

Kanavamittaus moderneja laajakaistaisia HF- järjestelmiä varten

MATINEn tutkimusseminaari 18.11.2015

Partnerit: Oulun Yliopisto/CWC, Kyynel Oy, Tampereen Teknillinen Yliopisto

Rahoitus: 63 512 €

Esittäjä: Harri Saarnisaari, CWC

Tausta

- ▶ HF-radiokanavatutkimus keskittynyt hyvin pitkien (>500 km) linkkivälien tiedonsiirtoon
 - ▶ Kanava Suomen oloissa lyhyillä etäisyyksillä kiinnostaisi
 - ▶ Pinta-aalto
 - ▶ NVIS-eteneminen
 - ▶ Max joitain satoja km
- ▶ HF-radiokanava on (ITU-) mallien mukaan haastava monitiekanava
 - ▶ Pitkiä, useiden ms viiveitä
 - ▶ Päteekö tämä oletus Suomen oloissa lyhyillä etäisyyksillä?
- ▶ Toisaalta, useimmiten mitattu milloin yksittäinen taajuus on saatavilla (% ajasta)
 - ▶ Ei siis kanavan laatua

Tausta

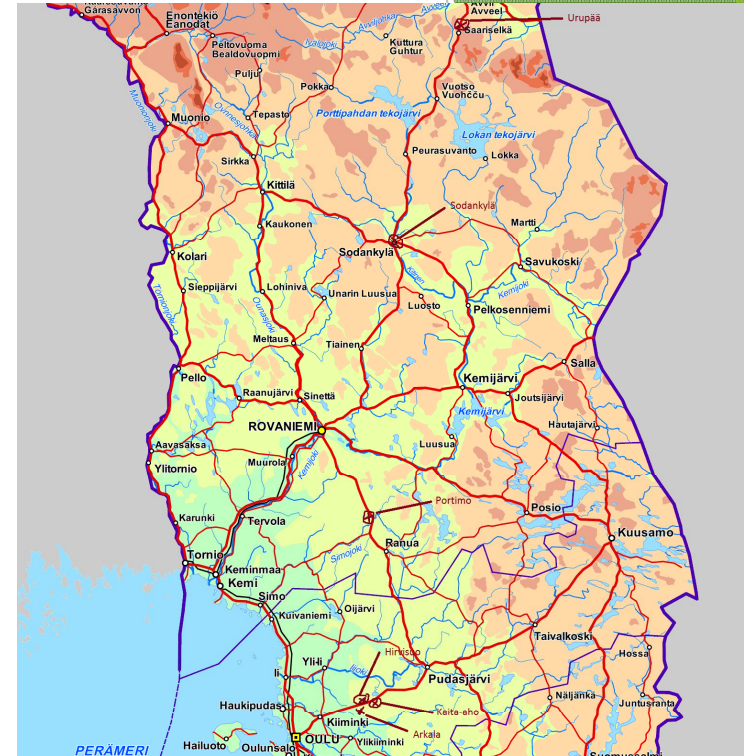
- ▶ Nykyisessä yhteydenmuodostustavassa valitaan tyypillisesti joku ennaltasovitusta maksimissaan noin kymmenestä kanavasta
 - ▶ 2G ja 3G ALE (automatic link establishment)
- ▶ Uusi teknologia mahdollistaa satojen taajuuksien skannauksen ennen yhteyden muodostusta
 - ▶ Kyynel Oy CNHF-radio
 - ▶ Thales HF XL -radio
 - ▶ Katsotaan skannatusta taajuusspektristä häiriöttömät taajuudet ja/tai käytetään havaituilla häiriövapailla taajuuksilla kanavan laadun tunnistusta perustuen kanavan mittaukseen (channel sounding)
- ▶ Kuinka paljon näistä on ”häiriöttömiä” yhden etenemistien kanavia, jotka mahdollistavat suuret datanopeudet (eli suuret modulaatioaakkostot)
 - ▶ Tätä ei ole (hakujemme mukaan) tutkittu aiemmin Suomen oloissa tai muutenkaan

Tavoite

- ▶ Selvittää kuinka paljon Suomen etäisyyksillä löytyy yksitiekanavia
 - ▶ Jos löytyy, niin tulevaisuuden HF-järjestelmien kannattaisi etsiä näitä yhteydenmuodostusprosessissa
 - ▶ Jos löytyy, niin olisi mahdollista löytää suuridatanopeuksisia HF-yhteyksiä
- ▶ Samalla tutkitaan muita kanavaparametreja kuten
 - ▶ kuinka leveä (kHz) on löydetty yksitiekanava
 - ▶ Uusin HF-teknologia mahdollistaa kaistanleveyden valinnan (3-24 kHz) häiriövapaan kanavan leveyden mukaan
 - ▶ viivehaje

Projekti

- Suoritus: mittaukset ja mittaustulosten analyysi
- Mittauksia tehty 17-21.8
 - Radioasema Arkala on toinen pää (lähellä Kiiminkiä), mittauksia molempiin suuntiin
 - Pinta-aalto
 - 2.8 km (Hirvisuo)
 - 7.8 km (Kaita-aho)
 - NVIS
 - Ranua, oik. Portimo (101 km)
 - Sodankylä, keskustan alue (250 km)
 - Saariselkä, oik. Urupää (364 km)
- Mittaukset tehtiin käyttäen Kyynel Oy:n laitteistoa



Antenni

► Laajakaistainen taittodipoli

- ICOM AH-710
- Käytimme loivassa ylösalaisessa V-muodossa
 - Hyvä NVIS-etenemiseen
- Kiinteässä päässä antennimastossa
- Liikuteltavassa päässä joko 6 m mastossa tai lipputangossa



Arkala

Saariselkä



Hirvisuo 6 m masto

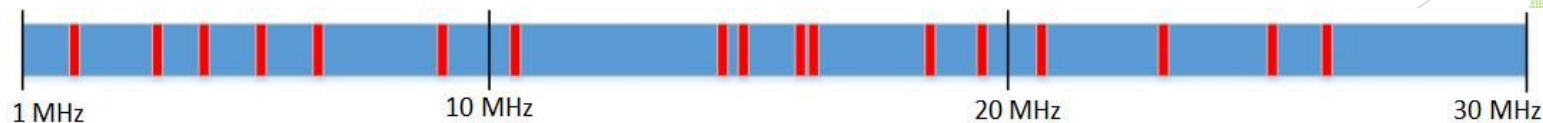
Ristikkäin asetettu toinen antenni mahdollisesti parantaisi tilannetta, koska saataisiin kunnolla vastaan kaikki polarisaatiot

Mittaukset

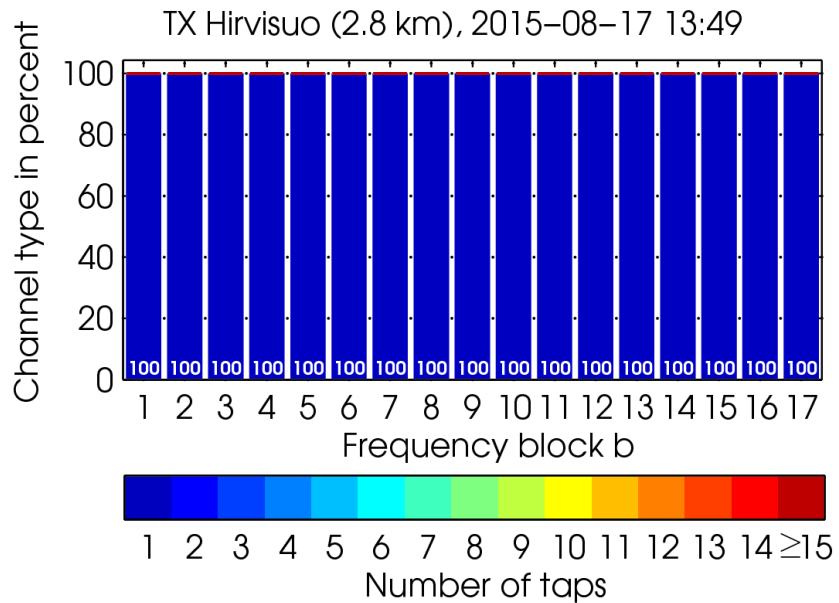
- ▶ Lähetetään lyhyt paketti jossa synkronointisekvenssi
- ▶ Jos synkronointisekvenssi saadaan onnistuneesti vastaanotettua, korrelaatio tallennetaan
- ▶ Jos vielä data saadaan onnistuneesti purettua, niin tästä datasta suoritetaan analyysi
 - ▶ Siis analyysi vain onnistuneille yhteysyrityksille
- ▶ Kapeakaistainen signaali, symbolinopeus 1,5 kHz
 - ▶ Viiveresoluutio 0,67 ms
 - ▶ Riittävä ITU-kanavamallien mukaan, jossa tappien välinen viive on tyypillisesti yli 1 ms

Mittaukset

- ▶ Mittaus suoritetaan 200 kHz kaistalla*,
 - ▶ Koko kaista luodataan yksi taajuus kerrallaan
- ▶ 200 kHz lohkoja on käytössä eri paikoissa HF-kaistaa kattaen varsin tasaisesti koko HF-kaistan 3 - 30 MHz
 - ▶ * jotkut lohkot hieman alle 200 kHz johtuen taajuusluvasta (FICORA) mutta silti varsin leveät. FICORA toimi hyvässä yhteistyössä luvista neuvoteltaessa.
- ▶ Lohkojen keskitaajuuudet
 - ▶ 1,955 MHz; 3,7 MHz; 4,5725 MHz; 5,795 MHz; 6,7875 MHz; 9,22 MHz; 10,5 MHz; 14,5 MHz; 14,8 MHz; 15,98 MHz; 16,25 MHz; 18,485 MHz; 19,58 MHz; 20,7 MHz; 23,1 MHz; 25,31 MHz; 26,3 MHz
- ▶ Yhteen suuntaan mittaus kaikilla taajuuslohkoilla kesti noin 45 min
- ▶ Mittauksia tehtiin sekä päivällä että yöllä
 - ▶ Paitsi pinta-aaltomittaukset koska ne tehtiin ”liikkeestä” liikuteltavaa asemaa käyttäen

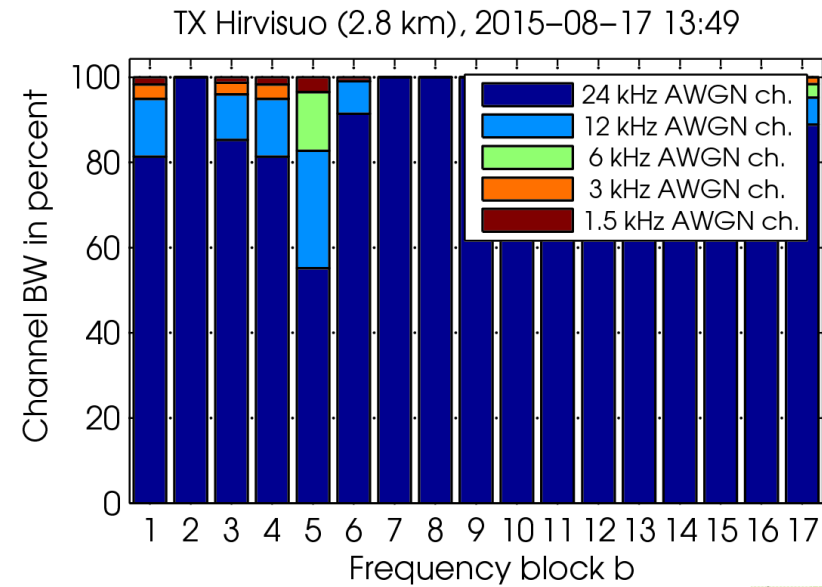


Tuloksia: pinta-aalto



Erilaisten kanavien suhteellinen osuus ja läpimenneiden pakettien osuus

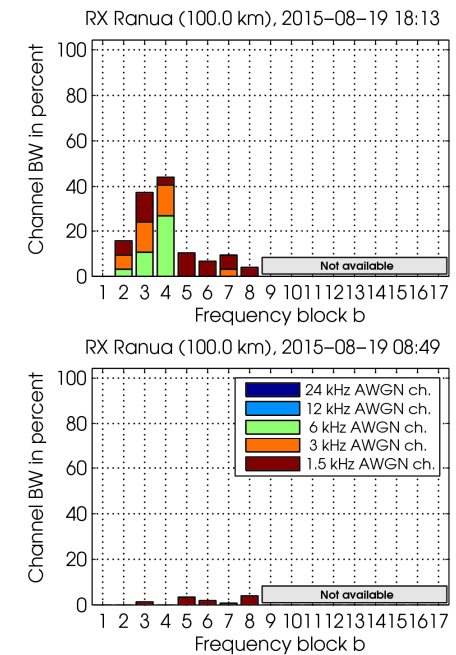
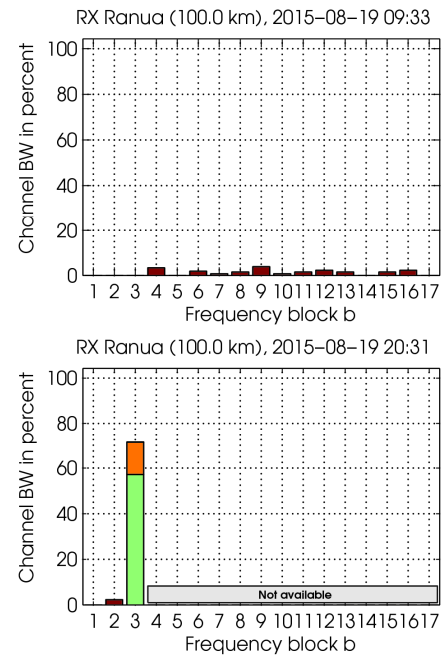
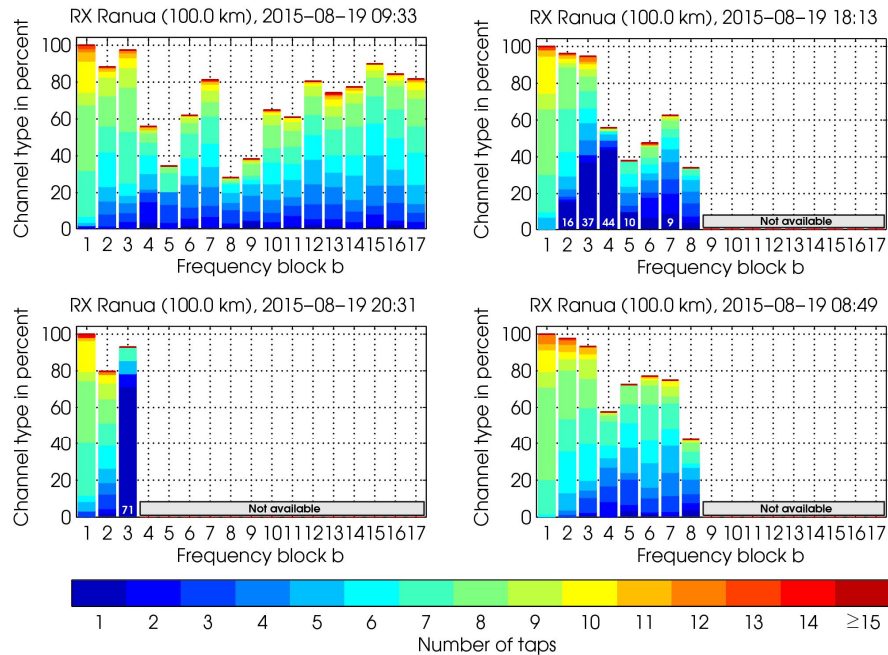
Pinta-aalto liki 100 % 1-tiekanava



Saatavilla olevat kaistanleveydet

Useimmiten saatavilla 24 kHz 1-tiekanavia

Tuloksia: NVIS Ranua vastaanottaa



Erilaisten kanavien suhteellinen osuus ja läpimenneiden pakettien osuus

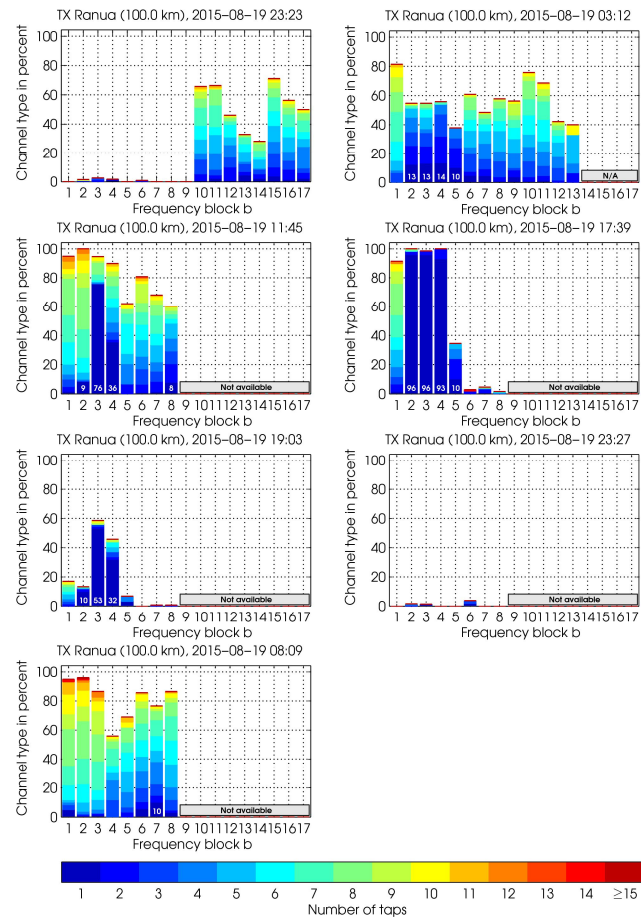
1-tiekanavia löytyy liki joka taajuuslohkosta

Kanavia löytyy myös illalla (alataajuuksilta)

Saatavilla olevat 1-tie kaistanleveydet -aika vähän, mutta kuitenkin löytyy

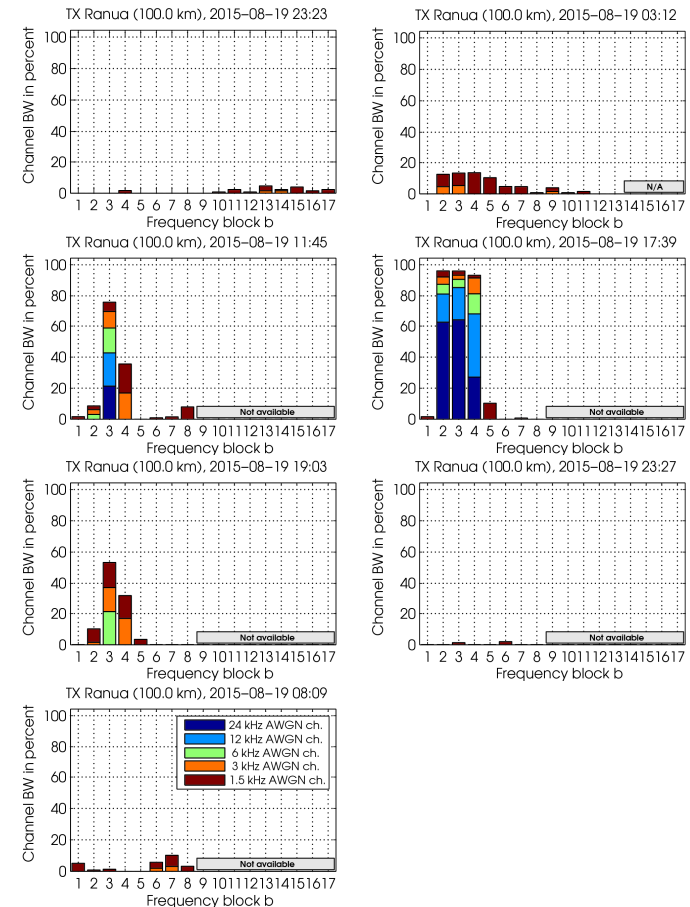
Maksimissaan 6 kHz 1-tiekanavia

VIS Ranua lähettää



Erilaisten kanavien suhteellinen osuus ja läpimenneiden pakettien osuus

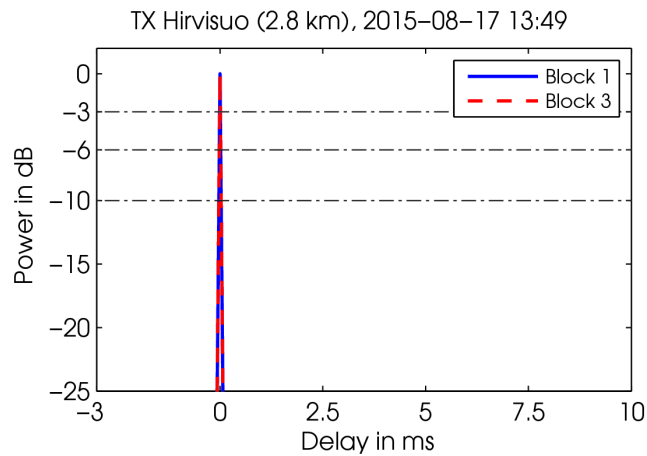
1-tiekanavia löytyy liki joka taajuuslohkosta, jopa paljon (riippuu ajankohdasta)



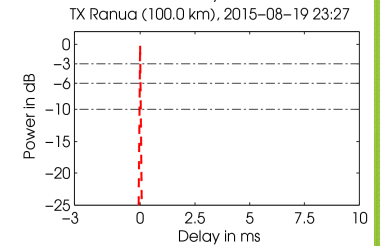
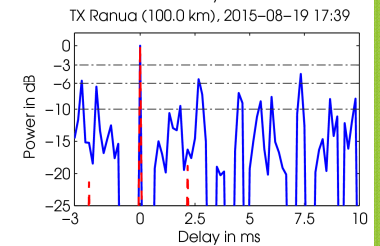
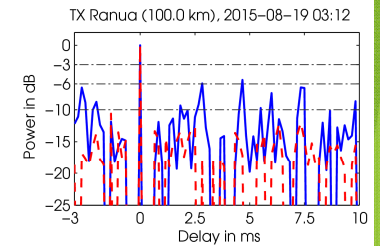
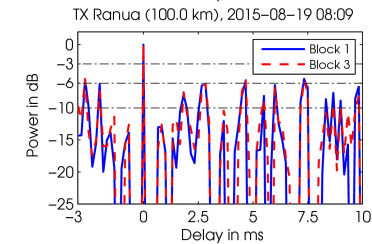
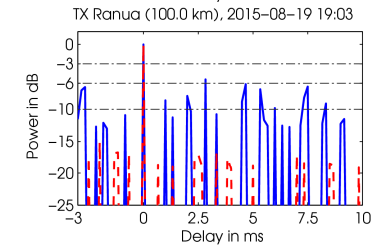
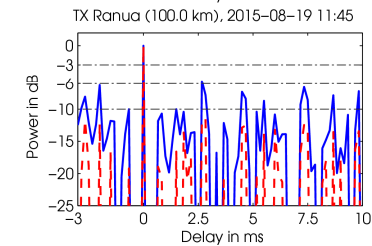
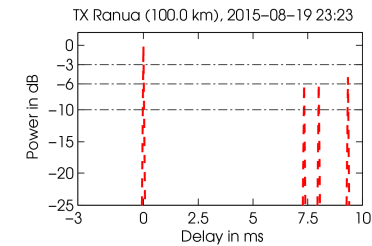
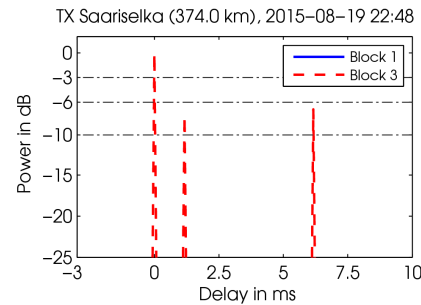
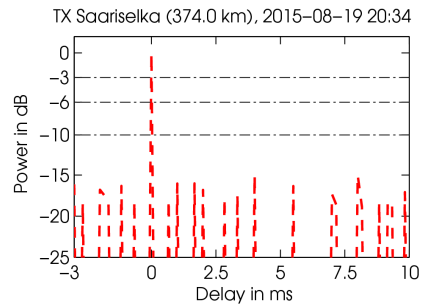
Saatavilla olevat 1-tie kaistanleveydet

Joskus jopa 24 kHz 1-tiekanavia

Korrelaattorin ulostuloja



Pinta-aalto: yksitiekanava



NVIS: yksitiekanava tai monitiekanava
-kuvassa keskimääräinen viiveprofiili/lohko
-eri taajuuslohkoissa havaittavissa korrelaatiota (muttei aina)

Viivehajeen analyysiä: laskettu monitiekanavista eri kynnyksillä

Taulukko 2: Monitiekanavien viivehajeet (RX Ranua, aamu, 19.08.2015)

Taajuuslohko	-3 dB:n kynnysteho			-6 dB:n kynnysteho			-10 dB:n kynnysteho		
	Max viivehaje	RMS viivehaje	Tappien lkm	Max viivehaje	RMS viivehaje	Tappien lkm	Max viivehaje	RMS viivehaje	Tappien lkm
01	10.638 ms	3.503 ms	8.2	11.732 ms	3.616 ms	13.2	11.760 ms	3.618 ms	13.4
02	9.896 ms	3.318 ms	6.9	10.964 ms	3.440 ms	11.9	11.280 ms	3.441 ms	12.6
03	9.205 ms	3.162 ms	6.5	9.815 ms	3.153 ms	10.8	8.675 ms	2.694 ms	9.8
04	6.286 ms	2.300 ms	4.7	5.900 ms	2.002 ms	6.4	6.193 ms	1.780 ms	5.5
05	8.625 ms	3.072 ms	5.2	10.227 ms	3.291 ms	9.1	11.652 ms	3.438 ms	12.4
06	7.353 ms	2.709 ms	4.9	9.880 ms	3.144 ms	9.1	11.420 ms	3.407 ms	12.2
07	7.620 ms	2.785 ms	4.7	9.717 ms	3.125 ms	8.4	11.698 ms	3.428 ms	12.1
08	7.281 ms	2.767 ms	4.3	9.566 ms	3.095 ms	8.5	11.236 ms	3.298 ms	11.9

Tuloksista voi päätellä että **HF kanavamalli** olisi

a) Osan aikaa 1-tie ja osan aikaa monitie (suhteet riippuvat onko pinta-aalto vai NVIS, paikka, ajankohta, taajuus)

b) Nyrkkisääntönä monitiekanavalle

- rms-viivehaje 3,5 ms luokkaa (monitiekanavissa)
- voimakkaita (0- -3dB) tappeja 4-5 kpl
- -3 - -6dB tappeja 4-5 kpl
- 2-4 kpl alle -6dB tappia
- Tappien teho vaihtelee ehkäpä $\pm 4-6$ dB (eri realisaatioille)
- Tappeja enemmän kuin ITU-referenssimalleissa

Yleisiä huomioita

- ▶ Kaikki taajuudet eivät toimi yöaikaan (kuten voi olettaa HF-tietämyksen pohjalta)
 - ▶ Riippuen paikasta, suunnasta ja pohjakohinatasosta
 - ▶ Ranualla ja Sodankylässä pohjakohinataso oli 10 - 15 dB suurempi kuin Saariselällä
- ▶ Kaikki taajuudet (yläpää) eivät toimineet pisimmillä mittausetäisyyksillä
 - ▶ Esim. Saariselälle tuli läpi 9,2 MHz asti
 - ▶ Kokemusten mukaisesti NVIS toimii tyypillisesti alataajuuksilla 1,8 - 8 MHz
 - ▶ Joten tämä ei ollut yllätys
- ▶ Pinta-aalto on likipitään aina yksitiekanava
 - ▶ Mahdollistaa suuret datanopeudet
 - ▶ Myös suuremman kaistanleveyden (24 kHz) käyttö mahdollinen
 - ▶ Yhä suurempi datanopeus
- ▶ NVIS-kanava huomattavasti haastavampi
 - ▶ Useita etenemisteitä
 - ▶ Pääsääntöisesti kuitenkin löytyy yksi tai muutamia yksitiekanavia, joskus paljonkin
 - ▶ Joko yksi tai kaksi rinnakkaista 1-tiekanavaa, maksimikaistanleveys 6 kHz
 - ▶ Jos useita 1-tiekanavia niin maksimikaistanleveys kasvaa

Tulosten jatkokäyttö ja hyödyntäminen

- ▶ 1-2 konferenssijulkaisua
- ▶ Seuraukset HF-radioille
 - ▶ Hyviä 1-tiekanavia löytyy, joten niiden etsintään ja tunnistukseen kannattaa kiinnittää huomiota.
 - ▶ Jos voidaan luotettavasti löytää ja tunnistaa niin mahdollistaisi suuret datanopeudet
 - ▶ Löytäminen/tunnistus myös kaistanleveyden funktiona
 - ▶ Yksi (tutkimus)kysymys on, miten radio tunnistaisi *luotettavasti* milloin se on 1-tietapauksessa, milloin monitietapauksessa.
 - ▶ NVIS-tapauksissa (kuten myös pitkän kantaman ionosfäärietenemisessä) löytyy usein useita etenemisteitä, joten kanavakorjainten suorituskyyvyn ja laskentatehokkuuden parantamista ei kannata lopettaa.
 - ▶ NVIS-kanavassa rms-viivehaje luokkaa 3,5 ms, ja maksimiviive 12 ms, jotka vaikuttavat korjainsuunnitteluun
 - ▶ Tulosten perusteella NVIS-kanavia löytyy (alataajuuksilta) myös pahana pidettyinä aikoina
 - ▶ Kanavien etsintä on vain laajennettava kattamaan satoja taajuuksia, ei vain muutamia
 - ▶ Perinteinen kanavan etsintä tullut tiensä päähän?

Tulosten jatkokäyttö ja hyödyntäminen

- ▶ Tunnistettuja avoimia tutkimuskysymyksiä
 - ▶ Doppler efektiä/hajetta eli kanavan muutosnopeutta sen suhteen ei mitattu
 - ▶ Vaatisi muutoksia mittaussignaalin rakenteeseen
 - ▶ Leveäkaistaisilla signaaleilla on parempi aikaresoluutio joten ne saattavat nähdä useampia etenemisteitä
 - ▶ Tulosten perusteella kanavia olisi saatavilla varsin hyvin eli voisi olettaa että myös leveämpiä taajuuspalasia kuin 3 kHz löytyisi
 - ▶ Vaatisi erilliset luvat
 - ▶ Kuinka pitkään HF-kanava on (keskimäärin) käytettävissä eli kuinka pitkään yhtä taajuutta voi käyttää ennen kuin yhteys katkeaa
 - ▶ Vaatisi pitkiä automatisoituja mittauksia