

TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto

Lasse Becker

MATKAPUHELINPÄÄTELAITTEESEEN SOVELTUVA MENETELMÄ  
ÄNKYTTÄJÄN PUHEEN SUJUVUUDEN PARANTAMISEKSI

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä  
tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa  
varten Espoossa 10.5.2007.

Työn valvoja: prof. Paavo Alku

Työn ohjaaja: prof. Erkki Vilkman

Tekijä	Lasse Becker		
Työn nimi	Matkapuhelinpäätelaitteeseen soveltuva menetelmä änkyttäjän puheen sujuvuuden parantamiseen		
Päivämäärä	10.5.2007	Sivumäärä	75
Osasto	Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto		
Professuuri	S-89 Kieliteknologia		
Työn valvoja	Professori Paavo Alku		
Työn ohjaaja	Professori Erkki Viikman		
Tiivistelmä	<p>Änkyttäjien puheen sujuvuuden parantamiseen on puheterapian lisäksi saatavilla erilaisia laitteita ja ohjelmistoja. Nämä elektroniset apuvälineet perustuvat usein änkyttäjän omasta puheestaan saamien kuulohavaintojen muuntamiseen. Käytetyin näistä menetelmistä on viivästetty auditiivinen palaute, josta käytetään lyhennettä DAF (Delayed Auditory Feedback).</p> <p>Nämä erikoistuneet laitteet ovat yleensä kalliita ja hankalasti saatavilla. Halvemmalle, ohjelmistoon perustuvalla, mutta silti helposti mukana kannettavalle ratkaisulle on selvää tarvetta. Tälle on tarjoutunut mahdollisuus nykyaikaisten matkapuhelimien ansiosta. Niiden ominaisuudet vastaavat jo tietokoneita, ja niiden käyttöjärjestelmille on mahdollista kehittää omia sovelluksia.</p> <p>Tämän työn tavoitteena oli kehittää Symbian Series 60 -käyttöjärjestelmää käyttävissä matkapuhelimeissa toimiva DAFia hyödyntävä sovellus, joka toimii sähköisten apuvälineiden tavoin. Käytettäessä se siis auttaa änkyttäjää parantamaan puheensa sujuvuutta. Tätä sovellusta testattiin pienellä koehenkilöjoukolla ja tutkittiin, toimiiko se vastaavalla tavalla kuin samaan tarkoitukseen rakennetut laitteet.</p> <p>Mittauksista saatujen havaintojen perusteella sovellus parantaa koehenkilöinä olleiden änkyttäjien puheen sujuvuutta. Vaikutus tuntuu riippuvan osin koehenkilöstä ja ilmenevän paremmin lukiessa tekstiä ääneen kuin spontaanissa keskustelussa. Vaikka sovelluksen vaikutus oli selvä, osa sen ominaisuuksista ei vastannut DAF-laitteiden ominaisuuksia. Huomattiin, että sovelluksessa on paljon potentiaalia jatkokehittelylle.</p>		
Avainsanat	änkytys, Symbian, matkapuhelin, viivästetty auditiivinen palaute		

Author	Lasse Becker		
Name of the thesis	A Method Suitable for a Mobile Phone to Improve the Fluency of Stutterer's Speech.		
Date	10.5.2007	Number of pages	75
Department	Department of Electrical and Communications Engineering		
Professorship	S-89 Language technology		
Supervisor	Professor Paavo Alku		
Instructor	Professor Erkki Vilkmán		
Abstract	<p>Apart from speech therapy, there are various devices and software meant to improve the fluency of stutterers' speech. These electronic aids are often based on altering the auditory perceptions a stutterer receives of his own speech. The most used of these methods is called delayed auditory feedback or DAF.</p> <p>These specialized devices are typically expensive and hard to obtain. There is a clear need for a cheaper and portable software-based solution. The modern mobile phones have enabled implementing this solution. Their features already match those of computers, and as it is possible to develop one's own applications for their operating systems.</p> <p>The objective of this work was to develop an application using DAF and running in mobile phones using Symbian Series 60 operating system that works like the electronic aids. When used, it improves the fluency of a stutterer's speech. This application was tested on a small group of test subjects, examining whether it works similarly to the devices built for the purpose.</p> <p>The observations received from the tests indicate that the application improves the fluency of the stuttering test subjects. The effect seems to depend partly on the test subject and become more evident when text is being read aloud instead of speaking in a spontaneous conversation. Even though the effect was distinctive, part of the application's features didn't match those of the devices using DAF. It was discovered that the application has much potential for further development.</p>		
Keywords	stuttering, Symbian, mobile phone, delayed auditory feedback		

## ALKUSANAT

Tämän diplomityön tekemisen myötä pääsin kehittämään ideaa, joka oli odottanut mielessäni jo monta vuotta. Haluankin antaa suuret kiitokset työn valvojalle professori Paavo Alkulle ja työn ohjaajalle fonetiikan professori Erkki Vilkmannelle, joiden tuen ansiosta pääsin toteuttamaan ideaani ja jotka ovat suuresti neuvoneet minua työn yksityiskohdissa.

Kiitän myös Teknillisen korkeakoulun Akustiikan laboratoriota, varsinkin Lea Södermania ja Marjo Rönkköä, kaikesta tuesta mitä olen sieltä saanut. Samoin haluan kiittää Ville Ojasta teknisestä avusta, Suomen änkyttäjien yhdistystä ja koehenkilöitä testauksessa avustamisesta sekä työnantajaani Teleca Finlandia joustavuudesta diplomityöni tekemisen suhteen.

Lopuksi haluan kiittää lämpimästi vanhempiani ja siskoani, jotka ovat jatkuvasti kannustaneet minua niin diplomityön teossa kuin muutenkin elämässä. Tuntuu hyvältä päästä vihdoin valmistumaan.

Espoossa 10.5.2007

Lasse Becker

**LYHENTEET**

<b>AAF</b>	Altered Auditory Feedback
<b>DAF</b>	Delayed Auditory Feedback
<b>FAF</b>	Frequency-Shifted Auditory Feedback
<b>J2ME</b>	Java 2 Platform, Micro Edition
<b>MAF</b>	Masked Auditory Feedback
<b>MMF</b>	Multimedia Framework
<b>PCM</b>	Pulse Code Modulation
<b>PDA</b>	Personal Digital Assistant
<b>PDST</b>	Percentage of Discontinuous Speech Time
<b>S60</b>	Series 60
<b>SIS</b>	Symbian Installation Source
<b>VAS</b>	Visual Analogue Scale
<b>VoIP</b>	Voice over IP

## SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto.....	8
1.1	Yleistä.....	8
1.2	Työn tausta ja tavoitteet .....	9
2	Änkyttäjän puheen sujuvuutta parantavat sähköiset menetelmät.....	11
2.1	Yleistä.....	11
2.2	Muunnettu auditiivinen palaute (AAF) .....	12
2.2.1	DAF .....	13
2.2.2	MAF.....	14
2.2.3	FAF .....	15
2.2.4	Eri menetelmien yhdistäminen (DAF/FAF/MAF) .....	15
2.3	Laitteet ja ohjelmistot.....	15
3	Symbian OS -käyttöjärjestelmä .....	18
3.1	Yleistä Symbian OS -käyttöjärjestelmästä.....	18
3.2	Symbian OS:n sovellusalustat.....	19
3.3	Symbian-sovelluskehityksen ominaispiirteitä.....	21
3.4	Full-Duplex Audio .....	22
4	Sovellus.....	24
4.1	Sovelluksen tavoitteet.....	24
4.2	Sovelluksen toteutus .....	25
4.3	Sovelluksen toiminta ja puutteet.....	28

5	Mittaukset ja tulokset .....	32
5.1	Koeasetelma .....	32
5.1.1	Lukemiskoe .....	32
5.1.2	Puhelinkoe .....	32
5.2	Koehenkilöt.....	33
5.3	Mittaukset.....	35
5.3.1	Lukemiskoe .....	37
5.3.2	Puhelinkoe .....	37
5.4	Tulokset.....	38
5.4.1	Lukemiskoe .....	38
5.4.2	Puhelinkoe .....	48
6	Johtopäätökset .....	52
6.1	Yleistä.....	52
6.2	Koehenkilöiden mielipiteet.....	53
6.3	Kehitysmahdollisuudet.....	56
7	Lähdeluettelo .....	58

## LIITTEET

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Yleistä

Änkytys on tahdosta riippumaton puheen häiriötila, josta kärsii noin yksi prosentti väestöstä. Se on miespuolisilla henkilöillä 3-4 kertaa yleisempää kuin naispuolisilla. Vaikka änkytyksen syitä ja olemusta on tutkittu paljon, sille ei ole löytynyt toistaiseksi mitään erityistä syytä, eikä siitä eroon pääsemiseen ole mitään varmaa menetelmää, vaikka nykyaikaiset terapiamenetelmät mahdollistavat änkytyksen lievittämisen tai jopa poistamisen. [1] [2]

Änkytys ilmenee tyypillisesti puheessa tapahtuvina toistoina (to-to-to-to-toistoina), venytyksinä (vvvvvvenytyksinä) tai puheen salpautumista aiheuttavina lukkoina (... ..lukkoina), jotka voivat kestää jopa minuuttien ajan. Tietyt oireet ovat toisilla änkyttäjillä yleisempiä kuin toisilla. [1]

Usein änkytys alkaa jo 2-5 vuoden iässä, mutta suurimmalla osalla lapsia änkytysoireet katoavat puheen kehittyessä. Änkytys voi tuntua helposti voitettavalta vaikeudelta, mutta aikuisille änkyttäjille se on raskas, elämän ikäinen taakka. Se vaikuttaa voimakkaasti änkyttäjän suullisen ilmaisun mahdollisuuksiin, ja voi tehokkaasti estää esimerkiksi etenemisen työuralla. Useimmille änkyttäjille on erittäin vaikeaa puhua puhelimesta, jossa suullisen kommunikaation edellytetään olevan kohtalaisen nopeata. Änkytys voi myös voimakkaasti rajoittaa sosiaalista kanssakäymistä. [1]

Varhaisessa iässä olevilla änkyttävillä lapsilla, varsinkin kouluikää nuoremmilla, on parhaat mahdollisuudet parantua änkytyksestään puheterapian avulla. Aikuisänkyttäjillä täydellinen paraneminen on harvinaista, mutta suurimmalla osalla terapia tuo kuitenkin jonkinlaista helpotusta änkytykseen [3]. Terapian lisäksi tai sen tukena on myös käytetty erilaisia laitteita tai apuvälineitä, joista useimmat ovat perustuneet puheentuottojärjestelmän tai itse puheen muunteluun sekä änkyttäjän omasta puheestaan saamiensa kuulohavaintojen muokkaamiseen.



Nämä apuvälineet ovat usein vaikeasti saatavia tai kalliita, eivätkä ne ole levinneet kovin laajaan käyttöön änkyttäjien keskuudessa. Tämä puute on toiminut tärkeimpänä innoittajana tälle diplomityölle.

## 1.2 Työn tausta ja tavoitteet

Erilaisia sähköisiä apuvälineitä on tarjottu jo pitkään änkyttäjien avuksi. Raskaat ja epäkäytännölliset kojeet ovat hiljalleen kehittyneet pienemmiksi, jopa korvaleden taakse mahtuviksi laitteiksi. Useimpia näistä apuvälineistä yhdistää kuitenkin sekä kova hinta että riippuvuus erityisestä, juuri tarkoitukseen tehdystä laitteesta.

Koska monia änkyttäjän puheen sujuvuutta helpottavia menetelmiä pystyy myös toteuttamaan ohjelmallisesti, olen itse ollut kiinnostunut varsinkin viivästettyyn auditiiviseen palautteeseen liittyvien menetelmien käyttämisestä erilaisilla kannettavilla laitteilla. Nykyiset matkapuhelimet ovat kehittyneet vuosien kuluessa vastaamaan ominaisuuksiltaan jo pieniä tietokoneita. Matkapuhelinpäätelaitteille ei ole kuitenkaan ainakaan työn aloitushetkellä tehty vielä ohjelmistoja, jotka olisi suunniteltu juuri auttamaan änkyttäjiä heidän puheensa kanssa, vaikka erilaisia laitteita onkin ollut olemassa jo pitkään.

Tällaisille apuvälineille löytyy myös tarvetta muutenkin kuin yksittäisten, teknisestä apuvälineestä kiinnostuneiden änkyttäjien keskuudessa. Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin foniatrian poliklinikka on kiinnostunut vaihtoehtoisista ratkaisuista kalliille apuvälineille, jotka eivät edes kaikki ole saatavilla sairaalakäyttöön Suomessa (foniatrian professori Erkki Vilkmán, suullinen tiedonanto).

Työn tavoitteena on kehittää Symbian Series 60 -pohjaisissa matkapuhelinpäätelaitteissa toimiva sovellus, jota käyttämällä änkyttäjä voi parantaa puheensa sujuvuutta. Sovelluksessa käytetään tärkeimpänä ominaisuutena viivästettyä auditiivista palautetta (DAF), jonka lisäksi tutkitaan mahdollisuuksia toteuttaa diplomityön puitteissa muita menetelmiä, kuten peitettyä auditiivista palautetta (MAF) ja metronomia.

Edellä mainittuihin eri menetelmiin ja niiden pohjalta tehtyihin apuvälineisiin tutustutaan tarkemmin luvussa 2. Monissa matkapuhelimissa käytössä oleva Symbian OS -käyttöjärjestelmä on esillä luvussa 3, ja luvussa 4 tarkastellaan diplomityön puitteissa tehdyn sovelluksen toimintaa. Sovelluksen toimivuutta änkyttäjän puheen sujuvuuden parantamiseen on tutkittu koehenkilöiden avulla, ja nämä mittaukset ja niiden tulokset on esitelty työn luvussa 5. Lopulta sovelluksen kehittämisen ja mittausten tulosten pohjalta tehdyt johtopäätökset ja kehitysmahdollisuudet käydään läpi luvussa 6.

## 2 ÄNKYTTÄJÄN PUHEEN SUJUVUUTTA PARANTAVAT SÄHKÖISET MENETELMÄT

### 2.1 Yleistä

Erilaisten laitteiden käyttö änkytyksen hoitamiseen tai hallitsemiseen ei ole uusi ilmiö. Menetelmät, jotka ovat jollain tavalla muunnelleet änkyttäjän puheentuotantoa, ovat yksinkertaisimmillaan olleet tiedossa jo antiikin Kreikassa [4]. Koska omaa puheentuotantoaan muuntelemalla, esimerkiksi puhumalla normaalia hitaammin tai nopeammin, puhumalla tavallista hiljempaa tai kovempaa sekä puhumalla monotonisella tai laulavalla äänellä änkyttäjä voi tilapäisesti parantaa puheensa sujuvuutta. Nämä havainnot ovat johtaneet varhaisimpiin kunnolla dokumentoituihin apuvälineisiin,

Suuhun asetettavat metalliset levyt ja langat, jotka muuttavat puheentuotantoa ja näin voivat vaikuttaa positiivisesti änkyttäjän puheen sujuvuuteen, ovat olleet käytössä ainakin jo 1800-luvulla, jolloin ranskalainen lääkäri Jean Marie Itard kehitti tällaisen apuvälineen ja kirjoitti siitä kirjan ”Mémoire sur le Bégaiement” (Tutkielma änkytyksestä). Itardin laite ja muut ensimmäisistä puheen tuotantoon vaikuttaneista välineistä ovat käytännössä vähentäneet änkytyksen määrää rajoittamalla suun liikkeitä ja hidastamalla puhenopeutta. Laitteiden vaikutuksen ei tiedetä olleen missään tapauksessa pysyvää [4].

Muita varhaisia apuvälineitä ovat olleet erilaiset tahtia antavat laitteet ja metronomit, joiden rytmissä puhumalla änkyttäjä pystyy usein vähentämään änkytystään. Tällaiset laitteet olivat aluksi mekaanisia, mutta 1960-luvulta alkaen sähköiset, korvan taakse sijoitettavat metronomit ovat olleet mahdollisia, ja olivat 60- ja 70-luvulla hyvin suosittuja apuvälineitä änkytysterapiassa [4]. Nämä laitteet olivat tähän aikaan paljon pienempiä ja kätevämpiä kuin muut sähköiset apuvälineet, mikä mahdollisesti auttoi niiden suosiota.

## 2.2 Muunnettu auditiivinen palaute (AAF)

Laitteet ja menetelmät jotka muuttavat puhujan oman puheen auditiivista palautetta, ovat tällä hetkellä ehkä tunnetuimpia sähköisiä apuvälineitä, joita änkyttäjille on tarjolla. Ne eivät ole uusia ilmiöitä änkytyksen hoidossa. Kiinnostus tällaisiin apuvälineisiin on kuitenkin kasvanut viime aikoina, kun teknologian kehitys ja omaperäiset mallit ovat herättäneet kuluttajien ja klinikkujen huomion. [4]

Näitä apuvälineitä kutsutaan yleensä muunnettua auditiivista palautetta (altered auditory feedback, AAF) käyttäviksi välineiksi. Menetelmät perustuvat siihen ideaan, että änkyttäjien puheen sujuvuus paranee, kun he kuulevat oman puheensa erilaisena. Mielenkiintoisena havaintona voidaan todeta, että sellaisilla henkilöillä, jotka eivät änkytä, on usein hankaluuksia puhua muunnetun auditiivisen palautteen kanssa. Muunnettu auditiivinen palaute voi tapahtua useilla eri tavoilla [3]:

- Puhumalla kuorossa toisen henkilön kanssa.
- Kuulemalla äänensä vääristyneenä kuulokkeista.
- Kuulemalla syntetisoitua ääntä kuulokkeista samalla kun puhuu (MAF tai masked auditory feedback eli peitetty auditiivinen palaute).
- Kuulemalla oman äänensä kuulokkeista viivästettynä sekunnin murto-osan (DAF tai delayed auditory feedback eli viivästetty auditiivinen palaute).
- Kuulemalla oman äänensä kuulokkeissa muutettuna suurempaan tai matalampaan äänenkorkeuteen (FAF tai frequency-shifted auditory feedback eli taajuusmuutettu auditiivinen palaute).

Menetelmät perustuvat siihen, että kuultu puhe tai ääni on ristiriidassa sen kanssa, mitä änkyttäjä tuntee omien puhelihastensa tekevän puhuessa. Tämän voi hypoteettisesti aiheuttaa lisääntynyttä toimintaa aivoissa sellaisilla alueilla, joissa kuulohavaintoja ja somaattisia signaaleja integroidaan.

Änkyttäjien kuulohavaintojen prosessointia ei ole kuitenkaan tutkittu aivokuvauksin kun AAF on ollut käytössä heidän puhuessaan [3] [5].

### **2.2.1 DAF**

DAF eli viivästetty auditiivinen palaute tarkoittaa puheen ohjaamista takaisin puhujan korvaan niin että puhuja kuulee oman äänensä pienellä viiveellä. Jos viive on lyhyt (välillä 25-75 millisekuntia), se voi aiheuttaa monille änkyttäjille jopa 70 % vähennystä änkytyksen määrässä ilman harjoitusta tai puheen hidastumista. Pidempi viive (75-200 ms) voi taas saada aikaan hitaamman puhenopeuden, joka aiheuttaa itsessään änkytyksen vähenemistä [3].

Varhaiset 1950-luvulla tehdyt tutkimukset DAFin käytöstä keskittyivät sen vaikutuksiin normaaleilla puhujilla ja siihen miten nämä sopivat erilaisiin änkytyksen teoreettisiin malleihin. Nämä vaikutukset vaihtelivat laajasti. Joihinkin henkilöihin sillä ei ollut mitään vaikutusta, kun taas toisilla vaikutukset saattoivat olla voimakkaitakin. Toisille se aiheutti tahdottomia äänteiden venytyksiä, toisille toistoja, toisille muutoksia äänenvoimakkuudessa ja äänenkorkeudessa ja toisille jopa hankaluuksia sanojen löytämisessä [4].

Vielä kiinnostavampia olivat DAFin vaikutukset änkyttäjiin. Nessel julkaisi vuonna 1958 erään ensimmäisistä raporteista, joiden mukaan monien änkyttäjien puhe muuttui paljon sujuvammaksi näiden käyttäessä DAFia. Pian tämän jälkeen useat muutkin tutkijat raportoivat samanlaisista ilmiöistä [4] [6].

Kiinnostava menetelmä löysi myös pian tiensä änkyttäjille markkinoituihin laitteisiin. Ensimmäiset laitteet olivat melko kookkaita ja käytössä lähinnä änkytysterapiassa. Tekniikan kehittyminen on kuitenkin mahdollistanut tarvittavan laitteiston kokoamisen pienempiin kuoriin, mahdollistaen helposti mukana kannettavien apuvälineiden tuottamisen.

### 2.2.2 MAF

Peitetty auditiivinen palaute eli MAF tarkoittaa jonkin riittävän voimakkaan äänen, tavallisesti valkoisen kohinan tai syntetisoidun siniaallon, käyttämistä estämään puhujaa kuulemasta omaa ääntään korvissaan. MAFin tehokkuus änkytyksen vähentämisessä havaittiin ennen muita AAF-menetelmiä.

Aikaisimmat aiheeseen liittyvät tutkimukset ovat 1920- ja 30-luvuilta [4].

Varhainen MAF-laitteisto oli yleensä laboratorioihin rajoittunutta, verkkovirralla toimivaa ja kookasta. Laitteet piti kytkeä käsin pois päältä kun halusi kuunnella keskustelukumppaniaan ja uudelleen päälle kun halusi puhua. Ehkä tunnetuin ja laajemmin käytetty modernimpi MAF-menetelmää käyttävä laite oli Edinburgh Masker, jonka terapeutti Ann Dewar kehitti miehensä A. D. Dewarin kanssa 1970-luvun lopulla Skotlannin Edinburghin yliopiston änkytystä tutkivassa yksikössä. Laite koostui kurkkumikrofonista, taskuun mahtuvasta säätölaitteesta ja kuulokkeista. Edinburgh Masker mahdollisti peittävän kohinan aktivoitumisen heti kun kurkkumikrofoni havaitsee ääntämisen tapahtuvan. Heti kun laitteen käyttäjän puhe päättyy, kurkkumikrofoni ei havaitse enää signaalia ja kohina loppuu automaattisesti. [4] [7]

Kurkkumikrofoni on tärkeä ominaisuus tällaisissa apuvälineissä. Tavallista mikrofonia käyttäessä mikä tahansa keskustelu tai ympäristön äänet mikrofonin lähellä voivat kytkeä peittävän kohinan päälle, vaikka käyttäjä ei puhukaan. Mikrofonikaan ei kuitenkaan auta sellaista änkyttäjää, jonka puheessa on paljon lukkoja tai muita hiljaisia jaksoja, sillä laite ei tällöin osaa kytkeä kohinaa päälle helpottamaan käyttäjän puhetta. Näissä tapauksissa peitesignaalin aktivointi tapahtuu usein kytkimen avulla. Edinburgh Masker saavutti suosionsa huipun 1990-luvulla, mutta laitetta ei enää valmisteta. Markkinoilla on kuitenkin toisia vastaavia laitteita joilla voi tuottaa peittävää kohinaa ja jotka toimivat kurkkumikrofonin kanssa [4].

### 2.2.3 FAF

Uusin erilaisista muunnetun auditiivisen palautteen menetelmistä on ensi kerran vuonna 1987 raportoitu FAF eli taajuusmuutettu auditiivinen palaute [8]. FAFia käytettäessä puhuja kuulee oman äänensä reaaliajassa toisin kuin DAFissa, mutta äänen taajuutta on sähköisesti muutettu niin ettei sitä tunnista omakseen. Suurin hyöty FAFista on havaittu, kun äänenkorkeutta muutetaan oktaavilla ylös- tai alaspäin [3]. FAF on kuitenkin harvoin käytössä änkyttäjille tarjotuissa apuvälineissä yksinään, vaan se on useimmiten yhdistetty muihin menetelmiin.

### 2.2.4 Eri menetelmien yhdistäminen (DAF/FAF/MAF)

Useaa erilaista muunnettua auditiivista palautetta käyttävien apuvälineiden tehokkuudelle on paljon eri perusteita. Joidenkin tutkijoiden mielestä kahden eri palautemenetelmän (DAF ja FAF) käyttö estää käyttäjää sopeutumasta palautteeseen ja kokemaan laitteen tehokkuuden asteittaista vähenemistä. Eri menetelmiä yhdistelevät apuvälineet antavat lisäksi käyttäjälle enemmän valinnanvapautta sen suhteen, millaista menetelmää tai niiden yhdistelmää milloinkin käytetään [4].

DAFin ja FAFin samanaikaisen käytön on havaittu vähentävän änkytyksen määrää yhdessä käytettynä enemmän kuin kummankaan menetelmän yksinään [3]. Kaikissa tutkimuksissa ei ole kuitenkaan havaittu merkittävää eroa menetelmien yhdistämisen ja niiden erillisen käytön kanssa [9]. Oletettavaa on, että menetelmien yhdistäminen aiheuttaa jonkin verran parempia tuloksia, mutta nämä eivät ole huomattavan paljon parempia kuin pelkällä yhdellä menetelmällä. Suurin osa nykyisistä änkytyksen hoidossa käytetyistä välineistä käyttää joka tapauksessa eri menetelmien yhdistelyä hyväkseen.

## 2.3 Laitteet ja ohjelmistot

Nykyään markkinoilla olevat sähköiset änkyttäjän apuvälineet ovat tyypillisesti joko sähköisiä laitteita tai tietokoneohjelmia. Monet niistä perustuvat DAF-menetelmään, ja käyttävät sen kanssa tavallisesti myös

FAFia. Myös useita MAFia käyttäviä apuvälineitä on saatavilla. Seuraavassa käydään läpi muutamia markkinoilla olevia laitteita ja ohjelmistoja.

Tällä hetkellä tunnetuimpia sähköisiä apuvälineitä saattavat olla Casa Futura Technologiesin eri tuotteet. Yritys tarjoaa muutamaa erilaista DAFia ja FAFia käyttävää laitetta yksityiskäyttöön ja puheterapiaan. Laitteet ovat taskukokoisia, ja niissä on melko paljon erilaisia ominaisuuksia. Hinnaltaan ne vaihtelevat välillä US\$995 - US\$3495 [10].

Defstut on eräs uudempi DAF-laite, joka on eurooppalainen, toisin kuin useimmat kaupalliset apuvälineet nykyään. Se tarjoaa DAF- ja MAF-menetelmien käyttöä pienellä taskukokoisella laitteella. Laite on hinnoiteltu 350 € hintaiseksi [11].

Kay Facilitator on lähinnä puheterapiaan tarkoitettu apuväline, jossa on DAF ja MAF, sekä lisäksi metronomi. Laite on kooltaan kannettava, mutta se ei ole niin pieni, että kulkisi helposti mukana. Tämän tuotteen hinta ei ollut saatavilla ilman erillistä tiedustelua [12].

Fluency Master on pieni, korvan taakse sopiva laite, joka ei käytä yllä esiteltyjä menetelmiä vaan vahvistaa äänihuulten värähtelyjä ja ohjaa sillä tavalla puheessa käytettävien lihasten toimintaa. Siitä ei ole saatavilla julkisia hintatietoja [13].

SpeechEasy on pieni, kuulolaitteen kaltainen ja korvakäytävän sisään sijoitettava apuväline, jossa on käytössä sekä DAF- että FAF-menetelmä. SpeechEasyn tehokkuutta on tutkittu muutamissa tutkimuksissa, ja sen on havaittu vähentävän änkytyksen määrää keskimäärin 36 %, mutta tämä on vaihdellut suuresti koehenkilöstä riippuen [14]. SpeechEasy maksaa mallista riippuen US\$4100 – US\$4900 [15].

DAF/FAF Assistant on ArtefactSoftin Windows-ympäristöön tekemä tietokoneohjelma, jossa on nimensä mukaan DAF ja FAF. Ohjelmiston hinta on vain US\$30, eli se on merkittävästi laitteita halvempi, mutta sitä ei voi kantaa mukana kuten taskuun mahtuvia laitteita. Ohjelmasta on saatavilla



kämmmentietokoneille tehty Windows Mobile -yhteensopiva versio, joka on saatavilla hintaan US\$70 [16].

FluencyCoach on Windows-ympäristössä toimiva tietokoneohjelma, jossa on DAF- ja FAF-ominaisuudet, sekä mahdollisuus tallentaa ja toistaa käyttäjän ääntä. Ohjelmiston hinta on US\$ 25 [17].

Tämän työn aloitushetkellä ei löytynyt mitään tietoa matkapuhelimiin kehitetyistä änkyttäjän apuvälineistä. Oletettavasti ainakin DAF/FAF Assistant on mahdollista saada toimimaan niissä matkapuhelimeissa, joissa on Windows Mobile -käyttöjärjestelmä. Suoraan Symbian OS - käyttöjärjestelmälle kehitetyistä vastaavista ohjelmistoista ei ainakana vielä ole tietoa.

## 3 SYMBIAN OS -KÄYTTÖJÄRJESTELMÄ

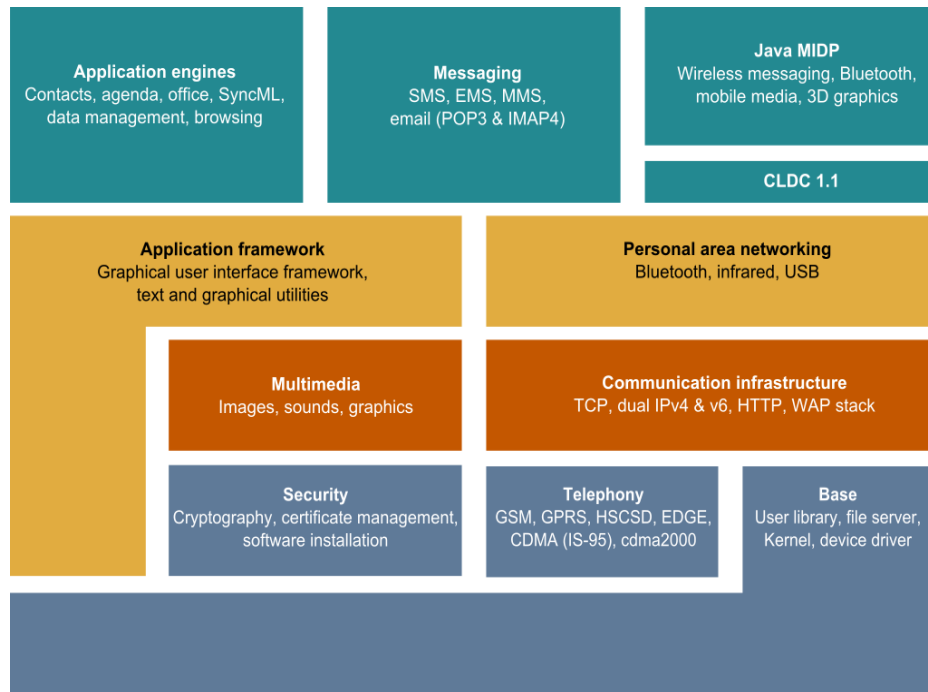
### 3.1 Yleistä Symbian OS -käyttöjärjestelmästä

Symbian OS -käyttöjärjestelmä on Symbian Ltd -yhtiön kehittämä, pienitehoisille ja rajallisilla resursseilla varustetuille laitteille, kuten mobiilipäätelaitteille tarkoitettu käyttöjärjestelmä. Symbian OS pohjautuu Psionin kehittämään EPOC-käyttöjärjestelmään, joka oli käytössä lähinnä PDA-laitteilla. Symbian Ltd:in omistajia ovat monet suurimmista matkapuhelinvalmistajista, nykyään Nokia, Ericsson, Sony Ericsson, Panasonic, Samsung ja Siemens.

Symbian OS on avoin käyttöjärjestelmä, jonka lähes kaikki maailman johtavat matkapuhelinvalmistajat ovat lisensoineet. Se tekee matkapuhelimista alustan sovelluskehitykselle ja palveluille, joita kuka tahansa voi vapaasti kehittää. Myös laitevalmistajista riippumattomat ns. kolmannet osapuolet voivat luoda sovelluksia Symbian-laitteisiin. Käyttöjärjestelmä on komponenttipohjainen ja tarjoaa esimerkiksi C++-sovelluskehitysrajapinnan. [18]

Symbian OS on riittävän monipuolinen ja mukautuva sopiakseen monien erilaisten käyttäjien puhelmiin. Sen tunnusomaisia piirteitä ovat avoin sovellusympäristö, eri Symbian-puhelimien tukemat avoimet standardit, moniajone ja säikeiden käsittelyyn sopiva käyttöjärjestelmän ydin (kernel), oliopohjaisuus, mahdollisuus mukautuvaan käyttöliittymäsuunnitteluun ja käyttöjärjestelmän vakaus – se varmistaa tiedon eheyden epäluotettavista viestiyhteyksistä tai resurssien vähyydestä riippumatta. [19]

Symbian-käyttöjärjestelmä voidaan määritellä siten, että se on joukko ohjelmointirajapintoja ja tekniikka, jota käytetään kaikissa Symbian OS -puhelimissa. Symbian-järjestelmässä on sovelluskehys (Application Framework), joka sisältää eri palveluja sovelluksille. Se on eräänlainen pohja, jonka päälle lisensoijat voivat rakentaa oman sovitetun käyttöliittymänsä. Arviolta 80 prosenttia Symbian-käyttöjärjestelmästä on käyttöliittymästä riippumatonta. [18]



Kuva 1. Symbian OS v8.0 rakenne [19]

Symbian OS:ssä on suhteellisen kehittyneet multimediaominaisuudet, jotka toimivat Symbianin multimediakirjaston (Multimedia Framework, MMF) kautta. MMF tarjoaa ominaisuudet äänen ja videon tallentamiseen, toistamiseen ja suoratoistoon (streaming). Työn kannalta kiinnostavimpia näistä ovat Symbianin äänenkäsittelyn ominaisuudet. Käyttöjärjestelmä tukee valmiiksi WAV- ja AU-tiedostomuotoja sekä pakkaamatonta äänidataa, ja liitännäisiä käyttämällä se on mahdollista saada tukemaan muitakin ääniformaatteja. [20]

Äänen toisto ja tallentaminen ovat eriaikaisia (asynkronisia) tapahtumia, joiden käsittely tapahtuu käyttämällä rajapintaluokkia, jotka huolehtivat näiden toimintojen yksityiskohdista [20]. Sovelluksen kannalta oleellista on mahdollisuus aloittaa äänen toistaminen samalla kun sitä vielä tallennetaan. Näihin yksityiskohtiin tutustutaan luvussa 3.1.4.

### 3.2 Symbian OS:n sovellusalustat

Symbian OS:n runkoon perustuu useita eri käyttöliittymiä ja sovellusalustoja, jotka on rakennettu käyttöjärjestelmän päälle. Näistä tunnetuimpia ovat

avoimet alustat, kuten UIQ sekä Nokian Series 60, Series 80 ja Series 90. Sovellusalustat ovat hyvin sopeutettavissa, mahdollistaen tarpeiden ja puhelinmallin mukaan mukautetun käyttöliittymän. Esimerkiksi Nokian 9000-sarjan Communicator -laitteissa oleva Series 80 -käyttöliittymä tukee qwerty-näppäimistöä, puhelimen monia toimintanäppäimiä ja dokumenttien lukemiseen soveltuvaa leveää näyttöä. Vastaavasti Motorolan ja Sony Ericssonin käyttämä UIQ-alusta käyttää hyväkseen stylus-kynää, kuten myös Nokian Series 90.

Ylivoimaisesti yleisin näistä käyttöliittymistä on Nokian Series 60 (S60), joka on maailman eniten käytetty sovellusalusta Symbian OS -pohjaisissa puhelimissa. S60 on kehittynyt samaan tahtiin Symbian OS -käyttöjärjestelmän kehityksen kanssa siten, että uutta Symbian OS:n versiota vastaa Series 60 -versio. [18] [21]

**Taulukko 1. Vastaavat Series 60 ja Symbian OS -versiot. [18]**

<b>Series 60 -versio</b>	<b>Symbian OS -versio</b>
Series 60 1st Edition	Symbian OS v6.1
Series 60 2nd Edition	Symbian OS v7.0s
Series 60 2nd Edition with Feature Pack 1	Symbian OS v7.0s enhanced
Series 60 2nd Edition with Feature Pack 2	Symbian OS v8.0
Series 60 2nd Edition with Feature Pack 3	Symbian OS v8.1
Series 60 3rd Edition	Symbian OS v9.1
Series 60 3rd Edition with Feature Pack 1	Symbian OS v9.2

Symbian OS ja Series 60 ovat päivittyneet uusiin versioihin suhteellisen usein verrattuna tietokoneiden käyttöjärjestelmiin, joille tosin tulee korjaustiedostoja jatkuvasti. Suurimpana muutoksena voidaan pitää

siirtymistä versiosta 8.1 versioon 9.1 ja Series 60 3rd Edition -käyttöliittymään. Tämä on aiheuttanut merkittäviä muutoksia S60-sovelluskehitykseen, sillä uusien versioiden myötä kääntäjä ja käyttöjärjestelmän ydin (kernel) ovat vaihtuneet. Tämä tarkoittaa myös, että varhaisempien versioiden kanssa tehdyt sovellukset eivät toimi suoraan Symbianin uudemmissa versioissa. [18]

Tähän työhön liittyvän sovelluksen kehittäminen aloitettiin ja tehtiin myös loppuun Symbian OS v8.0 -versiolla, käyttöliittymänä Series 60 2nd Edition with Feature Pack 2. Tämä päätös tehtiin, koska työssä käytössä olleessa matkapuhelinmallissa oli nämä versiot. Tämän johdosta osa työn selostuksesta viittaa juuri näihin vanhempiin versioihin käyttöjärjestelmästä ja sovellusalustasta. Tehdyn sovelluksen päivittäminen uudempaan versioon on mahdollista, mutta se ei tapahdu tämän työn puitteissa.

### **3.3 Symbian-sovelluskehityksen ominaispiirteitä**

Mobiililaitteille tehtävä sovelluskehitys muistuttaa monin osin tavallista sovelluskehitystä. Sovellukset määritellään, suunnitellaan, toteutetaan, testataan ja otetaan käyttöön kuten muillekin laitteille. Mobiililaitteiden sovelluskehityksessä on kuitenkin useita asioita joihin täytyy kiinnittää erityistä huomiota. Niissä on vähän muistia ja pienitehoiset prosessorit. Vaikka harvat mobiilisovellukset vaativat suurta prosessoritehoa, ja laitteiden ominaisuudet kehittyvät ajan myötä, nämä asiat luovat kuitenkin sovelluksille rajat, jotka täytyy ottaa huomioon. [18]

Mobiililaitteiden tyypillisimpiä ominaisuuksia on se, ettei niitä yleensä sammuteta pitkiin aikoihin. Laitteet voivat olla päällä yhtäjaksoisesti jopa kuukausia, mikä tarkoittaa että myös sovellukset voivat olla pitkään käynnissä. Sovelluksissa ei siis saa olla muistivuotoja tai vastaavia virheitä. Nämä voivat pakottaa käynnistämään laitteen uudelleen RAM-muistin loppuessa, mutta tähän tilanteeseen käyttäjän ei sovelluskehittäjän takia tulisi joutua.

Myös näytön pieni koko ja usein PC-ympäristöä rajoittuneemmat syöttölaitteet asettavat rajoituksia käyttöliittymän suunnittelulle. Pienikokoiselta näytöltä on hankala lukea paljoa dataa, eikä suurien tietomäärien syöttäminen ole helppoa puhelinnäppäimistöllä. Sovellusten siirtäminen Symbian-alustalta toiselle ei ole myöskään aivan yksinkertaista, jos sovelluksessa on käytetty alustan tai puhelinnäppäimistön erikoisominaisuuksia. [18]

### 3.4 Full-Duplex Audio

Sovelluksen DAF-ominaisuutta varten päätelaitteen täytyy kyetä samanaikaiseen äänen tallentamiseen ja toistamiseen. Tämä ominaisuus on lisätty ensimmäisenä S60 2nd Edition with Feature Pack 2 -versioon Symbian OS:stä, joka oli käytössä ensimmäistä kertaa Nokian 6630 -mallin matkapuhelimessa. Full-duplex audio -ominaisuus vaatii oikean käyttöjärjestelmäversion lisäksi matkapuhelinlaitteen tuen. Muita ensimmäisistä tätä ominaisuutta tukevista laitteista ovat Nokia 6680, Nokia N70 ja Nokia N90. [22]



**Kuva 2. Tässä työssä käytetty Nokia 6630, joka on yksi ensimmäisiä full-duplex audiota tukevista matkapuhelimista.**

Full-duplex audion merkittävimpiä käyttötarkoituksia ovat erilaiset Voice over IP (VoIP) -sovellukset, joiden avulla ääntä voidaan siirtää reaaliaikaisesti internetin välityksellä, mahdollistaen internet-puhelut jopa matkapuhelimien avulla. Koska internet-puhelut ovat jatkuvasti yleistymässä, yhä useammat uudet matkapuhelinmallit tukevat full-duplex audio -ominaisuutta, mikä puolestaan mahdollistaa laitteen osalta DAF-ominaisuutta hyödyntävän ohjelman käytön niissä.

Full-duplex audion käyttö Symbian OS:ssä perustuu kahden äänivirtaolion (audio stream object) samanaikaiseen käyttöön – yksi äänen tallentamiseen ja toinen toistamiseen. Tavallisesti vain yksi virta voi olla aktiivisena kerrallaan, ja toisen avaaminen aiheuttaa virheilmoituksen. Kun halutaan käyttää full-duplexia ja kahta samanaikaista virtaa, täytyy olioiden konfiguroinnissa käyttää erityisiä prioriteettiarvoja, joiden avulla samanaikaisuus onnistuu. [22]

Koska molemmille äänivirroille on asetettu korkea prioriteetti, niiden ollessa käynnissä ainoastaan virhetilanteet ja tulevat soitot voivat mennä niiden edelle. Muiden tehtävien suorittaminen samaan aikaan voi kuitenkin aiheuttaa katkoksia äänessä tai kasvattaa kahden virran välistä viivettä. [22]

Full-duplex audiota tukevissa puhelimissa riittää kuitenkin hyvin prosessointitehoa samanaikaiseen virran toistamiseen ja tallentamiseen vaikka puhelu olisi käynnissä silloin kun äänivirrat aktivoidaan.

## 4 SOVELLUS

Matkapuhelimessa toimivan änkyyttäjän puheen sujuvuutta parantavan apuvälineen toimintoja ja toteutuksen eri vaihtoehtoja pohdittiin tyhjentävästi pienen työryhmän kesken. Symbian OS -käyttöjärjestelmässä toimiva sovellus nousi keskusteluissa nopeastiärkevimmäksi toteutusvaihtoehdoksi. Käyttöjärjestelmä asetti kuitenkin omat ehtonsa ja rajoituksensa sovelluksen toteutukseen.

### 4.1 Sovelluksen tavoitteet

Suunnitteluvaiheessa pohdittiin erilaisten luvussa 2 mainittujen änkyyttäjän apuvälineiden toteuttamisessa Symbian OS -sovelluksen puitteissa. Tärkeimpänä mielessä oli koko ajan viivästetty auditiivinen palaute eli DAF. Ajatus oman äänen kuulemisesta viiveellä matkapuhelimeen puhuessa ei liene suomalaiselle vieras ajatus, sillä monet ovat mahdollisesti kokeneet tahatonta oman puheensa kaikumista puhuessaan matkapuhelimeen. Tämä ei ollut harvinaista vanhempien matkapuhelimien ja puhelinverkkojen aikaan.

DAF ja muut muunnetun auditiivisen palautteen muodot vaikuttavat myös olevan yleisimpiä änkyyttäjille markkinoitavia sähköisiä apuvälineitä, joten tämä ominaisuus on myös varmasti halutuimpia matkapuhelimessa toimivassa änkyyttäjän apuvälineessä. Sen toteuttamisesta päätettiin siis lähteä liikkeelle ja harkita muiden menetelmien toteuttamista kun DAF-ominaisuus on toimintakunnossa. DAFiin oli myös tarkoitus toteuttaa säädettävä viive, kuten useimmissa kaupallisissa apuvälineissäkin on.

Monet kaupalliset apuvälineet tarjoavat DAFin kanssa samassa paketissa taajuusmuunnettua auditiivista palautetta eli FAFia. Eräät tutkimukset ovat osoittaneet, että FAFin samanaikainen käyttö DAFin kanssa parantaa änkyyttäjän puheen sujuvuutta enemmän kuin ainoastaan toinen näistä menetelmistä [3]. Näin FAFin toteuttaminen DAFin rinnalle olisi mielekäs ratkaisu, jonka voisi olettaa parantavan sovelluksen vaikutusta. Työn puitteissa päätettiin tarkastella myös FAFin kehitysmahdollisuuksia.



Myös peitetyn audiitiivisen palautteen eli MAFin liittäminen sovellukseen herätti kiinnostusta. MAFin luonteen vuoksi sen toiminnallisuutta ei olisi mahdollista yhdistää suoraan DAF- tai FAF-menetelmien kanssa, mutta se olisi varmasti toimiva lisä sovelluksen itsenäisenä ominaisuutena. Palautteen peittämiseen käytetyn satunnaisen kohinan pitäisi olla helppoa ohjelmallisen kohinageneraattorin avulla, mutta jo suunnitteluvaiheessa vaikutti siltä, että MAF ei olisi matkapuhelimessa yhtä kätevä käyttää kuin sitä varten suunnitellussa sähköisessä apuvälineessä. Toimiakseen ihanteellisesti, menetelmä vaatii matkapuhelimen liitännään sopivan kuulokkeilla varustetun kurkkumikrofonin, jonka hankkiminen on kalliimpaa ja hankalampaa kuin tavallisen handsfree-setin. Joka tapauksessa mahdollisuus MAFin toteuttamiseen otettiin myös tarkasteltavaksi.

Metronomi olisi myös mahdollinen itsenäinen ominaisuus sovelluksessa, eikä sen toteuttaminen vaikuttanut alustavan pohtimisen jälkeen edes hankalalta, mutta sen päätettiin jäädä tärkeysjärjestyksessä muiden ominaisuuksien taakse, joten sen toteuttaminen päätettiin suoraan jättää sovelluksen myöhempään versioon.

Näiden ominaisuuksien lisäksi harkittiin lyhyesti jyrkän alipäästösuodattimen läpi viedyn signaalin käyttämistä palautteena, sekä mahdollisesti muiden suodattimien käyttöä audiitiivisen palautteen kanssa. Tässä vaiheessa Symbian OS:n signaalinkäsittelyominaisuudet alkoivat arveluttaa. Käyttöjärjestelmä rajaa melko tarkasti sen, mitä matkapuhelinympäristössä on mahdollista toteuttaa ja mitä ei. Lisäksi tässä vaiheessa katsottiin sovelluksella olevan jo tarpeeksi ominaisuuksia, ja alipäästösuodatus päätettiin toistaiseksi jättää toteuttamatta.

## **4.2 Sovelluksen toteutus**

Tehtäessä sovellusta Symbian OS -käyttöjärjestelmälle on kaksi vaihtoehtoa, joiden välillä valita, miten sovellus tehdään: Symbian C++ ja J2ME eli Java (Java 2 Platform, Micro Edition). Javan suurin etu on sen suurempi käyttäjäkanta – Javalla tehdyt sovellukset toimivat sellaisinaan suuressa määrässä uudempia matkapuhelimia, kun taas puhdas Symbian OS -

sovellus on vaatii ehdottomasti Symbian-puhelimen, ja siinäkin tapauksessa käyttöjärjestelmän eri mallit ja versiot voivat aiheuttaa yhteensopivuusongelmia. Java on myös suhteellisen yksinkertaista standardien Java-kirjastojen ansiosta, kun taas C++ -ohjelmistokehitystä Symbian OS:lle pidetään paljon monimutkaisempana. Vastaavasti Java on riippuvainen virtuaalikoneesta (JVM, Java Virtual Machine), joka suorittaa koodin, eikä sillä ole yhtä kattavaa pääsyä Symbian OS -puhelimien ominaisuuksiin. [23]

**Taulukko 2. Symbian C++ ja Java vertailussa.**

<b>Symbian C++</b>	<b>Java</b>
+Enemmän muistia käytettävissä	+Laajempi käyttäjäkanta
+Laajempi pääsy puhelimen ominaisuuksiin	+Java suhteellisen yksinkertaista
+Symbian-sovellukset toimivat nopeammin	
+Symbian C++ tuttua koulutuksesta	
-Symbian C++ on suhteellisen monimutkaista	-Rajallisesti muistia käytössä
-Pienempi käyttäjäkanta	-Java-sovellukset toimivat hitaammin
-Ongelmat käyttöjärjestelmän eri versioiden kanssa	-Rajalliset ominaisuudet - voiko ääntä tallentaa ja toistaa samaan aikaan?

Suunnitellun mukaisen sovelluksen toteuttamisen katsottiin onnistuvan parhaiten tavallisena Symbian C++ -sovelluksena. Suurimmaksi Java-sovelman ongelmaksi muodostui epävarmuus siitä, pystyykö Javaa käyttämällä äänen samanaikaiseen tallentamiseen ja toistamiseen.

Pian Symbian C++ -päätöksen jälkeen selvisi, että alkaen käyttöjärjestelmän versiosta 8.0a ja sovellusalustasta S60 2nd Edition, Feature Pack 2, full-duplex audio on käytettävissä niissä puhelimissa joissa se on teknisesti mahdollista. Tästä huolimatta Nokia piti alussa tämän ominaisuuden

mahdollistavat erityiset prioriteettiarvot niiden sovelluskehittäjien ulottumattomissa, joilla ei ollut yhteyksiä Nokiaan tai pääsyä maksulliseen Forum Nokia PRO -palveluun, joka tarjoaa laajamittaista kehitystukea osallistujilleen. Nämä tarvittavat arvot ja niitä soveltava esimerkki ovat kuitenkin tulleet vuoden 2007 aikana saataviksi kaikille [22].

Nokian tarjoaman esimerkin pohjalta DAF-sovelluksen tekeminen onnistui helposti. Toteutuksen perustana toimi kaksi Symbianin CMMFDevSound-luokan instanssia, joista yhden tehtävänä on tallentaa mikrofonia kautta tulevaa bittivirtaa ja toisen tehtävänä toistaa bittivirtaa, joka luetaan sieltä, minne toinen bittivirta tallennetaan. Bittivirran tallentaminen tapahtuu omassa säikeessään ja virran toistaminen sovelluksen pääsäikeessä. Molemmat CMMFDevSound-oliot kirjoittavat ja lukevat samaa audiopuskuria, joka on jaettu säikeiden välille. Käyttämällä kahta säiettä bittivirrat saadaan synkronoitua semaforien avulla ja DAFissa oleva viive pysyy näin paremmin vakiona sovelluksen ollessa käynnissä [22].

DAFiin kuuluvan viiveen säätämiseen löytyi kaksi ohjelmallista ratkaisua: Koska sovellus käynnistää audiopuskuriin kirjoituksen ennen puskurista lukemista, sijoittamalla tauon näiden toimintojen väliin, viivettä pystyy lisäämään. Vastaavasti viiveen lyhentämiseen pystyy vaikuttamaan pienentämällä sisään tulevan bittivirran näytteenottopuskurin kokoa, vaikka tämän säätämisen vaikutus onkin rajoitettu. Liian pienen näytteenottopuskurin käyttö voi kaataa koko ohjelman suorituksen. Menemällä syvemmälle koodiin on varmasti mahdollista kehittää muitakin menetelmiä viiveeseen vaikuttamiseen.

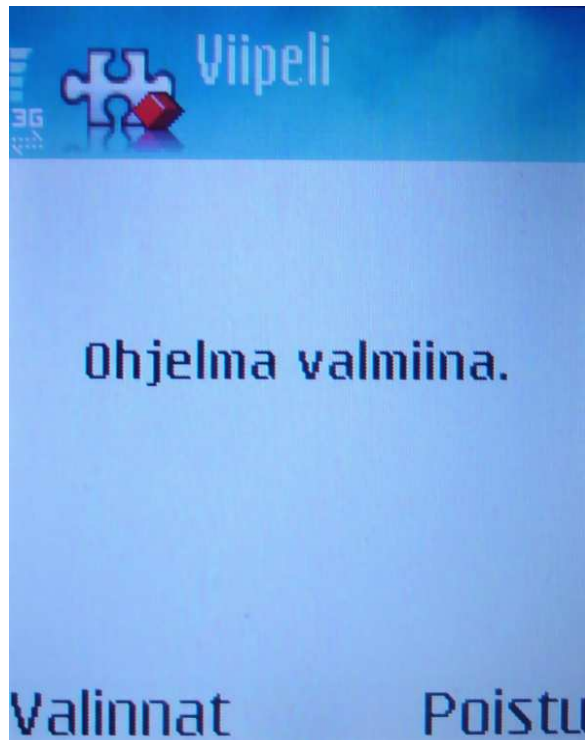
Muiden ominaisuuksien toteuttaminen suunnitelluissa puitteissa ei osoittautunut yhtä suoraviivaiseksi kuin DAFin. Käyttöjärjestelmässä ei ole valmiita ominaisuuksia signaalinkäsittelyyn tavalla, joka mahdollistaisi puhesignaalin taajuuden muuntamisen kuten FAFiin kykenevät kaupalliset laitteet. Samoin myös kohinan luominen ohjelmallisen kohinageneraattorin avulla ei onnistu suoraan. Molempiin ominaisuuksiin on varmasti mahdollista löytää ratkaisu ainakin menemällä syvemmälle Symbian OS:n sisään ja

pääsemällä käsiksi matalamman tason koodiin, mutta näiden ominaisuuksien toteuttaminen päätettiin jättää tämän työn ulkopuolelle.

Koko DAF-sovelluksen lähdekoodissa on yli 1800 riviä, josta suuri osa on kirjoitettu valmiin esimerkin tarjoaman rungon pohjalta. Osa tästä rungosta on lisäksi samankaltainen useimmilla Symbian-sovelluksilla. Näistä syistä johtuen koko ohjelmakoodia ei ole liitetty tähän työhön, mutta sovelluksen DAF-toiminnon kannalta tärkein osa lähdekoodista on mukana liitteenä (Liite 1).

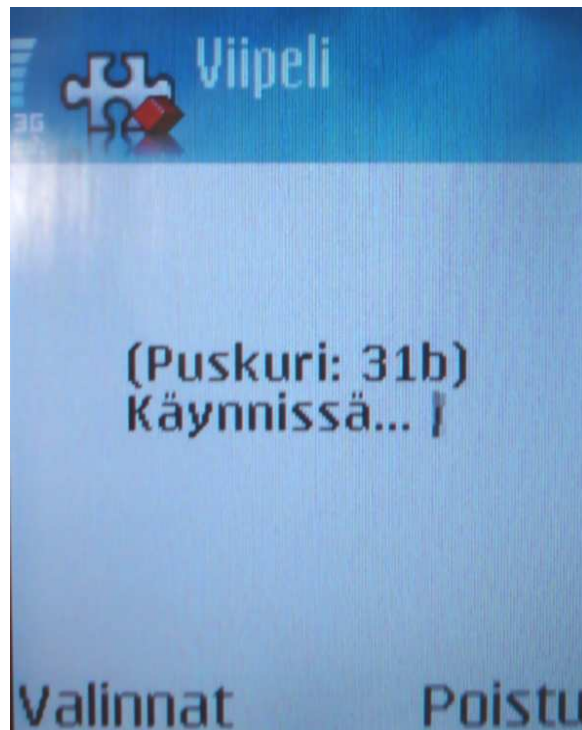
### 4.3 Sovelluksen toiminta ja puutteet

Valmis sovellus, kutsumanimeltään Viipeli, asennetaan puhelimeen normaalien Symbian-sovellusten tapaan SIS-tiedostona. Sovelluksen ulkoasu ja käyttöliittymä ovat koruttomat, ja se menee käynnistyttyään yksinkertaiseen näkymään, joka ilmoittaa ohjelman olevan valmiina ja jossa vasen valintapainike avaa käynnistysvalikon ja oikea valintapainike poistuu sovelluksesta. Aloituskäytävä näkyy kuvassa 3.



Kuva 3. Viipelin aloituskäytävä.

Sovelluksen käyttöliittymä ja ulkoasu on pidetty koruttomana, koska sovellus on tehty ainoastaan testitarkoitusta varten. Ulkoasun kehittäminen on säästetty sovelluksen myöhempiin versioihin. Puhelimen vasemmasta valintapainikkeesta aukeavassa valikossa on vaihtoehdot Aloita ja Poistu, joista Aloita käynnistää DAFin ja Poistu sulkee sovelluksen. Kun DAF on käynnissä, sovellus ilmoittaa tämän tekstillä ja pienellä vaihtuvalla indikaattorimerkillä, joka näyttää pyörivän kun DAF on käynnissä. Sovellus näyttää myös käytössä olevan audiopuskurin koon (kuva 4).



**Kuva 4. Viipelin DAF käynnissä.**

DAFin viivettä ei tehty säädettäväksi, koska tarkasti säädettävän viiveen toteuttamisessa oli vaikeuksia. Myös hyvin alhaisiin viiveisiin pääsy osoittautui hyvin hankalaksi huolimatta erilaisista kokeiluista, sillä viivettä ei pystynyt kasvattamaan tasaisesti ja selkeissä aikayksiköissä. Erilaisten sovelluksen konfiguraatioiden viiveitä testattiin erityisellä koejärjestelyllä:

Koejärjestelyssä käytettiin Nokia 6630 matkapuhelinta, johon Viipeli oli asennettuna. Puhelimeen oli kiinnitetty Nokia AD-46 äänisovitin, jossa on

mikrofoni ja standardi 3,5 mm liitin. Tämän avulla puhelimesta ulostuleva äänisignaali saatiin johdettua Eurorack MX602A -mikserille. Mikseriin johdettiin myös signaali mikrofona käytetystä B&K 2238 Mediator äänentasonmittarista. Mikseri oli kytketty tietokoneen äänikortin sisääntuloon.

Kun AD-46 ja 2238 Mediator -mikrofonit asetettiin vierekkäin ja niiden edessä tuotettiin impulssimaisia ääniä (kahden puukepin iskuja toisiinsa tai sormien napsautuksia), saatiin mikserin kautta tallennettua tietokoneelle äänisignaalia, jossa oli sekä alkuperäiset impulssiäänit että DAF-sovelluksen kautta viiveellä toistuneet impulssit omilla kanavillaan. Mittaamalla näiden impulssien välinen ero saatiin selville DAFin todellinen viive.

Mikserin kautta tulleen äänisignaalin tallentamiseen käytettiin sekä Audacity 1.2.4 [24] että Adobe Audition 2.0 [25] -ohjelmia, jotka molemmat pystyvät tallentamaan, miksaamaan ja editoimaan äänisignaaleja. Alkuperäisen ja viivästetyn impulssin välinen eron pystyi selvittämään helposti, kunhan heikompaa, DAFin kautta tullutta signaalia ensin vahvisti. Pienimmillään mitattu viive oli 100 ms.

Toistuvien mittausten jälkeen saattoi kuitenkin havaita, että vaikka viive säilyi samana kun DAF oli kerran käynnistetty, viive saattoi vaihdella aina kun sovelluksen käynnisti ja aloitti DAFin käytön. Lisäksi, jos DAFin kerran käynnistettyään keskeytti ja aloitti uudestaan sammuttamatta sovellusta välissä, viive muuttui pidemmäksi kuin ensimmäisellä kerralla. Jokainen tätä seuraava aloituskerta kasvatti viivettä entisestään. Näiden kummallisuuksien perimmäinen syy ei selvinnyt missään vaiheessa. Osasyynä tähän oli se, että matkapuhelimella tapahtuva virheenjäljitys (debug) ei toiminut käytössä olleessa Carbide.c++ Express 1.0 -työkalussa [26], eikä tietokoneella Symbian-emulaattorin kautta tehtävä virheenjäljitys toiminut sovelluksen käyttämän Full Duplex Audio -ominaisuuden vuoksi.

Viiveessä olevan epävarmuuden vuoksi viiveen lopulliseksi suuruudeksi arvioitiin  $110 \pm 10$  ms. Tämä on suurempi viive kuin tavalliseen DAF-

apuvälineen jokapäiväiseen käyttöön suositeltava 25-75 ms. Se on kuitenkin sen suuruinen, jonka usea änkyttäjä on DAFia testatessaan valinnut aloitusviiveeksi [3]. Näin sen katsottiin olevan sopivan suuruinen, jotta sillä pystyy tekemään kokeita, joilla selvittää toimiiko sovelluksen DAF-ominaisuus muuten samalla tavalla kuin varsinaiset DAF-apuvälineet.

Oletan, että viiveen pienentäminen ja tarkempi säätäminen on mahdollista, mutta saattaa vaatia pääsyä Symbian OS -käyttöjärjestelmän alempiin tasoihin, lähemmäs käyttöjärjestelmän ydintä. Oletettavasti hyvin pieniin viiveisiin ei ole mahdollista päästä matkapuhelimen laitteiston aiheuttamien rajoitusten vuoksi, mutta 50 ms luokkaan pääseminen ei liene mahdotonta.

Myös aikaisemmin mainitut FAF ja MAF ovat pieniä puutteita sovelluksen toiminnassa, mutta niiden sisällyttäminen olisi vaatinut monimutkaisemman mittausjärjestelmän koehenkilöiden kanssa, eikä olisi enää sopinut tämän työn puitteisiin. Näin kaikki nämä lisäominaisuudet jäävät odottamaan sovelluksen tulevia versioita.

## 5 MITTAUKSET JA TULOKSET

### 5.1 Koeasetelma

Sovelluksen toimintaa ja käyttökelpoisuutta testattiin eri olosuhteissa kahden kokeen avulla. Sen vaikutusta puheen sujuvuuteen änkyttäjän lukiessa tekstiä ääneen tutkittiin lukemiskokeessa, jossa koehenkilöt lukivat ääneen sekä sovellusta käyttäen että ilman. Sen vaikutusta puheen sujuvuuteen änkyttäjän keskustellessa puhelimesta taas tutkittiin puhelinkokeessa, jossa koehenkilöille annettiin puhelimesta suoritettavia asiointitehtäviä, joista toisissa sovellusta käytettiin ja toisissa ei.

#### 5.1.1 Lukemiskoe

Lukemiskoetta varten oli valmisteltu kaksi tekstiä koehenkilöiden luettavaksi (Liite 2). Ensimmäinen teksti oli 91 sanan mittainen säästä kertova kirjoitus. Toinen, lyhyempi teksti oli 39 sanan mittainen lastenkirjasta mukailtu teksti. Kokeen aikana koehenkilö luki molemmat tekstit läpi kuusi kertaa – ensin ensimmäinen teksti kolme kertaa ilman DAFia ja toinen teksti kolme kertaa myös ilman DAFia. Tämän jälkeen molemmat tekstit luettiin läpi kolme kertaa DAFin kanssa. Kaikki luennat tallennettiin digitaalisesti.

Lukemiskokeet suoritettiin hiljaisessa ja häiriöttömässä tilassa. Testilaitteena, johon DAF-sovellus oli asennettu, käytettiin Nokia 6630 matkapuhelinta. Puhelimen kanssa käytettiin Nokian HDS-3 stereokuulokesarjaa, johon kuuluu mikrofoni. Koehenkilön puheen tallentamiseen käytettiin iRiver H140 digitaalista musiikkisoitinta ja AKG C444 sankamikrofonia.

Testaaja oli kaiken aikaa läsnä koetilanteessa koehenkilön kanssa ohjaamassa tätä, mutta ei häirinnyt tätä kokeen aikana vaan istui hiljaa aloillaan ja tarpeen vaatiessa vastasi tämän kysymyksiin,

#### 5.1.2 Puhelinkoe

Puhelinkoetta varten oli suunniteltu seitsemän erilaista koetilannetta, jotka edustavat tyypillisiä puhelimen avulla hoidettavia asiointitilanteita. Kokeessa olleet tilanteet (Liite 3) olivat lehtitilauksen peruminen, hammaslääkäriajan



varaaminen, pizzerian tilaaminen kotiin, numeron tiedustelu numeropalvelusta, pöytävarauksen tekeminen ravintolasta, taksin ennakkoon tilaaminen ja asioiden tiedustelu kodinelektroniikkaliikkeestä. Koehenkilölle annettiin jokaista tilannetta kohden lyhyt selostus asiasta, joka heidän on tarkoitus hoitaa puhelimella, sekä kaikki tämän asian hoitamiseen tarvittavat tiedot. Mitään tarkempaa käsikirjoitusta koehenkilölle ei annettu.

Jokaisessa tilanteessa puhelimen toisessa päässä oli kokeessa avustanut puheterapeutti, joka esitti eri tilanteiden vaatimaa roolia. Tällä oli apunaan kuvaus eri koetilanteista ja niiden esittämisessä tarvittavia tietoja ja fraaseja. Puheterapeutin tehtävänä oli lisäksi arvioida koehenkilön puheen sujuvuutta ja yrittää päätellä, että oliko kyseisessä koetilanteessa DAF käytössä vai ei. Koehenkilölle oli tehty ennakkoon selväksi, että kaikissa puhelinasioinneissa keskustellaan puheterapeutin kanssa.

Kaikki seitsemän koetilannetta hoidettiin yhden puhelun aikana. Testaaja oli alussa ja koetilanteiden välissä yhteydessä puheterapeuttiin, sopien tämän kanssa että mikä koetilanne käsitellään seuraavana ja kytkien tarvittaessa DAFin päälle ennen kuin koetilanne alkaa. Ennen kokeiden aloittamista testaaja oli arponut, että missä koetilanteissa on DAF käytössä ja missä ei.

Puhelinkoe suoritettiin hiljaisessa tilassa. Testilaitteena, johon DAF-sovellus oli asennettu, käytettiin Nokia 6630 matkapuhelinta. Vaikka puhelinkäytössä DAFia voi sen kautta käyttää ilman lisävarusteita, käytettiin kokeessa puhelimen kanssa Nokian HDS-3 stereokuulokesarjaa, johon kuuluu mikrofoni. Koehenkilön puheen tallentamiseen käytettiin iRiver H140 digitaalista musiikkisoitinta ja AKG C444 sankamikrofonia.

## **5.2 Koehenkilöt**

Koehenkilöinä oli viisi miestä ja kaksi naista, jotka änkkyttivät vaihtelevasti, kaikki oman arvionsa mukaan lievästi tai kohtuullisesti normaaleissa puhetilanteissa. Arvioinnissa käytettiin visuaalista analogiasteikkoa (Visual Analogue Scale, VAS), jossa koehenkilöitä pyydettiin arvioimaan oman

puheensa sujuvuutta erilaisissa tilanteissa asteikolla 0-10, jossa 0 tarkoittaa täysin sujuvaa puhetta ja 10 puhetta jossa on jatkuvasti änkytystä.

Koehenkilöiden tiedot on esitetty taulukoissa 3 ja 4. Kaikki seitsemän koehenkilöä ottivat osaa lukemiskokeeseen. Ainoastaan kolme näistä koehenkilöistä otti osaa myöhemmin pidettyyn puhelinkokeeseen.

**Taulukko 3. Lukemiskokeen koehenkilöiden tiedot**

Koehenkilö	Ikä	Sukupuoli	Oma arvio änkytyksen määrästä tavallisessa keskustelussa (0-10)	Oma arvio änkytyksen määrästä lukiessa ääneen (0-10)
1	27	Mies	3	2
2	43	Mies	2	1
3	22	Mies	4	2
4	16	Mies	4	1
5	49	Nainen	1	5
6	29	Nainen	3	1
7	49	Mies	3	6

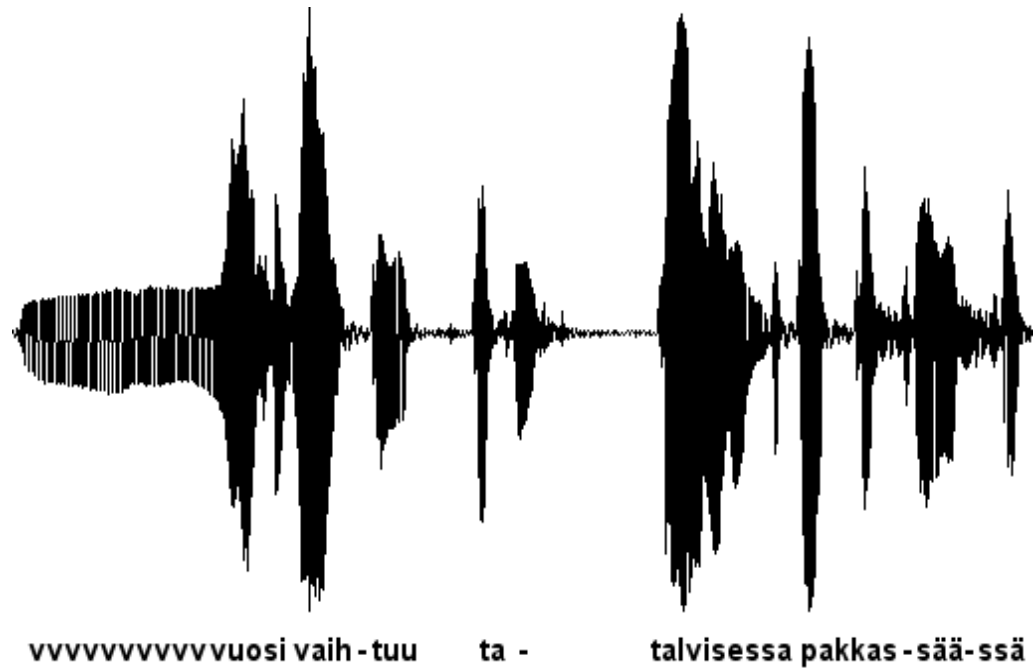
**Taulukko 4. Puhelinkokeen koehenkilöiden tiedot.**

Koehenkilö	Ikä	Sukupuoli	Oma arvio änkytyksen määrästä tavallisessa keskustelussa (0-10)	Oma arvio änkytyksen määrästä puhuessa puhelimeen (0-10)
1	27	Mies	3	4
2	16	Mies	4	7
3	49	Mies	3	4

### 5.3 Mittaukset

Kaikki kokeiden äänitykset on tallennuksen jälkeen käsitelty leikkaamalla ensin jokainen kokeen alaosio, kuten lukemiskokeen luentakerta tai puhelinkokeen koetilanne omaksi puhenäytteeksi omaan äänitiedostoonsa (PCM-koodattu, 16 bittiä/näyte, 44 kHz näytteenottotaajuudella, mono). Tämä leikkaaminen ja myöhempi tiedostojen muokkaaminen tehtiin käyttämällä Praatia, joka on ilmainen ja monipuolinen puheanalyysiohjelma [27]. Sen avulla tiedostoja onnistuu muokkaamaan valitsemalla hiirellä haluttuja osia äänen aaltomuotokäyrästä ja kopioimalla niitä omiin tiedostoihinsa tai poistamalla valittuja osia. Tämän jälkeen tiedostoista poistettiin kaikki kokeen ulkopuolisten seikkojen aiheuttamat häiriöt ja tauot jotka saattaisivat vääristää luennan tai koetilanteen todellista kestoa.

Kun nämä muokkaukset on tehty, jäljellä on ainoastaan koehenkilön tiettyyn kokeen osioon liittyvä puhe. Tämän kokonaiskesto on toinen suure, joka tarvitaan jotta pystytään laskemaan epäjatkuvan puheen prosentuaalinen osuus (Percentage of Discontinuous Speech Time, PDST). Sen jälkeen tiedostojen käsittelyä Praatilla jatkettiin niin että näytettä kuunneltiin toistuvasti ja kaikenlaiset epäsujavuudet poistettiin. Myös puheessa olevat tauot – niin änkytyksen aiheuttamat lukot kuin ajatustauotkin – poistettiin siten että aikaansaatu puhenäyte kuulosti subjektiivisesti sujuvalta. Vertaamalla tämän näennäisen sujuvan puhenäytteen kestoa ja koehenkilön alkuperäistä kyseiseen kokeen osioon liittyvän puhenäytteen kestoa, epäjatkuvan puheen prosentuaalinen osuus pystytään laskemaan niin että  $PDST = (1 - \text{näennäissujuvan puhenäytteen kesto} / \text{alkuperäisen puhenäytteen kesto})$ . [28]



Kuva 5. Puhesignaali epäjatkuvasta puhenäytteestä, jossa on änktystä.



Kuva 6. Puhesignaali näennäisjatkuvasta puhenäytteestä, josta änktyys on leikattu pois.

Suuri epäjatkuvan puheen osuus viittaa jollakin tavoin katkonaiseen puheeseen, mutta se ei tee eroa lievän änkyttäjän ja normaalin mutta katkonaisen puhujan kanssa. Puheessa pidetyt tauot eivät eroa tämän epäjatkuvuuden suhteen puheessa olevista lukoista tai muusta änkytyksestä, mutta tällä ei ole väliä, sillä änkytystä ei ole tarpeen tunnistaa puheen epäjatkuvan puheen määrän avulla. Sitä vastoin halutaan tietää, väheneekö epäjatkuvan puheen osuus, kun koehenkilö käyttää DAFia. Jos PDST pienenee DAF-sovellusta käytettäessä samalla tavoin kuin kaupallisilla laitteilla tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, voidaan päätellä että matkapuhelinpäätelaitteeseen tehty DAF-sovellus toimii samalla tavoin kuin kaupallinen DAF-laite.

### **5.3.1 Lukemiskoe**

Lukemiskokeessa jokaista koehenkilöä kohti oli kaksitoista puhenäytettä – molemmat tekstit kuusi kertaa, puolet luennoista DAFin kanssa ja puolet ilman. Kaikista omissa tiedostoissaan olevista näytteistä poistettiin ensin ulkopuoliset häiriöt, jotta saatiin kunkin koeosion kokonaiskesto selville. Näistä tiedostoista tehtiin sitten kopiot, joille jatkomuokkaus ja kaiken epäjatkuvuuden poisto tehtiin.

### **5.3.2 Puhelinkoe**

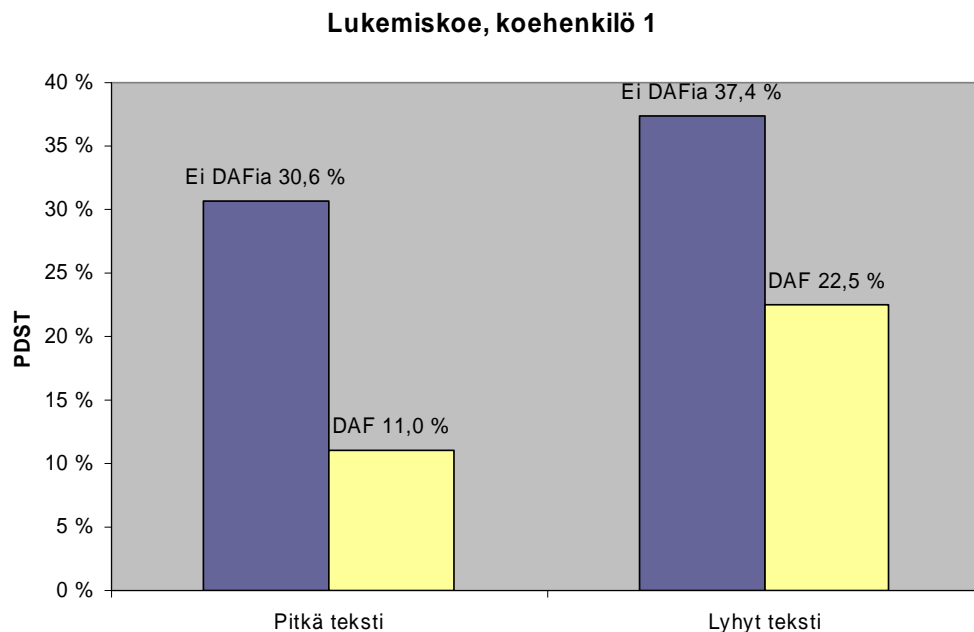
Puhelinkokeessa jokaista koehenkilöä kohti oli seitsemän puhenäytettä – yksi jokaista seitsemää koetilannetta kohti. Kaikista omissa tiedostoissaan olevista näytteistä poistettiin ensin ulkopuoliset häiriöt ja ne mykät hetket jolloin puhelimen toisessa päässä ollut puheterapeutti puhui koehenkilölle. Koska puheterapeutin ääni ei tullut mukaan äänen tallennukseen, piti muokkauksen tehneen testaajan arvioida puhenäytteen sisällön, koetilanteen kulun ja äänen aaltomuodossa olevan käyrän avulla koska koehenkilö oli vaiti ja kuunteli puheterapeutin puhetta. Aaltoäänikäyrästä pystyi helposti erottamaan suurimman osan kohdista jolloin koehenkilö oli täysin hiljaa, joten tämä toimenpide ei tuottanut vaikeuksia

Tämän jälkeen tiedostoista tehtiin kopiot, joista sitten poistettiin kaikki epäjatkuvuus. Operaatio oli kohtuullisen suoraviivainen, mutta työläämpi kuin lukemiskokeen tapauksessa, sillä puheessa oli enemmän lyhyitä taukoja ja myös enemmän änkytystä kuin lukemiskokeen äänitiedostoissa.

## 5.4 Tulokset

### 5.4.1 Lukemiskoe

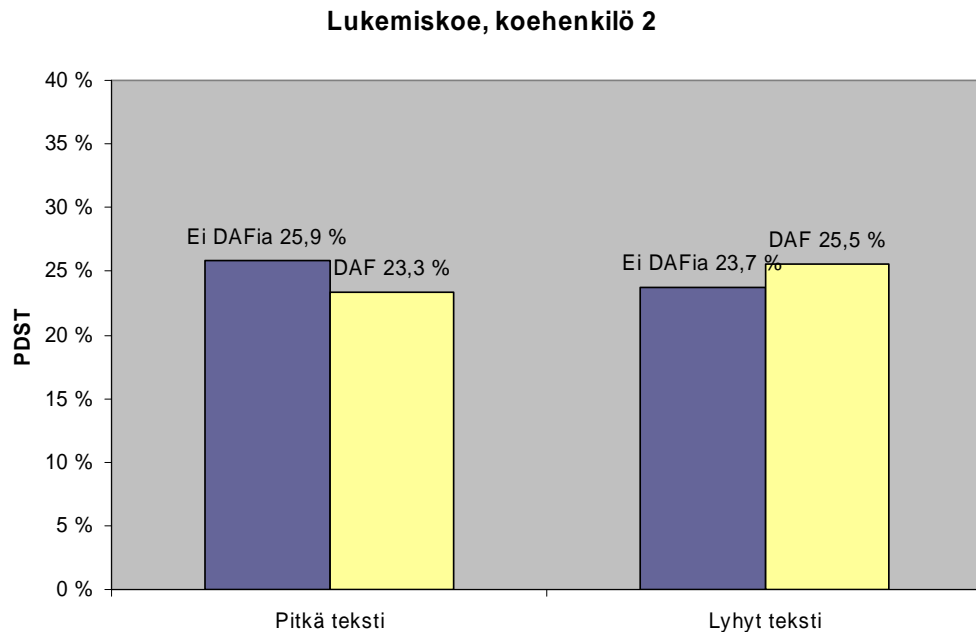
Lukemiskokeen mittauksista saatiin jokaista koehenkilöä kohti kaksitoista PDST-arvoa, jotka kertovat epäjatkuvan puheen osuuden alkuperäisen puheen kestosta. Kolme arvoa näistä on saatu pitkästä tekstistä ilman DAFia, kolme arvoa pitkästä tekstistä DAFin kanssa, kolme arvoa lyhyestä tekstistä ilman DAFia ja kolme arvoa lyhyestä tekstistä DAFin kanssa. Jokainen koehenkilö käsitellään seuraavassa erikseen ja heidän tuloksensa käydään läpi kuvaajien avulla. Kuvaajat on piirretty käyttämällä keskiarvoa jokaisesta kolmesta samalla konfiguraatiolla saadusta arvosta. Koehenkilökohtaiset tarkat tulokset löytyvät liitteistä (Liite 4).



**Kuva 7. Koehenkilön 1 PDST-arvot lukemiskokeessa**

Ensimmäinen lukemiskoe, joka toimi samalla koeasetelman pilottikokeena, antoi lupaavia tuloksia. Miespuolinen 27-vuotias koehenkilö änkytti omasta mielestään lievästi lukiessaan normaalisti ääneen. Kokeessa hänen PDST-arvonsa olivat ilman DAFia kaikista suurimmat – pitkässä tekstissä 30,6 % ja lyhyessä tekstissä vielä enemmän, 37,4 %. DAFia käytettäessä havaittiin kuitenkin, että sen vaikutus oli tällä koehenkilöllä suurempi kuin muilla. Pitkää testiä lukiessa PDST oli keskimäärin vain 11,0 %, eli puheen änkytys väheni 64,0 % (19,6 prosenttiyksikköä PDST). Lyhyen tekstin luennassa änkytys väheni vain 39,8 % (14,9 prosenttiyksikköä PDST). Suurempi ero johtuu kuitenkin siitä, että yksi lyhyen testin luennoista DAFin kanssa antoi noin kaksi kertaa suuremman PDST-arvon kuin kaksi muuta DAFin kanssa tehtyä luentaa. Ilman tätä yhtä luentakertaa änkytys väheni DAFin kanssa lyhyelläkin tekstillä 57,1 %. Joka tapauksessa tuloksista pystyy sanomaan, että koehenkilön 1 tapauksessa sovellus näyttää vaikuttavan lukiessa tekstiä ääneen samalla tavalla kuin mitä DAFin tiedetään vaikuttavan.

Kiinnostavaa on, että koehenkilöllä 1 jokaisen luennan kesto oli DAFin kanssa lyhyempi kuin ilman DAFia. Vaikka DAFin käyttö muillakin koehenkilöillä poisti suuremman osan änkytyksestä, näiden puhe oli hitaampaa DAFin kanssa kuin ilman DAFia. Yksi syy tähän voi olla, että koehenkilö 1 oli harjoitellut DAFin käyttöä ennen koetta toisin kuin muut koehenkilöt. Toinen syy voi olla kohtuullisen runsas änkytyksen määrä ilman DAFia, sillä muiden koehenkilöiden PDST-arvot ilman DAFia olivat pienempiä. Viimeinen syy voi olla se, että DAF yksinkertaisesti soveltuu eri änkyttäjille eri tavalla, eikä aiheuta kaikille selvää puheen muuttumista sujuvammaksi.

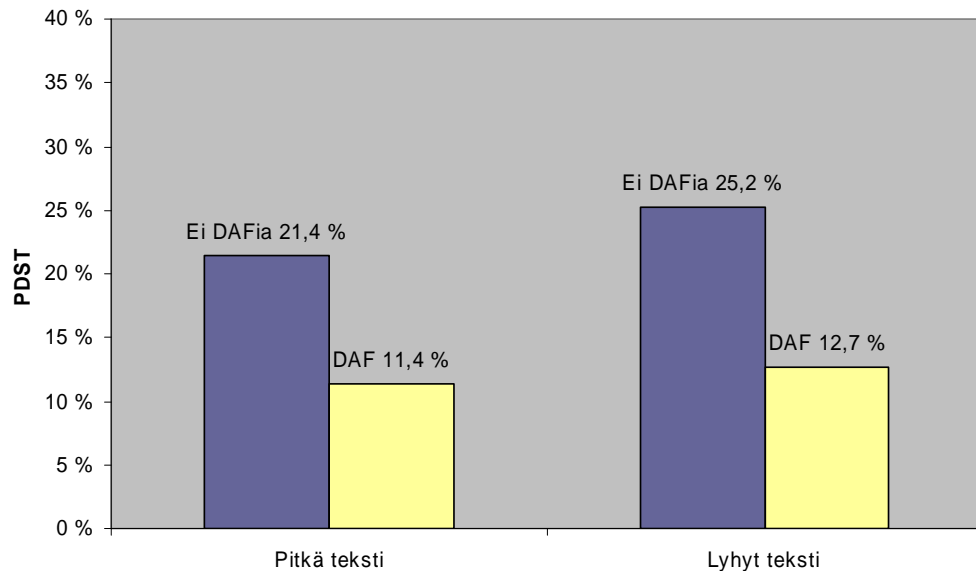


**Kuva 8. Koehenkilön 2 PDST-arvot lukemiskokeessa.**

Koehenkilö 2 oli 43-vuotias mies, joka koki oman änkytyksensä hyvin lieväksi, varsinkin lukiessaan ääneen. Hänen änkytyksensä kokeen aikana oli hyvin vähäistä, mutta rauhallisessa puheessa oli muuten kohtuullisen paljon taukoja, joiden johdosta PDST-arvoksi ilman DAFia tuli 25,9 % pitkällä tekstillä ja 23,7 % lyhyellä tekstillä. Kun DAF oli käytössä, PDST oli pitkällä tekstillä hieman vähäisempi 23,3 %, mutta lyhyellä tekstillä 25,5 %, joka oli taas hieman enemmän kuin ilman DAFia. Käytännössä DAFin käytöllä ei kuitenkaan ollut mitään vaikutusta kumpaankaan suuntaan tämän koehenkilön kanssa. On huomattava, että koehenkilöllä on hieman aikaisempaa kokemusta DAF-laitteista, ja että hänen änkytyksensä on likimain yhtä pientä kuin änkyttämättömällä henkilöllä. Tavallisesti änkyttämättömillä koehenkilöillä DAF voi suorastaan aiheuttaa takeltelua puheessa [3]. Näin on hyvin mahdollista, että koehenkilö 2 ei hyötynyt DAFista yhtään.



### Lukemiskoe, koehenkilö 3

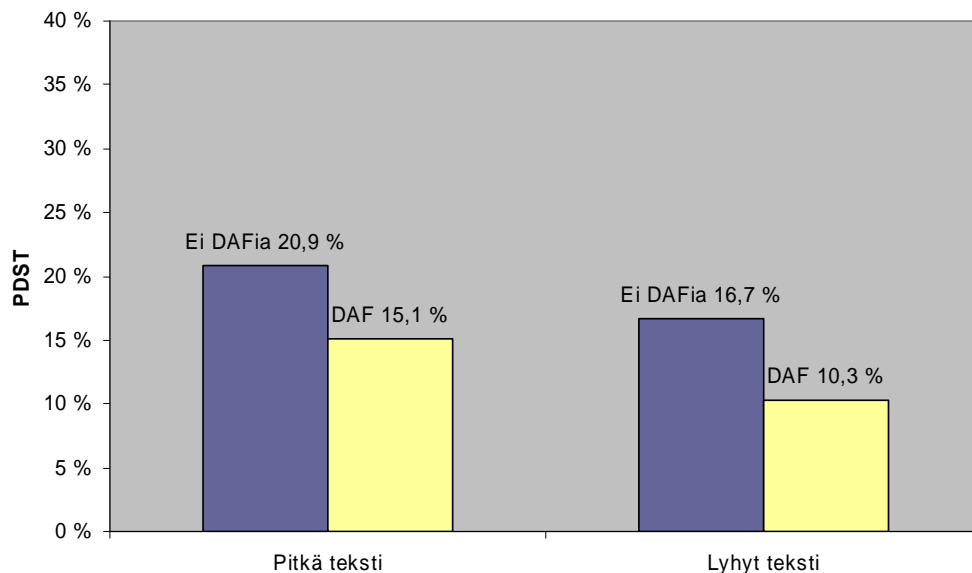


**Kuva 9. Koehenkilön 3 PDST-arvot lukemiskokeessa.**

Koehenkilö 3 oli 22-vuotias mies, joka omasta mielestään änkyttää jonkin verran tavallisessa keskustelussa, mutta vain vähän lukiessaan ääneen. Hänen tehdessään lukemiskoetta ilman DAFia ei puheessa ollut paljoa varsinaista änkytystä, mutta kuitenkin melko paljon lyhyitä taukoja lauseiden keskellä. DAFin kanssa hänen puheensa muuttui huomattavasti hitaammaksi, pitkän tekstin lukemisen kestäessä keskimäärin yli 10 s pidempään DAFin kanssa (ensimmäisellä luennalla jopa melkein 25 s). Myös DAFin kanssa varsinainen änkytys oli hyvin vähäistä.

PDST oli pitkän tekstin luennassa 21,4 % ja lyhyen tekstin luennassa 25,2 %. DAFin kanssa nämä arvot lähes puolittuivat. Pitkän tekstin luennan PDST oli 11,4 % (46,8 % vähemmän epäjatkuvan puheen osuutta) ja lyhyen tekstin luennan 12,7 % (49,8 % vähemmän epäjatkuvaa puhetta). Kuitenkin, vaikka epäjatkuvuus väheni, koehenkilön varsinainen änkytys oli niin pientä, että ei voi varmuudella sanoa, että hän välttämättä hyötyisi DAFista lukiessaan tekstiä ääneen. Harjoittelun myötä DAFin aiheuttama puheen hidastus voi kuitenkin poistua, kuten koehenkilöllä 1.

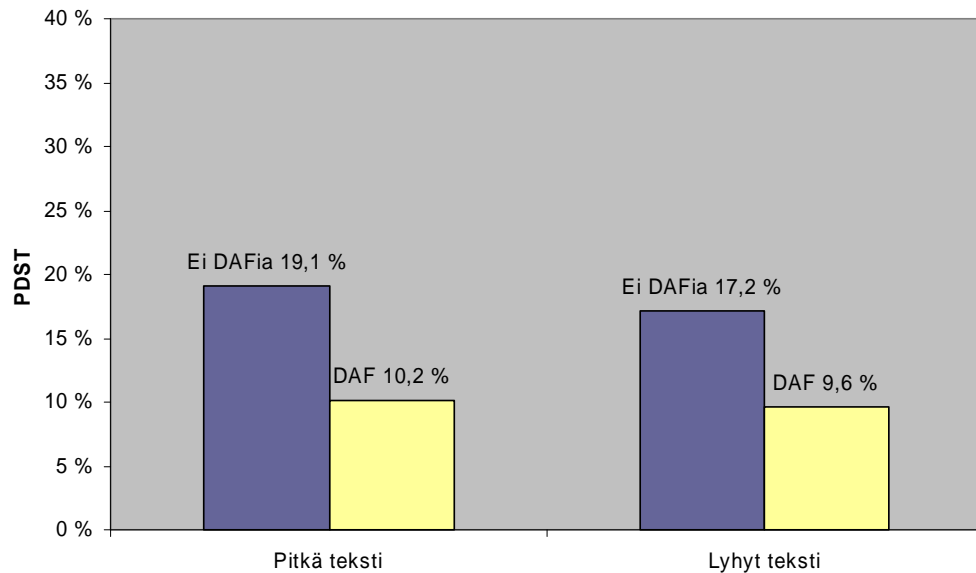
### Lukemiskoe, koehenkilö 4



**Kuva 10. Koehenkilön 4 PDST-arvot lukemiskokeessa.**

Koehenkilö 4 oli 16-vuotias mies, joka änkyttää mielestään tavallisessa keskustelussa kohtuullisen paljon ja ääneen lukiessaan hyvin vähän. Kokeen tekstejä lukiessaan hänen änkytyksensä oli hyvin vähäistä, mutta puheen seassa oli jonkin verran puheesta selkeästi erottuvia hengitystaukoja, jotka aiheuttivat epäjatkuvuutta. Pitkän tekstin luennassa PDST oli ilman DAFia keskimäärin 20,9 % ja lyhyen tekstin luennassa 16,7 %. Kun DAF oli käytössä, änkytys oli yhtä vähäistä ja varsinainen puhe hieman hitaampaa kuin ilman sitä. Puheessa olleet tauot olivat kuitenkin lyhyempiä ja luonnollisemman tuntuisia – DAFin kanssa pitkän tekstin PDST oli 15,1 % ja lyhyen tekstin 10,3 %, jotka tarkoittavat 27,6 % (pitkä teksti) ja 38,1 % (lyhyt teksti) vähennystä epäjatkuvan puheen määrässä. Vaikka DAF ei siis tämän koehenkilön tapauksessa vaikuta änkytyksen määrään, se saa ääneen luetun tekstin kuulostamaan hitaammalta, mutta myös vähentää puheessa olevien katkojen osuutta.

### Lukemiskoe, koehenkilö 5



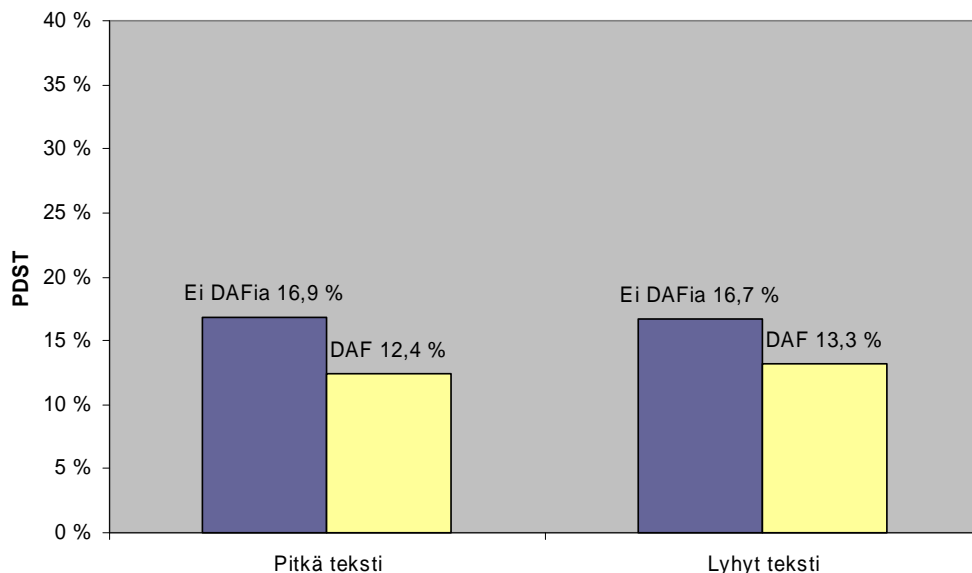
**Kuva 11. Koehenkilön 5 PDST-arvot lukemiskokeessa.**

Koehenkilö 5 oli 49-vuotias nainen. Oman arvionsa mukaan hän ei änkytä juuri lainkaan tavallisessa keskustelussa, mutta ääneen lukiessaan änkytys on vähintäänkin kohtuullista. Tämä oli havaittavissa myös kokeen aikana, sillä hänellä oli koehenkilön 1 jälkeen eniten varsinaista änkytystä lukiessaan – lähinnä pieniä toistoja ja lukkoja joidenkin sanojen alussa.

DAFin vaikutus lukiessa oli melkein yhtä selvä kuin koehenkilöllä 1.

Koehenkilön 5 epäjatkuva puhe väheni suunnilleen 45 % sekä pitkän että lyhyen tekstin tapauksessa. Keskimääräinen PDST DAFin kanssa pitkällä tekstillä oli 10,2 % ja lyhyellä tekstillä 9,6 %. Muutos oli sen verran selvä, että testaaja saattoi havaita sen myös omin korvin.

### Lukemiskoe, koehenkilö 6

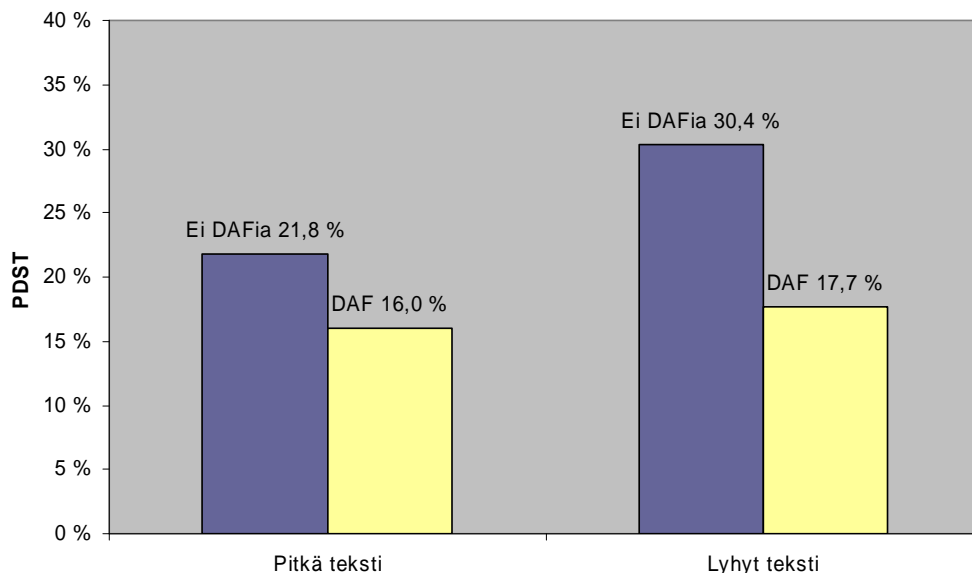


**Kuva 12. Koehenkilön 6 PDST-arvot lukemiskokeessa.**

Koehenkilö 6 oli 29-vuotias nainen, joka mielestään änkyttää lievästi tavallisessa keskustelussa, mutta vain hyvin vähän lukiessaan ääneen. Tämä näkyi myös lukemiskokeessa – koehenkilön puhe oli käytännössä täysin änkytyksetöntä jo ilman DAFia. Hänen PDST-arvonsa ilman DAFia olivat kaikista koehenkilöistä kaikkein pienimmät: pitkällä tekstillä 16,9 % ja lyhyellä 16,7 %. DAFia käyttäessä parannus oli pitkällä tekstillä 26,6 % (PDST-arvo 12,4 %) ja lyhyellä tekstillä 20,8 % (PDST-arvo 20,8 %).

DAFin kanssa puhe oli hitaampaa ja äänteet venytetympiä, mutta puhe oli muuten hyvin sujuvaa, eikä pitkiä taukoja ollut. Niin ollen epäjatkuvan puheen osuus onkin luonnollisesti pienempi kuin ilman DAFia. Varsinaisesta sujuvuuden parantumisesta ei kuitenkaan voi tämän koehenkilön tapauksessa puhua. DAF ei kuitenkaan tuntunut sekavoittavan hänen puhettaan, kuten änkyttämättömillä henkilöillä tiedetään tapahtuneen [3].

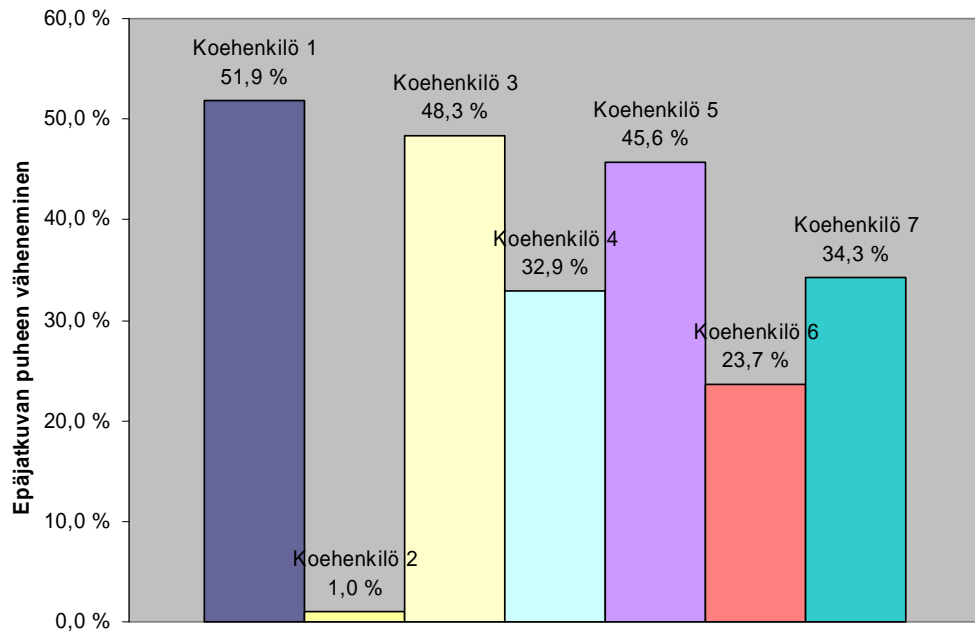
### Lukemiskoe, koehenkilö 7



**Kuva 13. Koehenkilön 7 PDST-arvot lukemiskokeessa.**

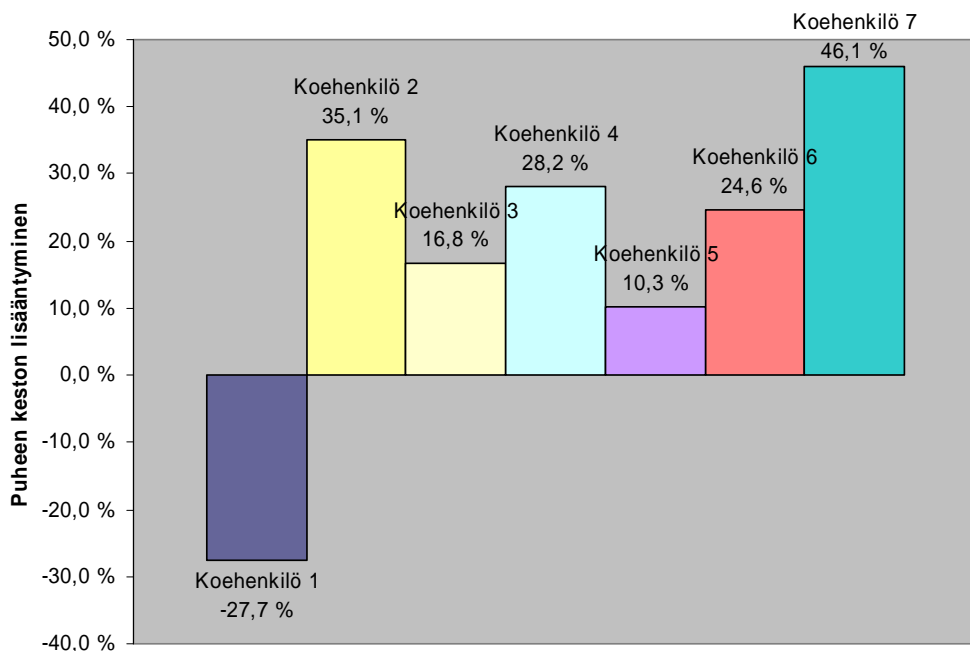
Lukemiskokeen seitsemäs ja samalla viimeinen koehenkilö oli 49-vuotias mies. Hän änkyttää omasta mielestään lievästi, mutta arvioi änkytyksensä ääneen lukiessa vähintäänkin kohtalaiseksi. Itse kokeessa änkytystä oli jonkin verran, mutta puheen epäjatkuvuus aiheutui enemmänkin pitkistä tauoista ja kokonaisten sanojen toistosta (joka voi sinänsä liittyä änkytykseen). Pitkän tekstin keskimääräinen PDST oli 21,8 % ja lyhyen tekstin 30,4 %.

DAFin käyttäminen lukiessa hidasti puhenopeutta, mutta samalla eliminoi käytännössä kaiken änkytyksen ja muun sanojen toistelun. PDST DAFin kanssa oli pitkällä tekstillä 16,0 % (26,8 % vähemmän kuin ilman DAFia) ja lyhyellä tekstillä 17,7 % (41,8 % vähemmän kuin ilman DAFia). Sovelluksen käytöstä näyttää näin ollen olevan hyötyä koehenkilön puheen sujuvuutta ajatellen.



**Kuva 14. Epäjatkuvan puheen keston suhteellinen väheneminen lukiessa ääneen kun DAF on käytössä.**

Kun verrataan kaikkien seitsemän koehenkilön luentaa ilman DAFia ja sen kanssa, huomataan että suurimmalla osalla koehenkilöistä epäjatkuvan puheen suhteellinen osuus puheen kestosta pienenee huomattavasti (Kuva 14). Kolmella koehenkilöstä seitsemästä epäjatkuvan puheen kesto käytännössä puolittuu, ja kolmella muullakin epäjatkuvan puheen osuus pienenee kolmanneksen. Vain yhdellä koehenkilöllä ei saattanut havaita epäjatkuvuuden vähenemistä tai puheen sujuvuuden parantamista.



**Kuva 15. Puheen keston suhteellinen kasvaminen luettaessa pitkää tekstiä kun DAF on käytössä.**

Lähes kaikilla koehenkilöillä oli havaittavissa DAFia käytettäessä myös puheen keston pitenemistä huolimatta siitä, että varsinainen änkytys, puheessa olevien taukojen pituus ja muu epäjatkuvuus keskimäärin vähenivät. Niissä tapauksissa, joissa puhe hidastui, oli hidastuminen sen verran selvää, että luennan ilman DAFia ja DAFin kanssa kuunnellut testaja saattoi havaita hidastumisen kuunnellessaan.

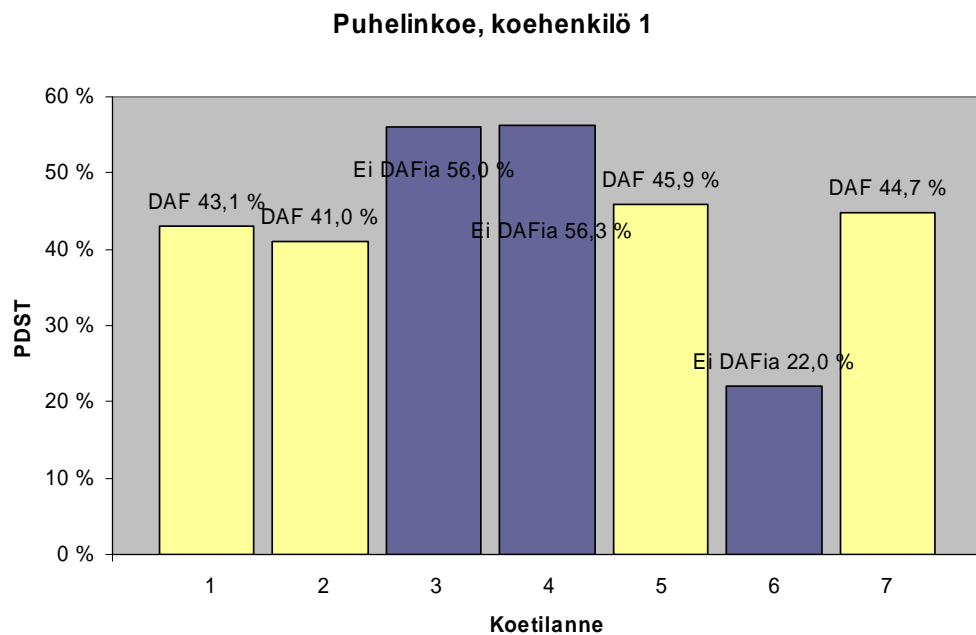
Kuudella koehenkilöllä seitsemästä puheen kesto kasvoi. Kun tarkastellaan pitkän tekstin luentaa, tämä kasvu oli enimmillään keskimäärin 46,1 % ja pienimmillään 10,3 %. Koehenkilöllä 1 kuitenkin tapahtui täysin päinvastainen reaktio, sillä hänen tapauksessaan luennan kesto lyheni DAFin ollessa päällä. Pitkän tekstin luennan keskimääräinen kesto oli 27,7 % lyhyempi DAFin kanssa kuin ilman sitä.

Huomattavaa on, että niillä henkilöillä, joilla puheen kesto kasvaa vähiten tai jopa pienenee (koehenkilöt 1, 3 ja 5), myös puheen sujuvuus paranee eniten DAFia käytettäessä. Koehenkilön 1 puhe DAFin kanssa oli yli 50 % sujuvampaa ääneen lukiessa kun sujuvuutta tarkastellaan PDST:n mukaan.

Myös koehenkilöt 3 ja 5 saavuttavat lähes 50 % parannuksen puheensa sujuvuudessa. Osasyynä tähän tietenkin on se, että pieni PDST tarkoittaa usein lyhyempiä taukoja puheen aikana, mikä sitten heijastuu lyhyempänä puheen kokonaiskestona.

#### 5.4.2 Puhelinkoe

Puhelinkokeen mittauksista saatiin jokaista koehenkilöä kohti seitsemän PDST-arvoa, jotka kertovat epäjatkuvan puheen osuuden alkuperäisen puheen kestosta. Jokainen arvo mittaa PDST:tä kokeen yhdessä osiossa. Kolme näistä seitsemästä osiosta on luettu ilman DAFia ja neljä DAFin kanssa. Se, missä osioissa DAF in käytössä ja missä ei, on arvottu. Jokainen kolmesta koehenkilöstä käsitellään seuraavassa erikseen ja heidän tuloksensa käydään läpi kuvaajien avulla. Koska tässä kokeessa ei ole ollut toistoja, kuvaajiin on piirretty jokaisen kokeen yksittäiset PDST-arvot. Koehenkilökohtaiset tarkat tulokset löytyvät liitteistä (Liite 5).



**Kuva 16. Koehenkilön 1 PDST-arvot puhelinkokeessa.**

Puhelinkokeen ensimmäinen koehenkilö oli sama kuin lukemiskokeen ensimmäinen koehenkilö – 27-vuotias mies, joka änkyttää mielestään lievästi

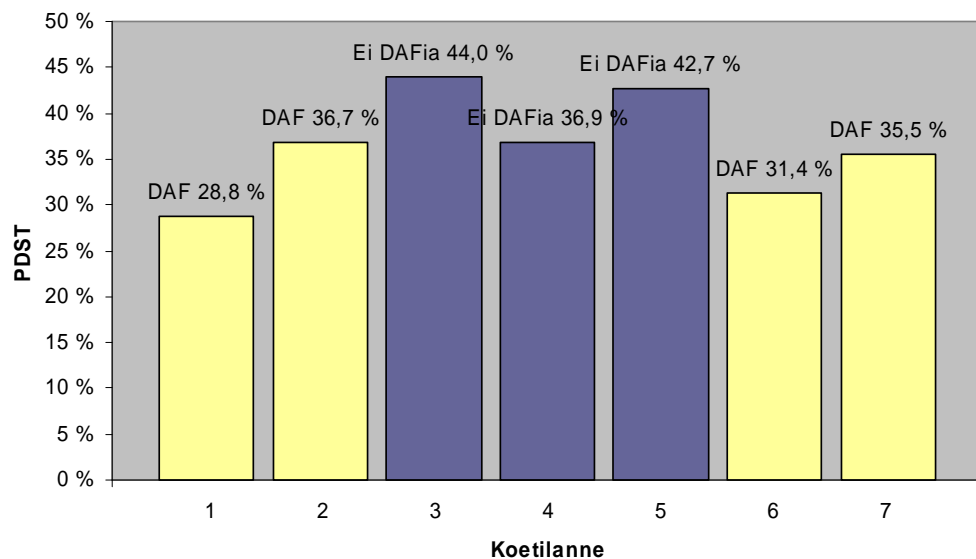


tavallisessa keskustelussa, mutta puhelimessa puhuessaan kohtuullisen paljon. Koehenkilöllä oli myös aiempaa kokemusta DAFin käytöstä, mutta ei kuitenkaan puhelintilanteissa.

Lukuun ottamatta koetilanteesta 6 tullutta poikkeuksellisen matalaa PDST-arvoa, DAFin käyttö näyttää erottuvan koehenkilön 1 tuloksissa selvästi. Koetilanteissa 1, 2, 5 ja 7 DAF on ollut käytössä puhelimessa puhuessa, ja niissä PDST-arvot ovat kaikki viiden prosenttiyksikön sisällä välillä 41 % - 45,9 %. Koetilanteissa 3 ja 4 DAF taas ei ole ollut käytössä ja niissä PDST on 56 % tasolla. Näiden lukemien perusteella DAFista näyttäisi olleen pientä hyötyä puheen sujuvuuden kannalta.

Koetilanteessa 6 kuitenkin PDST-arvo on merkittävän pieni 22 % vaikka DAF ei ole ollut käytössä. Syy tähän voi kuitenkin tulla koetilanteen luonteesta. Koetilanne 6 oli selkeä ja suoraviivainen asiointitehtävä (taksin tilaaminen tiettyyn osoitteeseen tietyksi aamuksi), ja sen kesto oli paljon muita koetilanteita lyhyempi (24,4 sekuntia, kun kaikki muut koetilanteet olivat noin 10 - 30 sekuntia pidempiä). Kyseisessä koetilanteessa ei ollut myöskään paljoa hankalia osuuksia, jotka olisivat saattaneet aiheuttaa enemmän änkytystä. Tästä koetilanteesta huolimatta näyttää kuitenkin siltä, että DAFilla olisi vaikutusta puheen sujuvuuden parantamiseen puhelimessa koehenkilön 1 osalta.

### Puhelinkoe, koehenkilö 2

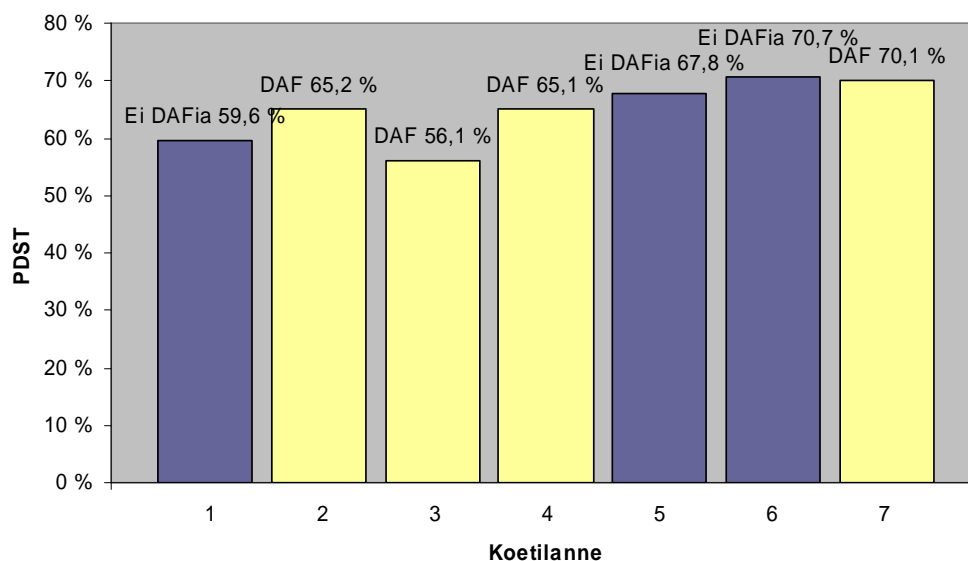


**Kuva 17. Koehenkilön 2 PDST-arvot puhelinkokeessa.**

Puhelinkokeen koehenkilö 2 oli 49-vuotias mies – sama kuin lukemiskokeen koehenkilö 7. Hänen änktyksensä oli omasta mielestään lievän ja kohtuullisen välillä niin tavallisessa keskustelussa kuin puhelimesta puhuessaankin.

Sekä testaja että puhelimen toisessa päässä oleva puheterapeutti pystyivät sanomaan, että koehenkilön puhe kuulosti sujuvammalta niissä koetilanteissa, joissa DAF oli käytössä. Mittauksista saadut PDST-arvot tukevat tätä päätelmää, sillä kun DAF ei ollut käytössä, arvot olivat välillä 36,9 % - 44,0 % (keskiarvo 41,2 %). Kun DAF taas oli käytössä, PDST-arvot olivat välillä 28,8 % - 36,7 % (keskiarvo 33,1 %). PDST oli DAFin kanssa siis keskimäärin 19,6 % vähemmän kuin ilma DAFia. Puheen sujuvuuden paraneminen ei ole yhtä suurta kuin tekstiä lukiessa, mutta kuitenkin selvästi todettavissa.

### Puhelinkoe, koehenkilö 3



**Kuva 18. Koehenkilön 3 PDST-arvot puhelinkokeessa.**

Koehenkilö 3 oli puhelinkokeessa sama kuin lukemiskokeen neljäs koehenkilö. 16-vuotias mies, joka änkyttää omasta mielestään jonkin verran tavallisessa keskustelussa, mutta melko voimakkaasti puhelimesta puhuessaan. Tämän tilanteen huomioon ottaen hän oli kiinnostunut katsomaan millainen vaikutus DAFilla olisi hänen puheeseensa.

Kokeen aikana koehenkilön puheesta ei kuitenkaan kyennyt huomaamaan selkeää DAFin käytöstä aiheutuvaa muutosta. Molemmissa tapauksissa änkytys oli runsasta, ja PDST-arvot olivat sekaisin välillä 70,7 % - 56,1 %. Keskiarvo PDST:lle ilman DAFia oli 66,0 % ja DAFin kanssa 64,1 %. Näiden kahden arvon välinen ero on sen verran vähäinen, että DAFista ei voi sanoa olleen havaittavaa hyötyä tälle koehenkilölle.

Huomionarvoista on kuitenkin, että koehenkilö itse omien havaintojensa mukaan koki, että änkytys olisi vähentynyt sovellusta käytettäessä. Vaikka siis varsinaista efektiä ei olisikaan, saattaa DAFin käyttö silti antaa puheeseen jonkinlaista hallintaa, vaikka se ei änkytykseen välttämättä vaikuttaisikaan.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 6.1 Yleistä

Keskeinen kysymys, johon mittauksilla on etsitty vastausta, on vaikuttaako matkapuhelimessa toimiva DAF-sovellus änkyttäjän puheeseen samalla tavalla kuin tyypilliset DAF-laitteet. DAFin tiedetään menetelmänä parantavan änkyttäjän puheen sujuvuutta [6], joten tarkoitus on ollut selvittää, vastaavatko DAF-sovelluksen mittauksista saadut tulokset näitä varhaisempia, DAF-laitteilla saatuja tuloksia.

Hyvä vertailukohta näille mittauksille on Düsseldorfin yliopistossa vuonna 2001 tehty tutkimus [29], jossa on mitattu änkytyksen vähenemistä käytettäessä DAFia ja FAFia. Koska puheen sujuvuuden mittarina on tutkimuksessa käytetty PDST-arvoja, voi sen tuloksia suuntaa-antavasti verrata tämän työn tuloksiin, vaikka koeasetteluissa onkin eronsa.

Aikaisempi tutkimus on tehty 22 koehenkilön joukolla (11 miestä ja 11 naista), ja kaikki mittaukset on tehty koehenkilöiden lukiessa ääneen. Kokeessa käytössä ollut DAF-laite on kuitenkin mahdollistanut DAF-sovelluksen viivettä puolet pienemmän viiveen, 53 ms, käytön. Tämä on suurin ero kokeiden välillä, sillä pienempi viive ei aiheuta samanlaista puheen hidastumista kuin 100 ms luokkaa oleva viive.

Vuoden 2001 tutkimuksessa havaittiin, että DAFin käyttö vähentää änkytystä ja puheen epäjatkuvuutta miehillä keskimäärin 33,1 % ja naisilla 71,3 %, kun änkytyksen mittarina käytetään PDST-arvoja. Itse arvot olivat kokeessa ilman DAFia miehillä välillä 5,1 % - 76,6 % (keskiarvo 27,5 %) ja naisilla välillä 6,1 % - 60,6 % (keskiarvo 17,6 %). Kun DAF oli käytössä, keskimääräiset PDST-arvo oli miehillä 18,4 % ja naisilla 5,1 %.

Tämän työn mittauksissa kävi ilmi, että änkytys väheni PDST-arvojen suhteita tarkkailemalla keskimäärin 33,7 % miehillä. Tämä arvo on täysin samaa luokkaa toisen kokeen arvon 33,1 % kanssa. Vaikka viiden miespuolisen koehenkilön joukko onkin puolet pienempi kuin

varhaisemmassa kokeessa, näyttää siltä että matkapuhelimessa toimivan DAF-sovelluksen vaikutus puheen sujuvuuteen on hyvin samankaltainen kuin DAF-laitteilla kun tarkastellaan miespuolisia koehenkilöitä.

Koska tässä kokeessa oli vain kaksi naispuolista koehenkilöä joiden puheen sujuvuus parani keskimäärin 45,6 % ja 23,7 % (keskiarvo 34,7 %), ei sitä voi verrata kunnolla toisessa kokeessa saatuun 71,3 % parannukseen. Parannus näyttää kuitenkin olevan samaa luokkaa kuin miespuolisilla koehenkilöillä, mikä näyttää vahvistavan sitä vaikutelmaa, että DAF-sovelluksen vaikutus änkyttäjän puheen sujuvuuteen on samaa luokkaa kuin erityisillä DAF-laitteilla.

## 6.2 Koehenkilöiden mielipiteet

Mittaustulosten lisäksi DAF-sovelluksen toimivuutta pystyy arvioimaan koehenkilöiden kokeen jälkeen antamien kommenttien perusteella. Kun mittaukset ja tallennukset oli tehty, molempien koehenkilöitä pyydettiin täyttämään lomake (Liite 6 ja Liite 7), jossa pyydettiin arvioimaan oman puheen sujuvuutta ja kertomaan omin sanoin miltä DAF-sovelluksen käyttö tuntui ja että voisiko sitä kuvitella käyttävänsä muualla kuin koetilanteessa.

Koehenkilöiden mielipiteet DAF-sovelluksen toiminnasta olivat enimmäkseen positiivisia. Niistä välittyi sellainen tunne, että koehenkilöt kokivat siitä omasta mielestään hyötyä, joka on sovelluksen kannalta vähintäänkin yhtä tärkeä ominaisuus kuin se, että se parantaa puheen sujuvuutta. Suurin osa kiinnitti huomiota siihen, että DAF hidastaa puhenopeutta pitkäkhön viiveen vuoksi. Seuraavassa muutamia koottuja koehenkilöiden kommentteja:

Kysymys: miltä DAF-apuvälineen käyttö tuntui?

*”Laitteesta tuntui olevan apua. Puheen hätäisyys vähenee.”*

-Lukemiskoe, koehenkilö 5 (nainen, 49 v)

*"Tekee puheen hitaammaksi, tämä tuntuu erittäin hyödylliseltä. Tosin nyt liian pitkä [viive] joskus häiritsi puhettani. Vaikutus tuntuu kun tietoisesti yritän seurata viivettä."*

-Lukemiskoe, koehenkilö 2 (mies, 43 v)

*"DAF:n käyttö pakottaa hidastamaan puhetta. Puheen hidastamisen ansiosta artikulointi parani huomattavasti."*

-Puhelinkoe, koehenkilö 2 (mies, 49 v)

*"Ensituntumalta DAFin käyttö sujuvoitti puhetta koska joutui hidastamaan puhetta. Toisaalta välillä jäin kuuntelemaan viivästettyä ääntä niin, että sanojen loppuosat jäivät puutteellisiksi."*

-Lukemiskoe, koehenkilö 3 (mies, 22 v)

Kysymys: voisitko kuvitella käyttäväsi DAF-apuvälinettä muualla kuin koetilanteessa?

*"Luulenpa, että se voisi olla hyödyllinen keino joka kerta kun soitan puhelimella."*

-Puhelinkoe, koehenkilö 3 (mies, 16 v)

*"Voisin käyttää laitetta kotona puheterapian tukena ja harjoitella hitaampaa puhetta ja lihasliiketuntoa."*

-Lukemiskoe, koehenkilö 6 (nainen, 29 v)

*"Kyllä, käyttäisin sitä mielelläni omassa kännykässä."*

-Lukemiskoe, koehenkilö 7 (mies, 49 v)

Jokainen koehenkilö myös arvioi kokeen jälkeen oman puheensa sujuvuutta kokeessa ilman DAFia ja DAFin kanssa. Arvioinnissa käytettiin visuaalista analogiasteikkoa (Visual Analogue Scale, VAS), jossa koehenkilöitä pyydettiin arvioimaan oman puheensa sujuvuutta kokeen aikana asteikolla 0-

10, jossa 0 tarkoittaa täysin sujuvaa puhetta ja 10 puhetta jossa on jatkuvasti änkytystä.

Koehenkilöiden arviot puheensa sujuvuudesta kokeiden aikana on esitetty taulukoissa 5 ja 6.

**Taulukko 5. Puhelinkokeen koehenkilöiden arviot puheestaan**

Koehenkilö	Ikä	Sukupuoli	Oma arvio änkytyksen määrästä lukemiskokeessa ilman DAFia (0-10)	Oma arvio änkytyksen määrästä lukemiskokeessa DAFin kanssa (0-10)
1	27	Mies	3	0
2	43	Mies	1	0
3	22	Mies	2	1
4	16	Mies	1	2
5	49	Nainen	2	1
6	29	Nainen	1	0
7	49	Mies	2	2

**Taulukko 6. Puhelinkokeen koehenkilöiden arviot puheestaan.**

Koehenkilö	Ikä	Sukupuoli	Oma arvio änkytyksen määrästä puhelinkokeessa ilman DAFia (0-10)	Oma arvio änkytyksen määrästä puhelinkokeessa DAFin kanssa (0-10)
1	27	Mies	4	3
2	16	Mies	5	3
3	49	Mies	4	1

Tuloksista huomaa, että yksikään koehenkilö ei ole lukemiskokeessa arvioinut änkytyksensä määrää kovin suureksi lukiessaan ilman DAFia. Tästä johtuen sama arvio DAFin ollessa käytössä on enimmilläänkin vain muutaman VAS-asteikon yksikön verran. Lähes kaikki ovat kuitenkin kokeneet saaneensa DAFista apua änkytykseensä. Vain yksi koehenkilö koki puheen olevan vähemmän sujuvaa DAFin kanssa (lukemiskoe, koehenkilö 4), ja hänenkin mittaustuloksensa kertoivat sujuvuuden kasvusta.

Yksi tärkeimmistä koehenkilöiden antamista mielipiteistä on kuitenkin tieto siitä, että kaikki olisivat kiinnostuneita käyttämään DAF-sovellusta. Jo näin pienen otosjoukon perusteella voi todeta, että sovelluksen kaltaiselle tuotteelle olisi varmasti paljon kiinnostuneita käyttäjiä, jos sitä tuotaisiin sopivalla tavalla esiin.

### **6.3 Kehitysmahdollisuudet**

Tämän työn puitteissa esitelty DAF-sovellus on tuotteena vielä keskeneräinen. Tärkeimpänä kehityskohteena voi pitää DAFin viivettä. Kuten jo luvussa 4.3 tuli ilmi, sovelluksessa oleva noin 100 ms viive on suurempi kuin DAFin kanssa tyypillisesti käytetty 25-75 ms viive [3]. Pienempi viive mahdollistaisi normaalimman puheen, kun taas 100 ms ja suurempi viive aiheuttaa helposti hidasta ja monotonista puhetta, kuten useista koehenkilöistäkin huomasit.

Kun pienempi viive tulee mahdolliseksi, on sovellukseen samalla lisättävä mahdollisuus säätää viive halutun suuruiseksi. Riippuen siitä, miten tarkasti viiveen pystyy asettamaan, säätö voisi tapahtua joko syöttämällä haluttu lukuarvo tai käyttämällä liukuasteikkoa, jolla viiveen pystyy määrittämään esimerkiksi 10 ms tarkkuudella.

Myös muut puheen sujuvuutta parantavat menetelmät ovat tutkimisen arvoisia jatkokehityskohteita. Erityisesti peitetty auditiivinen palaute eli MAF on toteuttamisen arvoinen menetelmä. Ominaisuuksien lisääntyessä myös



sovelluksen käyttöliittymään on kiinnitettävä enemmän huomiota. Nykyinen käyttöliittymä toteuttaa Symbian-sovelluksille tyyppistä yhden käden käyttöliittymää ja kahden toimintapainikkeen ja valikkojen käyttöä [30], mutta DAFia useampien ominaisuuksien lisäämiseen vaatii näppärämmän, esimerkiksi luettelomaisen käyttöliittymän, jossa jokainen sovelluksessa toteutettu menetelmä on oma elementtinsä listassa, jossa voi liikkua nuolinäppäinten avulla.

Lopulta, tärkein ominaisuus joka vaatii jatkokehitystä, on tuki Series 60 - käyttöliittymän 3rd Edition -versiolle. Tällä hetkellä sovellus toimii vain rajatussa määrässä matkapuhelimia, eikä ollenkaan uudemmissa malleissa. Käyttäen nykyistä sovellusta pohjana ja soveltaen S60 3rd Editionin mukana tulleita muutoksia, sovelluksen kirjoittaminen uudestaan olisi hyvä ensimmäinen askel sovelluksen uuden version kehittämisessä.

## 7 LÄHDELUETTELO

- 1 Suomen Änkyttäjien Yhdistyksen kotisivu. <http://www.kolumbus.fi/say/> (9.5.2007)
- 2 Fraser, M. Änkyttäjän itseterapia. Suomen Änkyttäjien Yhdistys ry. 1993. 100 s.
- 3 Kehoe, T. D. No Miracle Cures – A Multifactoral Guide to Stuttering Therapy. University College Press. 2006. 194 s.
- 4 Molt, L. A Brief Historical Review of Assistive Devices for Treating Stuttering. ISAD Online Conference, 2005. Saatavilla <http://www.mnsu.edu/comdis/isad8/papers/molt8/molt8.html> (9.5.2007)
- 5 Watkins, K. & Davis, S. & Howell, P. Brain activity during altered auditory feedback: an fMRI study in persistent and recovered developmental stuttering. Oxford Dysfluency Conference, 2005. Saatavilla <http://www.speech.psychol.ucl.ac.uk/conferences/WRKSH05/watkins/watkins%20et%20al.doc> (9.5.2007)
- 6 Nessel, E. Die verogerts sprachruckklopfung (Lee-effect) bei der stotterern. Folia Poniatrica. No 10, s. 199-204. 1958.
- 7 Dewar, A. & Dewar, A.D. & Austin, WTS. & Brash, H. M. The long-term use of an automatically triggered auditory feedback masking device in the treatment of stammering. British Journal of Disorders of Communication. No 14, s. 219-229. 1979.
- 8 Howell, P. & El-Yaniv, N. & Powell, D. J. Factors affecting fluency in stutterers when speaking under altered auditory feedback. Speech Motor Dynamics and Stuttering. New York: Springer-Verlag. s. 361-369. 1987.
- 9 Macleod, J. & Kalinowski, J. & Stuart, A. & Armson, J. Effect of single and combined altered auditory feedback on stuttering frequency at two speech rates. Journal of communication disorders. Vol 28. No 3, s. 217-228. 1995.

10 Casa Futura Technologiesin kotisivut. <http://www.casafuturetech.com>  
(9.5.2007)

11 Defstut-laitteen kotisivut. <http://www.defstut.com/eng/index.html>  
(9.5.2007)

12 Kay Facilitator -laitteen tietosivut.  
<http://www.kayelemetrics.com/Product%20Info/3500/3500.htm> (9.5.2007)

13 Fluency Master -laitteen kotisivut. <http://www.stutteringcontrol.com/>  
(9.5.2007)

14 Armson, J. & Keifte, M. & Mason, J. & De Croos, D. The effect of SpeechEasy on stuttering frequency in laboratory condition. Journal of Fluency Disorders 31, s. 137-152. 2006.

15 SpeechEasy -laitteen kotisivut. <http://www.speecheasy.com/> (9.5.2007)

16 DAF/FAF Assistant -ohjelman kotisivut. <http://www.artefactsoft.com/>  
(9.5.2007)

17 FluencyCoach -ohjelman kotisivut. <http://www.fluencycoach.com/>  
(5.7.2007)

18 Niskanen, P. Symbian-ohjelmointi – Tehokas hallinta. readme.fi, 2005.  
216 s.

19 Siezen, S. Symbian OS Version 8.0 functional description. Revision 2.1.  
Symbian Ltd. 2004. 30 s.

20 Anon. Developer Training – Series 60 C++ Introduction Course Pack.  
Course Number: 5300. Nokia. 2004. 1090 s.

21 Symbian OS – Tekninen sanasto. <http://business.nokia.fi/A4272298>  
(5.7.2007)

22 Anon. S60 Platform: Full-Duplex Audio Example v2.0. Nokia. 2007.  
Saatavilla:

[http://www.forum.nokia.com/info/sw.nokia.com/id/8b3a6ed3-e833-4f7c-ae1-4c773196f894/S60\\_Platform\\_Full-Duplex\\_Audio\\_Example\\_v2\\_0\\_en.zip.html](http://www.forum.nokia.com/info/sw.nokia.com/id/8b3a6ed3-e833-4f7c-ae1-4c773196f894/S60_Platform_Full-Duplex_Audio_Example_v2_0_en.zip.html)  
(5.7.2007)

23 Anon. J2ME & Symbian OS: A Platform Comparison. Version 1.0. Nokia. 2003.

24 Audacity-ohjelman kotisivu, josta ohjelma ladattavissa.  
<http://audacity.sourceforge.net/> (9.5.2007)

25 Adobe Audition -ohjelman kotisivu.  
<http://www.adobe.com/products/audition/> (9.5.2007)

26 Carbide.c++ -ohjelman kotisivu, josta ohjelma ladattavissa.  
[http://www.forum.nokia.com/main/resources/tools\\_and\\_sdks/carbide/](http://www.forum.nokia.com/main/resources/tools_and_sdks/carbide/)  
(9.5.2007)

27 Praat-ohjelman kotisivu, josta ohjelma ladattavissa. <http://www.praat.org/>  
(9.5.2007)

28 Starkweather, C.W. Issues in the efficacy of treatment for fluency disorders. *Journal of Fluency Disorders*. No. 18, s. 151-168. 1993.

29 Grosser, J. & Natke, U. & Langefeld, S. & Kalveram, K.T. Reduction in stuttering by delayed and frequency shifted auditory feedback: effects of adaptation and sex differences. 2001. Saatavilla: [www.uni-duesseldorf.de/~kalveram/abteilungen/km/sprechmo/grosser-2001.pdf](http://www.uni-duesseldorf.de/~kalveram/abteilungen/km/sprechmo/grosser-2001.pdf)

30 Anon. S60 UI Style Guide. Version 1.2. Nokia. 2005.  
[http://www.forum.nokia.com/info/sw.nokia.com/id/7e457a32-caf7-41bf-889f-162ff3bef363/S60\\_UI\\_Style\\_Guide\\_v1\\_2\\_en.pdf.html](http://www.forum.nokia.com/info/sw.nokia.com/id/7e457a32-caf7-41bf-889f-162ff3bef363/S60_UI_Style_Guide_v1_2_en.pdf.html) (9.5.2007)

Liite 1 – tärkeimpiä osia DAF-sovelluksen lähdekoodista. Koodia on lyhennetty niin, että siinä näkyvät lähinnä DAF-toimintoon liittyvät elementit. Sovellusta ei pysty kääntämään pelkillä tässä esitellyillä tiedostoilla

```
//=====
// Tiedosto: SpeakAidEngineBase.h
// Sisältää vakioita ja sovelluksen kannalta keskeisiä muuttujua

// Prioriteettiarvot full-duplex audion mahdollistamiseen
#define KAudioPrefOutput      0x01350001
#define KAudioPrefInput       0x01360001
#define KAudioPriority         99

// MMF:n audiopuskurin koko (mallissa 4096 tavua,
// laskettu 2048 tavuun (0x800 heksadesimaalimuodossa)
const TInt KBufferLength = 0x800; //2048; //0x1000;

class CSpeakAidEngineBase : public MDevSoundObserver
{
public:

    // äänivirtaolion (audio stream object) eri tilat
    enum TStreamState
    {
        ENotReady,
        EReady,
        EPlaying,
        ERecording,
        ERestartNeeded
    };

    virtual TStreamState State() { return iStreamStatus; }

protected:

    TStreamState iStreamStatus;
    CMMFDevSound* iMMFDevSound;
    TMMFPrioritySettings iPrioritySettings;
};

//=====
// Tiedosto: SpeakAidAppUi.cpp
// Sisältää kaikki valikosta tapahtuvat toiminnot

// Valikkokäskyjen toteuttaminen
void CSpeakAidAppUi::HandleCommandL(TInt aCommand)
{
    switch ( aCommand )
    {
        // Ohjelman lopetus
        case EAknSoftkeyExit:
        case EEikCmdExit:
        {
            iFDEng->Stop();
            Exit();
            break;
        }
    }
}
```

```

    }

    // DAF-toiminnon alustus
    case ESpeakAidCmdInit:
    {
        iFDEng->Initialize();
        break;
    }

    // DAF-toiminnon käynnistäminen
    case ESpeakAidCmdStart:
    {
        iFDEng->StartL();
        break;
    }

    // DAF-toiminnon keskeyttäminen
    case ESpeakAidCmdStop:
    {
        iFDEng->Stop();
        break;
    }
    default:
        break;
    }
}

//=====
// Tiedosto: InputStreamThread.cpp
// Sisältää kaiken äänen tallentamiseen liittyvän omassa säikeessään

// Symbian-sovelluksen toisen vaiheen konstruktori
void CInputStreamThread::ConstructL()
{
    // Luodaan uusi Active Scheduler -olio tälle säikeelle
    iActiveScheduler = new (ELeave) CActiveScheduler;
    CActiveScheduler::Install(iActiveScheduler);

    // Luodaan uusi olio äänen tallentamista varten
    iMMFDevSound = CMMFDevSound::NewL();
}

// Alustetaan äänen tallentamista varten luotu olio
TInt CInputStreamThread::Initialize()
{
    TInt initError;

    // Luodaan olio uudelleen, jos DAF-toiminto on keskeytetty
    // ja käynnistetään uudelleen
    if(iStreamStatus == ERestartNeeded)
    {
        delete iMMFDevSound;
        TRAP(initError, iMMFDevSound = CMMFDevSound::NewL());
        if(initError)
            return initError;
    }
    // Alustetaan olio
    TRAP( initError, iMMFDevSound->InitializeL(*this, fourCC,

```

```

        EMMFStateRecording ));
    return initError;
}

// Aloitetaan tallennus
void CInputStreamThread::RecordL()
{
    if(iStreamStatus != EReady)
        return;

    // Käynnistää tallennuksen
    iMMFDevSound->RecordInitL();
    iStreamStatus = ERecording;
}

// Tallennuksen pysäyttäminen
void CInputStreamThread::Stop()
{
    if(iStreamStatus == ERecording)
    {
        // Pysäyttää tallennuksen
        iMMFDevSound->Stop();
        iStreamStatus = EReady;
    }

    // ilmoittaa että tallennus on pysäytetty..
    iShared.iThreadSync.Signal();
}

// Alustetaan kaikki tallennuksen ääniasetukset
void CInputStreamThread::InitializeComplete(TInt aError)
{
    if(aError == KErrNone)
    {
        // Asetetaan alussa määritellyt prioriteettiarvot
        iPrioritySettings.iPref =
            (TMdaPriorityPreference)KAudioPrefInput;
        iPrioritySettings.iPriority = KAudioPriority;
        iMMFDevSound->SetPrioritySettings(iPrioritySettings);

        // Asetetaan näytteenottotaajuus
        TMMFCapabilities conf;
        conf = iMMFDevSound->Config();

        conf.iRate = EMMFSampleRate8000Hz;
        conf.iChannels = EMMFMono;
    }
}

// Audiopuskurin käsittely
void CInputStreamThread::BufferToBeEmptied(CMMFBuffer* aBuffer)
{
    // Liitetään dataa MMF-puolen puskurista jaettuun puskuriin
    iShared.iBuffer->SetStatus(EBeingFilled);
    iShared.iBuffer->Data().Append(aBuffer->Data());
    iShared.iBuffer->SetStatus(EFull);

    // Ilmoitetaan toiselle säikeelle, että puskurin on täynnä
    if(iShared.iBufferFilled.Count() < 1)

```

```

        iShared.iBufferFilled.Signal();

        // Jatketaan tallentamista
        iMMFDevSound->RecordData();
    }

//=====
// Tiedosto: SpeakAidEngine.cpp
// Sisältää äänen toistamiseen liittyvät asiat ja DAFin aloituksen

// Symbian-sovelluksen toisen vaiheen konstruktori
void CSpeakAidEngine::ConstructL()
{
    // Luodaan audiopuskuri käyttäen aikaisemmin määritettyä kokoa
    iShared.iBuffer = CMMFDescriptorBuffer::NewL(KBufferLength);
    iShared.iBuffer->SetStatus(EAvailable);

    // Luodaan ja alustetaan olio äänen toistamista varten
    iMMFDevSound = CMMFDevSound::NewL();
    User::LeaveIfError(Initialize());
}

// Käynnistää DAF-toiminnon
void CSpeakAidEngine::StartL()
{
    if(iStreamStatus != EReady)
    {
        return;
    }

    // Aloitetaan äänen tallennus
    SendCmd(ECmdStartInputStream);

    // Asetetaan äänenvoimakkuus
    iMMFDevSound->SetVolume(iMMFDevSound->MaxVolume() >> 1);

    // Käynnistetään äänen toisto
    iMMFDevSound->PlayInitL();
    iStreamStatus = EPlaying;
}

// Pysäyttää DAF-toiminnon
void CSpeakAidEngine::Stop()
{
    if(iStreamStatus != EPlaying)
    {
        return;
    }

    // Pysäytetään äänen toisto
    iMMFDevSound->Stop();

    // Lähetetään käsky pysäyttää äänen tallennus ja
    // odotetaan vastausta
    SendCmd(ECmdStopInputStream);
    iShared.iThreadSync.Wait();
}

```



```

// Asetetaan audiopuskuri taas saataville
iShared.iMutex.Wait();
iShared.iBuffer->SetStatus(EAvailable);
iShared.iMutex.Signal();

iStreamStatus = EReady;
iConsole->Print(_L("Pysäytetty. "));
}

// Alustetaan kaikki ääniasetukset
void CSpeakAidEngine::InitializeComplete(TInt aError)
{
    if(aError == KErrNone)
    {
        // Annetaan aikaisemmin määritellyt prioriteetit
        iPrioritySettings.iPref =
            (TMdaPriorityPreference)KAudioPrefOutput;
        iPrioritySettings.iPriority = KAudioPriority;

        iMMFDevSound->SetPrioritySettings(iPrioritySettings);

        // Asetetaan näytteenottotaajuus
        TMMFCapabilities conf;
        conf = iMMFDevSound->Config();
        conf.iRate = EMMFSampleRate8000Hz; // Pienin mahdollinen
        conf.iChannels = EMMFMono;

        iConsole->Print(_L("Ohjelma valmiina. ")); //Alustus valmis
    }
}

// Audiopuskurin täyttyminen ja käsittely
void CSpeakAidEngine::BufferToBeFilled(CMMFBuffer* aBuffer)
{
    CMMFDataBuffer* buffer = static_cast<CMMFDataBuffer*>(aBuffer);

    TInt requestSize = buffer->RequestSize();

    // Odotetaan, että puskuuri on täynnä
    if(iShared.iBuffer->Data().Length() < requestSize)
        iShared.iBufferFilled.Wait();

    // Odotetaan pääsyä puskuuriin
    iShared.iMutex.Wait();

    // Siirretään pyydetty määrä tavuja MMF-puolen puskuuriin
    buffer->Data().Copy(iShared.iBuffer->
        Data().LeftTPtr(requestSize));
    iShared.iBuffer->Data().Delete(0, requestSize);

    iShared.iMutex.Signal();

    // Päivitetään puskurin tila ja näytetään sen koko ruudulla
    iConsole->UpdateProgress(iShared.iBuffer->Data().Length());

    // Jatketaan toistoa
    iMMFDevSound->PlayData();
}

```

## Liite 2 – Lukemiskokeen pitkä ja lyhyt teksti

### Pitkä teksti:

Saatujen tietojen mukaan päättynyt heinäkuu oli jo kolmas peräkkäinen hyvin lämmin heinäkuu. Kuukauden keskilämpötilat lähestyivät lämpöennätyksiä, jotka on mitattu tuhatyhdeksänsataaluvun alussa. Heinäkuun viimeinen päivä oli äärimmäisen harvinainen, koska hellettä oli kaikkialla Suomessa.

Kaatosadetta saatiin eilen illalla Oravaisten kunnassa. Sademäärä oli noin sataviisikymmentä millimetriä.

Vuodenvaihdetta juhlitaan talvisäässä. Ilmatieteen laitoksen maanantaina laatiman ennusteen mukaan vuosi vaihtuu talvisessa pakkassäässä. Voimakas korkeapaine liikkuu maanantaina Suomen pohjoisosan yli kaakkoon. Jääkartat ovat nyt päivittäin saatavilla laitoksen verkkosivuilla.

Kaasukehiä sekä Auringon vaikutusta kaasukehiin tutkitaan; samoin ilmanlaadun ja ilmansaasteiden vaikutuksia terveyteen ja ympäristöön. Tutkimuksen avulla saadaan päätöksentekijöille tietoa ilmanlaadusta.

### Lyhyt teksti:

Tuolla on Lasse. Hän on viisivuotias. On lauantaiamu ja koko Lassen perhe on kotona: äiti, isä, Lasse itse, pikkusisko Lotta ja heidän kääpiökoiransa Kaapro.

He näyttävät paraikaa syövän aamuruokaa keittiössä. Aamuruuan jälkeen Lasse menee talon taakse uittamaan lelupaattiaan uima-altaassa.

### Liite 3 – Puhelinkokeen koetilanteet ja koehenkilölle annetut tiedot

#### Koetilanne 1 – Lehtitilauksen peruuttaminen

Olet soittanut Yhtyneiden kuvalehtien asiakaspalveluun. Haluat peruuttaa Seura-lehden tilauksen. Asiakaspalvelija tarvitsee tätä varten nimesi, osoitteesi ja tilaajanumerosi (voit keksiä oman tai käyttää vaikka numeroa 42689 57542).

#### Koetilanne 2 – Hammaslääkäriajan tilaaminen

Olet soittanut hammaslääkäriasemalle tilataksesi ajan. Ehkä takahammastasi kolottaa tai ehkä viime tarkistuksesta on vaan kauan aikaa. Hammashoitaja kysyy sinulta tarvittavat tiedot. Voit käyttää omaa puhelinnumeroasi tai vaikka keksittyä numeroa (kuten 040 555 8342).

#### Koetilanne 3 – Pizzan tilaaminen kotiin

Olet soittanut pizzeriaan tilataksesi muutaman pizzan kotiinkuljetettuna. Voit käyttää mielikuvitustasi tai oheista pientä listaa: Bolognese (jauhelihaa), Americana (kinkkua, homejuustoa), Frutti di Mare (simpukoita, katkarapuja), Tropicana (kinkkua, ananasta), Kebab (kebab-lihaa), Fantasia (kaksi vapaavalintaista täytettä). Sinulta kysytään osoitetta ja puhelinnumeroa.

#### Koetilanne 4 – Soitto numeropalveluun

Olet soittanut numeropalveluun kysyäksesi kahta puhelinnumeroa: Teknillisen korkeakoulun Akustiikan laboratorion puhelinnumero ja Lasse Beckerin puhelinnumero.

#### Koetilanne 5 – Pöytävaraus ravintolaan

Olet soittanut ravintolaan varataksesi pöydän tälle illalle kello 20. Haluat neljän hengen ikkunapöydän. Jos ravintola tarvitsee puhelinnumeroasi, voit käyttää omaasi tai jotain tekaistua numeroa (kuten 040 555 8342).

#### Koetilanne 6 – Taksin ennakkotilaus

Olet soittanut taksikeskukseen tilataksesi taksin huomisaamuksi klo 8.15. Voit käyttää itse päättämääsi osoitetta tai malliosoitetta (Servin-Maijan tie 12, Otaniemi).

#### Koetilanne 7 – Tiedustelu kauppaan

Olet soittanut kodinelektroniikkaliikkeeseen. Haluat tietää mihin asti he ovat tänään avoinna. Olet myös kiinnostunut kiintolevyllä varustetuista digibokseista kaapeliverkkoon, joten kysyt onko liikkeessä niitä saatavilla.

## Liite 4 (1) – Lukemiskokeen koehenkilöiden mittaustulokset

## Koehenkilö 1, 27-vuotias mies

Toisto	Teksti	DAF	Kesto (sekuntia)	Kesto ilman epäjatkuvuutta (sekuntia)	PDST
1.	Pitkä	Ei	82,000	54,031	0,341
2.	Pitkä	Ei	73,292	49,950	0,318
3.	Pitkä	Ei	67,250	49,786	0,260
1.	Pitkä	Kyllä	52,627	48,028	0,087
2.	Pitkä	Kyllä	53,420	47,444	0,112
3.	Pitkä	Kyllä	54,904	47,692	0,131
1.	Lyhyt	Ei	29,182	18,882	0,353
2.	Lyhyt	Ei	29,812	18,364	0,384
3.	Lyhyt	Ei	28,646	17,615	0,385
1.	Lyhyt	Kyllä	26,313	16,981	0,355
2.	Lyhyt	Kyllä	21,386	17,200	0,196
3.	Lyhyt	Kyllä	19,440	17,002	0,125

## PDST-keskiarvot koehenkilölle 1

	Pitkä teksti	Lyhyt teksti	Molemmat tekstit
Ei DAFia	0,306	0,374	0,340
DAF	0,110	0,225	0,168

## Koehenkilö 2, 43-vuotias mies

Toisto	Teksti	DAF	Kesto (sekuntia)	Kesto ilman epäjatkuvuutta (sekuntia)	PDST
1.	Pitkä	Ei	73,080	53,556	0,267
2.	Pitkä	Ei	69,440	54,066	0,221
3.	Pitkä	Ei	74,610	53,127	0,288
1.	Pitkä	Kyllä	92,740	73,130	0,211
2.	Pitkä	Kyllä	102,290	77,291	0,244
3.	Pitkä	Kyllä	98,380	74,340	0,244
1.	Lyhyt	Ei	26,230	18,978	0,276
2.	Lyhyt	Ei	23,130	18,336	0,207
3.	Lyhyt	Ei	27,290	21,107	0,227
1.	Lyhyt	Kyllä	32,120	24,084	0,250
2.	Lyhyt	Kyllä	31,350	22,385	0,286
3.	Lyhyt	Kyllä	31,260	24,060	0,230

## PDST-keskiarvot koehenkilölle 2

	Pitkä teksti	Lyhyt teksti	Molemmat tekstit
Ei DAFia	0,259	0,237	0,248
DAF	0,233	0,255	0,244

## Liite 4 (2) – Lukemiskokeen koehenkilöiden mittaustulokset

## Koehenkilö 3, 22-vuotias mies

Toisto	Teksti	DAF	Kesto (sekuntia)	Kesto ilman epäjatkuvuutta (sekuntia)	PDST
1.	Pitkä	Ei	73,130	55,279	0,244
2.	Pitkä	Ei	74,134	61,098	0,176
3.	Pitkä	Ei	76,367	59,327	0,223
1.	Pitkä	Kyllä	98,009	85,125	0,131
2.	Pitkä	Kyllä	80,671	71,612	0,112
3.	Pitkä	Kyllä	82,510	74,368	0,099
1.	Lyhyt	Ei	29,435	20,896	0,290
2.	Lyhyt	Ei	27,410	21,066	0,231
3.	Lyhyt	Ei	27,079	20,711	0,235
1.	Lyhyt	Kyllä	32,899	28,926	0,121
2.	Lyhyt	Kyllä	33,004	28,553	0,135
3.	Lyhyt	Kyllä	31,601	27,681	0,124

## PDST-keskiarvot koehenkilölle 3

	Pitkä teksti	Lyhyt teksti	Molemmat tekstit
Ei DAFia	0,214	0,252	0,233
DAF	0,114	0,127	0,120

## Koehenkilö 4, 16-vuotias mies

Toisto	Teksti	DAF	Kesto (sekuntia)	Kesto ilman epäjatkuvuutta (sekuntia)	PDST
1.	Pitkä	Ei	88,108	70,394	0,201
2.	Pitkä	Ei	79,847	62,006	0,223
3.	Pitkä	Ei	68,669	54,823	0,202
1.	Pitkä	Kyllä	105,557	89,81	0,149
2.	Pitkä	Kyllä	94,546	78,851	0,166
3.	Pitkä	Kyllä	103,178	88,916	0,138
1.	Lyhyt	Ei	21,921	17,569	0,199
2.	Lyhyt	Ei	22,237	17,555	0,211
3.	Lyhyt	Ei	19,255	17,486	0,092
1.	Lyhyt	Kyllä	30,988	26,386	0,149
2.	Lyhyt	Kyllä	27,019	22,660	0,161
3.	Lyhyt	Kyllä	-	-	-

## PDST-keskiarvot koehenkilölle 4

	Pitkä teksti	Lyhyt teksti	Molemmat tekstit
Ei DAFia	0,209	0,167	0,180
DAF	0,151	0,103	0,127

## Liite 4 (3) – Lukemiskokeen koehenkilöiden mittaustulokset

## Koehenkilö 5, 49-vuotias nainen

Toisto	Teksti	DAF	Kesto (sekuntia)	Kesto ilman epäjatkuvuutta (sekuntia)	PDST
1.	Pitkä	Ei	71,566	58,138	0,188
2.	Pitkä	Ei	73,381	58,218	0,207
3.	Pitkä	Ei	68,558	56,225	0,180
1.	Pitkä	Kyllä	82,133	71,890	0,125
2.	Pitkä	Kyllä	76,477	71,290	0,068
3.	Pitkä	Kyllä	76,929	68,292	0,112
1.	Lyhyt	Ei	26,186	21,064	0,196
2.	Lyhyt	Ei	25,187	20,857	0,172
3.	Lyhyt	Ei	23,251	19,799	0,148
1.	Lyhyt	Kyllä	26,913	24,532	0,088
2.	Lyhyt	Kyllä	27,046	24,651	0,089
3.	Lyhyt	Kyllä	27,134	24,150	0,110

## PDST-keskiarvot koehenkilölle 5

	Pitkä teksti	Lyhyt teksti	Molemmat tekstit
Ei DAFia	0,191	0,172	0,182
DAF	0,102	0,096	0,099

## Koehenkilö 6, 29-vuotias nainen

Toisto	Teksti	DAF	Kesto (sekuntia)	Kesto ilman epäjatkuvuutta (sekuntia)	PDST
1.	Pitkä	Ei	67,634	55,188	0,184
2.	Pitkä	Ei	60,670	49,871	0,178
3.	Pitkä	Ei	57,429	49,156	0,144
1.	Pitkä	Kyllä	79,550	66,320	0,166
2.	Pitkä	Kyllä	76,585	68,414	0,107
3.	Pitkä	Kyllä	75,253	67,828	0,099
1.	Lyhyt	Ei	21,771	18,376	0,156
2.	Lyhyt	Ei	21,381	17,499	0,182
3.	Lyhyt	Ei	20,124	16,804	0,165
1.	Lyhyt	Kyllä	32,811	26,878	0,181
2.	Lyhyt	Kyllä	30,137	26,934	0,106
3.	Lyhyt	Kyllä	30,322	26,962	0,111

## PDST-keskiarvot koehenkilölle 6

	Pitkä teksti	Lyhyt teksti	Molemmat tekstit
Ei DAFia	0,169	0,167	0,168
DAF	0,124	0,133	0,128

## Liite 4 (4) – Lukemiskokeen koehenkilöiden mittaustulokset

## Koehenkilö 7, 49-vuotias mies

Toisto	Teksti	DAF	Kesto (sekuntia)	Kesto ilman epäjatkuvuutta (sekuntia)	PDST
1.	Pitkä	Ei	84,280	62,005	0,264
2.	Pitkä	Ei	79,580	64,224	0,193
3.	Pitkä	Ei	75,830	60,830	0,198
1.	Pitkä	Kyllä	117,300	100,902	0,140
2.	Pitkä	Kyllä	111,410	97,066	0,129
3.	Pitkä	Kyllä	121,460	95,830	0,211
1.	Lyhyt	Ei	35,580	24,631	0,308
2.	Lyhyt	Ei	36,110	23,313	0,354
3.	Lyhyt	Ei	32,260	24,235	0,249
1.	Lyhyt	Kyllä	39,540	32,496	0,178
2.	Lyhyt	Kyllä	41,300	33,493	0,189
3.	Lyhyt	Kyllä	37,450	31,347	0,163

## PDST-keskiarvot koehenkilölle 7

	Pitkä teksti	Lyhyt teksti	Molemmat tekstit
Ei DAFia	0,218	0,304	0,261
DAF	0,160	0,177	0,168



## Liite 5 – Puhelinkokeen koehenkilöiden mittaustulokset

## Koehenkilö 1, 27-vuotias mies

Koetilanne	DAF	Kokonaiskesto (sekuntia)	Koehenkilön puheen kesto (sekuntia)	Kesto ilman epäjatkuvuutta (sekuntia)	PDST
1	Kyllä	103,126	53,776	30,616	0,431
2	Kyllä	106,525	34,501	20,341	0,410
3	Ei	102,319	58,217	25,614	0,560
4	Ei	98,181	53,477	23,371	0,563
5	Kyllä	61,280	33,427	18,075	0,459
6	Ei	46,907	24,430	19,063	0,220
7	Kyllä	91,867	47,632	26,341	0,447

PDST-keskiarvot koehenkilölle 1: 0,437 (DAFilla) ja 0,448 (ilman).  
Koetilanne 6 näyttää vääristävän PDST-keskiarvoa ilman DAFia.

## Koehenkilö 2, 49-vuotias mies

Koetilanne	DAF	Kokonaiskesto (sekuntia)	Koehenkilön puheen kesto (sekuntia)	Kesto ilman epäjatkuvuutta (sekuntia)	PDST
1	Kyllä	158,666	101,657	72,367	0,288
2	Kyllä	149,999	65,491	41,439	0,367
3	Ei	188,767	137,750	77,203	0,440
4	Ei	104,450	54,714	34,527	0,369
5	Ei	156,679	82,282	47,141	0,427
6	Kyllä	73,365	36,623	25,125	0,314
7	Kyllä	127,280	76,245	49,202	0,355

PDST-keskiarvot koehenkilölle 2: 0,331 (DAFilla) ja 0,412 (ilman).

## Koehenkilö 3, 16-vuotias mies

Koetilanne	DAF	Kokonaiskesto (sekuntia)	Koehenkilön puheen kesto (sekuntia)	Kesto ilman epäjatkuvuutta (sekuntia)	PDST
1	Ei	95,366	58,493	23,619	0,596
2	Kyllä	140,247	90,274	31,372	0,652
3	Kyllä	138,443	92,342	40,577	0,561
4	Kyllä	103,072	49,967	17,434	0,651
5	Ei	104,953	82,530	26,612	0,678
6	Ei	83,090	64,084	18,784	0,707
7	Kyllä	106,641	62,560	18,681	0,701

PDST-keskiarvot koehenkilölle 3: 0,657 (DAFilla) ja 0,640 (ilman).

Liite 6 – Lukemiskokeen kyselylomake (vastaustilaa lyhennetty)

**Puheen sujuvuuden arviointi**

Kiitos avustasi kokeen kanssa.

Kun täytät vielä tämän lyhyen arviointilomakkeen, olemme valmiit.

Nimi: \_\_\_\_\_ Ikä: \_\_\_\_\_

Kun puheen sujuvuutta arvioidaan asteikolla 0...10, jossa 0 tarkoittaa täysin sujuvaa puhetta ja 10 puhetta jossa on jatkuvasti änkytystä, miten arvioisit omaa puhettasi seuraavissa tilanteissa (ympäroi omasta mielestäsi parhaiten kuvaava arvo)?

sujuva puhe	lievä änkytys		kohtuullinen änkytys				vahva änkytys			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Tavallinen keskustelu?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ääneen lukeminen tavallisesti (ei tässä kokeessa)

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ääneen lukeminen kokeessa ilman DAF-apuvälinettä?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ääneen lukeminen kokeessa DAF-apuvälineen kanssa?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Miltä DAF-apuvälineen käyttö tuntui? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Voisitko kuvitella käyttäväsi DAF-apuvälinettä muualla kuin koetilanteessa?

\_\_\_\_\_

Liite 7 – Puhelinkokeen kyselylomake (vastaustilaa lyhennetty)

**Puheen sujuvuuden arviointi**

Kiitos avustasi kokeen kanssa.

Kun täytät vielä tämän lyhyen arviointilomakkeen, olemme valmiit.

Nimi: \_\_\_\_\_ Ikä: \_\_\_\_\_

Kun puheen sujuvuutta arvioidaan asteikolla 0...10, jossa 0 tarkoittaa täysin sujuvaa puhetta ja 10 puhetta jossa on jatkuvasti änkytystä, miten arvioisit omaa puhettasi seuraavissa tilanteissa (ympäroi omasta mielestäsi parhaiten kuvaava arvo)?

*Esimerkki:*

sujuva puhe		lievä änkytys		kohtuullinen änkytys				vahva änkytys		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Tavallinen keskustelu?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Puhelimessa puhuminen tavallisesti (ei tässä kokeessa)

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Puhelimessa puhuminen kokeessa ilman DAF-apuvälinettä?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Puhelimessa puhuminen kokeessa DAF-apuvälineen kanssa?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Miltä DAF-apuvälineen käyttö tuntui puhelinta käyttäessä? \_\_\_\_\_

Voisitko kuvitella käyttäväsi DAF-apuvälinettä puhuessasi puhelimessa?

\_\_\_\_\_