

Kõne analüüs ja variatiivsuse mudelid

Einar Meister

TTÜ Küberneetika Instituut



Eesmärgid

Uurida ja arendada kõne akustilise/foneetilise analüüsi meetodeid ning luua erinevate kõnevariatsioonide foneetilised kirjeldused ja kõnetehnoloogilisteks rakendusteks sobivad mudelid.

Projekti alateemad:

1. mikroprosoodia
2. makroprosoodia
3. aktsendiga kõne



Varasemad tulemused: mikroprosoodia

Mikroprosoodilised universaalid:

- Madalate vokaalide omakestus on pikem kui kõrgetel vokaalidel
- Madalate vokaalide põhitoon madalam kui kõrgetel vokaalidel
- Madalate vokaalide intensiivsus on suurem kui kõrgetel vokaalidel

Eesti vokaalide akustilise analüüsi tulemused (Meister, Werner 2006):

- Madalate vokaalide omakestus on 10-15 ms pikem kui kõrgetel vokaalidel
- Madalate vokaalide põhitoon on 10-15 Hz madalam kui kõrgetel vokaalidel
- Individuaalsed erinevused
- Konteksti mõju

Varasemad tulemused: mikroprosoodia

Omakeestuste roll kõnetajus

- Kui vokaalikvaliteet on ebamäärane, siis lühema vokaalikestuse korral tajutakse kõrgemat vokaali (Kouznetsov 2001)
- Kas omakeestusel on samasugune roll ka kvantiteedikeeltes?
- Omakeestuse roll /i/ ja /e/ eristamisel eesti ja soome keeles: **vokaalikvaliteedi taju sõltub vokaali kestusest – pikemad vokaalid tajutakse /e/-na, lühemad /i/-na** (Werner, Meister 2008)



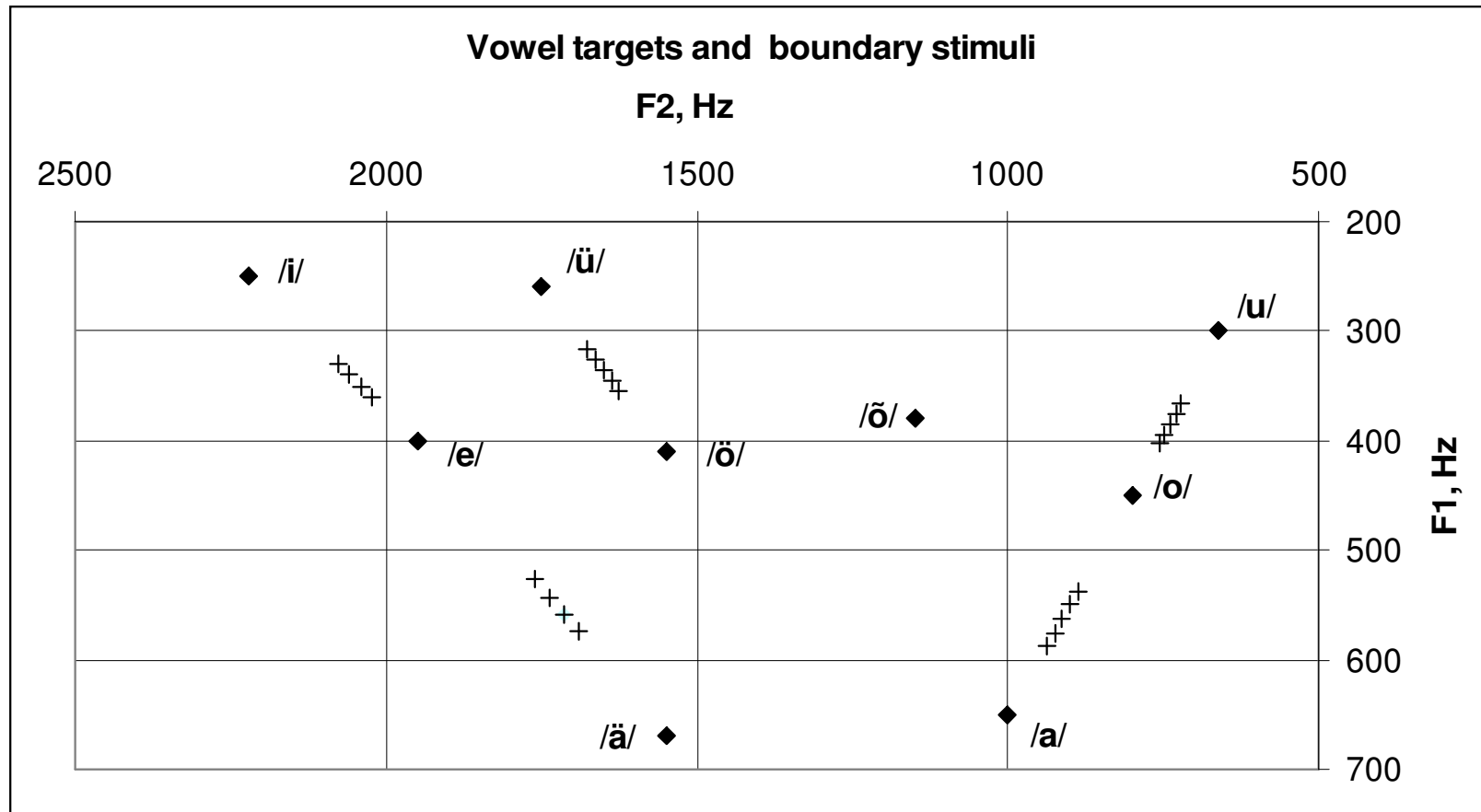
2008 uurimisprobleem

Kui omakestus mõjutab vokaalikategooria tajut
/i/-/e/ piiril, siis kas see on universaalne kõigi
kõrgem-madalam vokaalipaaride puhul?

Test 1: Vokaalikategooriate piiride määramine

- Vokaalikategooriate /i/-/e/, /ü/-/ö/, /u/-/o/, /e/-/ä/ ja /o/-/a/ piiride leidmine:
 - 16 18sünteesstimulit võrdsete F1/F2/F3/F4 intervallidega vokaali prototüüpide vahel; kestus 160 ms, F0 = *const* (100 Hz)
 - 10 kuulajat (5 meest, 5 naist)
 - Sundvalikuga test – kas kuulnud vokaal on V1 või V2?
 - Iga vokaalipaari puhul leiti vokaalikategooriate piiriala

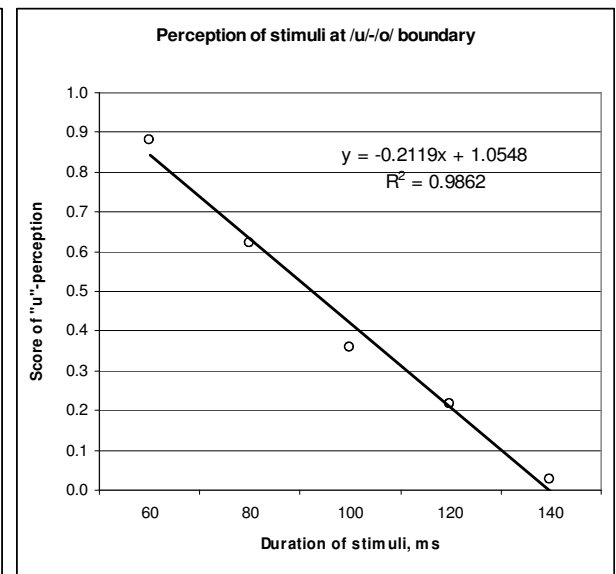
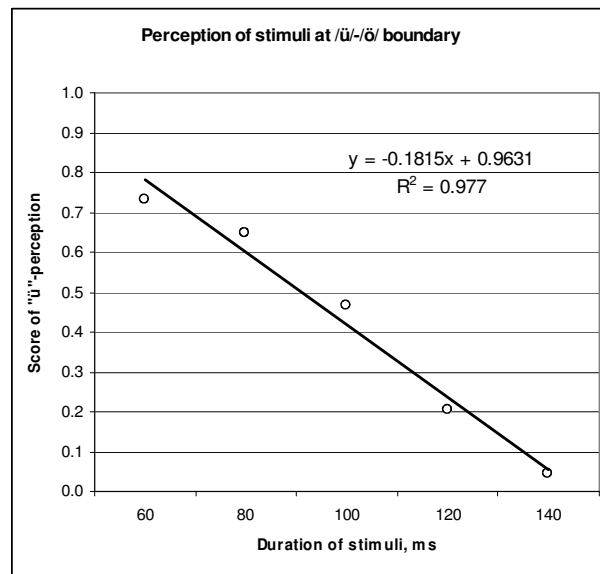
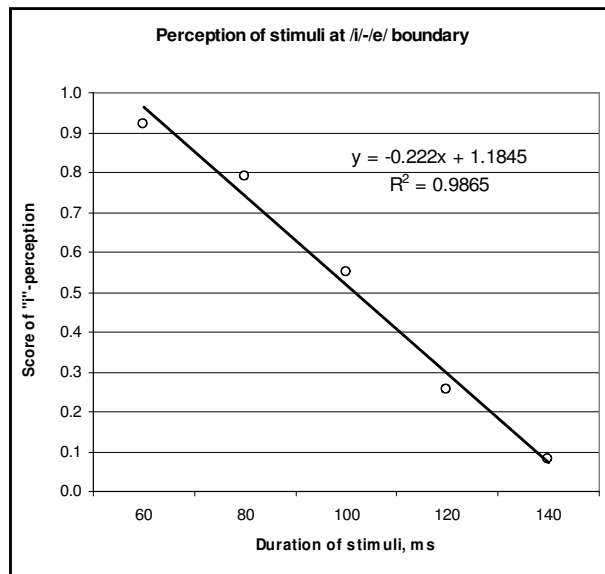
Vokaalide prototüübid (◆) ja vokaalivategoorieate piirialad (+)



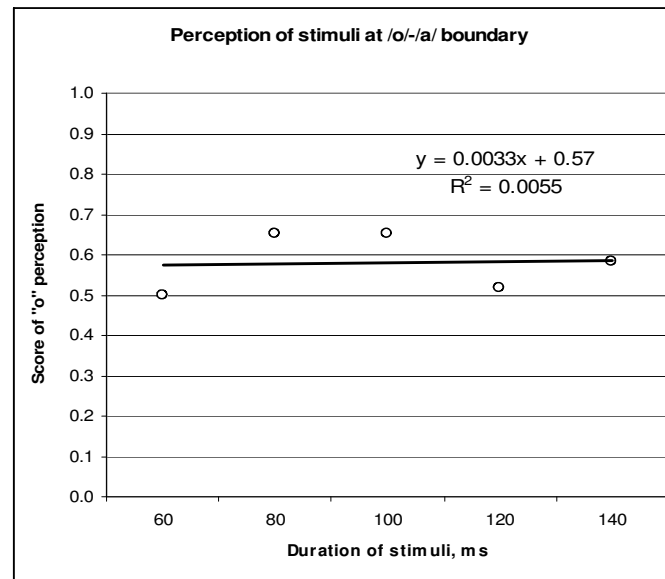
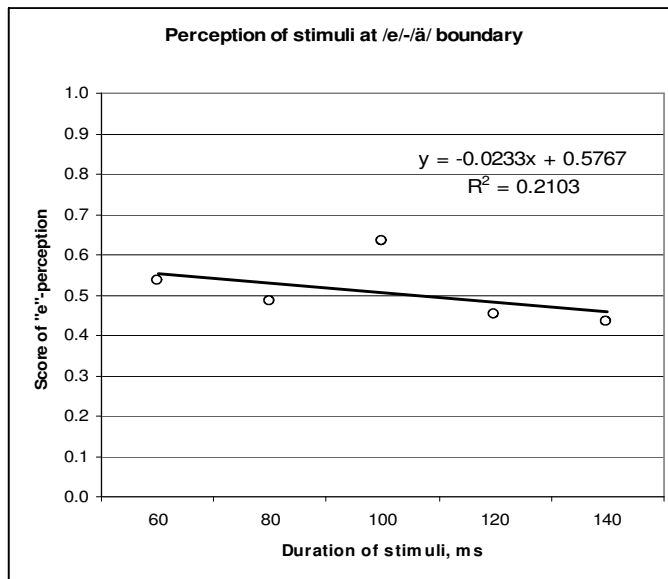
Test 2: Vokaalikvaliteedi ja omakestuse seos

- Iga vokaalipaari puhul valiti piirialas 4 stiimulit (arvestades katseisiku individuaalset kategooriapiiri), vokaalikestust muudeti 60 ms kuni 140 ms sammuga 20 ms, kokku 100 stiimulit (5 vokaalipaari x 4 stiimulit x 5 kestust)
- 10 kuulajat (5 meest, 5 naist)
- ABX test, kus A ja B on vokaaliprototüübid, X- muutuva kestusega ebamäärase kvaliteediga stiimul
- ABX ja BAX järjestus, juhuslik stiimulite järjekord, korduste arv: 3
- Sundvalikuga test – kas viimasena kuulnud vokaal X on vokaal A või B?
- Testi kestus 30–40 minutit

Test 2: Tulemused (1)



Test 2: Tulemused (2)



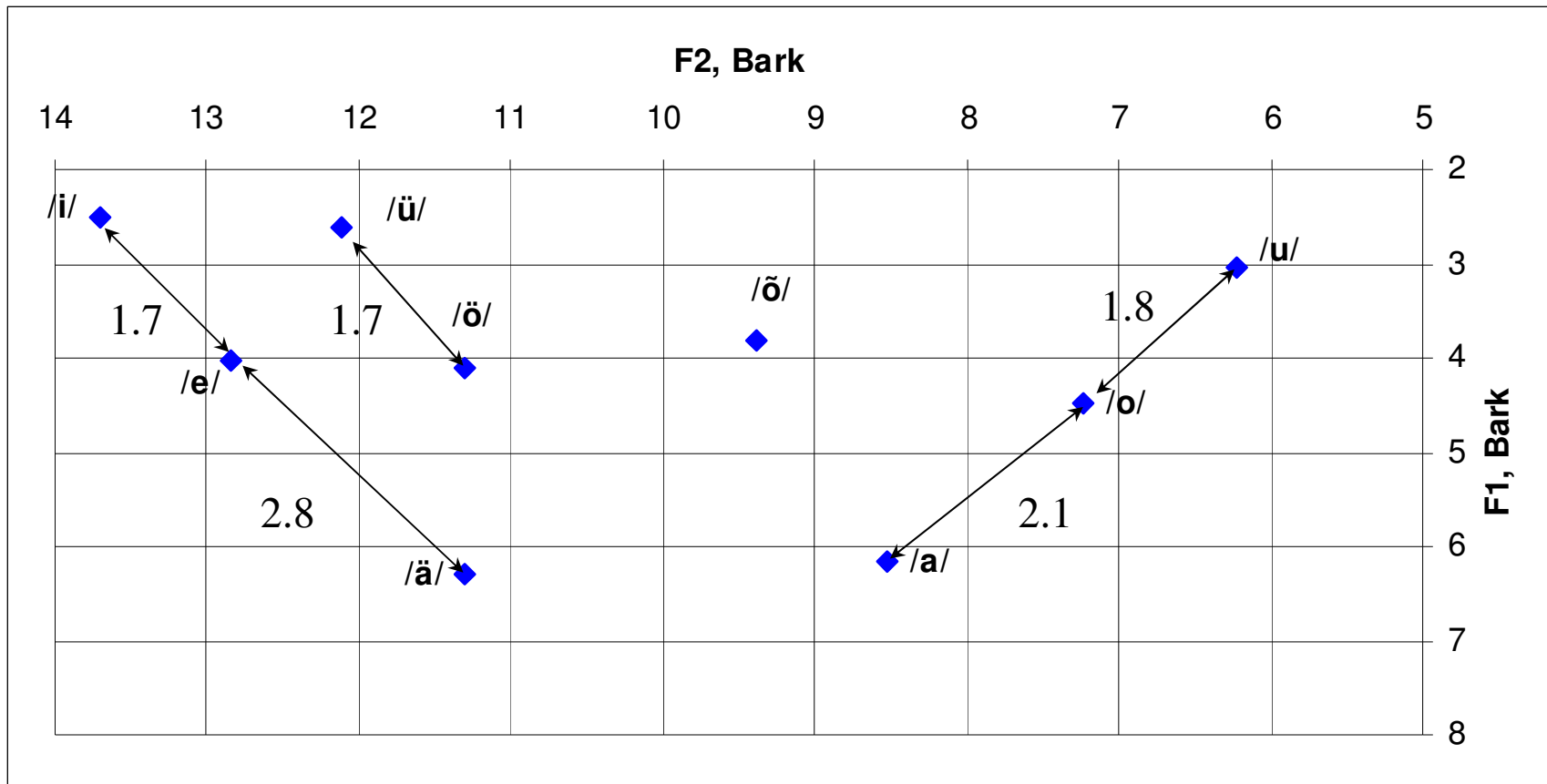
Test 2: Kokkuvõte

- Kõrge-keskkõrge vokaalipaaride (/i/-/e/, /ü/-/ö/, /u/-/o/) puhul on vokaali kestuse ja vokaalikvaliteedi tajus vaheline seos – pikemad vokaalid tajutakse madalama, lühemad kõrgema vokaalina
- Keskkõrge-madal vokaalipaaride (/e/-/ä/, /o/-/a/) korral on seos vokaali kestuse ja vokaalikvaliteedi tajus praktiliselt ei mõjuta

Kuidas interpreteerida tulemusi?

- Vokaalide foneetiline kaugus peab olema piisav vokaalikategoriate eristamiseks
- Kõrge keskkõrge vokaalipaari vokaalide foneetiline kaugus väiksem kui keskkõrge madal vokaalipaaride puhul
- Väiksema foneetilise kauguse korral on vokaali omakestus lisatunnuseks, mis aitab tagada foneetilist kontrasti
- Suurema foneetilise kaugusega vokaalide korral on spektraalne informatsioon piisav vokaalikategooria tuvastamiseks ja lisatunnust vokaali omakestuse näol ei rakendata

Vokaalide foneetilised kaugused tajuruumis





Võõrkeelse aktsendi uurimine

Aktsendiga kõne:

- võõrkeelt (L2/K2) kõneleva inimese kõne
- hälbib süstemaatiliselt emakeele (L1/K1) kõnelejate hääldest
- mitte patoloogiline
- hälbed on kuuldeliselt tajutavad
- eelkõige täiskasvanud keeleõppija “probleem”



Uuringu taust

- Vene aktsendi sagedaseks tunnuseks on hälbed eesti vokaalide hääldamisel (Meister, L. 2005)
- Hääldus on otseselt seotud kõnetajuga - >K2 taju areng on eelduseks K2 kategooriate korrektsele hääldamisele (Flege 1993)
- K2 tajukategooriate testimine annab hea võimaluse hääldusraskuste prognoosimiseks (Barry 1989)

Uuringu taust

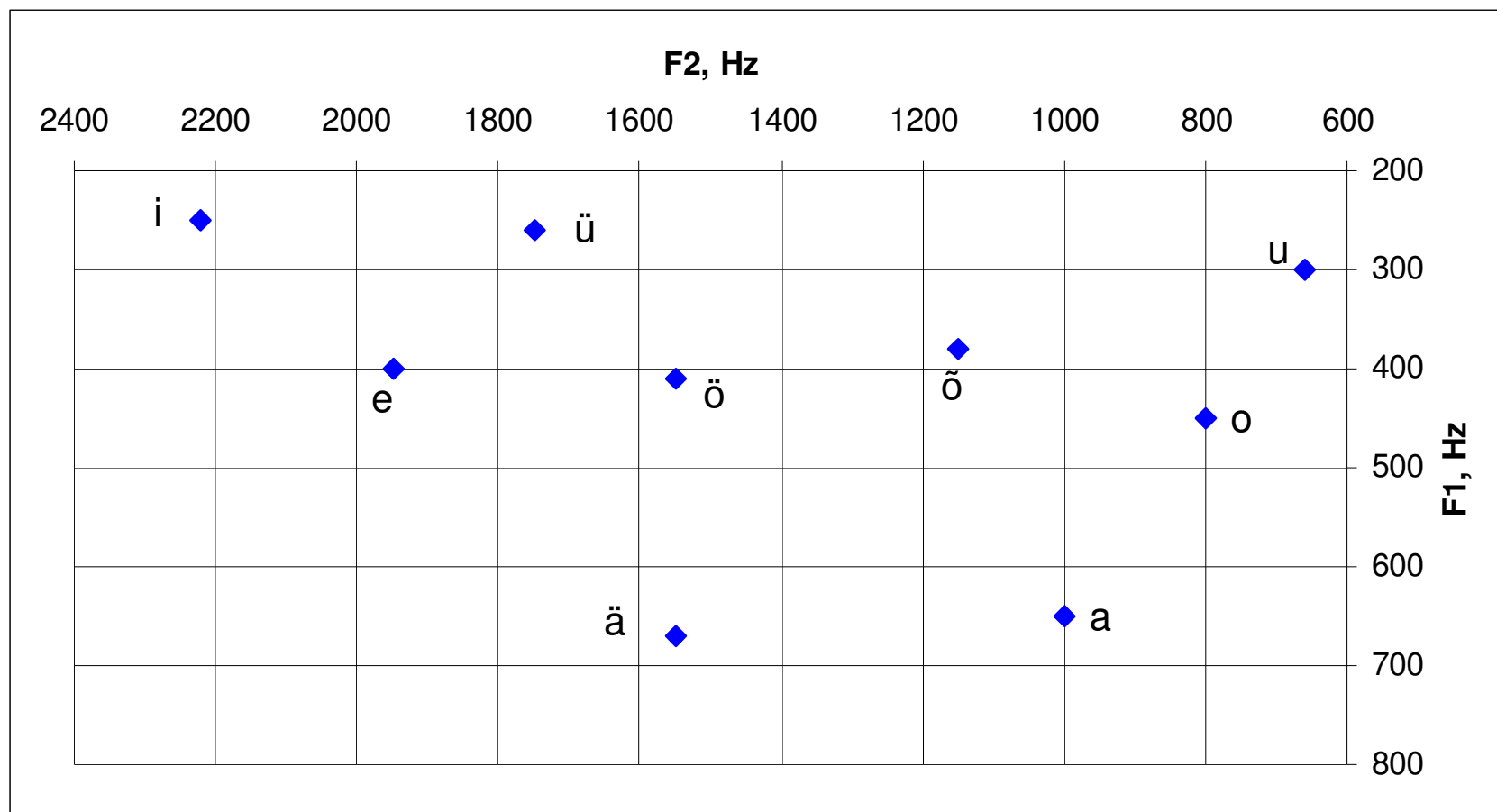
Aktsenditeooriad:

- pertseptiivse assimilatsiooni mudel (*ingl.* Perceptual Assimilation Model – PAM) (Best 1994)
- kõne õppimise mudel (*ingl.* Speech Learning Model – SLM) (Flege 1995)

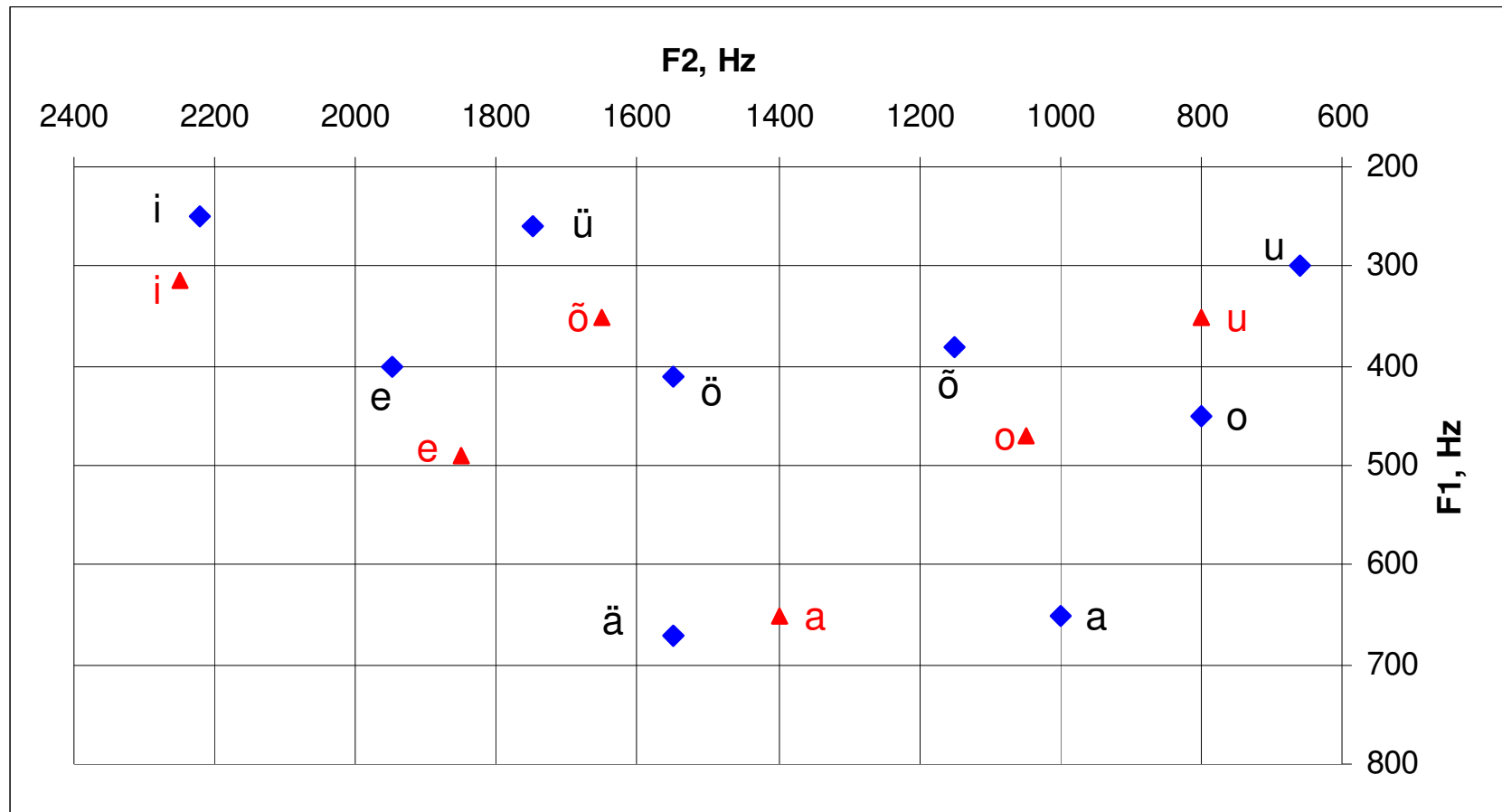
Mõlema teooria kohaselt sõltub võõrkeeke häälikusüsteemi omandamise edukus K1 ja K2 üksuste foneetilise kauguse tajust:

- (1) akustiliselt ja pertseptiivselt lähedasi K2 kategooriaid on raske eristada ja need assimileeruvad vastava(te) K1 kategooria(te)ga;
- (2) K1 kategooriast akustiliselt ja pertseptiivselt erineva K2 häälikuklassi jaoks luuakse uus kategooria.

Eesti vokaaliruum



Vene vokaalid eesti vokaaliruumis



Hüpoteesid

- Eesti vokaalid /i/, /e/, /u/, ja /o/ assimileeruvad vastavate vene vokaalidega
- Vene vokaal /a/ realiseerub kontekstist sõltuvalt [æ] või [ɑ] allofoonidena, mis assimileeruvad vastavate eesti vokaalidega /ä/ ja /a/
- Eesti vokaalid /ü/, /ö/ ja /õ/ assimileeruvad osaliselt vene /õ/-vokaaliga – foneetiline kaugus häälikute vahel on väike, uute kategooriate tekkimine K2 tajuruumis raskendatud
- Kui kategooriad on alles kujunemisfaasis, siis on selle piirid hägusad (laiemad kui omandatud kategooriate piirid)

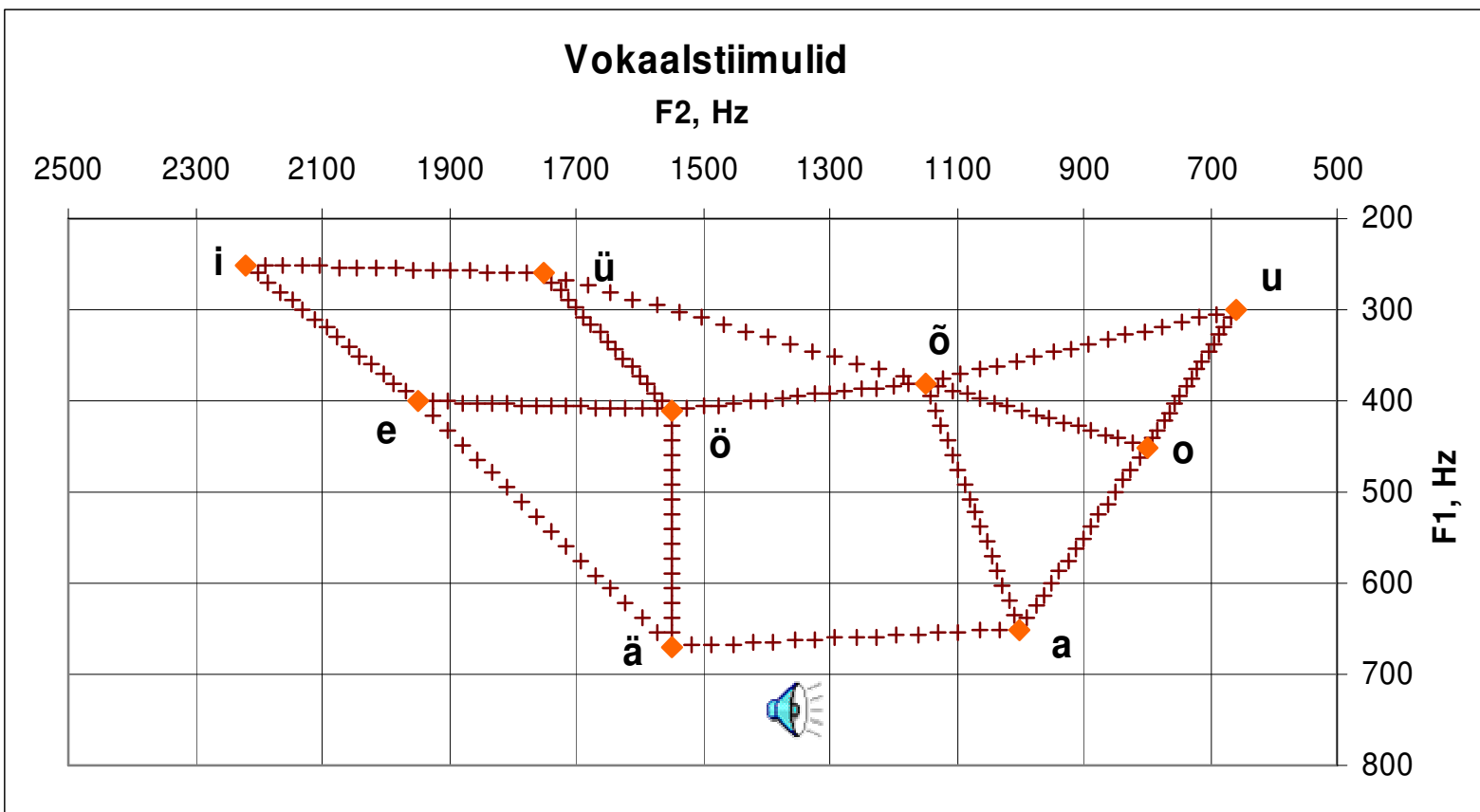


Tajukatse: stiimulite süntees

Klatt'i mudel (formantsüntees):

- KlattWorks (McMurray, 2008)
- stiimulite kestus 160 ms
- F1/F2/F3 stiimulijada vokaali sihtväärtuste vahel, 16 – 18 sammu
- 14 vokaalipaari- >14 kategooriapiiri- >14 stiimulijada

Tajukatse: vokaalstiimulid





Tajukatse kirjeldus

- Praat'i eksperimentidikeskkond
- 14 stiimulijada → 14 katseseeriat
- katseisikule esitati küsimus “Kas kuuldud häälik on /V1/ või /V2/?
V1 ja V2 – vastava vokaalipaari vokaalid
- sundvalik: kas V1 või V2
- katse kestus 20-30 minutit



Tajukatse: katseisikud/keelejuhid

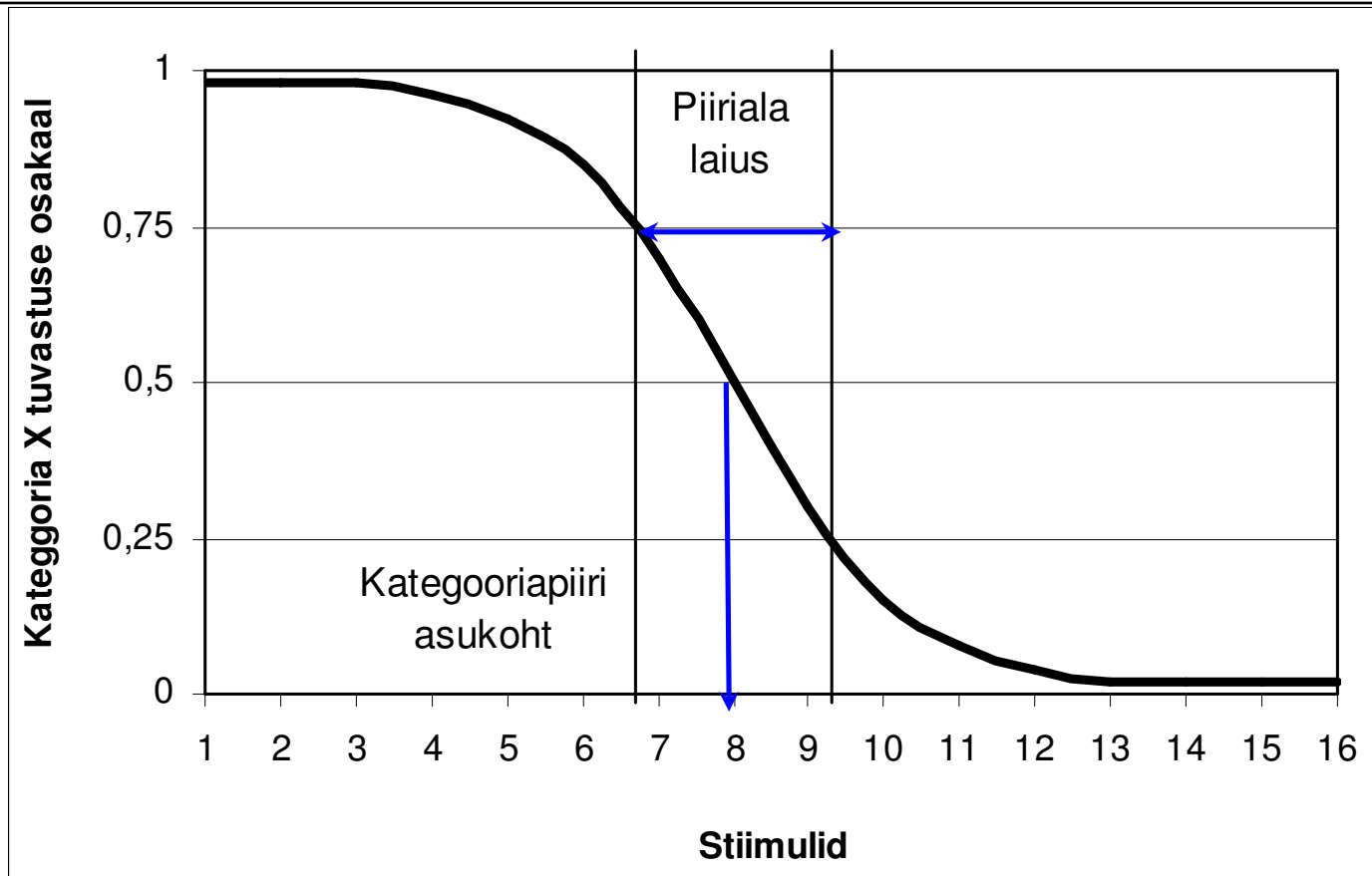
K1:

- 4 eesti emakeelega isikut (2 meest, 2 naist)
- vanus 36 – 52
- kõrgharidus

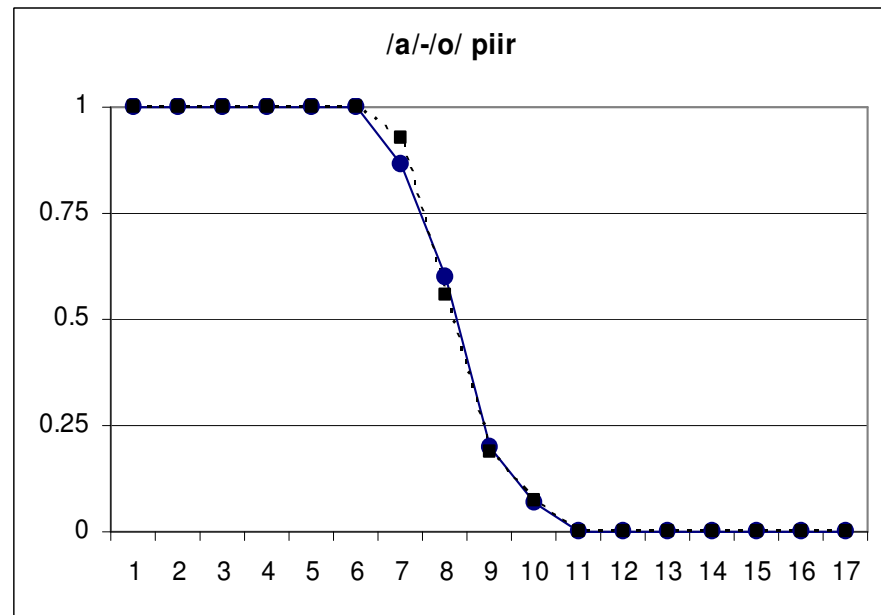
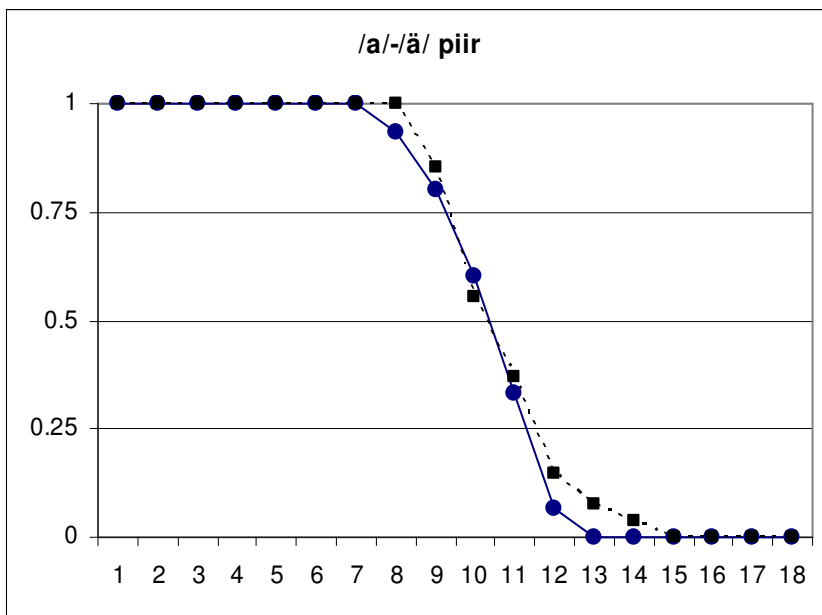
K2:

- 9 vene emakeelega isikut (4 meest, 5 naist)
- vanus 19 – 47
- kõrgharidus (8)
- eesti keele oskus kesk või kõrgtase
- tajutud aktsendi suurus – nõrk kuni keskmine
- eesti keele õppimist alustasid 3 a

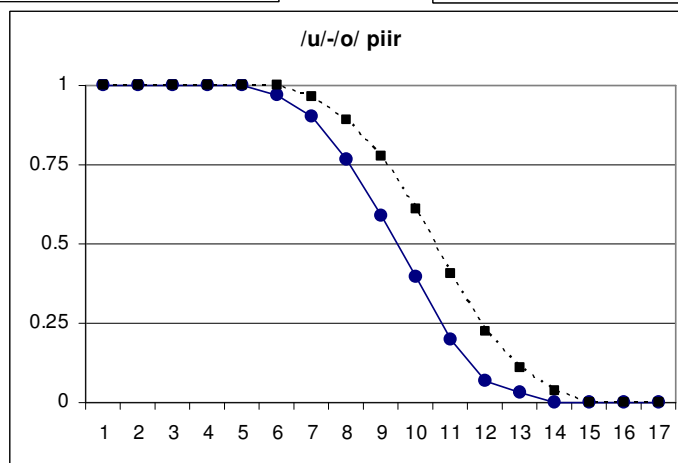
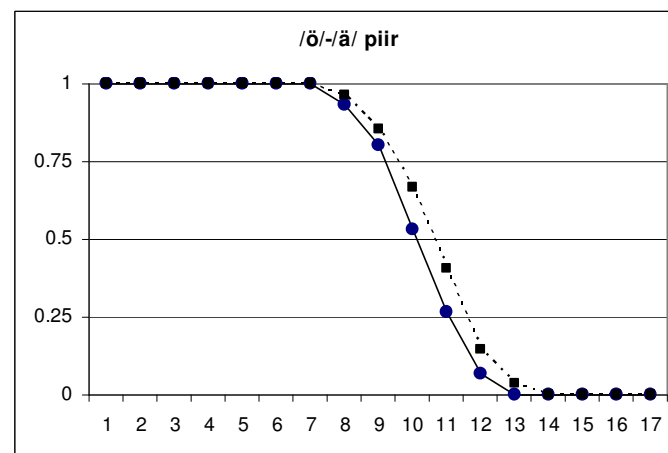
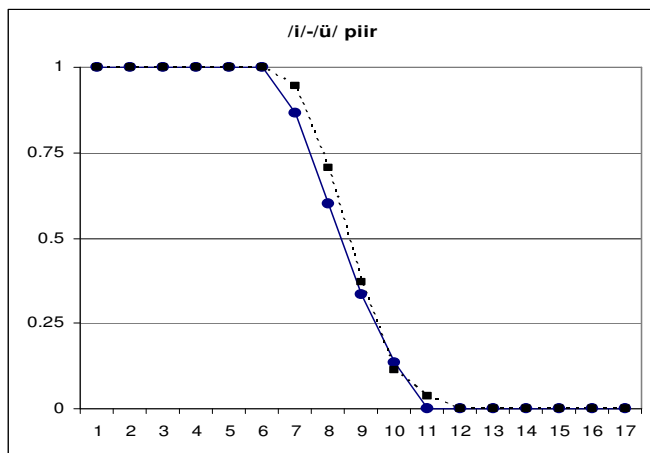
Tajukatse tulemused: tajukõver



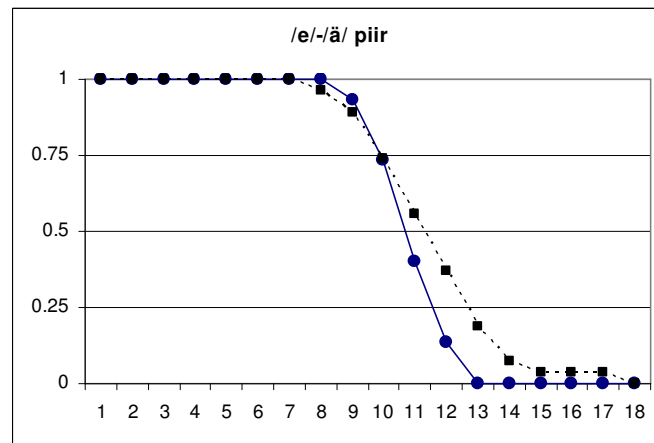
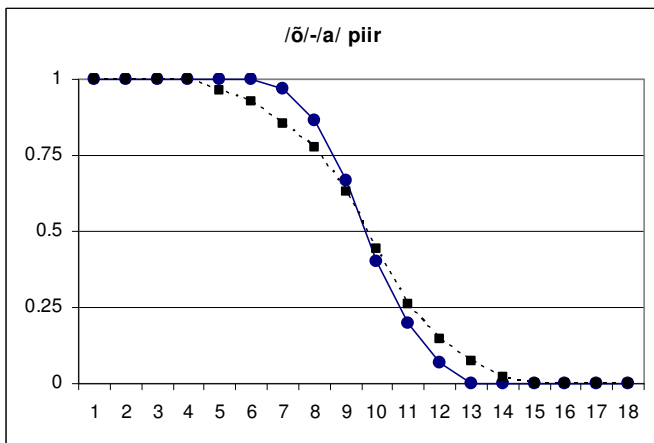
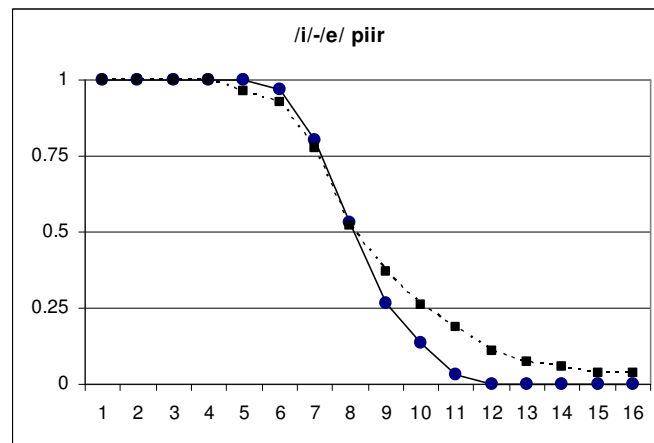
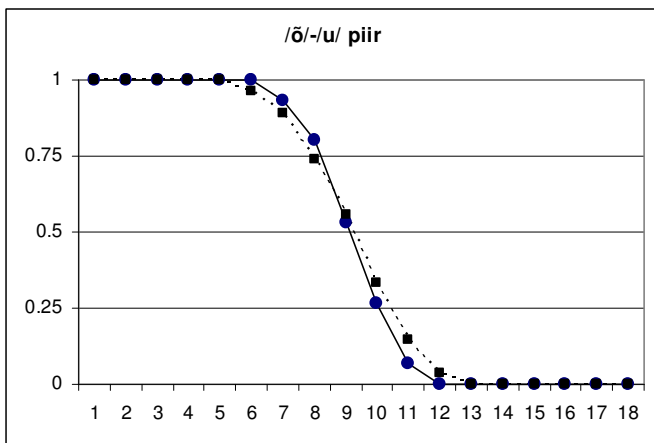
Tajukatse tulemused: $K2 = K1$



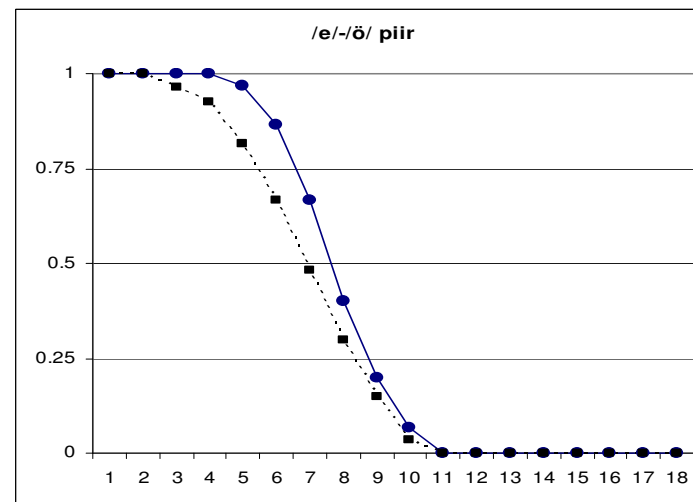
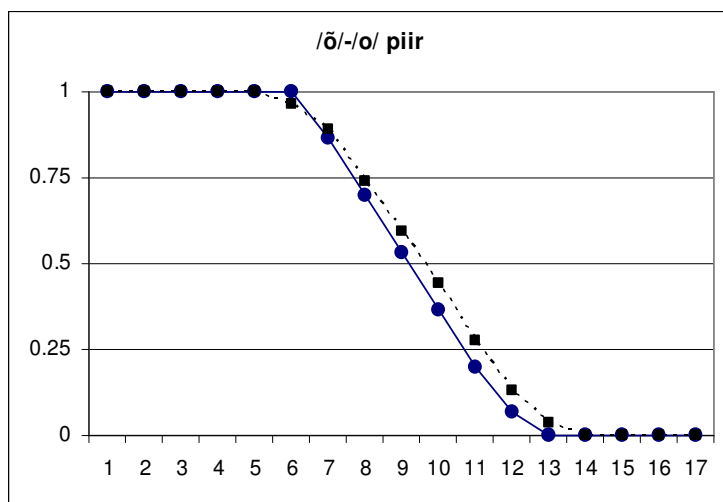
Tajukatse tulemused: $K2 \approx K1$



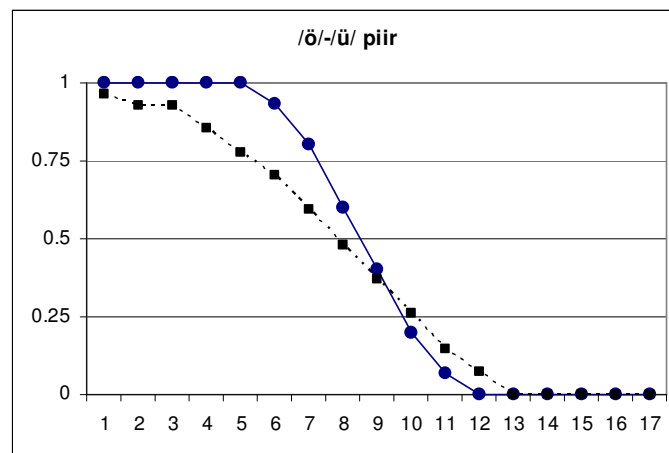
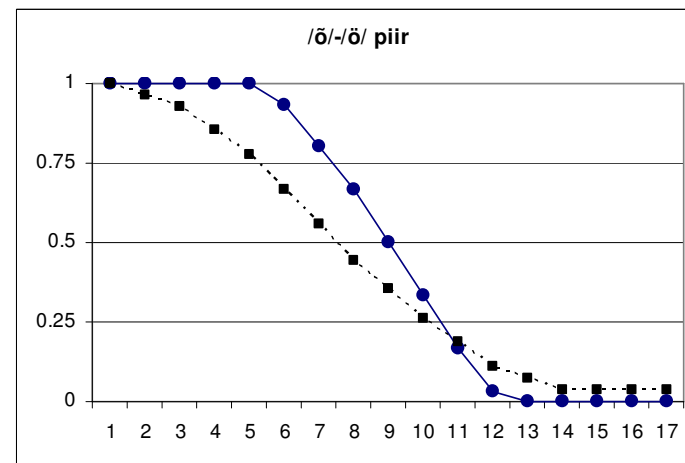
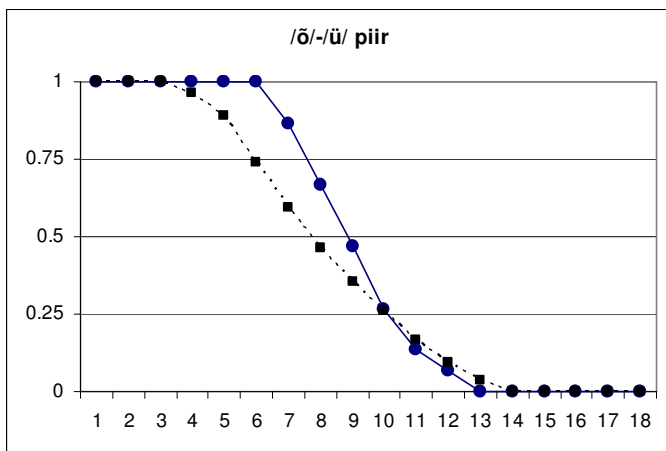
Tajukatse tulemused: $K2 \approx K1$



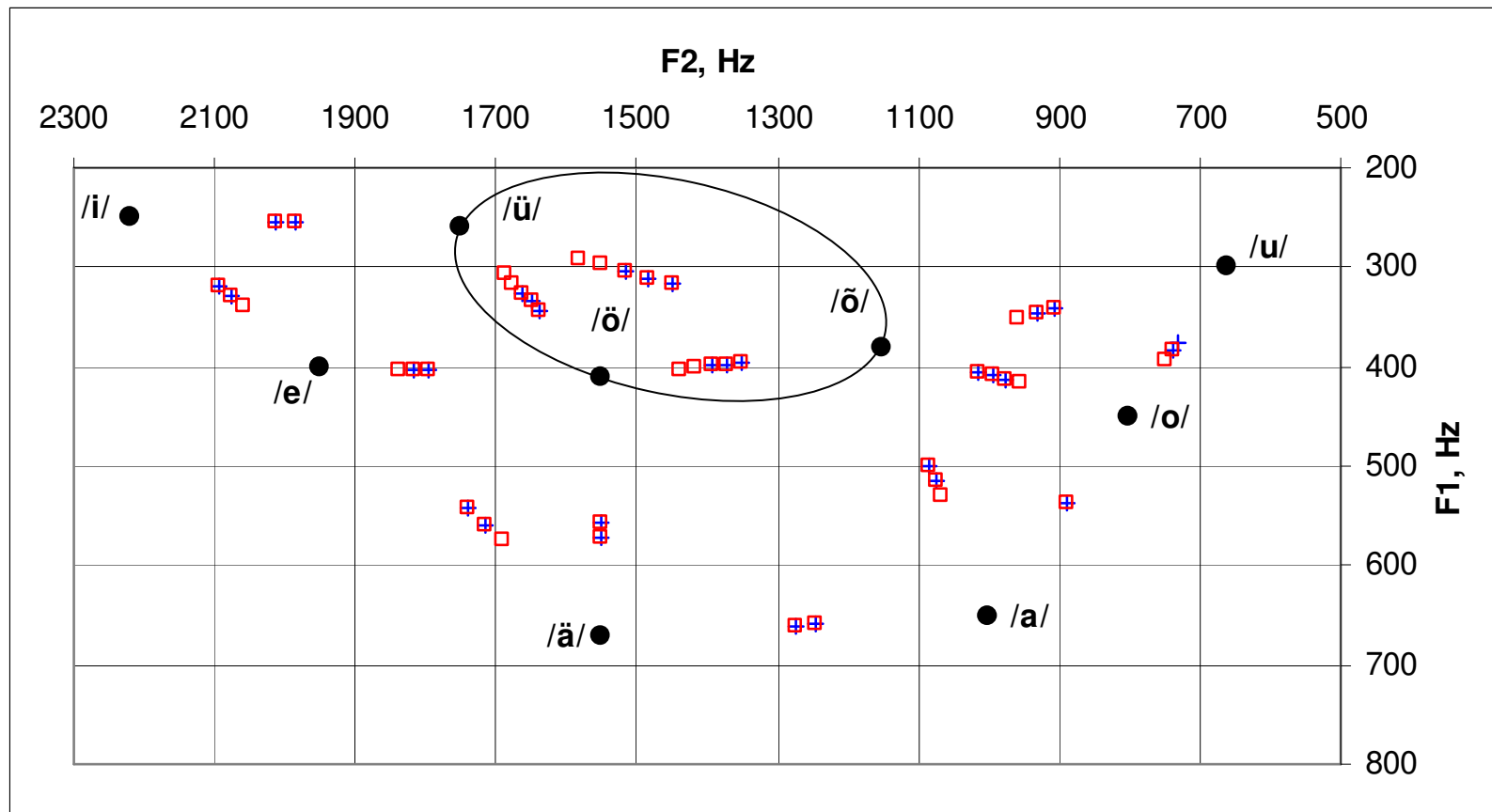
Tajukatse tulemused: $K2 \approx K1$



Tajukatse tulemused: K2 >> K1



Tajukatse tulemused: K1 ja K2 piirid



Kokkuvõtteks

- K2 ja K1 keelejuhtide tajutud vokaalipiirid on lähedased (osalt kokkulangevad) järgmiste vokaalipaaride puhul:

*/i/-/ü/, /i/-/e/, /e/-/ö/, /e/-/ä/,
/u/-/o/, /o/-/a/, /o/-/õ/, /õ/-/u/,
/õ/-/a/, /ä/-/ö/, /ä/-/a/*

- K2 keelejuhid on omandanud eesti vokaalikategooriad */i/, /e/, /u/, /o/, /a/* ja */ä/* lähedaselt eesti emakeelega keelejuhtidega

- K2 keelejuhtide tajutud kategooriapiirid on hägusad vokaalipaarides:

/ü-ö/, /ü-õ/, /ö-õ/

- Vokaalikategooriate */ü/, /ö/* ja */õ/* omandamine on raskendatud

Edasine töö

□ Mikroprosoodia:

- Tajutestid omakeestuse rolli selgitamiseks sõna kontekstis

□ Aktsendiga kõne:

- Lühike/pikk kategooriate tajus 
- Vältetajus  

□ Spontaanse kõne makroprosoodia:

- Erinevate prosoodiliste üksuste klasteranalüüs, eesmärgiks on leida kõne ajalise struktuuri iseloomustavaid mustreid



Tegijad, finantseerimine

Põhitäitjad:

Einar Meister

Lya Meister

Jüri Kuusik

Finantseerimine:

2006 – 420 000 EEK

2007 – 420 000 EEK

2008 – 775 000 EEK, sh soetused
200 000 EEK

2008 – 550 000 EEK

Koostöö:

TÜ – Pire Terasse projekt

Joensuu Ülikool – Stefan Werner

NordForsk VISPP võrgustik

EKI (ETF grant) – H.Pajupuu