

# omnitele

We design mobile networks

**LVM** LIIKENNE- JA  
VIESTINTÄMINISTERIÖ

## Yleispalveluanalyysi

---

Selvitysraportti 14.6.2021

Jani Nieminen

# contents

1. **Johdanto ja keskeiset tulokset**
2. Vaihtoehtoiset yleispalvelutasot
3. Totetutusvaihtoehdot
4. Taustaa ja asiantuntijanäkemyksen perustelut



# Johdanto

---

- Yleispalvelulaajakaistan nopeutta on suunniteltu nostettavaksi 2 Mbit/s:sta 5 Mbit/s:iin
- Yleispalvelulaajakaistan keskeinen tarkoitus on taata riittävä palvelu kaikkiin vakituisiin asuntoihin.
  - Nykyisellään operaattorit tarjoavat yleispalvelulaajakaistan vaatimukset täyttävää palvelutasoa liittymälupauksissaan, ja palvelu on saatavilla 99,99 %:lle kotitalouksista matkaviestinverkkojen välityksellä.
- 4G LTE -verkkojen peruspeitto on Suomessa erittäin hyvällä tasolla ja sen ulkopuolella on arviolta enää noin 200 vakituista asuntoa
  - Vuosien 2019 ja 2020 aikana on 4G LTE-verkkojen peitto kasvanut siten, että peruspeiton piiriin on tullut arviolta ~240 vakituista asuntoa, jotka eivät vuoden 2018 lopulla vielä olleet LTE-peruspeiton kuuluvuusalueella.
- LTE-peruspeitolla voidaan saavuttaa peittoalueen reunalla
  - taajamissa n. 15 Mbit/s nopeus
  - haja-asutusalueilla n. 5 Mbit/s nopeus
- Nykyinen LTE-peruspeitto riittää pääosin tarjoamaan myös suunnitellun korkeamman yleispalvelulaajakaistan palvelutason mukaisen palvelun.
  - Saavutettava nopeus voi kuitenkin hetkittäin vaihdella matkaviestinverkoissa, minkä takia laatuvaatimusten määritelmiin on kiinnitettävä erityistä huomiota.



# Keskeiset tulokset

---

- Yleispalvelulaajakaistan nopeuden suunniteltu nostaminen on linjassa operaattorien tyypillisesti tarjoamien liittymien ja saatavilla olevan yleisen palvelutason kanssa.
  - Operaattorit ovat rakentaneet erittäin kattavan LTE-peruspeiton ja 5 Mbit/s nopeus voidaan tarjota jo lähes kaikkiin vakituisiin asuntoihin. Koska matkaviestinverkoissa käyttäjät jakavat taajuuskapasiteettia, hetkellinen saavutettava nopeus vaihtelee esimerkiksi dataliikenteen kuorman mukaan.
  - Yleispalvelulaajakaista on käytännössä ratkaisu alueilla, joita markkinaehtoisesti rakennettu palvelupeitto ei vielä ole saavuttanut.
- Suunniteltu yleispalvelulaajakaistan vähimmäisnopeuden nosto 5 Mbit/s:iin ei todennäköisesti aiheuta yleispalveluyrityksille lisäkustannuksia, koska matkaviestinverkot pystyvät jo nykyisellään tarjoamaan suunnitellun mukaista palvelutasoa lähes jokaiseen vakituiseen asuinkiinteistöön. Jos vähimmäislaatuvaatimukset määritellään erityisen tiukasti, ovat jopa merkittävätkin lisäkustannukset yleispalveluyrityksille kuitenkin mahdollisia.
  - Yleispalvelulaajakaistan mukainen palvelu saattaa haastavissa sijainneissa vaatia asiakkailta investointia erikoisratkaisuihin. Esimerkiksi asiakkaan kiinteistöön asennettavalla kattoantennilla voidaan 5 Mbit/s:n nopeus saavuttaa myös nykyisen raportoidun LTE-peruspeiton ulkopuolella.
  - Matkaviestinverkkojen luonteen takia, hetkellinen saavutettava nopeus voi vaihdella, eikä ehdottoman miniminopeuden asettaminen yleispalvelulaajakaistalle siksi ole mielekästä.
  - Tilanteesta riippuen parhaiten soveltuva ratkaisu laatuvaatimusten saavuttamiseksi vaihtelee, eikä ratkaisuun käytettävää teknologiaa siksi ole syytä määrittää ehdottomasti, vaan mahdollistaa kulloinkin parhaan ja kokonaiskustannustehokkaimman ratkaisun tunnistamisen ja toteuttamisen.
- Käytännössä suunnitelman mukainen yleispalvelulaajakaistapalvelu voidaan toteuttaa kustannustehokkaimmin matkaviestinverkon tai satelliittiyhteyden välityksellä siellä, missä palvelu ei tällä hetkellä ole saatavilla.
  - Koska saavutettava nopeus sekä matkaviestin-, että satelliittiverkoissa vaihtelee ajoittain, ei niillä pystytä takaamaan ehdotonta miniminopeutta kaikkina hetkinä edes teoriassa. Siksi yleispalvelulaajakaistan laatuvaatimusten määrittelyssä tulee huomioida nopeuden satunnainen vaihtelu ja erottaa se keskimääräisestä, tai tyypillisesti saavutettavasta yhteyden nopeudesta.



# Vaihtoehtoiset laatuvaatimusmäärittelyt yleispalvelulaajakaistalle

## Yleispalveluliittymän nimellisaika nostetaan 2 Mbit/s:sta 5 Mbit/s:iin

- **Nykytila: 2 Mbit/s**
  - 24 h keskiarvo: 1,5 Mbit/s
  - 4 h keskiarvo : 1 Mbit/s
- **Vaihtoehto 1: 5 Mbit/s - Nykymallia vastaava laatuvaatimusten määrittely**
  - 24 h keskiarvo : 3,75 Mbit/s
  - 4 h keskiarvo : 2,5 Mbit/s
- **Vaihtoehto 2: maksimi 5 Mbit/s - Kiinteän verkon laatutasoa vastaava määrittely**
  - vähimmäisnopeus 3,5 Mbit/s (70 % enimmäisnopeudesta)
  - keskiarvo 4,5 Mbit/s (90 % enimmäisnopeudesta)
- **Vaihtoehto 3: 5 Mbit/s vähimmäisnopeus**
  - vähimmäisnopeus 5 Mbit/s



# Vaihtoehtoiset laatuvaatimusmäärittelyt yleispalvelulaajakaistalle

## Mahdolliset vaihtoehtojen aiheuttamat enimmäiskustannukset

---

- **Vaihtoehto 1: Nykymallia vastaava laatuvaatimusten määrittely**
  - Enimmillään 5 Mbit/s -peiton kasvattaminen matkaviestinverkoissa kattamaan peiton ulkopuolella olevat vakituiset asunnot on arviolta noin 1-2 miljoona euroa (yhteenlaskettu kustannus yleispalveluyrityksille), jos vaatimusten saavuttaminen vaatii tukiasemaverkon laajentamista tai lisätaajuuksien asentamista nykyiseen tukiasemaverkkoon.
  - Vaihtoehtoina on kuitenkin kustannustehokkaat ratkaisut, joilla mahdollisesti voidaan kokonaan välttää investoinnit tukiasemaverkon laajentamiseen.
- **Vaihtoehto 2: Kiinteän verkon laatutasoa vastaava määrittely**
  - 5 Mbit/s -peiton kasvattaminen arviolta sama 1-2 miljoonaa euroa kuin vaihtoehdossa 1.
  - Ehdoton miniminopeus johtaa tilanteeseen, jossa laatuvaatimusten alle jäävien asuntojen määrä kasvaa verrattuna keskiarvomäärittelyyn. Näin myös todennäköisyys käyttäjien yleispalveluvalitusten tai -tilausten määrän lisääntymiselle kasvaa. Minimivaatimus voi pahimmillaan kasvattaa pitkän ajan kustannukset moninkertaiseksi, jos tietty minimitaso täytyy toteutua kaikkina hetkinä. Tällöin kapasiteettia täytyy kasvattaa suurimman hetkellisen liikennekuorman mukaan ja liikenteen kasvaessa tukiasemaverkkoa täytyy tihentää myös haja-asutusalueilla, koska soveltuvia suuren peittoalueen taajuuksia on vain rajoitetusti matkaviestinoperaattorien käytössä.
- **Vaihtoehto 3: Määritellään yleispalvelulaajakaistalle pelkkä vähimmäisnopeus**
  - 5 Mbit/s -peiton kasvattaminen arviolta sama 1-2 miljoonaa euroa kuin vaihtoehdossa 1 & 2.
  - Samoin kuin vaihtoehdossa 2, minimivaatimuksen takia kustannukset voivat kasvaa moninkertaisiksi. Lisäksi korkeampi minimivaatimus kasvattaa vaatimusten alle jäävien kiinteistöjen määrää.



# Ehdottoman miniminopeuden haasteet

---

- Matkaviestinverkossa kapasiteetti jaetaan käyttäjien kesken yksittäisen verkon solun alueella.
  - Kun useampi käyttäjä kuormittaa verkkoa, laskee saavutettavissa oleva nopeus yksittäiselle käyttäjälle
  - Myös suuren kapasiteetin alueilla voi nopeus laskea hetkellisesti alle 5 Mbit/s –tason, ja operaattorit tyypillisesti ovat määrittäneet suuntaa-antavan vaihteluvälin liittymälupauksissaan.
  - Hetkellisesti saatavaan nopeuteen voivat vaikuttaa esimerkiksi
    - Muiden käyttäjien jaetulle kanavalle aiheuttama kuorma (esim. iltaisin, kun internetyhteyden käyttömäärä asutuksissa on suurimmillaan)
    - Sääolosuhteiden vaihtelu (rankkasateet ja jopa ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vaihtelut)
    - Vika- tai häiriötilanteet laitteistossa, siirtoyhteyksissä tai runkoverkossa (myrskyjen tai laitevikojen aiheuttamat väliaikaiset vikatilanteet)
- Miniminopeus voidaan periaatteessa toteuttaa esimerkiksi 5G-verkkoviipaloinnilla, mutta tällä voi olla merkittävä vaikutus muiden käyttäjien kokemaan palvelunlaatuun, sekä se asettaa liittymät eriarvoiseen asemaan tavallisiin kaupallisiin liittymiin nähden.
  - Verkkoviipalointitekniikalla voidaan pyrkiä takaamaan tietylle asiakasryhmälle, kuten yleispalveluliittymille, riittävät resurssit myös hetkellisen suuren kuorman aikana. Tekniikalla voidaan taata asiakasryhmälle riittävä kokonaiskapasiteetti.
  - Verkkoviipalointi ei kuitenkaan kasvata saatavilla olevaa kokonaiskapasiteetin määrää, ja mikäli kokonaiskapasiteettia on jakamassa samanaikaisesti useampi ryhmään kuuluva asiakas, voi yhdelle asiakkaalle saatavilla oleva nopeus laskea ajoittain alle tavoitenopeuden.



# Kustannusten toteutumisen todennäköisyys

---

- Riittävä keskimääräinen palvelunlaatu voidaan todennäköisesti tarjota ilman verkon laajennuksia, mikäli toteutusvaihtoehtoja yleispalvelulaajakaistalle ei liiaksi rajata
  - Monessa vakituiseissa kiinteistöissä, joka on tämänhetkisten peittoarvioiden perusteella LTE-peruspeiton ulkopuolella, voi katolle asennettava antenni riittää keskimäärin 5 Mbit/s –palvelun tarjoamiseksi kiinteistölle.
    - Oletus perustuu Omnitelen aiempaan tutkimukseen, jossa todettiin peiton ulkopuolella olevan asutuksen olevan pääsääntöisesti lähellä peittoalueen rajaa.
    - Kattoantennilla saadaan yhteyden edellytykset täyttymään merkittävästi operaattorien peittoennusteita laajemmalla alueella.
  - On myös erittäin mahdollista, että peiton ulkopuolella olevissa kiinteistöissä on jo tänä päivänä ratkaisu, jolla riittävä internetyhteysnopeus saavutetaan.
- Miniminopeuden vaikutus yleispalveluyritysten kustannuksiin matkaviestinverkoissa:
  - LTE-peruspeiton alueella nopeus laskee ajoittain osalla käyttäjistä alle 5 Mbit/s:n luonnollisen liikennekuorman tai sääolosuhteiden vaihtelun takia. Vähimmäisnopeuden takaaminen ei ole edes teoriassa mahdollista kaikkina ajanhetkinä.
  - Ehdoton miniminopeus johtaa tilanteeseen, jossa laatuvaatimusten alle jäävien asuntojen määrä kasvaa. Näin myös todennäköisyys käyttäjien yleispalveluvalitusten määrän lisääntymiselle kasvaa. Tämä voi johtaa tilanteeseen, jossa operaattoreiden täytyy investoida merkittävästi alueilla, joissa voidaan todentaa nopeuden ajoittain laskevan alle miniminopeuden.
  - Koska sekä matkaviestin-, että satelliittiverkkojen tarjoamat hetkelliset nopeuden vaihtelevat, voi ainoa ratkaisu olla merkittävä lisäinvestointi kapasiteettiin joko tukiasemaverkon laajentamisella tai kuituyhteyden rakentamisella hankaliin kohteisiin, vaikka laatuvaatimus valtaosan ajasta saavutettaisiinkin.
  - Vaikka kustannusten merkittävä kasvu miniminopeuden asettamisen seurauksena on mahdollista, ei se liene todennäköistä.





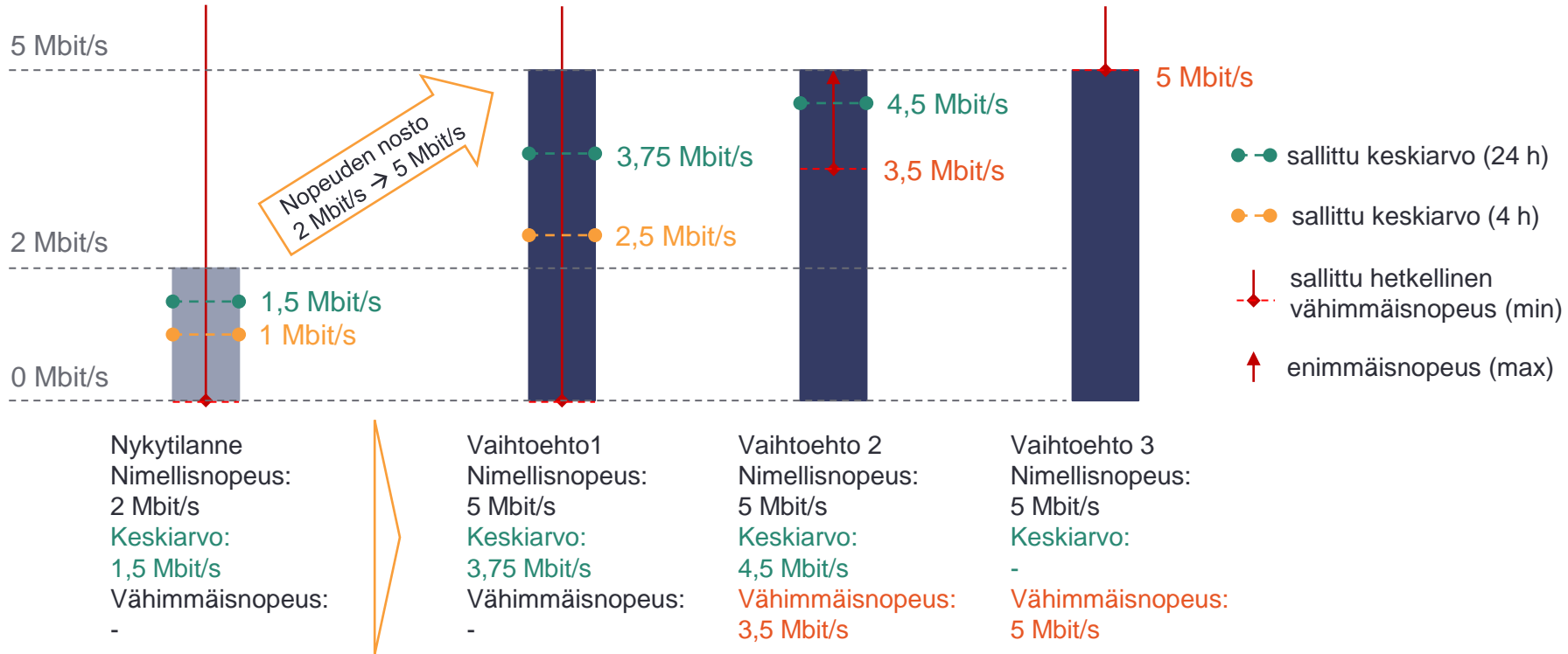
# contents

1. Johdanto ja keskeiset tulokset
- 2. Vaihtoehtoiset yleispalvelutasot**
3. Totetusvaihtoehdot
  - Kiinteä verkko
  - Mobiiliverkko
  - Satelliitti
4. Taustaa ja asiantuntijanäkemyksen perustelut



# Vaihtoehtoiset yleispalveluvaatimukset

## Yleispalveluliittymän nimellispoisuus nostetaan 2 Mbit/s:sta 5 Mbit/s:iin



# Erityisryhmille tarjottavat palvelut

---

- Kuulo- ja puhevammaisille tarjottavien liittymien erityisvaatimukset voidaan toteuttaa kiinteän verkon alueella ilman eritysratkaisuja.
  - Haastavaa toteutus voi olla haja-asutusalueilla, etenkin matkaviestinverkon peittoalueen reunalla, jos erityisliittymäasiakkaita on lukumääräisesti paljon kaukana muusta asutuksesta.
- Matkaviestinverkossa liittymien vähimmäisvaatimusten saavuttaminen ei ole täysin yksiselitteistä.
  - Saapuvan ja lähtevän liikenteen vähimmäisvaatimukset saavutetaan suurelta osin ongelmitta, mutta hetkellisesti nopeus voi matkaviestinverkoissa vaihdella. Myös viiveen osalta hetkellinen vaihtelu on todennäköistä.
  - Asiakkaan lähetyksenopeus on huomattavasti alttiimpi hetkelliselle vaihtelulle esimerkiksi muiden käyttäjien ja ympäristön olosuhteiden seurauksena, eikä lähetyksenopeus siksi ole yhtäläillä palvelua tarjoavan operaattorin hallittavissa.
  - Verkko- ja palvelun avulla voidaan pyrkiä takaamaan vaadittavat resurssit vähimmäisvaatimusten saavuttamiseksi, mutta verkkopiilointi edellyttää 5G-verkon peittoa.
  - Ilman verkkopiilointia vähimmäisvaatimukset toteutuvat valtaosassa verkkoa ongelmitta.
- Toimenpiteisiin riittävän palvelunlaadun toimittamiseksi voidaan ryhtyä tarpeen vaatiessa, mutta kustannusvaikutuksen arvioidaan jäävän pieneksi erityisryhmien osalta.
  - Riittävän joustavuuden takaamiseksi ei ole syytä rajoittaa palvelua tarjoavan operaattorin ratkaisuvaihtoehtoja



# contents

1. Johdanto ja keskeiset tulokset
2. Vaihtoehtoiset yleispalvelutasot
- 3. Totetutusvaihtoehdot**
4. Taustaa ja asiantuntijanäkemyksen perustelut



# Vaihtoehtoiset tekniset ratkaisut ja kustannustaso

- Tyypillinen kustannustaso eri toteutusvaihtoehdoille
  - parhaiten soveltuva vaihtoehto yleispalvelulaajakaistan tarjoamiseksi riippuu loppuasiakkaan sijainnista ja lopullinen kustannus määräytyy tilanteen mukaan



## Satelliittiyhteys

~50-100 € / kk / asiakas + päätelaite



## Matkaviestinverkon yhteys

~30 € / kk / asiakas + päätelaite



## Kiinteä verkkoyhteys, esim. kuitu

50-100 € / kk / asiakas + liittymismaksu

Esimerkiksi: 1 km liittyttyyhteys: ~13 000 € / asiakas



Uusi tukiasema ~200 000 €  
(haja-asutusalueella)



Lisätaajuudet  
~10-30 000 € / tukiasema



Ulkoinen antenniratkaisu  
~500-1500 € / asiakas



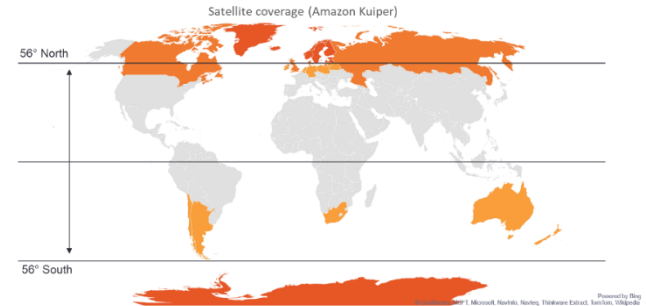
Verkon optimointi  
ei kiinteitä kustannuksia



# Satelliittiyhteys



- Esimerkiksi Telia on tarjonnut satelliittiyhteyteen perustuvaa laajakaistaa koko Suomeen mahdollisena matkaviestinverkkojen peiton täydentäjänä
  - Esimerkiksi enimmillään 10 Mbit/s tarjoava liittymä soveltuu yleispalvelun tuottamiseen
- Kansainvälinen tarjonta satelliittiliittymissä on kasvamassa
  - Amazon Kuiper lupaa 400 Mbit/s kapasiteettia satelliitin avulla
  - Starlink (SpaceX) myy jo ennakkotilaaajille 100 Mbit/s liittymiä
- Esimerkiksi Kuiperin palvelualue lupaus ei kuitenkaan vielä ulotu Suomeen
  - Palvelu ensisijaisesti tarjolla lähempänä päiväntasaajaa
  - Myöskään SpaceX ei tällä hetkellä vielä tarjoa palvelujaan edes Etelä-Suomeen
- Sattelliittiyhteydedellä tarjottava internetyhteys soveltuu kuitenkin yleispalvelulaajakaistataratkaisuksi niillä alueilla, jonne matkaviestinverkon peiton laajentaminen on käytännössä mahdotonta.
  - Viive yhteydessä satelliitin kautta voi olla merkittävästi pidempi kuin esimerkiksi matkaviestinverkossa, eikä se siksi välttämättä sovellu esimerkiksi erityisryhmien tarpeisiin.
  - Samoin kuin matkaviestinverkko, on satelliittiyhteys altis vaihtelulle ympäristön olosuhteiden takia.



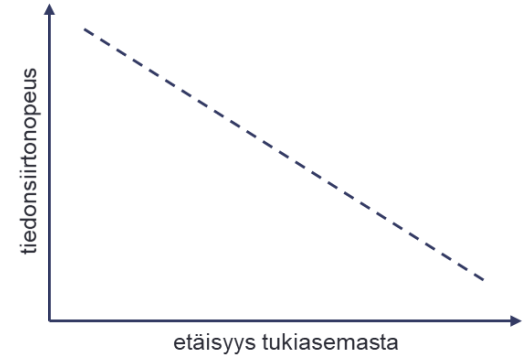
Amazon Kuiper satelliittiyhteys on ensisijaisesti saatavilla vain pohjoisen ja eteläisen 56 asteen leveyspiirien välillä



# Matkaviestinverkko



- Matkaviestinverkolla yleispalvelun laatuvaatimuksien saavuttamiseen on operaattoreilla useita vaihtoehtoja:
  - Uusi tukiasema (masto + tukiasemalaitteisto + sähkö- ja siirtoyhteys)
  - Tukiasemalaajennus uudella taajuudella tai uudella solulla (antenni- ja/tai tukiasemalaajennus, esimerkiksi 5G 700 MHz:n taajuusalueella)
  - Asiakkaalle asennettava ulkoinen antenni / päätelaite
  - Optimointi (esimerkiksi antennisuunnan muuttaminen tai lähetystehon muuttaminen)
- Matkaviestinverkko-operaattoreille tulee mahdollistaa kustannustehokkaimman ratkaisun tunnistaminen ja toteutus.
  - Asiakkaan kiinteistöön asennettava ulkoinen antenni voi toimia nopeimpana ja kustannustehokkaimpana ratkaisuna suuressa osassa tapauksista.
  - Uuden tukiaseman rakentaminen vaatii luvituksen ja mahdollisesti aikaa vievän rakentamisprosessin. Haja-asutusalueille rakentamisessa on erityisenä haasteena myös vaadittavan infrastruktuurin toteutus ja mahdollisesti haastava kulku.
    - Peiton kasvattamiseksi haja-asutusalueille täytyy usein rakentaa uusia korkeita mastoja, jolloin tukiasemakohtainen kustannus operaattorille kasvaa helposti 100 – 200 tuhannen euron luokkaan.



Peruseriaate:

Mitä suurempaa nopeutta tarvitaan, sitä lähemmäs loppuasiakasta täytyy matkaviestinverkon tukiasema sijoittaa.



# Kuituverkko





















- Kuituverkon rakentaminen on laajentunut enenevässä määrin harvempaan asutuille alueille tiheään asutuilta kaupunkialueilta.
  - Kuitenkin erittäin harvaan asuttu alue on todennäköisesti vielä pitkään kuituverkon tavoittamattomissa.
- Kuitu soveltuu käytännössä huonosti yleispalvelulaajakaistan yhteysmediaksi siellä, missä vaadittavaa palvelutavoitetta ei pystytä matkaviestinverkolla saavuttamaan.
- Asiakkaat, joilla ei ole pääsyä yleispalvelutasoiseen yhteyteen, ovat tyypillisesti markkinaehtoisesti rakennettavan yhteyspeiton ulkopuolella.
- Kuituverkon kattavuuden laajennuskustannukset erittäin harvaan asutuille alueille todennäköisesti estävät kuidun käyttämisen yleispalvelun peiton kasvattamiseen.
  - Kuidun kertaluontoiset liittämiskustannukset ovat tyypillisesti usean tuhannen euron luokassa per asiakas.
  - Esimerkki: liittämismaksu ~1000-2000 € + kuitu liittämispisteestä asiakkaalle ~10 € / m.
  - Harvaan asutulla alueella kuidun liittämispisteet ovat erittäin todennäköisesti kaukana asiakkaasta.





# Toiminnallisuusvertailu haja-asutusalueilla

		Toiminnan tasaisuus	Saatavuus haja-asutusalueilla	Yhteyden nopeus	Viive	Yhteyden skaalautuvuus
Satelliitti-yhteys						
Mobiili-verkko						
Kiinteä yhteys						



# contents

1. Johdanto ja keskeiset tulokset
2. Vaihtoehtoiset yleispalvelutasot
3. Totetusvaihtoehdot
4. **Taustaa ja asiantuntijanäkemyksen perustelut**



# Taustaa

## Markkinaehtoinen verkon rakentaminen

---

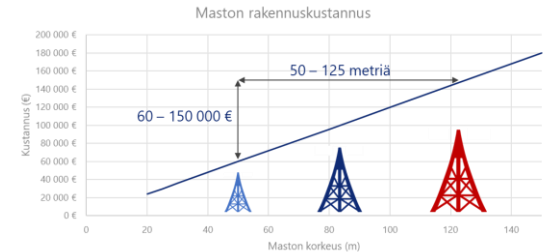
- Sekä kiinteän, että matkaviestinverkon operaattorit ovat aktiivisesti laajentaneet laajakaistaverkkojensa peittoalueita
  - Vuoden 2019 ja 2020 aikana on matkaviestinverkko-operaattoreiden yhteenlaskettu 4G-peitto on kasvanut kattamaan aiemmin peiton ulkopuolella olevia alueita.
    - Peruspeitto: 99,98 → 99,99 % (~puolet peiton ulkopuolella aiemmin olleesta väestöstä)
      - Samanaikaisesti maantieteellinen peitto on kasvanut ~3 % (89 % → 92 %)
    - 30 Mbit/s peitto: 99,27 % → 99,32 %
  - Samaan aikaan operaattorit ovat rakentaneet 5G-peittoa:
    - 65 % väestöstä on jo 100 Mbit/s 5G-peitossa
    - 59 % väestöstä 300 Mbit/s 5G peitossa
  - Kiinteän verkon liittymien määrä on ollut tasaisessa kasvussa, kun liittymien saatavuus on laajentunut asutuskeskittyymiin ympäri Suomen.
- Viimeisten peiton ulkopuolelle jäävien vakituisten asuntojen saaminen matkaviestinverkon peiton piiriin on kallista, koska tukiasemia joudutaan rakentamaan vaikeapääsuisille tai puutteellisen infrastruktuurin (tiet, sähkö, siirtoyhteys) alueille.
  - Rakentaminen ja luvitusprosessi voi myös viedä kauan, ja siksi yleispalvelulaajakaistaa ei välttämättä voida kohtuullisessa ajassa tarjota yleispalvelutilaajalle.
  - Siksi vaihtoehtoiset ratkaisut matkaviestinverkon lisäksi on syytä sallia.



# Taustaa

## Kustannusvertailun pääoletukset

- Yleispalvelulaajakaistan kustannusten toteutuminen riippuu pitkälti siitä, tarvitaanko peiton ulkopuolelle jäävissä asunnoissa laajakaistayhteyttä.
  - Osa arvioiduista peiton ulkopuolelle jäävistä asunnoista voi olla matkaviestinverkon riittävässä peitossa (epätarkkuus peittoennusteissa tai jo toteutettu erikoisratkaisu, kuten ulkoinen suunta-antenni).
  - Asunnoissa voi myös olla vaihtoehtoinen ratkaisu käytössä jo nykyisin, esimerkiksi satelliittilaajakaista.
- Suuntaa-antavat kustannusarviot eri tekniikoille:
  - Satelliitti: ~500 € satelliittiantenniin, liittymän kuukausimaksu ~100 € / kk
  - Matkaviestinverkko: tukiasemaverkon laajentaminen keskimäärin 100-200 tuhatta euroa per tukiasema, liittymän kuukausimaksu ~30 € / kk
    - Maston rakennuskustannukset ja vaadittavat infrastruktuuriyöt: n. 60 – 120 tuhatta euroa (riippuen maston korkeudesta)
    - Matkaviestinverkon tukiasemalaitteisto, ohjelmistot ja käyttöönotto: n. 40 – 80 tuhatta euroa
    - Juoksevat kustannukset (sähkö, siirtoyhteys, maa-/mastovuokrat): n. 10 tuhatta euroa vuodessa
    - Lisäkapasiteetti: Taajuuslaajennukset olemassa oleviin tukiasemiin ~10-30 tuhatta euroa / tukiasema
  - Kiinteä verkko (kuitu): liityntäyhteys ja liityntämaksu, liittymän kuukausimaksu ~75 € / kk
    - liityntäyhteys (kuitu kiinteistölle) ~ 10 € / m
    - kytkentämaksu ~1500 euroa
    - Tyypillisesti liittymähinnat ovat 3 000-15 000 euron luokkaa (etäisyys liityntäpisteisiin ~100 metriä)



# Taustaa

## Karkea kustannusvertailu

Kustannusarvio 200 asunnon yleispalvelulaajakaistalle

- **Satelliitti:**
  - Satelliittiantenni ja –liittymä jokaiseen asuntoon
- **Matkaviestinverkko:**
  - Uudet tukiasemat: tukiasemaverkon laajentaminen arviolta 7-10 tukiasemalla
  - Taajuuslaajennukset: ei realistisesti saavutettavissa, koska uudet taajuudet eivät juurikaan paranna peittoa (marginaalinen parannus mahdollisesti 5G:llä 700 MHz:n taajuusalueella)
  - Asiakkaan antenniasennukset: oletuksena, että peiton ulkopuolelle jäävät asunnot ovat lähellä peittoalueen rajaa
- **Kiinteä verkko:**
  - Jokaiseen asuntoon vedettävä oma kiinteä liittymä
  - Ei realistisesti saavutettavissa, koska matkaviestinverkon peiton ulkopuolella olevat asunnot ovat todennäköisesti kymmenien kilometrien päässä kuituverkon liittytapistäistä.

Tekniikka	Ratkaisu	Verkko-investoinnit	Asiakkaan liittymismaksut	Asiakkaan kuukausimaksut
Satelliitti	Satelliittiyhteys	-	~500 € / asiakas	~50-100 € / asiakas
Matkaviestin-verkko	Uudet tukiasemat	1 – 2 M€		
	Lisätaajuuskapasiteetti	-		
	Asiakkaan antennit	-	~500-1500 € / asiakas	~30 € / asiakas
	Optimointi	(vain työ)		~30 € / asiakas
Kiinteä verkko	Kuituliittymä (1 km)	*)	~12 000 € / asiakas	~75 € / asiakas
	Kuituliittymä (5 km)	*)	~50 000 € / asiakas	~75 € / asiakas
	Kuituliittymä (10 km)	*)	~100 000 € / asiakas	~75 € / asiakas

\*) Kuituverkon laajentuminen lähemmäs erittäin harvaan asuttuja alueita etenee todennäköisesti hitaasti, eikä kustannuksia ole edes mielekäästä arvioida yleispalvelulaajakaistan näkökulmasta, koska jo liittymismaksut nousevat suurilla etäisyyksillä kestävämmälle tasolle. Ei ole todennäköistä, että matkaviestinverkon peittoalueen ulkopuolella olisi riittävän suuria asutuskeskittymiä, joihin kuituyhteys olisi taloudellisesti kannattavaa tuoda.



# Taustaa

## Esimerkkejä asiakkaan laitevaihtoehdoista matkaviestinverkossa

päätelaite sisätiloissa



päätelaite ikkunalla



päätelaite seinällä



Laite:	4G/5G ”mokkula” tai reititin sisällä	4G/5G modeemi/reititin (ikkunalla)	Ulos asennettava päätelaite (1,5 m korkeudella)	Katolle asennettava antenni (~6 m korkeudella)
Ominaista:	”Mokkuloissa” on heikohko antenni verrattuna erillisiin reitittämiin. Vaatii erittäin hyvän matkaviestinverkkopeiton, että signaali yltää sisätiloihin.	Tukiaseman suuntaan olevalle ikkunalle sijoitettuna voi toimia myös heikossakin matkaviestinverkkopeitossa	Laadukkaan laitteen antennivahvistus voi parantaa peittoa myös arvioidun LTE/5G-peruspeiton ulkopuolella	Mahdollistaa riittävän yhteysnopeuden saavuttamisen normaalin peiton ulkopuolella.
Toiminta-etäisyys	Lähtötaso	+50 % etäisyydellä	+100 % etäisyydellä	+120 % etäisyydellä
Vaatus	Erittäin hyvä LTE/5G-peitto	Toimii lähellä peruspeiton rajaa, jos laite on hyvin sijoitettu	Toimii peruspeiton rajalla ja mahdollisesti myös ulkopuolella	Toimii myös arvioidun peruspeiton ulkopuolella
Kustannus	~50 euroa	~75-150 euroa	~400-1000 euroa	~500-1500 euroa

Sekä toimintaetäisyys, että kustannukset ovat suuntaa-antavia arvioita. Esimerkkivaihtoehdot havainnollistavat vain joitain mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja, joiden lisäksi on tarjolla myös muita signaalinvoimakkuutta vahvistavia ratkaisuja. Esimerkiksi ammattiasennuksena toteutetun kattoantennin kustannus on suurempi, mutta toimintavarmuus paranee, kun antenni suunnataan oikein ja kaapelointi tehdään huolella.



# Taustaa

## Ehdottoman miniminopeuden mahdollinen vaikutus kustannuksiin

Jos yleispalvelulaajakaistalle asetetaan ehdoton minimivaatimus vaihtoehtojen 2 tai 3 mukaan, ja osoittautuu, ettei tarjottu laajakaistayhteys pysty vaatimusta täyttämään, voi yleispalvelulaajakaistan vaatimusten alapuolelle jäävien asuntojen määrä kasvaa merkittävästi, myös nykyisen LTE-peruspeiton alueella.

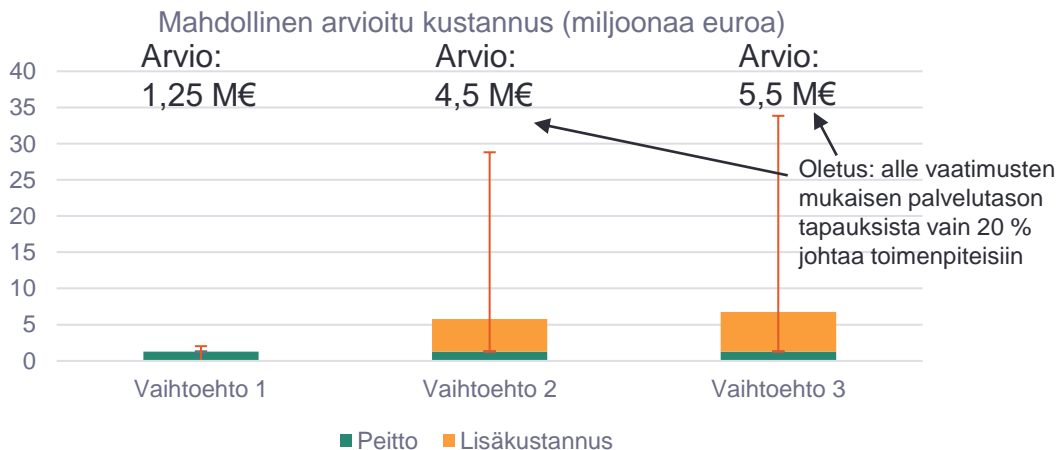
→ Todellinen vaikutus kustannuksiin jäänee pieneksi, koska määritelmä ei vaikuta käyttäjäkokemukseen.

Arvio vakituisista asunnoista, joissa ehdoton minimivaatimus ei toteudu:

- Vaihtoehto 2 (min. 3,75 Mbit/s): ~3 000 asuntoa
- Vaihtoehto 3 (min. 4,5 Mbit/s): ~4 300 asuntoa

Vaihtoehtoiset ratkaisut:

- **Satelliitti:** ei toteutettavissa
- **Matkaviestinverkon enimmäiskustannus:**
  - Vaihtoehto 1: ~2 M€
  - Vaihtoehto 2: ~29 M€ (yli 120 tukiasemaa + taajuuslaajennuksia nykytukiasemiin)
  - Vaihtoehto 3: ~34 M€ (yli 150 tukiasemaa + taajuuslaajennuksia nykytukiasemiin)
- **Kiinteä verkko:** ei muutosta



Arvio kustannuksesta operaattoreille yleispalvelulaajakaistan vaatimusten täyttämiseksi. Yleispalvelulaajakaistan kustannusten toteutuminen riippuu siitä, tarvitaanko peiton ulkopuolelle jäävissä asunnoissa laajakaistayhteyttä, sekä siitä löytävätkö käyttäjät itse toimivan ratkaisun ilman yleispalvelulaajakaistaan turvautumista.

# Haasteet liittymänopeuden todentamisessa

---

- Tiedonsiirtokanavan teoreettinen kapasiteetti voidaan arvioida ja mallintaa, mutta käytännössä käytettävissä olevaan nopeuteen vaikuttavat:
  - Teoreettinen kapasiteetti
  - Sijainti
  - Ympäristön olosuhteet
  - Muut käyttäjät
- Käytössä olevan nopeuden arvioimiseksi tarvitaan kuormaa
  - Jotta suurin käytettävissä oleva nopeus voidaan arvioida, täytyy kanavaa rasittaa enimmäiskuormalla.





# Taustaa – laatuvaatimusten määrittely

## Nopeuden vaihtelu matkaviestinverkossa

---

- Saatavilla oleva nopeus vaihtelee kaikilla yhteysmedioilla, joiden kokonaiskapasiteetti jaetaan käyttäjien kesken
  - Matkaviestinverkko ja satelliittiyhteys ovat erityisen alttiita vaihtelulle haja-asutusalueilla, jossa jaettavaa kapasiteettia on vähemmän käytössä.
  - Jokaisen käyttäjän dataliikennekysyntä aiheuttaa kuormitusta jaetulla kanavalla, siten vaikuttaen muiden saman kanavan käyttäjien saatavilla olevaan enimmäisnopeuteen.
  - Jos laajakaistan loppukäyttäjä on sijainnissa, jossa normaaliolosuhteissa hänelle on tarjolla enimmillään 10 Mbit/s:n nopeus, jo yli 50 %:n hetkellinen kuorma muilta käyttäjiltä laskee hetkellisen enimmäisnopeuden alle 5 Mbit/s:iin.
- Lisäkapasiteetilla voidaan vastata tilanteisiin, joissa kuorma tietyn tukiaseman alueella jatkuvasti aiheuttaa palvelun laadun heikkenemistä.
  - Käyttäjien verkkoon aiheuttama kuormitus ei ole kuitenkaan matkaviestinverkko-operaattorien kontrolloitavissa, ja etenkin yllättävien liikennepiikkien aikana nopeus voi laskea alle tavoitteen.
- Suuren kuormituksen hetket ovat harvinaisempia haja-asutusalueilla, joilla käyttäjiä yhden jaetun kanavan alueella on vähemmän.
  - Kuitenkin niitä esiintyy ennakoimattomasti ja nopeus voi vaihdella myös sään tai muiden ulkoisten tekijöiden vaikutuksesta.
  - Hetkellinen yhdenkin käyttäjän normaalia suurempi liikennekysynnän hetki voi vaikuttaa rajallisen kapasiteetin alueella merkittävästi muihin käyttäjiin.



# Taustaa – laatuvaatimusten määrittely

## Nopeuden vaihtelu satelliittiyhteydellä

---

- **Satelliittiyhteys on jopa matkaviestinverkkoa alttiimpi vaihtelulle.**
  - Samoin kuin matkaviestinverkkoon, satelliittiyhteyden laatuun vaikuttavat sääolosuhteet
  - Kokonaiskapasiteetti vaihtelee myös satelliittien kierron aikana, kun satelliittien suhteellinen sijainti käyttäjiin nähden vaihtelee.
  - Suomen pohjoinen sijainti vaikuttaa siihen, että internetyhteyttä tarjoavia satelliitteja on rajallinen määrä ja tarjolla oleva kokonaiskapasiteetti vaihtelee satelliittien sijainnin mukaan.
- **Satelliittiyhteydellä 5 Mbit/s -miniminopeuden takaaminen ei ole käytännössä nykyisellä kaupallisella tarjonnalla mahdollista.**
- **Uudet toimijat, kuten Amazon (tuote: Kuiper) tai SpaceX (tuote: Starlink) voivat tulevaisuudessa pystyä tarjoamaan myös Suomen vaikeapääsuisille alueille erittäin nopeaa satelliittilaajakaistaa, joka voisi nopeuden vaihtelunkin huomioiden pystyä tarjoamaan huomattavasti nykyistä nopeampia yhteyksiä.**
  - Aikataulu saatavuudelle Suomessa ei ole tiedossa.



# Taustaa – arvio perustuen peitto- ja asuntotilastoihin

## Vakituiset asunnot LTE-peruspeiton ulkopuolella

---

- Kunnat, joissa vakituksia asuntoja LTE-peruspeiton ulkopuolella
  - Lapin maakunta: ~63 vakituista asuntoa peiton ulkopuolella
    - Utsjoki 96 % ~ 23 asuntoa
    - Salla 98 % ~35 asuntoa
    - Pelkosenniemi 99 % ~5 asuntoa
  - Kainuun maakunta: ~123 vakituista asuntoa peiton ulkopuolella
    - Suomussalmi 98 % ~ 80 asuntoa
    - Kuhmo 99 % ~43 asuntoa
  - Etelä-Karjalan maakunta: ~18 vakituista asuntoa peiton ulkopuolella
    - Rautjärvi 99 % ~18 asuntoa
- Yhteensä noin 200 vakituista asuntoa LTE-peruspeiton ulkopuolella

TRAFICOM: Matkaviestinverkon laajakaistapalvelujen peittoalueet (21.5.2021)

<https://www.traficom.fi/fi/tilastot/matkaviestinverkon-laajakaistapalvelujen-peittoalueet>

Tilastokeskus: 116f -- Asunnot talotyypin, käytössäolon ja rakennusvuoden mukaan, 2020 (21.5.2021)

[https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_asu\\_asas/statfin\\_asas\\_pxt\\_116f.px/table/tableViewLayout1/](https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_asu_asas/statfin_asas_pxt_116f.px/table/tableViewLayout1/)



# Taustaa – arvio palvelun tarjoamisen kustannuksista matkaviestinverkoissa Peiton laajentaminen ja liikenteen vaikutus saatavaan nopeuteen

## Peruseriaatteet:

- Haja-asutusalueilla LTE-peruspeitto riittää tarjoamaan enintään 5 Mbit/s yhteyden peittoalueen reunalla
- Valtaosa käyttäjistä on kuitenkin paljon lähempänä tukiasemaa kuin peittoalueen rajaa
  - Tyypillisesti käyttäjät keskittyvät tietyille alueille tukiaseman peittoalueella ja tukiasemien sijainti on suunniteltu siten, että valtaosa asiakkaista on hyvissä signaaliolosuhteissa.
  - Peittoalueen reunalla olevien käyttäjien määrän on arvioitu olevan suhteellisen vähäinen
- Peiton ulkopuolelle jäävät kiinteistöt ovat tyypillisesti lähellä peittoalueen rajaa
- Muiden käyttäjien liikennekuorma vähentää hetkellisesti saatavilla olevaa nopeutta
- Uusien tukiasemien rakentaminen vähentää peittoalueen reunalla olevien käyttäjien määrää, siten myös laatu

## Arvio kustannuksista

Tausta: Omnitelen kuntakohtainen arvio tukiasemamääristä ja tyypillisesti käytössä olevista taajuuksista eri tyypisillä alueilla (kaupungit, kehysalueet, maaseutualueet). Perustuen Omnitelen aiempaan selvitykseen. 1)

1. Arvio eri nopeusluokkien väestöpeitosta kunnittain
  - Perustuu Traficomien tilastoihin
2. Peiton kasvattamiseksi vaadittavat laajennukset kunnittain
  - Perustuu Traficomien maantieteellisen peiton ja väestöpeiton tilastoihin, sekä Omnitelen arvioon peittoalueiden kasvattamiseksi vaadittavista tukiasema- tai taajuuslaajennuksista.
3. Arvio liikenteen vaikutuksesta tarjottuun palvelutasoon ja vaadittaviin investointeihin
  - Perustuu oletuksiin tukiasemien määrästä kunnittain erilaisilla alueilla, sekä väestö- ja liikennemäärään kunnittain. Traficomien raportoima liikennetilasto on jaettu väestöjakauman mukaan. 2)

1) Omnitelen yleispalvelun kustannus selvitys, 2019: [https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/f4a8e63a-5c4f-4c82-a778-dbed38de6595/5ed3df7c-274f-47f3-a5cf-628920967733/RAPORTTI\\_20191022084020.pdf](https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/f4a8e63a-5c4f-4c82-a778-dbed38de6595/5ed3df7c-274f-47f3-a5cf-628920967733/RAPORTTI_20191022084020.pdf)

2) Traficom: viestintäpalveluiden tilastokoonni, 4.3.2021: <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Viestintäpalveluiden-tilastokoonni.ods>

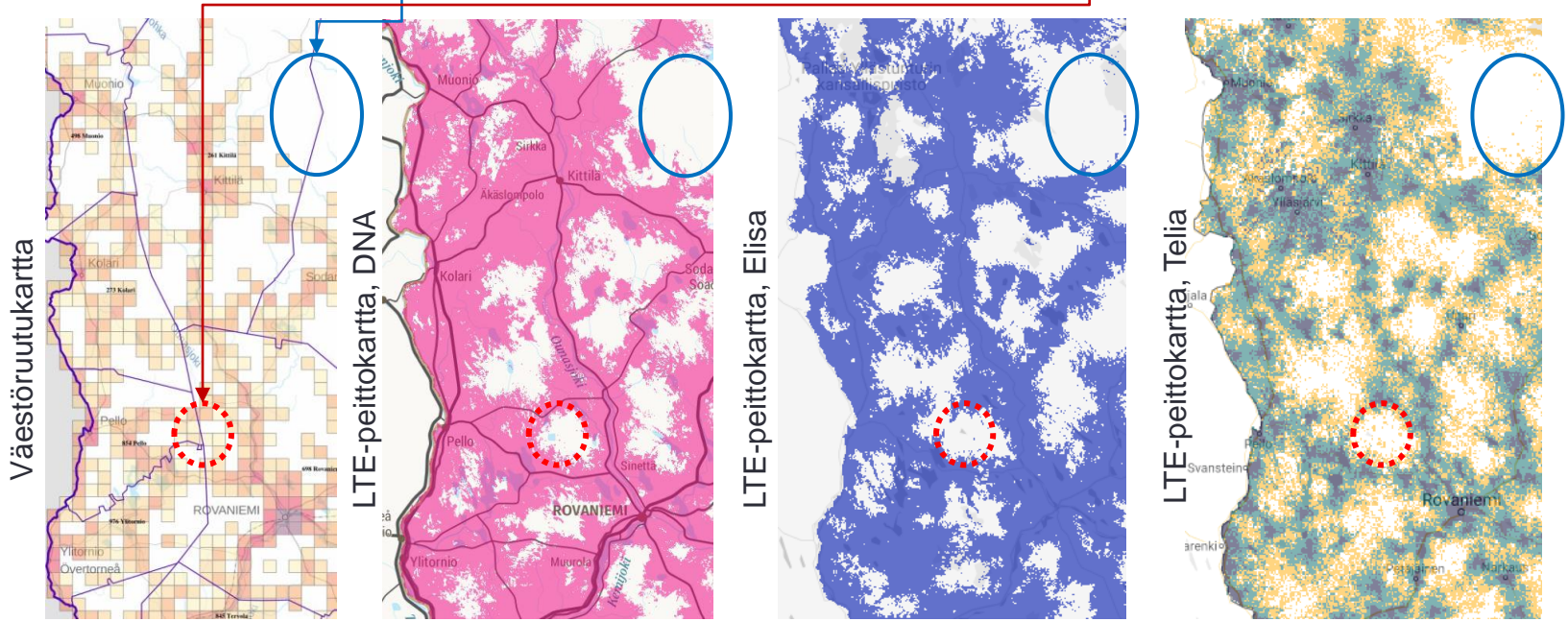


# Esimerkki

## Vestöruutukartta-aineiston ja operaattorien julkisten peittokarttojen vertailu

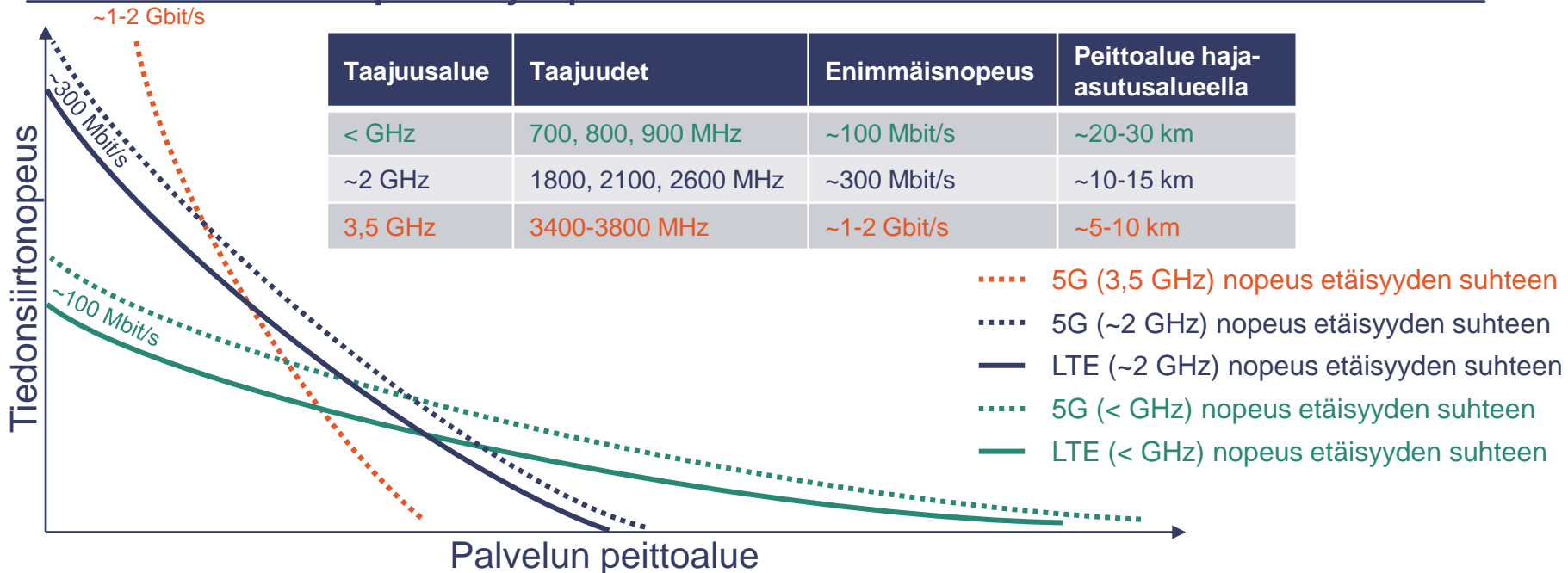
Alue, jolla ei ole maantieteellistä matkaviestinverkkopeittoa: alueella ei ole myöskään tilastoitu vakituista asutusta

Alue, jossa asutusta on, mutta LTE-peitto on heikko: asutus pääsääntöisesti hyvin lähellä peittoalueen rajaa



Taustaa

# Tiedonsiirtonopeus ja peittoalue



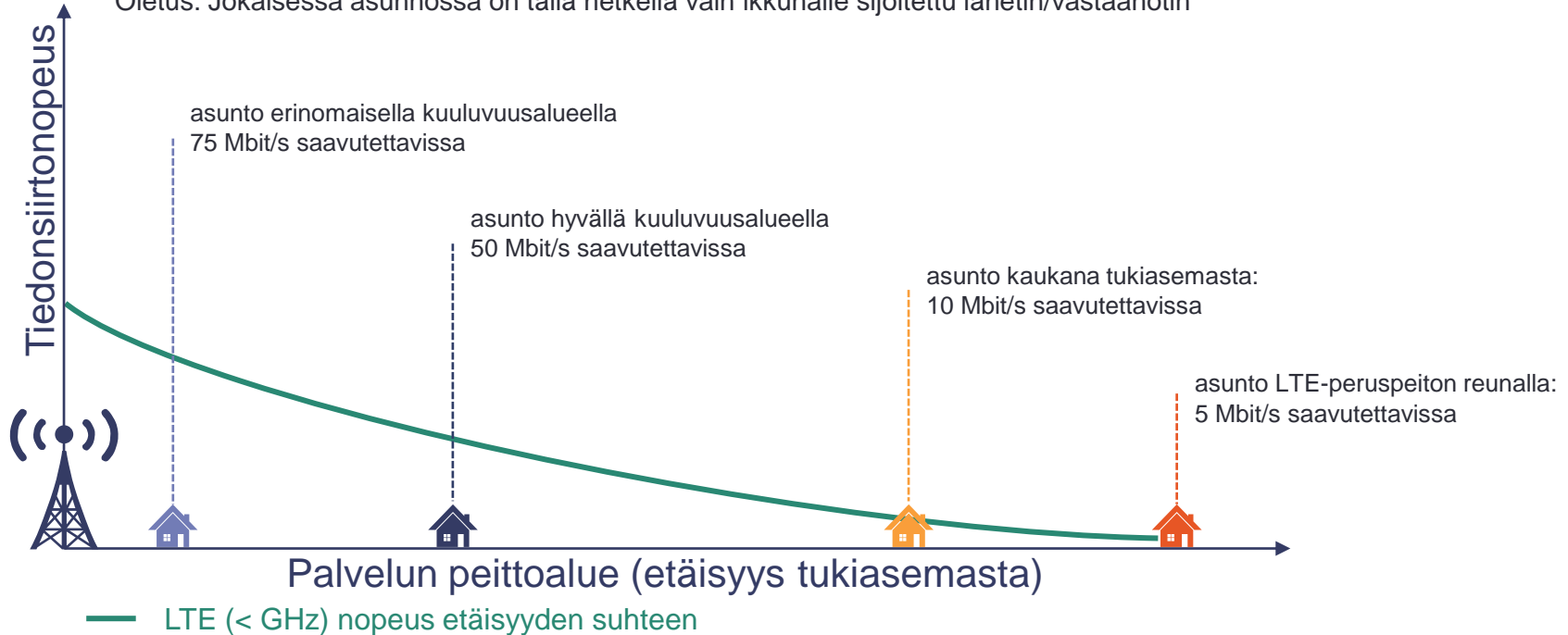
Käytännössä vain alle gigahertzin (GHz) taajuudet soveltuvat haja-asutusalueiden palvelun tuottamiseen. Korkeammat taajuudet ovat jo hyvin pitkälti käytössä asutuskeskitymissä, missä tiedonsiirtokapasiteetin tarve on suurta.



Taustaa – Esimerkki haja-asutusalueella (1/3)

# Saavutettavissa oleva tiedonsiirtonopeus

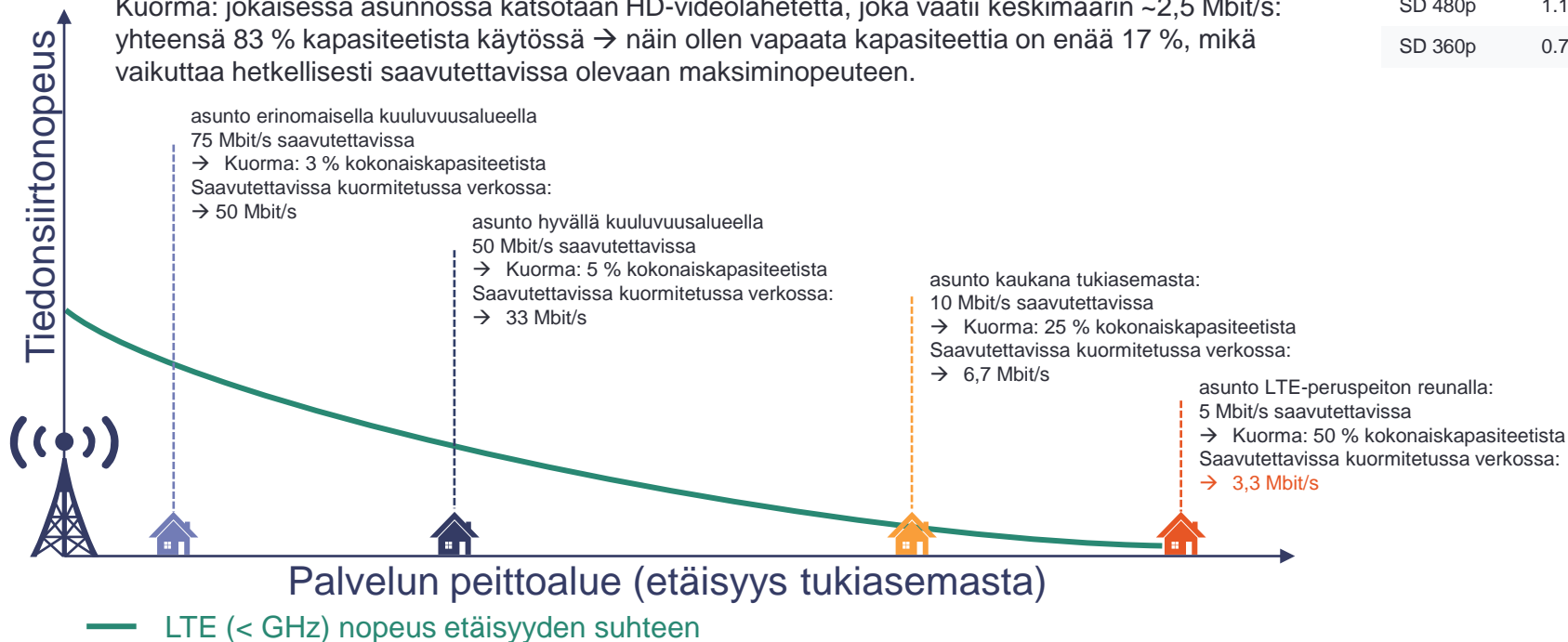
Oletus: Jokaisessa asunnossa on tällä hetkellä vain ikkunalle sijoitettu lähetin/vastaanotin



Taustaa – Esimerkki haja-asutusalueella (2/3)

# Tiedonsiirtonopeus jaetulla kapasiteetilla

Kuorma: jokaisessa asunnossa katsotaan HD-videolähetettä, joka vaatii keskimäärin ~2,5 Mbit/s: yhteensä 83 % kapasiteetista käytössä → näin ollen vapaata kapasiteettia on enää 17 %, mikä vaikuttaa hetkellisesti saavutettavissa olevaan maksiminopeuteen.



Jokaisessa asunnossa on tällä hetkellä vain ikkunalle sijoitettu lähetin/vastaanotin

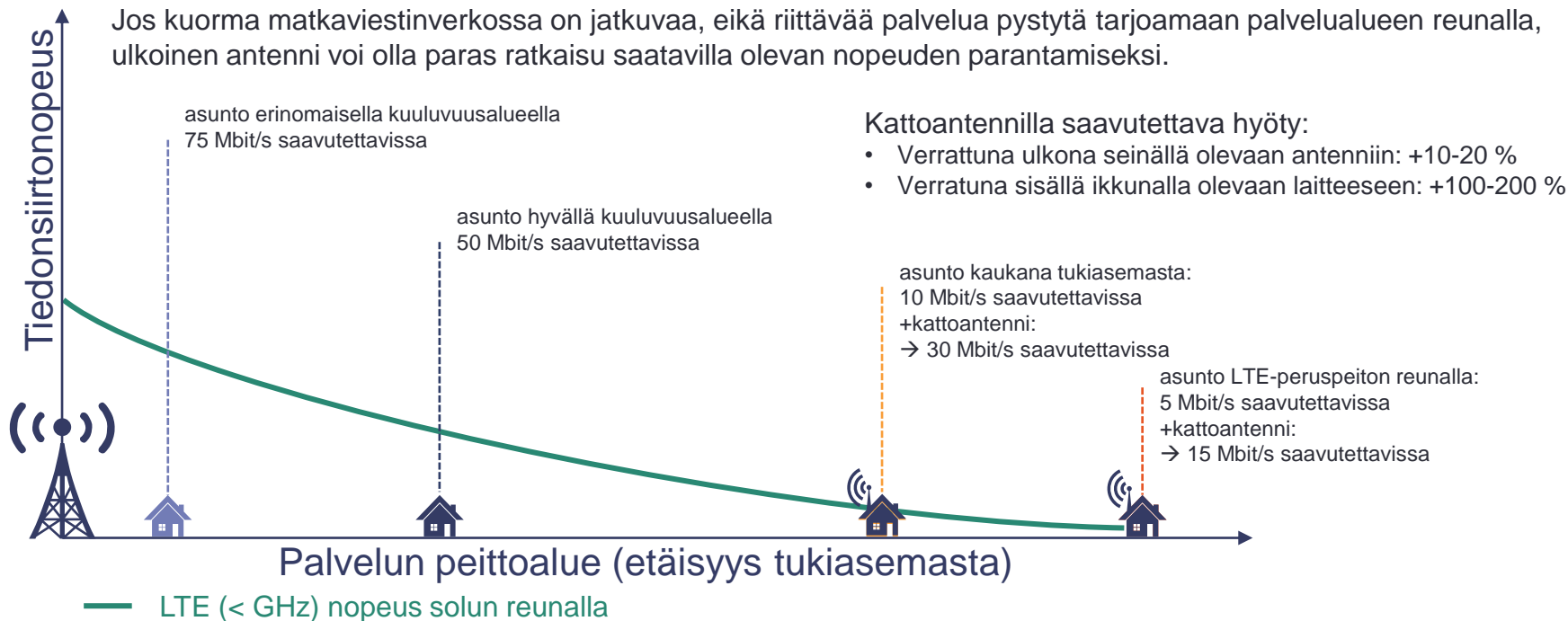
Video Resolution	Recommended sustained speed
HD 1080p	5 Mbps
<b>HD 720p</b>	<b>2.5 Mbps</b>
SD 480p	1.1 Mbps
SD 360p	0.7 Mbps





## Esimerkkiratkaisu: katolle/korkealle asennettava antenni

Jos kuorma matkaviestinverkossa on jatkuvaa, eikä riittävää palvelua pystytä tarjoamaan palvelualueen reunalla, ulkoinen antenni voi olla paras ratkaisu saatavilla olevan nopeuden parantamiseksi.



### Kattoantennilla saavutettava hyöty:

- Verrattuna ulkona seinällä olevaan antenniin: +10-20 %
- Verrattuna sisällä ikkunalta olevaan laitteeseen: +100-200 %

Jokaisessa asunnossa on tällä hetkellä vain ikkunalta sijoitettu lähetin/vastaanotin



# Operaattorien raportoimat peittotasot

---

- Operaattorit toimittavat peittoarviot TRAFICOMille perustuen signaalivoimakkuusarvioihin, noudattaen TIKU-M\* määritelmädokumentissa määriteltyjä raja-arvoja.
  - TRAFICOM koostaa operaattorien raportoimista peittoarvioista yhdistetyn laajakaistapeittoarvion, jonka se julkaisee puolivuositain.
- Peittoarviot matkaviestinverkolle:
  - Ulkopeitto, päätelaite 1,5 m korkeudella
  - Arviot perustuvat mallinnuksiin ja edustavat saavutettavissa olevaa enimmäisnopeutta eri raja-arvoilla.
- Kiinteä ulkoantenni 5 m korkeudella kasvattaa peittoaluetta merkittävästi
  - Perustuen Omnitelen arvioihin, matkaviestinverkon maantieteellistä peittoaluetta voidaan kasvattaa 10 - 20 % (etäisyys tukiasemasta) 5 m korkeuteen sijoitettavalla ulkoantennilla verrattuna ulkona 1,5 korkeudella olevaan päätelaitteeseen.
  - Kattoantenni voikin olla ratkaisu, jolla peiton ulkopuolelle

\*Traficom: TIKU-M - Määritelmädokumentti

[https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/TIKU-M\\_Maaritelmadokumentti.pdf](https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/TIKU-M_Maaritelmadokumentti.pdf)

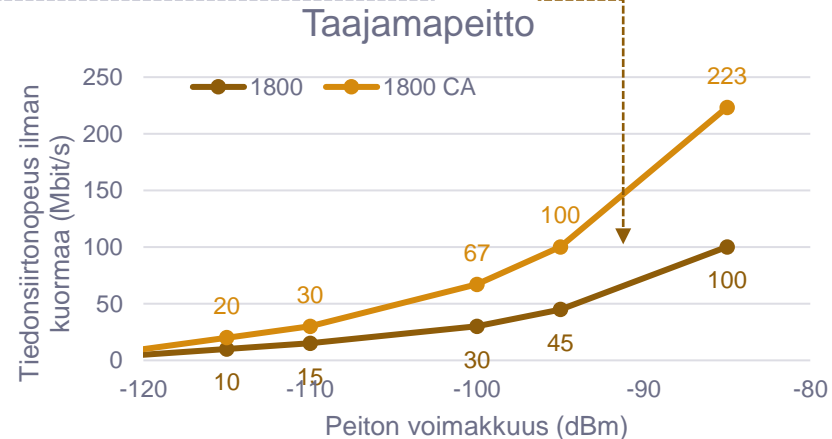
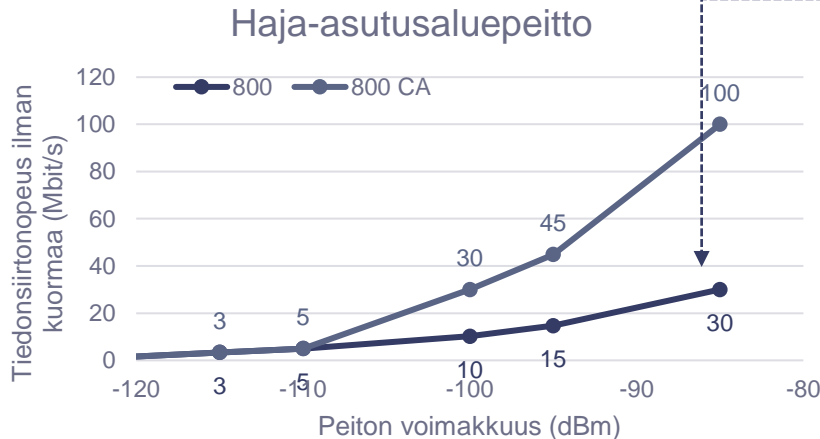


# TIKU-M laajakaistapeitto

- Haja-asutusalueiden LTE 800 MHz – 10 MHz:n kaistanleveys
  - Peruspeitto (-110 dBm) vastaa noin 5 Mbit/s nopeutta ilman kuormitusta
- Taajama-alueiden LTE 1800 MHz – 20 MHz:n kaistanleveys
  - Peruspeitto (-110 dBm) vastaa noin 10-15 Mbit/s nopeutta ilman kuormitusta
- Omnitelen radioverkkomittauksissa havaitsemat saavutettavat nopeudet ovat linjassa TIKU-M määrittelyjen kanssa

Peiton voimakkuuden raja-arvot (dBm) eri nopeusluokille

TIKU-M Nopeusluokka	Taajuusalue (MHz)				
	700	800	1800	2100	2600
Peruspeitto	-110	-110	-110	-110	-110
30 Mbit/s (DL)	-85	-85	-100	-100	-100
100 Mbit/s (DL)			-85	-85	-85



\*Traficom: TIKU-M - Määritelmädokumentti

[https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/TIKU-M\\_Maaritelmadokumentti.pdf](https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/TIKU-M_Maaritelmadokumentti.pdf)





# We Answer

# omnitele

## Contact

---

**Name** Jani Nieminen  
**Title** Director, Advisory Services  
**Phone** +359449947968  
**Email** [jani.nieminen@omnitele.com](mailto:jani.nieminen@omnitele.com)

---

## Omnitele Ltd

---

**Phone** +358 9 695 991  
**Email** [contact@omnitele.com](mailto:contact@omnitele.com)  
**Website** [www.omnitele.com](http://www.omnitele.com)  
**Address** Omnitele Ltd. Mäkitorpantie 3B, 00620 Helsinki, Finland

---

