Genomsnittlig faktisk användning - dygnsgenomsnitt (Mbit/s) (G)	Peak (Mbit/s)
A Privat	100/100	0,5	20-30	50 (kl 18-22)
B Privat	250/250	0,48	50-70	120 (kl 18-22)
C Privat	1000/1000	0,20	120-150	200 (kl 18-22)
D Företag	100/100	0,3	15-20	30 (kl 08-17)
E Företag	500/500	0,3	50-100	150 (kl 08-17)
F Företag	1000/1000	0,5	100-300	500 (kl 08-17)
G Företag	2000/2000	0,5	300-600	1000 (kl 08-17)
H Företag	5000/5000	0,6	1000-2000	3000 (kl 08-17)
I Företag	8000/8000	0,63	2000-4000	5000 (kl 08-17)

Tabell 1. Exempel på schablonmatris för kapacitetsberäkning

Anm.

- Samtidighetsfaktor ökar ju större kapacitet företagsabonnemanget har, eftersom dessa ofta kör mer kontinuerlig, högintensiv trafik (färre "viloperioder" än privatkunder).
- Faktisk användning uppskattad som en realistisk del av nominell kapacitet, med breda intervall för att fånga olika beteenden.

1.4 Verktyg för kapacitetsberäkning

För Kapacitetsberäkning se *Bilaga 1.1 Verktyg Kapacitetsberäkning*



2. Beräkning av den totala bandbredden

Beräkning av total efterfrågad bandbredd används främst i förstudier och för övergripande dimensionering av aggregerings- och transportnät. Vid portnivådimensionering används i stället beräkningen i kapitel 3.

Formel: Total *efterfrågad bandbredd* = Antal användare $\times$ G $\times$ S

3. Kapacitetsberäkning per OLT-port

3.1 Syfte

Att säkerställa att belastningen på en OLT -port inte överskrider portens tillgängliga kapacitet (10 Gbit/s i XGS-PON).

3.2 Beräkning

Portbelastning uppskattas med formeln:

Portbelastning (Mbit/s) = A $\times$ G $\times$ S

Där:

- A = antal användare per port
- G = genomsnittlig faktisk användning (Mbit/s)
- S = simultansfaktorn

Exempel kapacitetsberäkning :

Exemplet baseras på parametrar i enlighet med kapitel 1.3 *Schablonmatris för kapacitetsberäkning*:

1. Vi har en 1:32 splitter ansluten till 10 Gbit/s OLT-port. Till splitttern ansluts 25 användare:

- 10 användare med *Abonnemangstyp A. Privat* med en Maximal nominell hastighet på 100/100 Mbit/s
- 10 användare med *Abonnemangstyp C. Privat* med en Maximal nominell hastighet på 1000/1000 Mbit/s
- 5 användare med *Abonnemangstyp F Företag* med en Maximal nominell hastighet på 1000/1000 Mbit/s



2. Vi beräknar den totala nominella kapaciteten:

- $(10 \times 100) + (10 \times 1000) + (5 \times 1000) = 16\,000 \text{ Mbit/s}$

Detta är orealistiskt då alla användare aldrig kör fullt samtidigt så vi går vidare med nästa steg.

3. Vi väljer schabloner för G och S från tabellen i kap 3:

- A Privat: $G \approx 20\text{--}30 \text{ Mbit/s}$, $S \approx 0,5$
- C Privat: $G \approx 120\text{--}150 \text{ Mbit/s}$, $S \approx 0,2$
- F Företag: $G \approx 100\text{--}300 \text{ Mbit/s}$, $S \approx 0,5$

4. För beräkning väljer vi mittvärden för G och S (så blir det hanterbart):

- $100 \text{ Mbit/s} \rightarrow G = 25$, $S = 0,5$
- $1000 \text{ Mbit/s} \rightarrow G = 135$, $S = 0,2$
- $1000 \text{ Mbit/s} \rightarrow G = 200$, $S = 0,5$

5. Dags att räkna portbelastning per grupp (Formeln: $\text{Belastning} = A \times G \times S$):

- 100 Mbit/s-gruppen:
 $10 \times 25 \times 0,5 = 125 \text{ Mbit/s}$
- 1000 Mbit/s-gruppen:
 $10 \times 135 \times 0,2 = 270 \text{ Mbit/s}$
- 1000 Mbit/s-gruppen:
 $5 \times 200 \times 0,5 = 500 \text{ Mbit/s}$

6. Vi summerar den totala belastningen på porten

$$125 + 270 + 500 = 895 \text{ Mbit/s}$$

Den totala belastningen på porten blir ca 895 Mbit/s under peak - alltså <10 % av en XGS-PON-ports kapacitet (10 000 Mbit/s).

3.3 Beräkningsmodell med laddfaktor

Laddfaktor (L), är ett mått som visar hur mycket av den tillgängliga kapaciteten i en OLT-port som faktiskt används under en viss tid.

Formel: $L(\text{port}) = \frac{\sum(\text{Antal abonnenter} \times \text{Genomsnittlig faktisk användning})}{\text{Tillgänglig portkapacitet}}$

Formel: $\text{Belastning} = A \times C \times L \times S$

Laddfaktor (L) är främst användbar som ett drift- och analysmått för att följa upp hur väl kapaciteten i en OLT-port utnyttjas över tid och för att jämföra olika portar eller områden. Den kan också fungera som en KPI i nätövervakning, exempelvis genom att sätta tröskelvärden för när en port anses vara högt belastad.

Vid projektering och dimensionering rekommenderas dock i första hand beräkningen av portbelastning ($A \times G \times S$), eftersom den mer direkt visar den realistiska trafiknivån under peak och därmed är bättre för att dimensionera antalet användare per port.



3.4 Tolkning och dimensionering

Belastning	Tolkning
< 500 Mbit/s	Mycket låg belastning
1-5 Gbit/s	Normal till hög belastning.
> 5 Gbit/s	Risk för trängsel

Tabell 2. Tolkning av kapacitetsberäkning

Anm. Se avsnitt 1.3 för riktlinjer om peak-hantering.



4. Överbokning

Ett enkelt sätt att kontrollera att den faktiska förbrukningen inte överstiger kapaciteten i OLT – porten och för att Identifiera om fler användare kan anslutas utan kvalitetsproblem är att använda nedanstående formel:

Formel för överbokningsgrad:

Överbokningsgrad = Total abonnemangshastighet ÷ Portkapacitet

Exempel:

- 64 användare med 500 Mbit/s = 32 000 Mbit/s total abonnemangshastighet.
- Portkapacitet = 10 000 Mbit/s
- Överbokningsgrad = 32 000 / 10 000 = **3,2***

* Tumregel

- Under 10× = mycket konservativt (företag, premiumtjänster).
- 10-20× = bra balans för MDU och blandade miljöer
- 20-40× = acceptabelt i rena villaområden (privat).
- >40× = riskabelt, fungerar bara om kundmixen är extremt lätt och penetration låg.

Anm. Överbokningstal är endast en indikativ parameter och ska alltid vägas mot faktisk användning och tjänstetyper.

Referenser

ITU-T G.9807.1 (2016), '10-Gigabit-capable symmetric passive optical network (XGS-PON)'.

Robust Fiber – Svenska Stadsnätetsföreningen, Vägledningar och anvisningar.

FOA (Fiber Optic Association), referensdokumentation.

