



## PUHELINSISÄJOHTOVERKON LAAJAKAISTAISEN SUORITUSKYVYN MITTAAMISOHJE

### SISÄLLYS

#### 1 JOHDANTO

- 1.1 Soveltamisala
- 1.2 Liittyminen muihin ST-kortteihin

#### 2 MÄÄRÄYKSET JA STANDARDIT

- 2.1 Määräykset
- 2.2 Standardit

#### 3 MÄÄRITELMÄT JA LYHENTEET

- 3.1 Määritelmät
- 3.2 Lyhenteet

#### 4 PUHELINSISÄJOHTOVERKON SOVELTUVUUS DSL-LAAJAKAISTAYHTEYKSIIN

- 4.1 Puhelinsisäjohtoverkkoa hyödyntävät internetliittymät
  - 4.1.1 Henkilökohtaiset ADSL-liittymät
  - 4.1.2 Kiinteistökohtaiset liittymät
- 4.2 Puhelinsisäjohtoverkon suorituskykyyn vaikuttavat tekijät
  - 4.2.1 Kaapelit
  - 4.2.2 Liitokset ja jatkokset

4.2.3 Etäisyys talojakamosta huoneiston  
puhelinpistorasiaan

4.2.4 Puhelinsisäjohtoverkon kuormitus

4.3 Suorituskyvyn määrittely

#### 5 LÄHTÖTIEDOT JA MITTAUSSUUNNITELMA

- 5.1 Dokumentit
- 5.2 Näytteenottotaso
- 5.3 Mittaussuunnitelma

#### 6 MITTAUSJÄRJESTELMÄ JA LAITTEET

- 6.1 Mittausjärjestelmän periaate
- 6.2 Laitteiden vaatimukset

#### 7 MITTAUSMENETTELY

- 7.1 Mittauskokoontaminen
- 7.2 Laitteiden asetukset ja konfigurointi
- 7.3 Tarvitavat kytkennät
- 7.4 Mitattavat ominaisuudet
- 7.5 Kytcentöjen palauttaminen ennalleen

#### 8 MITTAUSTULOSTEN RAPORTOINTI

- 8.1 Raportoitavat asiat
- 8.2 Esimerkki mittauspöytäkirjaan kirjoitettavasta lausunnosta

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Soveltamisala

Tässä ST-kortissa annetaan ohjeet puhelinsisäjohtoverkon laajakaistaisuuden mittaamisesta. Kortissa esitetään ADSL2+-suorituskyvyn perusteet, määritellään puhelinsisäjohtoverkon ADSL2+-suorituskyvyn mittausjärjestelmä laitteineen, mittausmenettely ja tulosten raportointi. Mittauspöytäkirjan lomakemalli on esitetty ST-kortissa 98.43.

Tämän ST-kortin pääperiaatteita voidaan soveltaa myös puhelinsisäjohtoverkon VDSL2-suorituskyvyn mittaamiseen. Kortti päivitetään VDSL2-mittausta varten, kun VDSL2-tekniikka ja VDSL2-mittauslaitteita on tullut laajemmin markkinoille.

### 1.2 Liittyminen muihin ST-kortteihin

Tämän ST-kortin aihepiiriin kuuluvia asioita on käsitelty lisäksi seuraavissa ST-korteissa:

- ST 98.11 Puhelinsisäjohtoverkon kuntotutkimusohje, Sähkötieto ry.
- ST 98.41 Puhelinsisäjohtoverkon kuntotutkimuspöytäkirja, Sähkötieto ry.

## 2 MÄÄRÄYKSET JA STANDARDIT

### 2.1 Määräykset

Puhelinsisäjohtoverkkoa koskee seuraava määräys:

- Viestintäviraston määräys puhelinsisäjohtoverkosta 25 E / 2007 M (valmistuu vuoden 2007 aikana).

### 2.2 Standardit

- EN 50173-1 (2007): Information technology – Generic cabling systems – Part 1: General requirements. Standardi on suomennettu ja julkaistaan standardina SFS-EN 50173-1 vuoden 2007 aikana.
- EN 50173-4 (2007): Information technology – Generic cabling systems – Part 4: Homes. Standardi on suomennettu ja julkaistaan standardina SFS-EN 50173-1 vuoden 2007 aikana.
- ITU-T G.992.5 (2005): Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers – Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2+).

## 3 MÄÄRITELMÄT JA LYHENTEET

### 3.1 Määritelmät

#### *Kohinamarginaali*

Kohinamarginaali ilmoittaa, kuinka paljon yhteyden signaalikohinasuhde voi heiketä, jotta virhesuhdevaatimus (alle  $10^{-7}$ ) edelleen täytyisi.

#### *Myötäsuunta*

Tietoliikenteen suunta teleyrityksen verkosta asiakkaan päätelaitteelle.

#### *Paluusuunta*

Tietoliikenteen suunta asiakkaan päätelaitteelta teleyrityksen verkkoon.

### 3.2 Lyhenteet

#### *DSLAM*

DSL-keskitin (DSL Access Multiplexer). Asiakkaiden DSL-yhteydet runkoyhteydelle yhdistävä laite.

#### *xDSL*

Yleisnimitys parikaapelin (puhelinkaapelin) käyttöön perustuville digitaalisille liittytäteknikoille (DSL= Digital Subscriber Line). Kirjaimen x paikalla olevan kirjain määrittelee tekniikan tarkemmin. Yleisimpiä ovat ADSL, ADSL2, ADSL2+, HDSL, SHDSL, VDSL ja VDSL2.

## 4 PUHELINSISÄJOHTOVERKON SOVELTUVUUS DSL-LAAJAKAISTAYHTEYKSIIN

### 4.1 Puhelinsisäjohtoverkkoa hyödyntävät internetliittymät

Perinteinen puhelinverkko on alun perin tarkoitettu vain puheluiden välittämiseen.

Uudet tekniikat mahdollistavat kuitenkin internetliittymien toteuttamisen olevaa perinteistä puhelinverkkoa käyttäen. Liittymät ovat pääasiassa kahta tyyppiä:

- henkilökohtaiset ADSL-liittymät
- kiinteistökohtaiset liittymät DSLAM-tekniikalla (HomePNA-tekniikka ei ole suositeltava).

Uusien ja peruskorjattavien asuin- ja toimitilakiinteistöjen puhelinsisäjohtoverkot on rakennettava Viestintäviraston määräyksen 25 E / 2007 M mukaisesti.

#### 4.1.1 Henkilökohtaiset ADSL-liittymät

Henkilökohtaisissa liittymissä ADSL-yhteys toteutetaan suoraan asiakkaalle teleyrityksen lähimmästä keskuksesta tai keskittimestä. Keskuksessa tai keskittimessä sijaitsee DSL-keskitin eli DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), johon tulee runkoyhteys yleensä Ethernet-tekniikalla (aiemmin ATM). Etäisyys asiakkaan puhelinpistorasiaan voi olla useita kilometrejä riippuen kiinteistön sijainnista ja

alueen asukastiheydestä. ADSL-tekniikka on vuosien aikana kehittynyt ja uusinta ADSL-tekniikkaa edustaa ADSL2+, jonka teoreettinen maksiminopeus myötäsuunnassa on 24 Mbit/s ja paluusuunnassa 3 Mbit/s.

Henkilökohtaisissa internetliittymissä asiakkaan saamaan siirtonopeuteen vaikuttavat suoraan kaikki tekijät, jotka vaikuttavat keskuksen ja asiakkaan puhelinpistorasian välillä:

- teleyrityksen liittytäväverkko-osuuden suorituskyky
- kiinteistön puhelinsisäjohtoverkon suorituskyky
- lisäksi kulloinkin saavutettava nopeus riippuu liittytäväverkko-osuuden ja puhelinsisäjohtoverkon kuormituksesta eli siitä, kuinka paljon samanaikaisia laajakaistaisia internetyhteyksiä on käytössä. Myös verkon ulkopuoliset häiriöt vaikuttavat nopeuteen.

Kiinteistön puhelinsisäjohtoverkon laajakaistaisuuden selvittäminen ei siis tässä tapauksessa anna todellista kuvaa koko yhteyden suorituskyvystä. Samantasoisella puhelinsisäjohtoverkolla voidaan saada hyvin erilaisia nopeuksia riippuen siitä, miten kaukana keskuksesta kiinteistö sijaitsee, millaisilla kaapeleilla liittytäväverkko-osuus on toteutettu ja millaisia jatkoksia ja liittäntöjä liittytäväverkko-osuudella on ja kuinka paljon.

#### 4.1.2 Kiinteistökohtaiset liittymät

Kiinteistökohtaisissa liittymissä DSLAM sijoitetaan kiinteistön talojakamoon. Kiinteistö voi olla esim. yksi tai useampi kerrostalo tai rivitalo. Teleyritys tuo tässä tapauksessa DSLAMin runkoyhteyden talojakamoon joko perinteisellä puhelinverkon kaapelilla (talokaapeli) tai valokaapelilla. Runkoyhteyden nopeus mitoitetaan sopivaksi siten, että kiinteistön kullekin huoneistolle riittää tietty määritelty nopeus. Valokaapeli mahdollistaa helposti esim. 100 Mbit/s tai 1 Gbit/s nopeuden. Kehittyneillä DSL-tekniikoilla ja tarvittaessa usean parin rinnakkaisella käytöllä (bonding) saadaan myös puhelinkaapelilla talojakamoon saakka runkoyhteys, jonka nopeus on kymmeniä Mbit/s.

Kiinteistöliittymässä DSL-yhteys muodostetaan talojakamon ja huoneiston välille. Käytettävät sisäverkkotekniikat ovat tyypillisesti ADSL2+, VDSL ja lähitulevaisuudessa myös VDSL2. Koska etäisyydet kiinteistön sisällä ovat enintään satoja metrejä, voidaan DSL-tekniikoita hyödyntää huomattavasti tehokkaammin kuin henkilökohtaisissa liittymissä. Tässä tapauksessa saavutettavat nopeudet riippuvat pääasiassa kahdesta tekijästä:

- talojakamoon tulevan runkoyhteyden nopeus
- kiinteistön puhelinsisäjohtoverkon suorituskyky
- lisäksi kulloinkin saavutettava nopeus riippuu puhelinsisäjohtoverkon kuormituksesta eli siitä, kuinka paljon samanaikaisia laajakaistaisia internetyhteyksiä on käytössä. Myös verkon ulkopuoliset häiriöt vaikuttavat nopeuteen.

Kiinteistöliittymän tapauksessa edellä mainitut kaksi tekijää ovat kuitenkin eroteltavissa ja kumpikin paremmin erikseen määriteltävissä. Teleyritys määrittelee talojakamoon saatavan nopeuden ja kiinteistön omistaja (taloyhtiö) voi selvittää kiinteistönsä puhelinsisäjohtoverkon suorituskyvyn. Tässä ST-kortissa esitetään menetelmä kiinteistön puhelinsisäjohtoverkon laajakaistaisen suorituskyvyn mittaamiseksi.

## 4.2 Puhelinsisäjohtoverkon suorituskykyyn vaikuttavat tekijät

Puhelinsisäjohtoverkon laajakaistainen suorituskyky riippuu seuraavista tekijöistä:

- kaapelit
- liitokset ja jatkokset
- etäisyys talojakamosta huoneiston puhelinpistorasiaan
- lisäksi kulloinkin saavutettava nopeus riippuu puhelinsisäjohtoverkon kuormituksesta eli siitä, kuinka paljon samanaikaisia internetyhteyksiä on käytössä. Myös verkon ulkopuolelta tulevat häiriöt vaikuttavat nopeuteen. Häiriöitä voi tulla esim. sähkölaitteista, kuten hisseistä tai ilmastointilaitteista sekä AM-alueen radiolaitteista.

### 4.2.1 Kaapelit

Puhelinsisäjohtoverkoissa on käytössä kaapeleita eri aikakausilta. Kiinteistön puhelinsisäjohtoverkkoon kuuluvat kaikki kaapelit, jotka ovat kiinteistön talojakamon ja huoneistoissa tai muualla sijaitsevien puhelinpistorasioiden välisellä kaapelointiyhteydellä. Useamman rakennuksen kiinteistössä puhelinsisäjohtoverkkoon kuuluvat siis myös rakennusten väliset kaapelit, jotka useimmiten ovat ulkokaapeleita.

Yleissääntö on, että mitä vanhempaa tekniikkaa puhelinsisäjohtoverkko edustaa, sitä heikompi on sen suorituskyky.

Taulukossa 1 on esitetty yleisimpiä puhelinsisäjohtoverkon sisäkaapelityyppejä ja niiden ominaisuuksia.

**Taulukko 1. Puhelinsisäjohtoverkon kaapeleita.**

Asennusvuosi	Kaapelityyppi	Ominaisuuksia
...1970	PuLS	Lyijyvaippa, emali-, paperi- tai punoseriste, parirakenne
	PuLS-MV	Muovipäällysteinen lyijyvaippa, emali-, paperi- ja punoseriste, parirakenne
	KL	Vaipaton, muovieriste, parikierretty 1-parinen kaapeli
	MMSS	Muovivaippa, muovieriste, pari- tai kolmikierre
	MS	Vaipaton, muovieriste, ei parikiertoa, 1-parinen kaapeli
1970...1988	MMS	Muovivaippa, muovieriste, nelikierrerakenne
1988...	MHS	Muovivaippa, alumiinifoliosuoja, muovieriste, parirakenne

Laajakaistaisen suorituskyvyn kannalta kaapelin tärkeimmät ominaisuudet ovat

- ylikuulumisominaisuudet
- vaimennus
- ominaisimpedanssi.

Kaikkein kriittisimpiä ovat ylikuulumisominaisuudet, koska ne vaikuttavat siihen, miten vierekkäisten parien signaalit häiritsevät toisiaan. Vaimennus ja impedanssi ovat myös tärkeitä, mutta sisäverkoissa ne harvoin ovat ensimmäisiä

rajoittavia tekijöitä. Ylikuuluminen sen sijaan huonontaa signaalikohinasuhdetta ja vaikuttaa suoraan saavutettavaan nopeuteen. Kaapelin ylikuulumisominaisuudet kertovat myös paljon siitä, miten hyvin kaapeli sietää ulkopuolisia häiriöitä.

Ylikuulumisominaisuuksiin vaikuttaa ennen kaikkea kaapelin parikierto. Vanhimmissa kaapeleissa parikierto on mitoitettu vain taajuusalueen 300...3400 Hz vaatimuksia varten. Myös eristemateriaalit ovat sellaisia, jotka eivät mahdollista hyviä suurtaajuusominaisuuksia. MS-kaapelissa ei ole parikiertoa lainkaan. Vasta MHS-kaapelissa on parikierto suunniteltu suurempiakin taajuuksia varten ja se edustaa perinteisten puhelinsisäkaapeleiden parhaimmista. Tässä kaapelissa on myös kaapelisydäntä ympäröivä alumiinifolio, joka antaa lisäsuojan ulkopuolisia häiriöitä vastaan.

Rakennusten välisissä ulkokaapeleissa on myös löydettyissä sisäkaapeleita vastaava jako eri ikäkausiiin ja kaapelirakenteisiin.

### 4.2.2 Liitokset ja jatkokset

Myös liitos- ja jatkostekniikkaa on puhelinsisäjohtoverkoissa eri aikakausilta. Vanhimmissa päätteissä käytettiin ruuvi- ja juotosliitoksia. 1980-luvulla alkoi yleistyä hahloliitostekniikka, joka ylivoimaisesti yleisin tuotemerkki on LSA PLUS.

Johdinliitoksissa käytettiin alkuaikoina kiertämistä ja myöhemmin otettiin käyttöön erilaiset puristettavat johdinliitimet.

Liitos- ja jatkostekniikassa käytettävien komponenttien lisäksi liitosten ja jatkosten suurtaajuusominaisuuksiin vaikuttaa myös mm. se, miten paljon parikiertoa on avattu liitoksen tai jatkoksen yhteydessä ja millä tavalla eri parien jatkoskohdat kaapelin jatkoksessa on järjestelty toisiinsa nähden.

Myös jatkosten lukumäärä vaikuttaa suorituskykyyn. Jatkoksessa ja liitoksessa suorituskyky heikkenee aina ja se voi jopa määrätä koko yhteyden kokonaissuorituskyvyn, vaikka kaapeli mahdollistaisikin suuremman nopeuden.

### 4.2.3 Etäisyys talojakamosta huoneiston puhelinpistorasiaan

Etäisyydellä on merkitystä, koska signaali vaimenee sitä enemmän, mitä pidemmälle se etenee. Myös ylikuulumista kertyy pidemmältä matkalta – ei tosin suoraan verrannollisena etäisyyteen. Etäisyyden kasvaessa signaalikohinasuhde siis heikkenee kahdesta syystä: signaali vaimenee ja ylikuuluminen kasvaa.

Etäisyydellä voi olla kriittinen merkitys suurissa kiinteistöissä, joissa on useita rakennuksia ja etäisyys talojakamosta kauimmaisiin huoneistoihin kasvaa jopa satoihin metreihin. Pitkillä etäisyyksillä on usein myös useampia jatkoksia, jotka vielä lisää heikentävät suorituskykyä.

### 4.2.4 Puhelinsisäjohtoverkon kuormitus

Jos puhelinsisäjohtoverkossa on käytössä vain yksi laajakaistainen internetyhteys, ei ylikuulumisella ole käytännössä merkitystä. Mitä useampi samanaikainen yhteys on käytössä, sitä enemmän häiritsevä ylikuuluminen alkaa vaikuttaa kaikkiin yhteyksiin. Paksussa kaapelissa eivät

kuitenkaan kaukana toisistaan olevat parit häiritse niin paljon toisiaan kuin vierekkäiset parit. Lisäksi parien parikerroissa ja muissa symmetriatekijöissä on tilastollisia eroja ja eri parien ylikuulumisominaisuudet voivat vaihdella suurestikin.

Parirakenteisessa kaapelissa voidaan geometrisin perustein päätellä jokaisen parin ympärillä olevan kuusi muuta paria. Jos kaikki parit ovat kuormitettuna, summautuu jokaiseen pariin ylikuulumistehoa kuudesta sitä ympäröivästä kaapelista. Tällöin ylikuulunut kokonaisteho sekä lähikäytössä että kaukopäässä on noin 8 dB suurempi verrattuna vain kahden parin väliseen ylikuulumistehoon. Ylikuulumisen ja muiden häiriöiden tilastollisen luonteen vuoksi kuitenkin esim. ADSL-yhteydellä pidetään 6 dB kohinamarginaalia (noise margin) riittävänä tavoitteena.

### 4.3 Suorituskyvyn määrittely

ADSL2+ edustaa kehittyneintä ADSL-tekniikkaa. Sen vuoksi seuraavassa tarkastellaan puhelinsisäjohtoverkon suorituskykyä kyseisen tekniikan kannalta. Samat periaatteet pätevät kuitenkin myös muihin ADSL-tekniikoihin (ADSL ja ADSL2) sekä VDSL-tekniikoihin (VDSL ja VDSL2).

ADSL2+ perustuu 512 apukantaaallon käyttöön. Nämä apukantaaallot jakautuvat 2,2 MHz taajuusalueelle siten, että kantaaltojen väli on 4,3 kHz. Siirrettävä digitaalinen signaali on moduloitu QAM-modulaatiota käyttäen näille 512 apukantaaalloille. Suurin osa kantaalloista on tarkoitettu myötäs suunnan liikennettä varten ja pienempi osa (taajuusalueen alapäässä) paluusuuntaa varten. Taajuusalueen alimmat taajuudet on varattu samanaikaista analogista puhelinliikennettä varten.

Moduloidun kantaallaon kaistanleveys on rajoitettu 4 kHz:iin, jolloin kantaaltojen spektrit eivät mene toistensa päälle. Yhden kantaallaon teoreettinen maksimikapasiteetti on 15 bit/s/Hz. Käytännössä kunkin kantaallaon kapasiteetti eli bittien määrä riippuu signaalikohinasuhteesta kyseisen kantaallaon taajuuskaistalla. Tällä menettelyllä saavutetaan suuri etu. Siirrettäviä bittejä voidaan sijoittaa enemmän niille kantaalloille, joilla on hyvä signaalikohinasuhde ja taas vähemmän sinne, missä on huonompi signaalikohinasuhde. Tietoliikenteen peruslauseiden (Shannon) mukaan nimittäin tietyllä taajuuskaistalla saavutettava siirtonopeus riippuu kaistalla vaikuttavasta signaalikohinasuhteesta.

Kun ADSL2+-yhteys käynnistyy, DSLAM tutkii yhteyden laadun ja sijoittaa bitit kullekin kantaalloille sen mukaan, millainen on kantaallaon signaalikohinasuhde. Kokonaisuutena siirtonopeus muodostuu apukantaaaltojen yhteenlasketuista siirtonopeuksista. Suurimmat signaalikohinasuhteeseen vaikuttavat tekijät ovat ylikuuluminen muilta pareilta sekä ulkoiset häiriöt, kuten esim. impulssikohina. Yleensä tavoitteena on virhesuhde, joka on pienempi kuin  $10^{-7}$ . Tämä edellyttää tiettyä signaalikohinasuhdetta. Jotta vaadittu virhesuhde ja sitä edellyttävä signaalikohinasuhde säilyisivät myös verkon kuormitus- ja häiriötilanteen muuttuessa, tarvitaan lisäksi tietty varmuusvara eli kohinamarginaali. Yleisin tavoitteellinen kohinamarginaali ADSL2+-yhteydellä on 6 dB. Tämän arvon perusteella DSLAM pyrkii sijoittamaan bitit eri kantaalloille. Kohinamarginaalille asetetaan yleensä myös minimiarvo.

Kohinamarginaali siis ilmoittaa, kuinka paljon yhteyden signaalikohinasuhde voi vielä heiketä, jotta virhesuhdevaatus (alle  $10^{-7}$ ) edelleen täyttyisi. DSLAM tarkkailee kohinamarginaalia jatkuvasti ja muuttaa tarvittaessa apukantaaaltojen bittien lukumäärää, mikä näkyy siirtonopeuden muutoksena.

Edellä kuvattu toimintaperiaate koskee sekä myötäsuntaa että paluusuuntaa.

Edellä esitetyn perusteella ADSL2+-yhteyden suorituskykyä kuvaavat seuraavat ominaisuudet:

- mitattu siirtonopeus, Mbit/s
- kyseisellä siirtonopeudella mitattu kohinamarginaali, dB.

Lisäinformaatiota saadaan lisäksi seuraavien ominaisuuksien mittaamisesta:

- vaimennus, dB
- teho, dBm.

Tämän ST-kortin mittaamenetelmä perustuu yllämainittuihin periaatteisiin.

## 5 LÄHTÖTIEDOT JA MITTAUSSUUNNITELMA

Kiinteistön puhelinsisäjohtoverkon mittaaminen edellyttää riittäviä lähtötietoja ja mittausten huolellista suunnittelua. Kiinteistön omistajan kanssa tulee sopia tarkkaan mittaukseen liittyvät menettelyt sekä asukkaiden informointi.

### 5.1 Dokumentit

Puhelinsisäjohtoverkosta tulisi olla Viestintäviraston määräyksen 25 E / 2007 M mukaiset asiakirjat. Mittausten kannalta näistä tärkeimmät ja välttämättömät ovat puhelinsisäjohtoverkon piirustukset, joista selviävät verkon rakenne, rakenneosat ja niiden sijainti sekä talojakamon ja huoneistojen välisten parien kytkennät.

Mikäli tarvittavia asiakirjoja ei ole tai niistä eivät luotettavasti selviä mittauksen edellyttämät kytkentätiedot, on verkon selvitys välttämätön ennen mittauksia.

Asiakirjojen saatavuus ja luotettavuus on syytä selvittää jo ennen kuin mittauspalvelua tarjotaan kiinteistölle, jotta tarvittaessa voidaan tarjota myös verkon selvitys- ja dokumentointipalvelua.

Käyttäjä- tai asukaskyselyt ovat usein arvokas lisämittauksen lähtötietoina. Esimerkiksi asuinkiinteistöissä voidaan kysellä asukkailta tietoja laajakaistayhteyksien mahdollisista ongelmista. Kysely voidaan tehdä kyselylomakkeella tai vapaamuotoisesti. Tärkeintä on, että saadaan mahdollisimman paljon jo ennalta tietoa verkon kunnosta ja toimivuudesta.

### 5.2 Näytteenottotaso

Kaikkein luotettavimman kuvan puhelinsisäjohtoverkon laajakaistaisesta suorituskyvystä antaisi mittaus, jossa mitataan yhteys jokaisesta huoneistosta. Tämä on kuitenkin kallista ja aikaa vievää eikä sen vuoksi tule käytännössä kyseeseen muulloin kuin pienissä kiinteistöissä.

Mittauksissa noudatetaan näytteenoton periaatteita. Tästä tulee aina erikseen mainita tilaajalle. Mittauksien laajuudesta tulee antaa tarjouksessa ehdotus (esim. 10 % huoneistoista tai puhelinpisteistä) perusteluineen. Joka tapauksessa mitattavia pareja valittaessa tulee pyrkiä valitsemaan epäedullisimmat yhteydet mm. seuraavat perusteet huomioon ottaen:

- suuri etäisyys puhelinpistorasioihin
- paljon jatkoksia
- vanhimmat kaapelit ja rakenneosat, jos verkossa on kaapeleita ja rakenneosia eri aikakausilta.

### 5.3 Mittaussuunnitelma

Mittaussuunnitelma on syytä laatia, jotta varmistettaisiin se, että kaikki mittauksiin kuuluvat tehtävät tulevat suoritetuksi ja että pysyttäisiin sovituissa aikatauluissa. Mittaussuunnitelma on ennen kaikkea työsuunnitelma mittausten suorittamisesta. Suunnitelmasta on hyötyä sekä mitaajalle että tilaajalle. Mitaajalle se on työkalu ja muistilista suoritettavista tehtävistä ja aikataulusta. Tilaaja puolestaan saa suunnitelman perusteella etukäteen tietoja siitä, mitä töitä kiinteistössä tehdään ja milloin nämä tehdään. Näin esimerkiksi asuinkiinteistöjen asukkaat voivat varautua mittaukseen ja sen aiheuttamat häiriöt ovat vähäisemmät. Mittaussuunnitelma onkin syytä laatia yhteistyössä tilaajan kanssa. Tämä on omiaan lisäämään tilaajan ja mitaajan välistä luottamusta ja avoimuuden ilmapiiriä.

Kiinteistön porraskäytävän ilmoitustaululle tulee kiinnittää mittauksia koskeva ilmoitus yhteystietoineen. Lisäksi tulee erikseen jakaa ilmoitus niihin huoneistoihin, joissa mittauksia tehdään. Ilmoituksissa tulee antaa mittauksiin liittyviä ohjeita ja muuta tietoa. Mainitut ilmoitukset tulee jakaa vähintään viikkoa ennen aikataulun mukaista mittausta. Ilmoitusmenettelystä ja muista mittauksiin liittyvistä yksityiskohdista tulee keskustella tilaajan edustajan (yleensä isännöitsijän) kanssa.

## 6 MITTAUSJÄRJESTELMÄ JA -LAITTEET

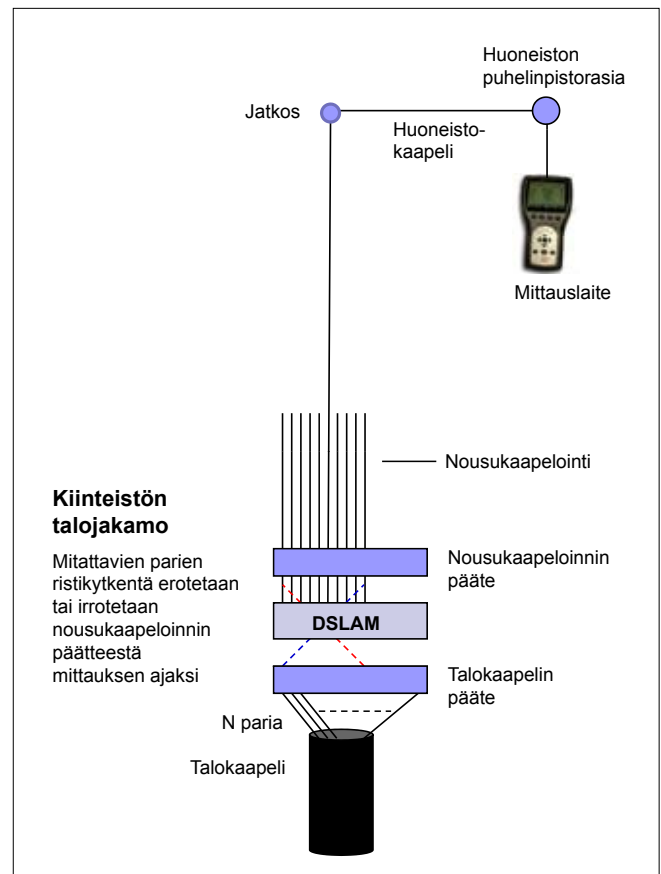
### 6.1 Mittausjärjestelmän periaate

Mittaus suoritetaan talojakamossa olevan nousukaapeloinnin päätteen ja huoneistossa olevan puhelinpistorasian välillä. Huoneisto voi sijaita samassa tai eri rakennuksessa kuin talojakamo. Mittausjärjestelmä koostuu kuvien 1 ja 2 mukaisesti seuraavista osista:

- DSLAM talojakamossa
- DSLAMin kytkentä nousukaapeloinnin päätteeseen
- mittauslaite liitännäjohtoinen huoneistossa.

Mitattavien parien ristikytkentä erotetaan tai irrotetaan nousukaapeloinnin päätteestä mittauksen ajaksi. Erottaminen on mahdollista, jos päätteessä on erotusrimat ja käytetään asianmukaista pistokettä. Muilla rimatyypeillä ristikytkentä tulee irrottaa.

DSLAMiin tehdään kohdan 7.2 mukaiset asetukset ja mittauslaitteella tehdään kohdan 7.4 mukaiset mittaukset. Tarvittavat kytkennät on kuvattu kohdassa 7.3.



**Kuva 1. Mittausjärjestelmän periaate. Mitattava puhelinpistorasia sijaitsee samassa rakennuksessa kuin talojakamo.**

### 6.2 Laitteiden vaatimukset

Mittauksessa käytettävän DSLAMin tulee olla ADSL2+-tekniikkaa ja sen Annex M-versiota tukeva. Perusominaisuuksiltaan DSLAMin tulee vastata teleyritysten yleisesti käyttämiä DSLAM-typpejä. Porttien lukumäärä ei ole teknisesti oleellinen, mutta vaikuttaa hintaan. Koska DSLAM on osa mitaajan (esim. urakoitsijan) mittauskalustoa, on edullista käyttää esim. 8-porttista DSLAMia. DSLAMin WAN-porttia ei mittauksessa käytetä lainkaan.

Talojakamossa tulee olla sähköpistorasia DSLAMin sähkönsyöttöä varten.

Mittauslaitteen tulee tukea ADSL2+-tekniikkaa (24/3 Mbit/s). Mittauslaitteella tulee voida mitata ADSL2+-yhteydeltä molempiin suuntiin seuraavat ominaisuudet:

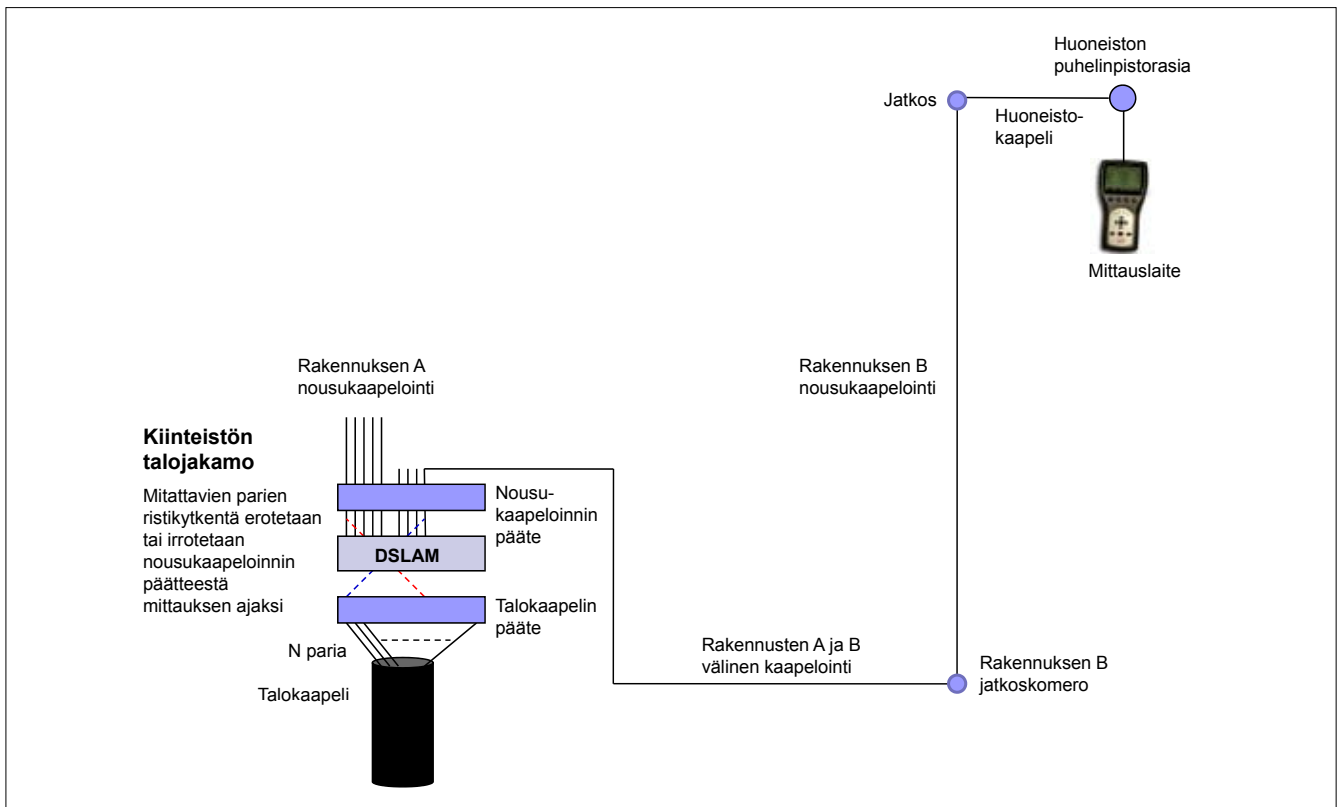
- siirtonopeus, Mbit/s
- kohinamarginaali, dB
- vaimennus, dB
- teho, dBm.

## 7 MITTAUSMENETTELY

### 7.1 Mittauskokoontaminen

Mittauskokoontaminen on kuvan 1 ja kohtien 6.1 ja 6.2 mukainen. Mitaajan tarvitsemat laitteet ovat:

- DSLAM talojakamossa
- DSLAMin kytkentä nousukaapeloinnin päätteeseen
- mittauslaite liitännäjohtoinen huoneistossa.



Kuva 2. Mittausjärjestelmän periaate. Mitattava puhelinpistorasia sijaitsee eri rakennuksessa kuin talojakamo.

DSLAM on olennainen osa mittajaan mittauskalustoa. Jos talojakamossa on jo asennettuna ja käytössä jonkin teleyrityksen DSLAM, on teknisesti mahdollista käyttää myös sitä, mikäli se täyttää kohdan 6.2 vaatimukset. Lupa teleyrityksen DSLAMin käyttöön sekä kaikki tarvittavat ohjeet DSLAMin käyttämiseksi mittauksissa tulee ehdottomasti hankkia asianomaiselta teleyritykseltä.

## 7.2 Laitteiden asetukset ja konfigurointi

DSLAMin asetusten ja konfiguroinnin tulee olla tyyppillisten teleyritysten käyttämien asetusten ja konfiguroinnin mukaisia. Käytettäväksi DSL-siirtotekniikaksi tulee valita ADSL2+ (24/1 Mbit/s tai 24/3 Mbit/s) ja tavoitteelliseksi kohinamarginaaliksi (target noise margin) tulee asettaa 6 dB molemmissa siirtosuunnissa.

Mittauslaitteeseen tehdään DSLAMia vastaavat asetukset.

## 7.3 Tarvittavat kytkennät

Mitattavien parien ristikytkentä tulee erottaa tai irrottaa nousukaapeloinnin päätteestä mittauksen ajaksi. Menettely ja myös käytettävän liitäntäjohtojen nousupäätteen puoleinen liitäntä riippuvat päätteen rimatyyppistä. Yleisimmät rimatyyppit ovat LSA PLUS -erotusrima, LSA PLUS -kytkentärima tai muu hahloliitostekniikkaan perustuva kytkentärima sekä ruuviliitosrima.

DSLAM-laitteiden ADSL2+-liitännät on toteutettu yleisimmin RJ11-liittimin tai Telco-liittimin. Joissakin laitteissa esiintyy myös RJ45-liittimiä.

Seuraavassa on esimerkkejä eri rimatyyppisiin sopivista kytkentämenettelyistä, kun DSLAM-laitteessa on RJ11-liittimet:

1. LSA PLUS -erotusrima:
  - Tällöin voidaan käyttää liitäntäjohtoa, jonka toisessa päässä on RJ11-uroslitin ja toisessa päässä erottava pistoke. Pistoke kytkeytyy nousukaapelointiin ja erottaa ristikytkennän samalla nousukaapeloinnista.
  - Kyseistä pistoketta käytettäessä ei ristikytkentäkaapelia tarvitse irrottaa rimasta.
2. LSA PLUS -kytkentärima tai muu hahloliitostekniikkaan perustuva kytkentärima:
  - Tällöin voidaan käyttää esim. liitäntäjohtoa, joka on valmistettu ristikytkentäkaapelista (esim. RKKN). Kaapelin toiseen päähän asennetaan RJ11-uroslitin siten, että johtimet kytketään koskettimiin 3 ja 4 (keskimmäiset koskettimet). Toinen pää jätetään vapaaksi
  - Mitattavan parin ristikytkentä on irrotettava talokaapelin päätteestä ennen DSLAMin liittämistä.
  - Liitäntäjohtojen vapaan pään parit kytketään oikeaa työkalua käyttäen nousukaapeloinnin hahloliitosterimaan.
3. Ruuviliitosrima:
  - Tällöin voidaan käyttää kohdassa 2 kuvattua liitäntäjohtoa.
  - Mitattavan parin ristikytkentä on irrotettava talokaapelin päätteestä ennen DSLAMin liittämistä.
  - Liitäntäjohtojen vapaan pään parit kytketään ruuviliitosta käyttäen nousukaapeloinnin ruuviliitosrimaan.

Edellä esitettyjä periaatteita voidaan soveltuvin osin käyttää myös silloin, kun DSLAM-laitteen ADSL2+-portit on toteutettu Telco-liittimellä tai RJ45-liittimillä.

Talojakamon ristikytkentää irrotettaessa tulee irrotetut ristikytkennät merkitä siten, että ne voidaan helposti ja luotettavasti kytkeä uudelleen ja oikein mittausten jälkeen. Irrotettavien ristikytkentöjen määrä riippuu mitattavien yhteyksien lukumäärästä ja järjestelmällisyyden vuoksi kaikki irrotukset ja mittausten jälkeiset takaisinkytkennät on syytä tehdä samalla kertaa.

Mittauslaite kytketään huoneiston puhelinpistorasiaan mittalaitteeseen ja pistorasiaan sopivalla liitäntäjohdolla. Jos huoneistossa on useita puhelinpistorasioita, tulee ennen mittausta varmistaa, että näihin ei ole liitettyä mitään puhelin- tai päätelaitetta. Tarvittaessa liitännät irrotetaan puhelinpistorasioista mittauksen ajaksi.

#### 7.4 Mitattavat ominaisuudet

Kustakin mitattavasta puhelinpistorasiasta mitataan ADSL2+-yhteydeltä molempiin suuntiin vähintään seuraavat ominaisuudet:

- siirtonopeus, Mbit/s
- kohinamarginaali, dB
- vaimennus, dB
- teho, dBm.

Mitatun kohinamarginaalin tulisi olla 4...8 dB. Jos kohinamarginaali on alle 4 dB, tulee DSLAMin konfigurointi tarkistaa ja mittaus uusia. Tavoitteellisen kohinamarginaalin tulee olla 6 dB.

Mittaustulokset tallennetaan mittauslaitteeseen tai kirjataan muistiin siten, että ne ovat jälkeinpäin tunnistettavissa ja yksilöitävissä.

#### 7.5 Kytkentöjen palauttaminen ennalleen

Kaikki irrotetut ristikytkennät palautetaan mittausten jälkeen ennalleen niihin tehtyjen merkintöjen perusteella. Tämä vaatii erityistä huolellisuutta. Virheelliset kytkennät voivat johtaa jopa oikeudellisiin toimenpiteisiin.

Kytkentöjen palauttamisessa tulee käyttää oikeita ja käytettyyn rimatyypin sopivia työkaluja ja työmenetelmiä.

Huoneistojen puhelinpistorasioista mahdollisesti irrotetut puhelin- ja päätelaitteiden liitännät tulee palauttaa ennalleen välittömästi huoneistossa suoritettujen mittausten jälkeen ennen huoneistosta poistumista.

## 8 MITTAUSTULOSTEN RAPORTOINTI

### 8.1 Raportoitavat asiat

Mittauksista laaditaan raportti, joka luovutetaan tilaajalle. Raportista tulee käydä selvällä tavalla ilmi seuraavat asiat:

1. Kiinteistön tiedot
2. Mittaajan tiedot ja päivämäärä
3. Puhelinsisäjohtoverkon perustiedot
  - a. Dokumentointi
  - b. Kaapeli- ja rimatyypit

4. Mittauslaitteiden tiedot
  - a. DSLAM
  - b. Mittauslaite
5. Mitatut puhelinpistorasiat
  - a. Lukumäärä
  - b. Huoneistot
6. Kohdan 7.4 mukaiset mittaustulokset
7. Mittaajan vapaamuotoinen lausunto maallikon ymmärtämällä kielellä
  - a. Arvio saavutettavasta nopeudesta ja nopeutta vastaavasta puhelinsisäjohtoverkon kuntoluokasta ST-kortin 98.11 mukaisesti
    - i. Jos saavutettava nopeus myötäsunnassa on alle 4 Mbit/s, on kuntoluokka siirtokyvyn osalta 1.
    - ii. Jos saavutettava nopeus myötäsunnassa on 4...12 Mbit/s, on kuntoluokka siirtokyvyn osalta 2. Kuntoluokkaan vaikuttavat kuitenkin myös muut ST-kortissa 98.11 määritellyt asiat.
    - iii. Jos saavutettava nopeus myötäsunnassa on yli 12 Mbit/s, on kuntoluokka siirtokyvyn osalta 3. Kuntoluokkaan vaikuttavat kuitenkin myös muut ST-kortissa 98.11 määritellyt asiat.
  - b. Arvion luotettavuus mitatun kohinamarginaalin ja näytteenoton laajuuden perusteella
    - i. Jos kohinamarginaali on vähintään tavoitteellisen arvon (6 dB) suuruinen, mitattu nopeus antaa hyvän arvion saavutettavasta nopeudesta. Nopeus voi kuitenkin jonkin verran laskea verkon kuormituksen lisääntyessä.
    - ii. Jos kohinamarginaali on 4...6 dB, mitattu nopeus antaa tyydyttävän arvion saavutettavasta nopeudesta. Nopeus voi kuitenkin jonkin verran laskea verkon kuormituksen lisääntyessä ja ulkopuolisten häiriöiden vaikutuksesta.
    - iii. Jos kohinamarginaali on alle 4 dB, tulee DSLAMin konfigurointi tarkistaa ja mittaus uusia.
    - iv. Arvioinnissa tulee ottaa huomioon myös näytteenoton laajuus eli se, miten hyvin valitut puhelinpistorasiat ja niiden lukumäärä edustavat verkkoa.
  - c. Muut saavutettavaan nopeuteen vaikuttavat näkökohdat
    - i. Esim. kiinteistössä ilmenevät ulkopuoliset häiriöt
  - d. Arvio puhelinsisäjohtoverkon jäljellä olevasta elinkaaresta
  - e. Mahdolliset toimenpide-ehdotukset.

Mittauspöytäkirjan lomakemalli on esitetty ST-kortissa 98.43.

### 8.2 Esimerkki mittauspöytäkirjaan kirjoitettavasta lausunnosta

Kiinteistön puhelinsisäjohtoverkon kuntoluokka on 3 seuraavin perustein:

- Kiinteistön puhelinsisäjohtoverkolla saavutettava nopeus myötäsunnassa on yli 12 Mbit/s ja paluusuunnassa yli 0,9 Mbit/s.
- Talojakamon kytkentäteknikka on kunnossa ja tilat ovat riittävät xDSL-sovelluksien tarpeisiin. Dokumentointi on pieniä puutteita lukuun ottamatta kunnossa ja myös sähköistys ja potentiaalintasaus ovat kunnossa. Lukitus

on toteutettu Viestintäviraston suosituksen 306/2006S mukaisesti, mutta lukitus ei ole KTL1-lukitusjärjestelmän mukainen, mikä aiheuttaa jonkinasteisen tietoturvariskin eikä ole käytännöllinenkään.

Mittaus suoritettiin 9 huoneistossa. Tämä on noin 11 % taloyhtiön 80 huoneistosta. Mittauksista 8 suoritettiin huoneistoissa, joihin kaapelointietäisyydet talojakamosta ovat taloyhtiön suurimmat. Yksi mittaus suoritettiin huoneistossa, johon etäisyys talojakamosta on lyhimmillään. Pienin mitattu myötäsunnan nopeus on 18 Mbit/s ja suurin 23 Mbit/s. Paluusunnan nopeudet kaikissa mittauksissa olivat 0,9...1 Mbit/s. Käytännössä nopeudet voivat kuitenkin jonkin verran laskea mitatuista arvoista verkon kuormituksen lisääntyessä. Verkko täyttää kuitenkin siirtonopeuden osalta selvästi kuntoluokan 3 vaatimukset (yli 12 Mbit/s).

Kiinteistön puhelinsisäjohtoverkkoa voidaan käyttää ADSL2+- ja mahdollisesti VDSL2-tekniikkaan perustuviin laajakaistaliittymiin. Taloyhtiön on kuitenkin syytä varautua puhelinsisäjohtoverkon korvaamiseen yleiskaapeloinnilla tai Viestintäviraston määräyksen 25 E / 2007 M mukaisella verkolla, viimeistään vuoteen 2012...2015 mennessä. Mikäli taloyhtiöllä on suunnitelmissa lähivuosina sähkö- tai putkiremontti, on verkon saneeraus järkevää ajoittaa näiden remonttien yhteyteen ja ottaa tämä huomioon jo remontin tai peruskorjauksen suunnitteluvaiheessa.

Välittöminä toimenpiteinä suositellaan talojakamon lukituksen uusimista KTL1-lukitusjärjestelmän mukaiseksi.

Kortin laatija: Pekka Koivisto, Pekka Koivisto Oy