

Pärtel Lippus (Tartu Ülikool), 2010



Euroopa Liit
Euroopa Sotsiaalfond



Eesti tuleviku heaks

E-kursuse "Foneetika programmiga Praat" materjalid

Aine maht 3 EAP

Pärtel Lippus (Tartu Ülikool), 2010

Kursuse korraldusest

Kursuse materjalide lugemine on kohustuslik. Mitme teema juures on viidatud lisakirjandusele, mille lugemine ei ole kohustuslik. Kursuse sooritamiseks tuleb (peale lugemise) teha 20 punkti ulatuses ülesandeid. Ülesandeid on lihtsamaid ja keerukamaid: lühiküsimused eeldavad lühikest kuid ammendavat vastust ja annavad ühe punkti, keerukamad ülesanded annavad 2-5 punkti. Ülesannete hulgast võib vabalt valida endale huvitavamad ja jõukohasemad. Ülesannete puhul hinnatakse pigem iseseisvat tööd ja kaasamõtlemist kui lahenduse õigsust.

Kõik ülesanded on iseseisvaks lahendamiseks! Rühmatööd on ka võimalikud, aga siis tuleb sellest eelnevalt õppejõuga kokku leppida.

Kursusel on foorum, kus on võimalik esitada küsimusi nii õppetükkide kui ülesannete kohta.

Kursuse läbimiseks on aega 120 päeva alates kursusele registreerumise kuupäevast. Peale registreerumise aegumist (120 päeva möödumisel) eemaldatakse õpilane kursuselt automaatselt. Kursus lõppeb arvestusega, kui kõik kursuse materjalid on loetud ja 20 punkti ulatuses ülesandeid lahendatud. Lühiküsimustele saab vastuseid esitada ühe nädala jooksul, keerukamad ülesanded on avatud kuni kursuse lõpuni.

1.1. Mis on foneetika?

Foneetika on keeleteaduse haru, mis uurib kõne hääldust. Kõige laiemalt võib foneetika jagada kolmeks:

- artikuloorne foneetika - uuritakse seda, kuidas kõnet toodetakse, kuidas kõneorganid töötavad. Siin on suur ühisosa meditsiiniga ja tavaliselt uuritaksegi seda seoses patoloogiatega. Artikulatoorsed meetodid kasutavad enamasti kallist aparatuuri ja uurija meditsiinilist ettevalmistust. Seetõttu pole ka Eestis selle suunaga eriti peale 1960-1970. aastaid tegeldud ja pole vastava ettevalmistusega uurijaid.
- akustiline foneetika - uuritakse, kuidas kõnesignaal on kodeeritud, kuidas see levib kõnelejalt kuulajale. Siin on ühisosa füüsikaga. Tänapäeval on see meetod küllalt odavaks muutunud ja saab kasutada laiatarbe aparatuuri: piisab salvestusseadmest, tavalisest arvutist ja vabavaralisest tarkvarast. Ka uurija ettevalmistus ei ole nii vastutusrikas, kuna uuritava kõnelejaga mingeid meditsiinilisi protseduure tegema ei pea, piisab tema kõne salvestamisest. Ka saab akustilise signaali põhjal teha küllalt palju järeldusi kõne artikulatsiooni kohta.
- tajufoneetika - uuritakse seda, kuidas kuulaja akustilisest signaalist kõne kinni püüab. Siin on suur ühisosa psühholoogiaga. Kõnetaju saab uurida lihtsate tajukatsetega, aga keerukamad katsed nõuavad jällegi kallist aparatuuri.

Need kolm suunda on siiski üksteisega väga tihedasti seotud ning uurides näiteks taju ei saa kõrvale jätta teadmisi artikulatsiooni kohta. Foneetika on keeleteaduse piiripealne haru, millel on kohati suurem ühisosa füüsika, anatoomia või psühholoogiaga kui teiste keeleteaduse harudega. Foneetika uurimismeetodid on üldiselt sarnasemad loodusteadustele kui humanitaarteadustele: tehakse eksperimente, kirjeldatakse empiirilisi andmeid.

Lisaks teoreetilisele foneetikale, mis lihtsalt kõnet kirjeldada püüab, on foneetikal ka praktilisemaid väljundeid, nt paraktiline keeleõpe, kõnetehnoloogia (kõnetuvastus, kõnelejatuvastus, kõnesüntees), logopeedia ja kõneteraapia, kriminalistiline foneetika (kõnelejatuvastus) jne.

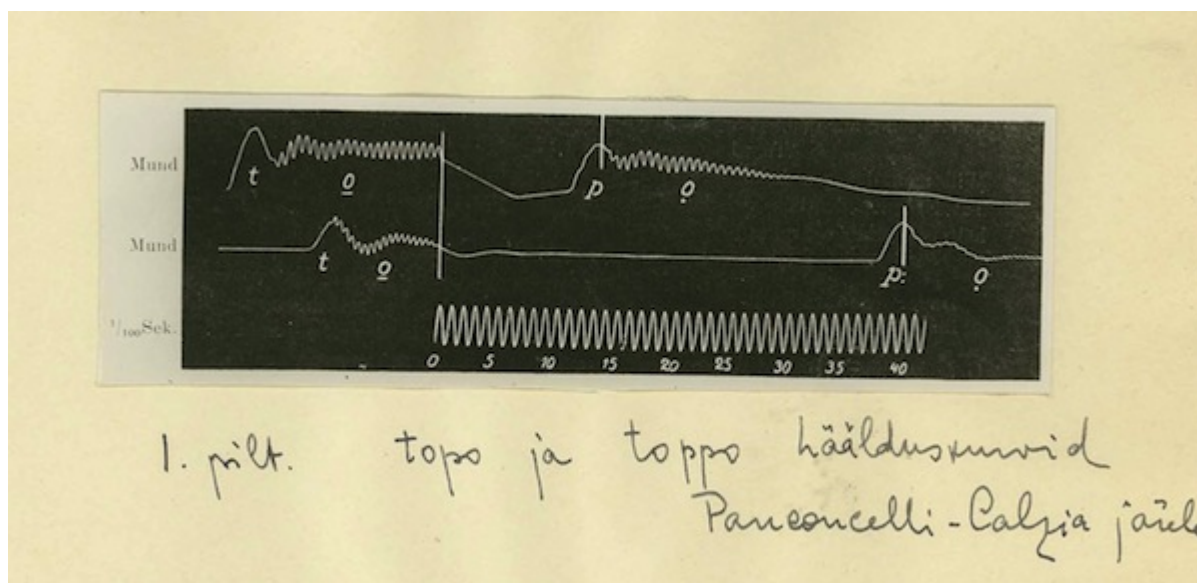
Enamik kõne uurimise meetodeid on kvantitatiivsed. See tähendab, et mingeid parameetreid mõõdetakse ja uurimise tulemuseks on hunnik numbreid. Uurimise tulemusi kontrollitakse erinevate statistiliste testidega, et selle põhjal otsustada, mis järeldusi teha. Seetõttu on väga oluline statistika meetodite tundmine ja see, kes eksperimentaalse foneetikaga edaspidi tegelema hakkab, peaks kindlasti läbima vähemalt algtaseme andmeanalüüsi kursuse.

Siin kursusel õpetatakse põhjalikumalt kõnet uurima akustiliste meetoditega, kasutades vabavaralist programmi Praat (<http://www.praat.org/>). Kõne artikuloorse ja auditiivse uurimise meetoditest antakse ainult põgus ülevaade. Seda lihtsal põhjusel, et akustika uurimine on kõige lihtsam ja odavam – seda saab igaüks omas kodus vabatarkvara ja tavaarvutiga teha.

Vanal ajal, kui arvuteid veel ei olnud, kasutati kõne uurimiseks erinevaid masinaid. Üks vanemaid masinaid on [kümograaf](#), mis on 1920ndatel aastatel ka Tartu Ülikoolis kasutusel olnud (vt jooniseid 1 ja 2). Kümograafi abil sai paberile joonistada helilaine, mis võimaldas mõõta kõneüksuste kestusi ja põhitooni ja intensiivsust. 1940ndate aastate lõpus leiutati spektrograaf, millela tänapäevast foneetikat oleks raske ette kujutada. Spektrograafi kasutamise pioneere maailmas on muide kuulsaim eesti soost foneetik Ilse Lehist.



Joonis 1. Kümograafia salvestamine. Foto H. Justi 1937. a. seminaritööst (EMSKA S-179).



Joonis 2. Kümogramm (EMSKA S-179).

Olulisi masinaid on muidugi teisigi, aga viimase mõnekümne aastaga on arvutid nende funktsioonid üle võtnud. 1980ndatel ja 1990ndatel aastatel oli üks levinumaid riistu Kay Elemetrics'i [CSL \(Computerized Speech Laboratory\)](#), mis ühendas endas arvutiga ühendatud analoog/digitaal muundurit (helikaarti) ja tarkvara. Kuna 1990ndate aastate teisest poolest on kergesti kättesaadavad ka küllaltki kvaliteetset helikaarti sisaldavad personaalarvutid, siis on CSL'i kasutamine asendunud alternatiivsete programmidega, mis töötavad tavalisel arvutil ilma lisaseadmeteta. Artikulaatorse foneetika uurimiseks peab muidugi endiselt keerulisi laboriseadmeid kasutama: [EMG](#), [EPG](#), [EGG](#), [MRI](#), larüngoskoop jms. Ka CSL'i toodetakse endiselt, kuna sellega saab ühildada muid eriseadmeid, mida artikulatsiooni uurimiseks kasutatakse.

Enamlevinud kõneanalüüsiprogrammid on tänapäeval:
[Praat](#) - vabavara

[WaveSurfer](#) - vabavara, KTHs arendatav akustilise analüüsi programm

[Speech Analyzer](#) - vabavara

[WinPitch](#)

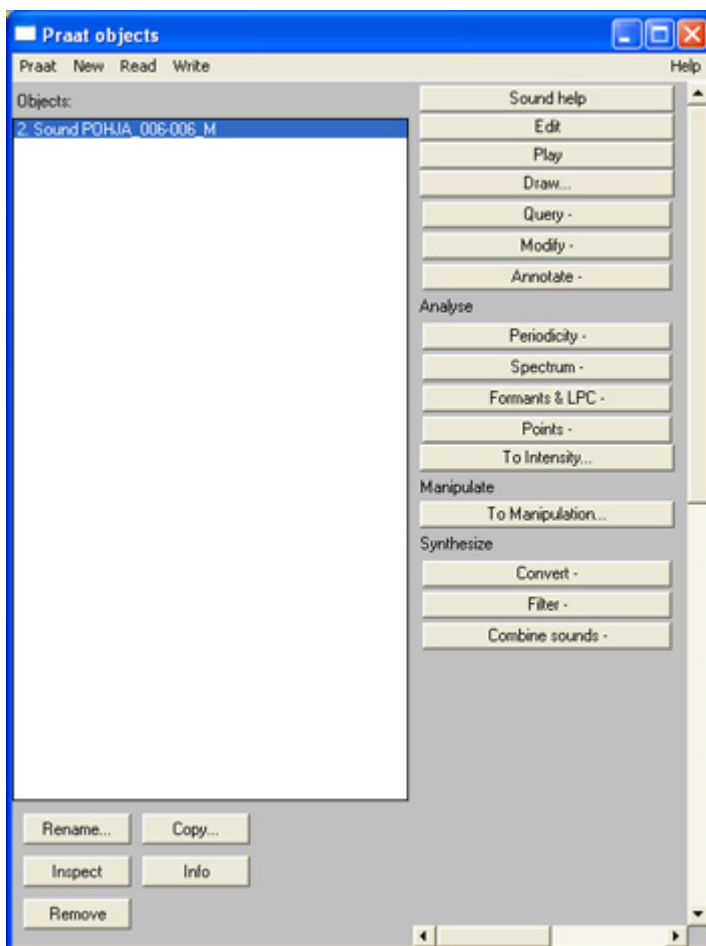
[Multi-Speech](#) - Kay Pentaxi tasuline Windowsi tarkvara, CSL ilma riistvarata.

1.2. Kõneanalüüsiprogramm Praat

Praat on hetkel foneetikute hulgas kõige levinum kõneanalüüsiprogramm, mille on loonud Paul Boersma ja David Weenink Amsterdami Ülikoolist. Tegemist on vabavaraga, mis töötab enam- ja vähemlevinud operatsioonisüsteemidel, lisaks sellele on programm avatud lähtekoodiga. Praati arendatakse pidevalt, nii et vähemalt iga kuu võid leida uue versiooni, kus midagi uut.

Kuidas Praat enda arvutisse saada:

1. Mine lehele <http://www.praat.org/> Lehekülje vasakul üleval servas on "Download Praat:" Vali sealt endale sobiv operatsioonisüsteem.
2. Salvesta installifail oma arvutisse (võib kasvõi desktopile).
3. Käivita allalaetud installifail. Kõigepealt küsitakse, et kas julged seda installifaili käivitada. Võid julgelt käivitada, tegemist ei ole viirusega vms.
4. Nüüd küsitakse, kuhu Praat installida. Praati installimine ei nõua arvuti administraatoriõigusi ja ligipääsu kaustale C:\Program Files. Võid installida selle näiteks Desktopile või My Documentsi või ükskõik kuhu. Kõpsa OK.
5. Klõpsi ikoonil praat.exe. Avaneb kaks akent: **Praat objects** ja **Praat picture**.



Praat objects (objektiaken) on Praati põhiaken, kus erinevate objektidega saab toimetada. Objektid on failid, mida Praat lugeda ja teha oskab, nt helifail on Sound object, transkriptsioonifail on TextGrid object (transkriptsioonifailidest tuleb pikemalt juttu hiljem).

Praat picture on nagu graafikaprogramm, sellega saab jooniseid teha. Pildiakna kasutamisest tuleb juttu ptk 10.1. Esialgu võib selle täiesti kinni panna.

Objektiaknas on kahte tüüpi menüüsid: **fikseeritud menüüd**, mis on alati nähtaval (*Praat, New, Read, Write* ja *Help*), ja **dünaamilised menüüd**, mis ilmuvad nupukestena objektiakna paremale servale nähtavale siis, kui mingi objekt on aktiivne. Dünaamilised menüüd sõltuvad objekti tüübist, sest erinevate objektidega saab erinevaid asju teha: näiteks Sound objekti saab kuulata, aga TextGrid objekti kuulata ei saa.

Et nüüd midagi edasi teha saaks, tuleb objektiaknasse mõni objekt tekitada. Üks võimalus on midagi salvestada (kui arvuti küljes on mikrofoni): Menüü *New > Record mono sound...* avab helisalvestusakna (selle kasutamise kohta tuleb eraldi õpetus ptk 2.4, jätame selle praegu vahele).

Teine võimalus on avada juba olemas olev helifail. Kui sul pole käepärast mõnda kõnet sisaldavat helifaili, võid tömmata selle: [POHJA_006-006_M.wav](#) (4.2 MB). Menüüst *Read* leiame käsu *Read from file...* Sellega saab avada kõiki faile, mida Praat tunnistab. Helifailidest tunnistab Praat peagu kõiki pakkimata failiformaate, pakitud formaatidest oskab lugeda mp3-e.

Ava käsuga *Read from file...* [POHJA_006-006_M.wav](#).

Nüüd tekib objektiaknasse valgele alale rida [1. Sound [POHJA_006-006_M](#)]. Objektiakna paremale küljele tekkis hunnik nuppe. See ongi dünaamiline menüü (dynamic menu). Iga nupp tähistab mingit käsku või alamenuüüd, kus on käsud. Proovime mõnda käsku:

- *Play* mängib kogu Sound objekti ette, klahv Esc klaviatuuril katkestab mängimise.
- *Draw* joonistab helilaine Praat picture aknasse.
- *Edit* avab toimetamisakna. Siin saab vaadata helilainet ja seda analüüsida, lõigata ja kleepida jms.

Ja mõned käsud, mille nupud asuvad objektiakna alumises osas:

- *Rename...* saab objektile uue nime anda (aga nimemuutus toimub ainult Praati sees, st faili endaga, mis on kuskil arvuti kõvakettal, ei juhtu midagi ja kui tahta uut nime failile, peab eraldi selle objekti salvestama).
- *Remove* eemaldab objekti Praati objektiloendist (aga mitte arvuti kõvakettalt; kui oled faili vahepeal Praatis muutnud, pead enne salvestama).

NB! Praat töötab oma objektidega, mitte kõvakettal olevate failidega. See tähendab seda, et kui avad mõne faili Praatis, siis kõik muudatused rakenduvad ainult sellele objektile Praati objektiloendis (arvuti vahemälu), mitte failile, mis on kõvakettal. Samuti kui teed Praatis uue objekti, ei kirjuta Praat seda failiks kõvakettal muidu, kui sa ise selle *Save...* käsuga salvestad. Nii et enne Praati sulgemist tuleb olulised asjad ise salvestada, muidu jääd neist ilma!

Praatil on ka väga põhjalik **manuaal**. Seda saab lugeda Praatis (menüüst *Help*) või veebis Praati kodulehel www.praat.org. Samuti on Praatis enamiku käskude juures otseviide manuaali abistavatele lehekülgedele.

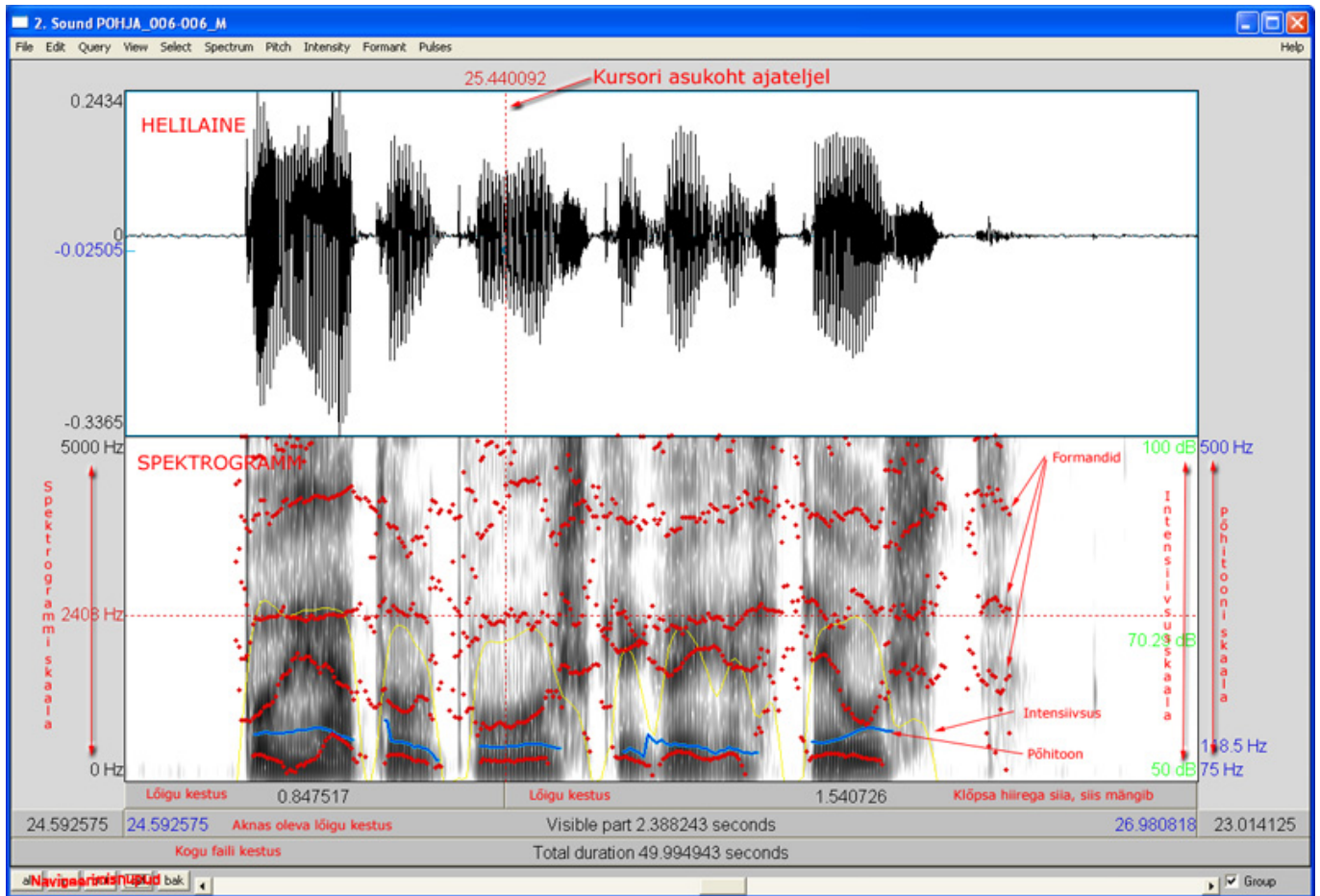
Vaata ka:

Praati kasudajate meililist: <http://uk.groups.yahoo.com/group/praat-users/>

Mietta Lennese soomekeelne juhend: <http://www.helsinki.fi/puhetieteet/atk/praat/>

Sidney Woodi inglisekeelne juhend: <http://person2.sol.lu.se/SidneyWood/praaate/frames.html>

1.3. Heli toimetamine Praatis



Kui Praati objektiaknas Sound objekti dunaamilisest menüüst valida käsk *Edit*, avaneb uus aken, mida nimetatakse **SoundEditoriks**. See on heli toimetamise aken. Aken on jagatud kaheks: ülemine pool aknast on helilaine ja alumine pool aknast spektrogramm, mille peal on veel formandid (punased mummud), põhitoon (sinine joon), intensiivsus (kollane joon).

Analüüside kuvamise pikimat akent saab pikendada: *View > Show analysis... > väljale Longest analysis (s)* kirjuta suurem number (väärtused on siin sekundites).

Et ekraanil olev pilt ei oleks nii kirju ning suumimine-skrollimine käiks kiiremini, võime osa analüüse tegemata jätta. Selleks mine menüüst *View > Show analyses...* Jäta linnuke ainult kasti *Show spectrogram*, teistest kastidest korja linnukesed ära ja vajuta OK. Nüüd peaks olema näha helilaine ja alumises aknas ainult spektrogramm.

Navigeerimine

Kui alumine osa aknast on esialgu tühi, siis seal on tõenäoselt kiri „To see the analysis, zoom in at most 10 seconds...”. See tähendab, et spektrogrammi jm ei näidata, kui ekraanil kujutatav ajalõik on pikem kui 10 sekundit. Kuna nende arvutamine võtab aega, siis on mõttekas seda teha võimalikult lühikese jupi pealt. Et analüüse näha, suurenda ekraanil olevat pilti. All vasakul nurgas on viis **navigeerimisnuppu**, millest [all] manab ekraanile kogu helifaili, [in] suurendab, [out] vähendab, [sel] toob ekraanile hiirega valitud lõigu ja [bak] eelmise valitud lõigu. Vajuta nuppu [in] seni, kuni ekraanil on midagi sellist, nagu joonisel.

Üle ekraani jookseb punase katkendjoonega **kursor**. Seda saab hiirega liigutada (klõps vasaku nupuga paneb kursori uude kohta) ja saab ka lõiku valida (klõpsates lõigu alguses hoida vasakut nuppu all ja vea kuni valitava lõigu lõpuni, seal lase nupp lahti). Valitud lõik eristub muust roosa tausta järgi. Kui nüüd vajutad nuppu [sel], tuleb ekraanile ainult valitud lõik.

Akna all servas on **kerimisriba** (*scroll bar*; suumimisnuppude kõrval), mille abil saab liikuda ajateljel helifaili alguse ja lõpu vahel.

Spektrogrammi ja kerimisriba vahel on ala, mis on jagatud kolmeks ja nende peale on kirjutatud numbrid. Need numbrid näitavad **lõigu kestust sekundites**. Kui selle ala peale klõpsata, saab lõiku **kuulata**. Kõige alumine riba kirjaga „Total duration...” näitab faili kogukestust ja sellel klõpsimine mängib ette kogu helifaili. Keskmine riba kirjaga „Visible part...” näitab parasjagu ekraanil oleva lõigu kestust ja sellel klõpsimine mängib ette ekraanil olevale helilainele vastava lõigu. Kõige

ülemine riba näitab lõigu kestust ekraani algusest kuni cursorini ja cursorist faili lõpuni. Kui cursoriga on mingi lõik valitud, näeb sealt alt selle lõigu kestus ja klõpsates saab kuulata.

Mängimist alustab ja katkestab ka tabuleerimisnupp klaviatuuril (see, mis jääb Q tähe klahvist vasakule) või käsk *Play or stop* menüüs *View*.

Toimetamine

Valitud lõiku (see, mis on roosa taustaga) saab muust failist välja lõigata või kopeerida. Käsud *Cut*, *Copy* ja *Paste* leiab menüüst *Edit*, aga muidugi töötavad ka klaviatuurikombinatsioonid *Crtl-X*, *Crtl-C* ja *Crtl-V* nagu igas teises programmis. Proovi näiteks mingi sõna välja lõigata ja teise kohta kleepida (uue koha pead märkima cursoriga).

Kui on tarvis mingi lõik pikemast helifailist salvestada uue failina (näiteks on pikema kõne salvestus, millest on vaja kasutada üht lauset või üht sõna), saab seda

a) käsuga *File > Extract selected sound (time from 0)*, mis tekitab sellest lõigust objektiaknasse uue objekti nimega *untitled*; seda peab eraldi salvestama (objektiakna menüü *Write > Write to WAV file...*).

b) Käsuga *File > Write selected sound to WAV file...*, mis salvestab valitud lõigust helifaili arvuti kõvakettale; kui tahta selle uue failiga jätkata Praatis, peab avama objektiaknast käsuga *Read > Read from file....*

Toimetamine objektiaknas

Enamikku SoundEditori toimetamisi saab teha ka objektiaknas, lisaks on mõned asjad, mida saabki ainult objektiaknas teha.

Modify > Scale peak... muudab salvestuse intensiivsust skaalal 0-1.

Convert > Convert to mono muudab stereofaili monoks.

Convert > Convert to stereo muudab monofaili stereoks, nii et mõlemas kanalil on sama signaal.

Convert > Extract all channels teeb stereofaili kummastki kanalist eraldi Sound objekti.

Convert > Extract part... kopeerib jupi uueks Sound objektiks.

Convert > Resample... muudab kvantimissagedust.

Modify > Override sampling frequency... muudab kvantimissagedust nii, et olemasolevad samplid saavad ajateljel uue väärtuse. St kui kvantimissagedus on 44100 kHz ja uueks kvantimissageduseks panna 22050 kHz, siis muutub fail poole pikemaks ja helikõrgused poole madalamaks.

Combine > Combine to stereo paneb kahest sound objektist kokku ühe, nii et üks läheb vasakusse, teine paremasse kanalisse.

Combine > Concatenate paneb mitu sound objekti kokku üheks.

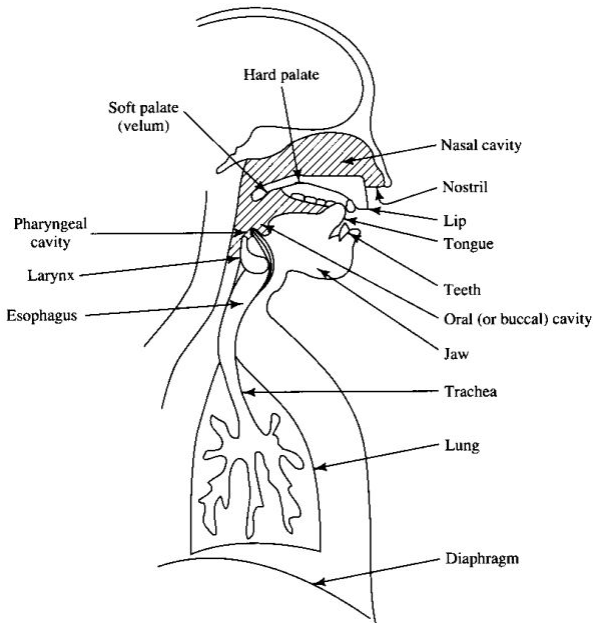
NB! Kõik muudatused failiga teeb Praat ainult oma objektiloendis olevate objektidega arvuti vahemälus, mitte kõvakettale salvestatud failidega. Selleks, et muudatused peale Praati sulgemist alles jääksid, pead failid salvestama *Write* menüüs olevate käskude abil.

2.1. Kõne akustika

Kuidas kõneheli tekib?

Kõne, nagu igasugune teinegi heli, on füüsikaliselt õhusakeste võnkumine.

1. Kopsudest tulev õhk paneb häälekurru liikuma. Kõik asjad, mis liiguvad, panevad end ümbritsevad õhusakesed kaasa liikuma. Õhusakeste liikumist tajume tänu kõrvadele helidena.
2. Kõnetrakti kuju muutmisega muudetakse heli kvaliteeti.

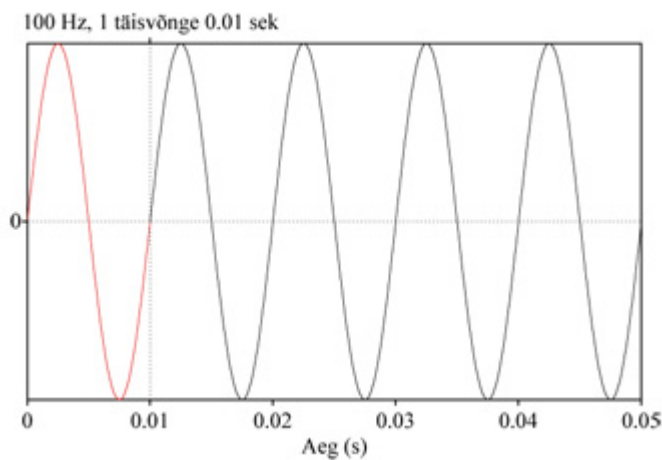


Joonis 1.2.1. Kõnetrakti skeem. Joonis <http://www.barcode.ro/tutorials/biometrics/img/speech-production.jpg?lukk=key123>

Õhusakeste võnkumine ja seosed heliga

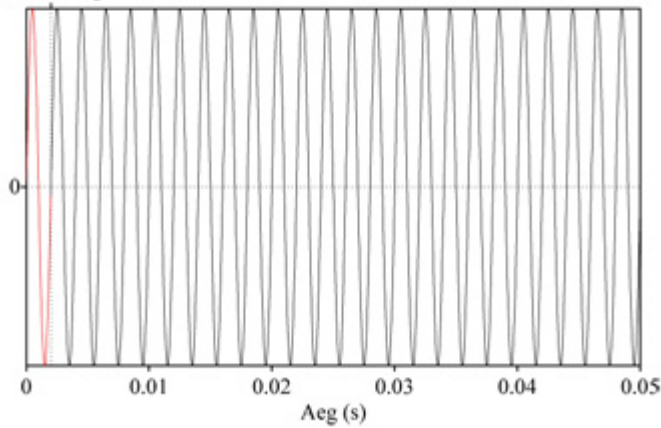
Õhusakesed liiguvad ruumis edasi lainetena. St liikumine toimub edasi-tagasi. Seda, kui kiiresti liikumine toimub, mõõdetakse **sagedusega**: mitu võnget sekundis, mõõtühik on herts (Hz). 1 herts = 1 täisvõnge / ühe sekundi jooksul. Sagedus määrab helikõrguse: mida kõrgem heli, seda kõrgemal sagedusel toimub võnkumine.

Seda, kui suures ulatuses õhusakesed liiguvad, mõõdetakse laine kõrgusega. Amplituud e laine kõrgus määrab heli tugevuse. Helitugevuse mõõtühik on paskal (Pa), inime jaoks sobivam ühik on detsibell (dB).



Joonis 1.2.2. Lihtheli: 100 Hz siinusheli; ühe sekundiga tehakse 100 täisvõnget, 1 täisvõnkeks kulub 0,01 sekundit. [KUULA](#)

500 Hz, 1 täisvõnge 0.002 sek



Joonis 1.2.3. Lihtheli: 500 Hz siinusheli; ühe sekundiga tehakse 500 täisvõnget, 1 täisvõnkeks kulub 0,002 sekundit. [KUULA](#)

- Sagedus = täisvõngete arv ühes sekundis
- 1 täisvõnkeks kuluv aeg = 1 sekund / sagedus
- Sagedus = 1 sekund / täisvõnkeks kulunud aeg

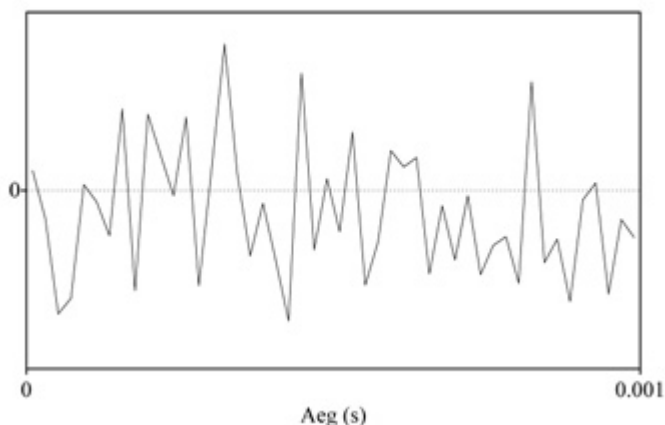
Näiteks kui sagedus on 100 Hz:

- 100 Hz = 100 võnget / 1 sekund
- 1 võnge kestus: 1 sekund / 100 Hz = 0,01 s
- Sagedus: 1 sekund / 0,01 s = 100 Hz

Või kui sagedus on 500 Hz:

- 500 Hz = 500 võnget / 1 sekund
- 1 võnge kestus: 1 sekund / 500 Hz = 0,002 s
- Sagedus: 1 sekund / 0,002 s = 500 Hz.

Helid on kas perioodilised või mitteperioodilised. St võnkumine on korrapärane (järjestikused täisvõnked on sarnase pikkuse ja kõrgusega) või mitte. Perioodilistel helidel tajume me kindlat kõrgust. Mitteperioodilisi helisid tajume mürana.



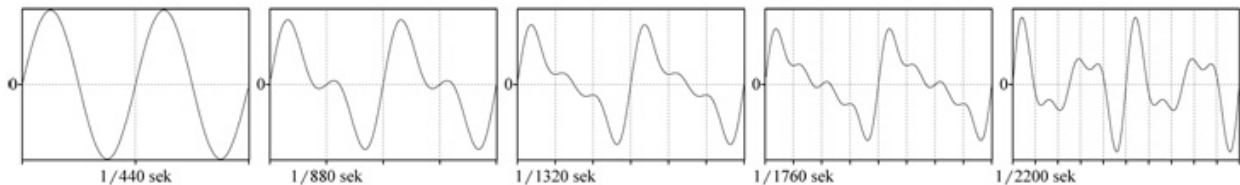
Joonis 1.2.4. Mitteperioodiline heli, mida tajume mürana. Ükski täisvõnge ei ole järgnevaga sarnane. [KUULA](#)

Helid on kas liihthelid või liithelid. Perioodilised liihthelid on tavalised sinusoidid või koosinusoidid, mille võnkumine toimub ühel kindlal sagedusel (vt jooniseid 2 ja 3). Lihthelid looduses ei esine, kuna kõik looduslikud helitekitajad võnguvad oma kogupikkuses, tekitades põhitooni, ja osadena, tekitades täisarvkordeid ülemhelisid.

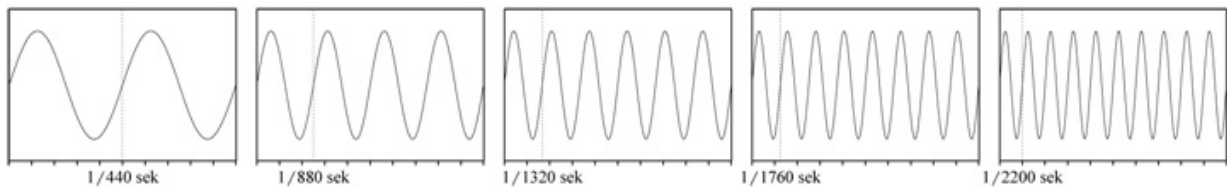
Looduslikud heliallikad tekitavad alati liitheliseid. Liithelid on mitmest sageduskomponendist koosnevad helid. Heli allikad (nt pillikeel, häälekurrud vms) võnguvad kogupikkuses, aga samas ka pooles pikkuses, kolmandikus pikkuses jne. Kogupikkuses võnkumine tekitab heli põhitooni, osapikkustes võnkumised tekitavad ülemhelid. Ülemhelid on põhitoonist täisarvkordealt kõrgema sagedusega.

Näiteks helihark tekitab selliseid osaheliseid:

- Põhitoon $f_0 = 440$ Hz
- Esimene ülemheli $f_1 = 2 \times 440 = 880$ Hz
- Teine ülemheli $f_2 = 3 \times 440 = 1320$ Hz
- Kolmas ülemheli $f_3 = 4 \times 440 = 1760$ Hz
- jne



Joonis 1.2.5. a) lihtheli ning b) kahe, c) kolme, d) nelja ja e) viie komponendiga liitheli. [KUULA](#) kuidas järjest komponendid lisanduvad.



Joonis 1.2.6. Sama liitheli komponendid eraldi siinushelidena. [KUULA](#).

Inimene tajub helikõrgust logaritmiliselt: muutus 100 hertsilt 200 hertsile tajutakse sama suurena kui muutus 150 hertsilt 300 hertsile, mitte 150 hertsilt 250 hertsile. Ja muutus 100 hertsilt 1 000 hertsile on sama suur kui muutus 1 000 hertsilt 10 000 hertsile. Helikõrguse mõõtmiseks on võimalik kasutada ka alternatiivset lineaarset barki skaalat (mis ongi teisendatud hertsidest arvestades, et muutused oleksid taju jaoks lineaarsed ja 1 barkine muutus oleks tajutav) või hoopis muusikas kasutatavad helirida.

Täisarvkorde sageduse vahe on muusikaliselt üks oktav. Esimese oktavi la on 440 Hz, sellest oktav üles on $2 \times 440 = 880$ Hz, oktav alla on $440/2 = 220$ Hz. Inimese hääle põhitoon sõltub tema häälekurdude pikkusest. Inimese hääle põhitoon kõneldes on umbes 60-180 Hz meestel, 150-250 Hz naistel, 300-1500 Hz lastel (lastel varieerub väga palju). Seega meeste ja naiste hääleulatuse vahe on ka umbes üks oktav (suurtes piirides).

Kuna kõigil looduslikel kindla sagedusega helidel on täisarvkorde ülemhelid, on inimese kõrv võimeline tuvastama põhitooni ka siis, kui see tegelikult on kaduma läinud. Näiteks telefoni liin laseb läbi ainult vahemikus umbes 300 - 3300 Hz, samuti paljud (odavamad) mikrofonid ja kõlarid ei edasta madalamaid sagedusi. Sellest hoolimata kuuleme me telefonis ka väga madalaid meeshääli. Kuna ülemhelid on põhitooni täisarvkorde, on kõrv võimeline taastama põhitooni.

Inimene kuuleb heliseid vahemikus umbes 16 Hz - 20 000 Hz. Umbes 20. eluaastast kuulmise ülemine piir langeb paar hertsit aastas. Testi oma kuulmist: <http://www.loodusheli.ee/helid.php> (kui ei kuule kõrgemaid heliseid, võib asi olla ka kõrvklappides/kõlarites või helikaardis. Mõne seadme sagedusvahemik on nt 100-15000 Hz ja sellest vahemikust välja jäävaid heliseid ta lihtsalt ei mängi.)

Heli tugevusena mõõdetakse õhu osakeste liikumisest tekkivat rõhku. Inimese **helitugevuse kuulmislävi** on 20 mikropaskalit. Kuna inimese kuulmine on logaritmiline, kasutatakse ka helitugevuse mõõtmiseks logaritmilist belli skaalat, kus nullpunktiks on võetud kuulmislävi 20 μ Pa. Sellest vaiksemaid heliseid inimene ei kuule. Helitugevuse **valulävi** on 120 dB (20 Pa). Sellest valjemad helid põhjustavad kuulmiskahjustusi.

Heliallikas	dB SPL
Tõusev rakett	180
Reaktiivmootor	140
Pikselööök 1 meetri kaugusel, õhutõrje sireen	130
Lennuki õhkutõusmine (60 meetri kaugusel)	120

Rokk-kontsert	110
Ilutulestik, metroorong	100
Veoauto (15 meetri kaugusel), linnaliiklus	90
Äratuskell, foon	80
Kohvikumelu	70
Õhukonditsioneer, vestlus	60
Kerge liiklus (50 meetrit), keskmine kodu	50
Elutuba, vaikne kontor	40
Raamatukogu, vaikne sosin (5 meetri kauguselt)	30
Raadiostuudio, langevad lehed	20
Kuulmislävi	0

Kui olete mingil salvestusseadmel märganud heli valjuse skaalat detsibellides, siis seal võetakse nullpunktiks kõige tugevam heli, mida on võimalik moonutusteta salvestada. Detsibelliskaala on suhteline ja erinevateks vajadusteks kohandatakse seda erinevatel alustel.

Kui heli kõrgus sõltub heliallika võnkesagedusest, siis valjuse ja amplituudi seos ei ole võrdeline, see sõltub ka heli kõrgusest. Kui meil on kaks ühesuguse amplituudiga heli, üks on kõrgusega 100 Hz, teine kõrgusega 1000 Hz, siis tajume viimast valjemana. See on selle pärast, et inimese kõrvad on tuunitud kuulma teatud sageduspiirkonnale, täpsemalt sellele, kus on enim inimkõne olulisemast informatsioonist.

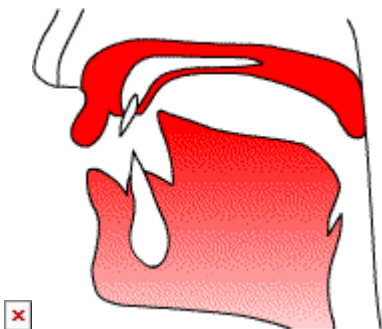


Joonis 1.2.7. Heli tugevuse tajumine ja sagedus. Pilt pärit: <http://www.phys.unsw.edu.au/jw/dB.html>

Ka heli tugevuse kasv ei toimu lineaarselt. St kaks korda suurem amplituud ei tee heli inimese tajule kaks korda tugevamaks, vaid lisab ainult 3 dB. 10 korda tugevam heli lisab 10 dB. Seega, kui üks inimene räägib 50 dB, siis kaks inimest 53 dB ja kümme inimest 60 dB. Vastasel korral, kui helitugevus kasvaks lineaarselt, siis kaks inimest suudaks teha 100 dB väga kõva lärmi, aga kolme inimese kõne 150 dB lõppeks kuulmiskahjustusega.

Heli kõrguse ja tugevuse kõrval iseloomustab heli **tämber**. Heli tämbri ei ole otsest vastet laine füüsikaliste tunnuste hulgas, see on nende kombinatsioon ja selle muutumine ajas. St erineva kõlaga helidel on osahelide intensiivsus erinev. Inimhääle puhul osahelid võimendab või summutab kõnetrakt: kõneorganid häälekurdudest huulteni. Igal inimesel on organite kuju pisut erinev (igal inimesel on iseloomulik hääletämber), lisaks sellele kõneldes muudame kõnetrakti kuju pidevalt (üks inimene saab erineva tämbri häält teha).

Kõnetrakti kuju muutmine eri kohtadest võimendab või summutab erinevaid osahelid. Niimoodi on helilained teatud osahelid võimendatud teatud kõnetrakti kuju korral. Ning helilainet uurides saame kindlaks teha kõneelundite positsioone. Igal häälikul on moodustuskoht- ja viis, mida saab uurida helilaine spektrit uurides.



Joonis 1.2.8. Vokaalide jaotus IPA vokaalidiagrammil järgib vokaalide moodustuskohta suus. (Joonis: <http://www.umanitoba.ca/faculties/arts/linguistics/russell/138/sec5/vowels1.htm>)

Häälikud [a] ja [ä] on madalad (või avatud) vokaalid. Nende hääldamisel on keel suus madalal ja avatud. [i, ü, u] on kõrged/kinnised vokaalid. Nende hääldamisel on keel suus üleval/suu on peaaegu kinni. Vokaalid [e, ö, õ, o] on keskkõrged vokaalid. Teistpidi jagatakse vokaale horisontaalteljel. Vokaalid [i, ü, e, ö, ä] on eesvokaalid, nende hääldamisel on keeletipp suu eesosas (hammaste lähedal). Vokaalid [u, o, a] on tagavokaalid, nende hääldamisel on keeletipp suus tagapool.

Loe lisaks

Sundberg, Johan. Õpetus muusikahelidest. Scripta Musicalia, 1995. - eriti peatükk 2. Mis on heli?, ptk 3. Kõrv ja kuulmine ja

ptk 8. Ruumiakustika.

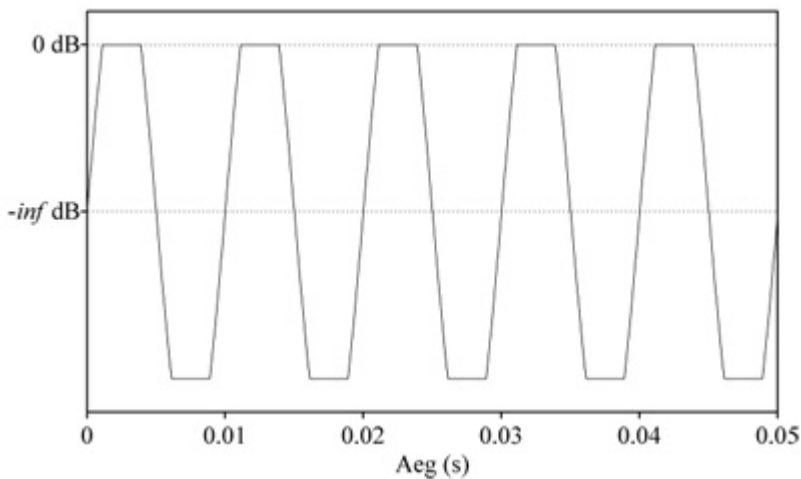
2.2. Digitaalne signaalitöötlus

Päris maailmas liiguvad kõik asjad katkematult. Ka helilaine on kontiinum, st õhuosakesed liiguvad sujuvalt, mitte ei ole jagatud sammudeks. Arvutile tuleb aga kõike numbritega öelda. See tähendab seda, et tuleb pidevalt muutuvad väärtused kuidagi intervallideks jagada. Et heli numbritena arvutile loetavaks teha, tuleb õhuosakeste võnkumist kirjeldada numbrijadana. St pidev liikumine tuleb jagada mingiteks juppideks ja iga jupi kirjeldada mingi arvulise väärtusega.

Arvuti jaoks registreeritakse amplituud kindla ajahetke tagant. Amplituudi skaalat iseloomustab arvutis heli **bitsügavus** (*bit depth*). Bit ehk *binary digit* on ühik, mille väärtus on kas 0 või 1. St bitil on 2 võimalikku väärtust. Helifaili bitsügavus määrab, kui täpselt on võimalik kirjeldada salvestatava heli valjust.

Helifailide bitsügavus on tavaliselt 16 bitti. Kuna 1 bitil on kaks võimalikku väärtust, on skaalal $2^{16} = 65\,536$ võimalikku väärtust. Kuna helilaine liigub nullpunktist kahele poole, on $32\,768$ võimalikku väärtust kirjeldamiseks heli valjuse skaalat. Kui sellega kirjeldada 120 dB skaalat, mis inimesele kuuldav on, on iga 1 dB vahemiku kohta 273 ühikut.

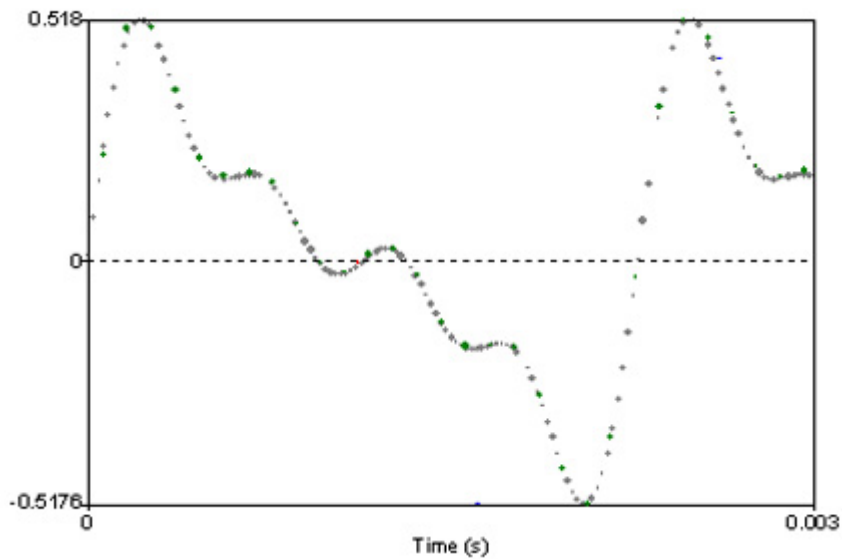
Ühegi seadme dünaamiline ulatus ei ole sama suur kui looduses esinevate helide amplituudide võimalik ulatus. **Dünaamiline ulatus** (*dynamic range*) salvestusseadmel on ühest otsast piiratud sellega, et signaal kaob müra sisse ära, teisest otsast sellega, et signaal moondub. Digitaalsel salvestusseadmel on ülemine piir olulisem kui analoogseadmel. Kui analoogseadmel liiga tugev signaal moondub, siis digitaalseadmel lõigatakse 0-punktist üle minev lihtsalt ära. Vähe sellest, et oluline informatsioon läheb kaduma, inimkõrv kuuleb seda koleda mürana.



Joonis 2.2.1. Näide sellest, mis juhtub 100-hertsise siinusheliga, kui salvestusnivoo on liiga kõrge. [KUULA](#) ja võrdle [paraja salvestusnivooga heliga](#).

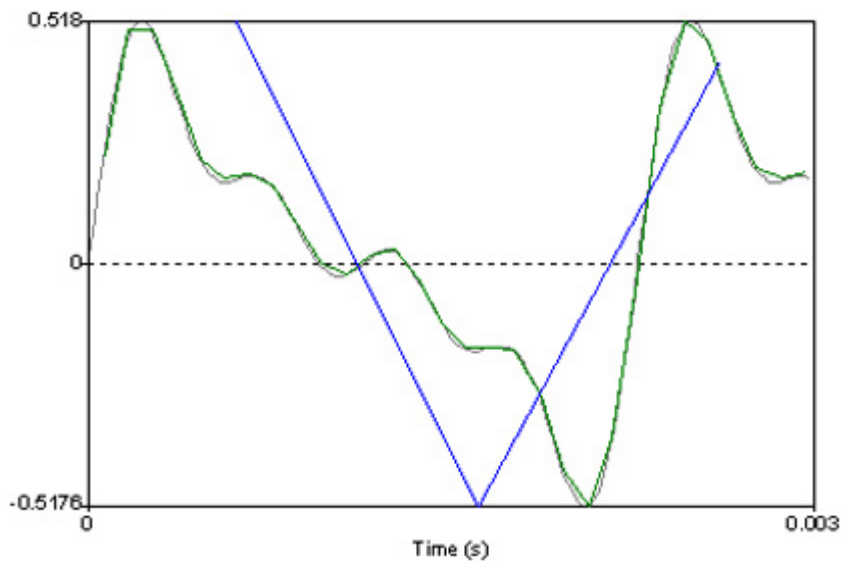
Seda, millise intervalliga amplituudi salvestatakse, nimetatakse **kvantimissageduseks** e sãmplimissageduseks (*sampling rate*). **Nyquisti teoreem: kvantimissagedus peab olema kaks korda suurem, kui kõige kõrgema salvestatava heli sagedus.** St heli peab olema salvestatud vähemalt kahest punktist ühe võnkeperioodi jooksul. Kuna inimkõne oluline informatsioon on vahemikus umbes 75-5000 Hz, piisab kõne salvestamisel kvantimissagedusest 10 kHz. Standardiks on kujunenud kvantimissagedus 44,1 kHz, st kõrgeim heli, mis on vähemalt kahest punktist salvestatud, on 22,050 kHz (mis on enam-vähem ülalpool inimese kuulmisläve).

Joonisel 2 näeme, mitme punktiga on üks täisvõnkeperiood salvestatud erinevate kvantimissageduste puhul. Mida suurem on kvantimissagedus, seda tihedamalt on punktid. Kui need punktid ühendada joonega (joonised 4 ja 5), näeme, kui täpselt eri kvantimissagedused helilainet edasi annavad.



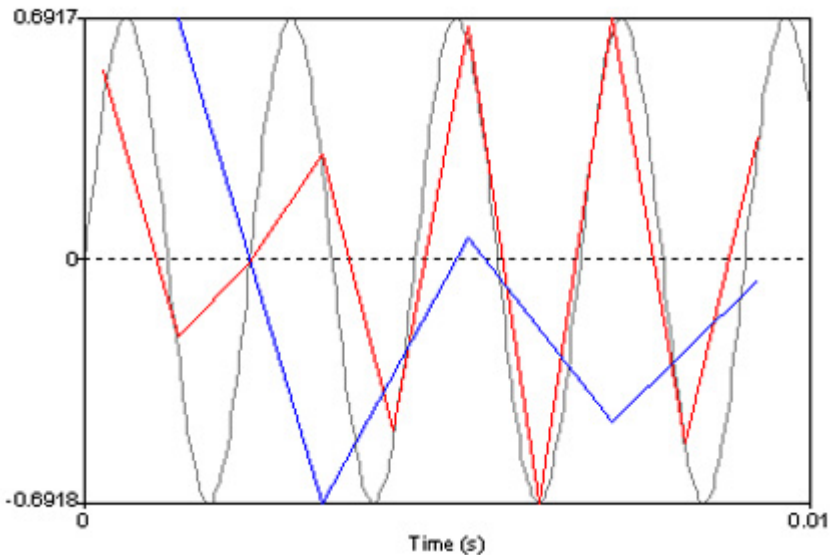
Joonis 2.2.2. Heli, mille komponentide sagedused on: $F_0=440$, $F_1=880$, $F_2=1320$, $F_3=1760$. Igale sãmplile vastab joonisel üks punkt.

Kvantimissagedus: hall 44,1 kHz, roheline 10 kHz, sinine 1000 Hz, punane 500 Hz. KUULA: [44,1 kHz](#), [10 kHz](#), [1000 Hz](#), [500 Hz](#) (lae failid alla ja ava Praatis, WMP ei pruugi kõiki faile avada).



Joonis 2.2.3. Sama heli ($F_0=440$, $F_1=880$, $F_2=1320$, $F_3=1760$). Punktid on ühendatud joonega.

Kvantimissagedus: hall 44,1 kHz, roheline 10 kHz, sinine 1000 Hz, punane 500 Hz (ei ole näha ega kuula).



Joonis 2.2.4. Siinusheli, 440 Hz, neli ja pool täisvõnke perioodi.
Kvantimissagedus: hall 44,1 kHz, punane 1000 Hz, sinine 500 Hz

1.3.2. Helifaili formaadid

Tavalisemad helifailid on Windowsis PCM wave (*.wav) ja Macintoshis Aiff (*.aiff).

Helifailid on väga suure andmemahuga: 16-bitises 44,1 kHz kvantimissagedusega helifailis on iga sekundi kohta $44\,100 \times 16 = 705\,600$ bitti = 705,6 kb. Stereofaili puhul lausa $2 \times 705,6 = 1411,2$ kb. See teeb minuti pikkuse faili kohta 84 672 kb.

Et failid võtaks arvutis vähem ruumi, pakitakse neid kokku. Pakkimisalgoritmid kasutavad ära inimese kuulmistaju iseärasusi ja viskavad failist välja info, mida inimene ei kuule. Näiteks kui me traktorimürina (see hääl madalas sageduspiirkonnas) taustal nagunii ei kuuleks linnulaulu (mis on kõrgetel sagedustel), siis selle linnulaulu arvelt hoiab pakitud helifail ruumi kokku. Niimoodi saab faile umbes 10 korda väiksemaks teha, ilma et me olulist erinevust kuuleksime. Pakitud helifailidest on kõige tavalisemad mp3 ja wma (Windows Media Audio). Kuigi need on tavaliselt peagu sama head kuulata, kui pakkimata failid, siis lainekeju on kohati tugevasti moonutatud. Seetõttu ei ole soovitatav pakitud failiformaati kasutada akustiliseks analüüsiks.

1.3.3. Näpunäiteid salvestamiseks

- Kui on võimalik kasutada stuudiot, tee salvestused seal. Studios ei ole taustamüra ja kaja, mis hiljem kõne analüüsi võiksid segama hakata.
- Kui stuudiot ei ole, vali salvestamiseks vaikne ruum, kus on võimalikult vähe kaja (kaja vastu aitavad raamaturiulid, vaibad, pehme mööbel).
- Lülita välja arvut, televiisor, raadio, ventilaator jms, vii tiksuv kell teise tuppa.
- Ära kasuta salvestamiseks mp3-mängijat või telefoni. Nende mikrofonid ja helitöötlusvahendid on enamasti väga viletsa kvaliteediga.
- Salvesta kindlasti wav-formaadis (või mõnes muus pakkimata formaadis).
- Kui on võimalik salvestamise seadeid muuta, eelista bititihedust 16 bitti ja kvantimissagedust 44,1 kHz. Siis on kindel, et failiformaat ühildub sinu arvuti helikaardi jms-ga. Ära kasuta seadet, mille bititihedus on 8 bitti või maksimaalne kvantimissagedus vähem kui 10 kHz.
- Parema tulemuse saad, kui kasutada eraldi mikrofoni.

Loe lisaks

Sundberg, Johan. Õpetus muusikahelidest. Scripta Musicalia, 1995. - peatükk 9. Muusika ja elektroonika

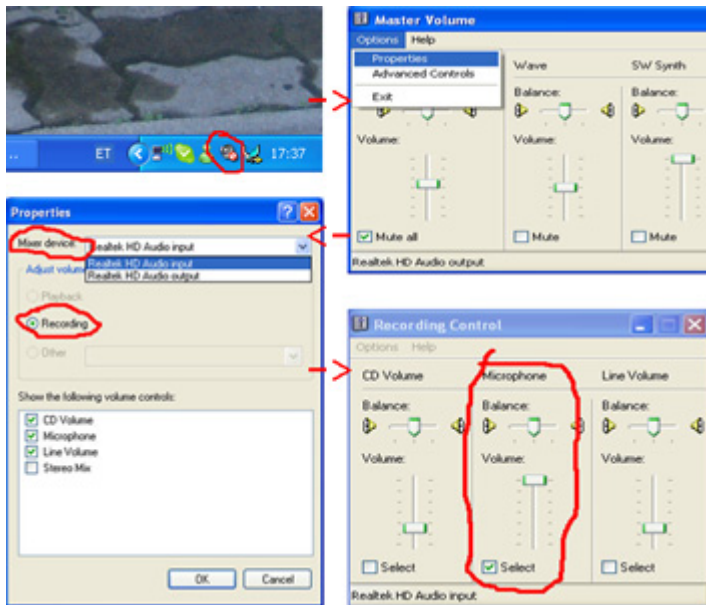
2.3. Heli salvestamine Praatiga

Kui sul on arvuti küljes mikrofoni ja tahad sellega salvestada kõnet, mida arvutis analüüsida, või sul on salvestus näiteks kassetil ja tahad seda arvutisse saada, siis siit leiad juhiseid, kuidas seda teha.

Kõigepealt veendu, et soovitud signaal tuleks üldse arvutisse.

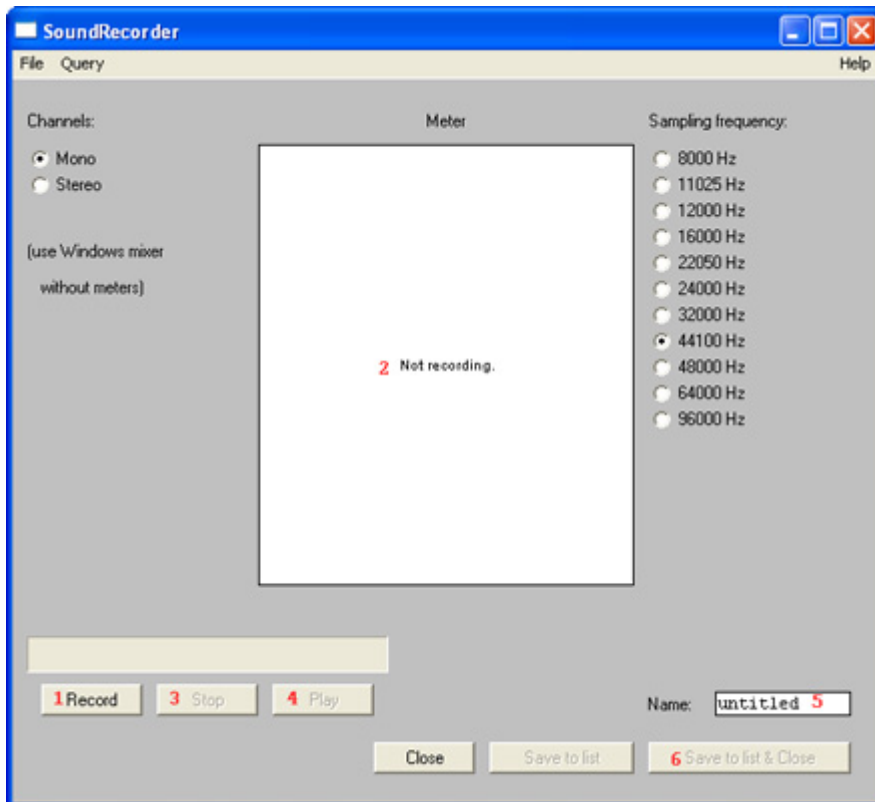
Kõigepealt kontrolli, et kaablid oleksid ühendatud. Kui soovid kasutada mikrofoni, siis see tuleb pista arvutil mikrofoni roosasse pessa, kui signaal peaks tulema makist, siis selle väljundist (makil kas LINE OUT või kui seda pole, siis HEADPHONES) tulev juhe tuleb pista arvutil LINE IN (sinisesse) pessa. Maki juhet ära pane mikrofoni pessa, nii võid helikaardi ära rikkuda (sest mikrofoni sisend on mõeldud nõrgemale signaalile ja tugevam signaal võib midagi läbi kärsatada).

Nüüd vaata üle arvuti heliseaded (õpetus käib operatsioonisüsteemi Windows kohta).



Taskbaril (ekraani all paremas nurgas kella kõrval) on kõlari pildiga ikoon (1), tee selle peal hiirega topeltklõps. Avaneb aken *Master volume* (2). Menüüst *Option > Properties* avaneb aken *Properties* (3). Vali sealt (sõltuvalt helikaardi tarkvarast, mis selles arvutis on) kas *Mixer device: Audio input* või *Adjust volume for Recording* ja klõpsa OK. Avaneb aken *Recording Control* (4). Vaata, et mikrofoni oleks valitud (tee linnuke kastis *Selected*) ja et mikrofoni nivoo ei oleks liiga madal.

Praati objektiaknas menüüst *New* leiad käsu *Record mono sound...* Avaneb aken, mille nimi on *Soundrecorder*. Vajutades nuppu *Record* (1) hakkab salvestama, ja kui on signaal, mida salvestada, siis valges kastis, mille kohal on kiri *Meter* (2) ja enne salvestamist kiri *Not recording*, hakkab roheliselt vilkuma salvestatava signaali tugevus. Kui signaal on liiga tugev ja tekivad moonutused, tuleb salvestusnivood *Windows Mixer*ist madalamaks keerata. *Stop* (3) lõpetab, *Play* (4) mängib salvestatut. Klõpsates uuesti nuppu *Record* alustatakse uut salvestamist ja varem salvestatu kustub.



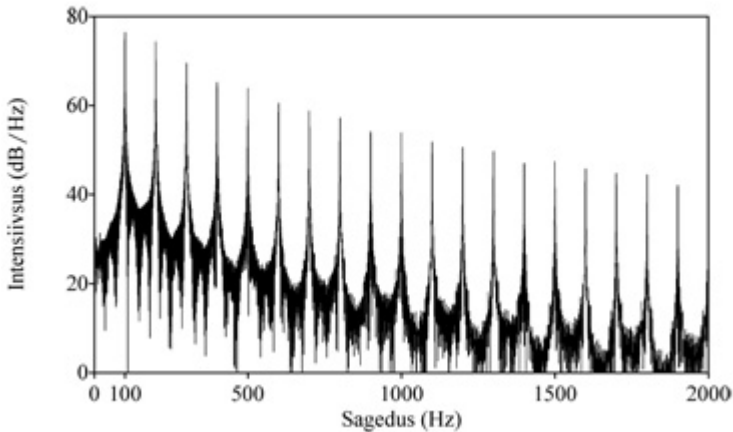
Praati Soundrecorderis saad valida kvantimissagedust (sampling frequency), mis vaikimisi on 44,1 kHz. Kui mälumaht on piiratud ja tead, mis on kõrgeim sagedus, mida tahad salvestada (vastavalt Nyquisti teoreemile, vt ptk 1.3), võid valida ka madalama kvantimissageduse.

Salvestatut saab helifailina salvestada: *File > Write to WAV file...*, see aga ei vii faili objektiaknasse ja objektiaknas tuleb avada *Read > Read from file...* Nupp *Save to list* viib salvestatu Praat objects aknasse objektiloendisse, aga ei salvesta failina. St enne Praati sulgemist saab salvestada failiks menüüst *Write > Write to WAV file...*

Kastikesse Name (5), kus on kiri „untitled“, saad panna nime, mis tulevasele Sound objektile antakse, nupp *Save to list & Close* (6) viib salvestatu objektiaknasse ja sulgeb Soundrecorder akna.

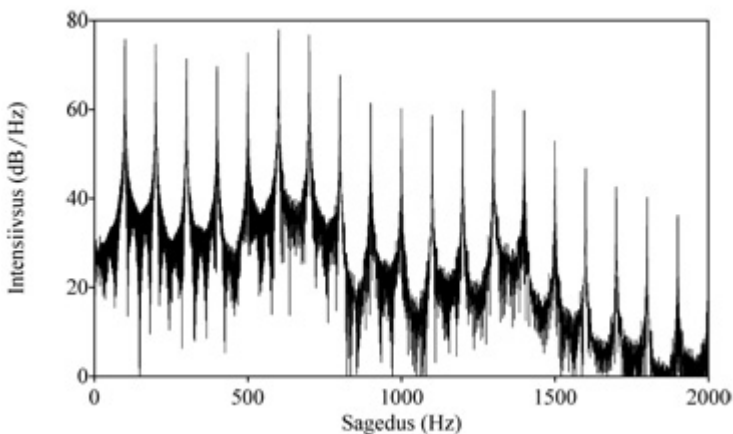
3.1. Spekter ja spektrogramm

Nagu me juba teame, on kõneheli liitheli, st kõneorganid tekitavad õhusakeste võnkumist korruga mitmel sagedusel. Häälekurrud võnguvad korruga oma kogupikkuses, samal ajal ka pooles, kolmveerandis, neljandikus jne pikkuses. Seega **häälepaelte tekitatava heli põhitoonil on täisarvkordsed ülemhelid**, mille intensiivsus langeb umbes 6 dB oktaavi kohta. (Põhitooni tähistatakse f_0 , ülemhelisid f_1 , f_2 , f_3 jne.) **Spekter** on läbilõige erinevate sagedusvahemike intensiivsusest, joonisel kujutatakse tavaliselt horisotaalteljel sagedust ja vertikaalteljel intensiivsust. Spektrit võib vaadata ühel ajahetkel või pikema aja jooksul.



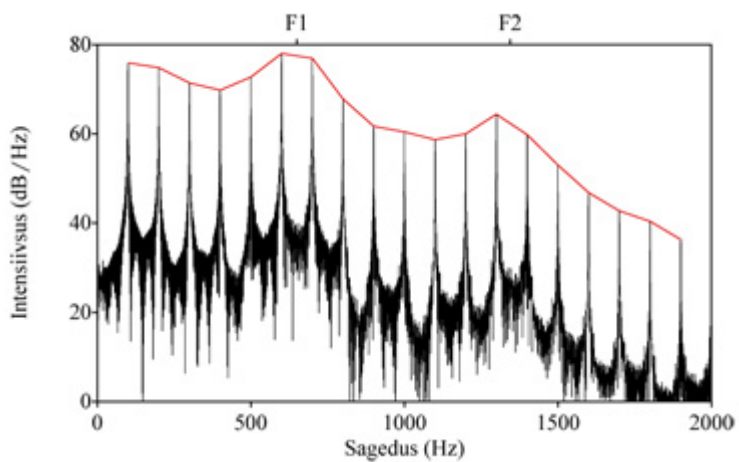
Joonis 3.1.1. Häälekurdude tekitatava heli spekter. Igale osahelile vastab üks "post": $f_0 = 100$ Hz, $f_1 = 200$ Hz, $f_3 = 300$ Hz jne.

Häälekurdudega inimese kõnetrakt ei lõppe. Edasi läheb hääl läbi suu, (ja nina) mida võib endale ette kujutada kui käänuga toru, mis ei ole ühtlase läbimõõduga. **Kõnetrakti kuju tingib mingite sagedusvahemike sumbumist ja teiste võimendumist**, mis omakorda muudab hääle kõla. Enamgi veel, just selle toru kuju muutmisega me anname kõneldes erinevatele häälikutele erineva kõla. Näiteks kui ütleme /a/, siis teeme suu suhteliselt lahti ja keel liigub suus taha- ja allapoole, tekitades sellise heli, nagu kujutatud joonisel 3.1.2.



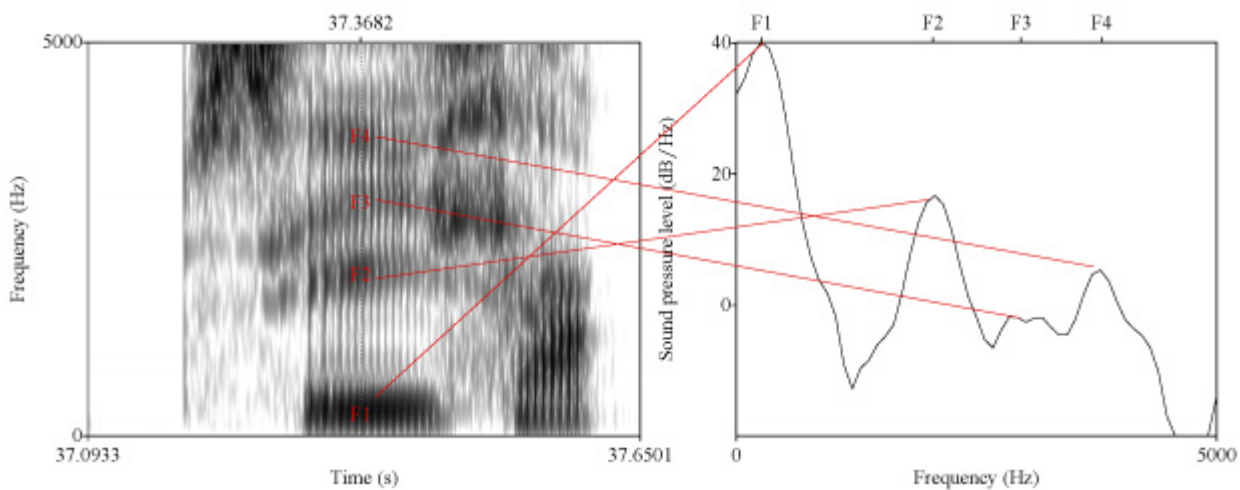
Joonis 3.1.2. Vokaali /a/ spekter.

Kui nüüd ühendada kõik ülemhelisageduste tipud omavahel joonega (seda joont nimetatakse spektri mähisjooneks), siis moodustuva kõvera pealt näeme kenasti, millised on sageduspiirkonnad, mis kõnetrakti poolt on üles võimendatud (vt joonis 3.1.3). **Spektri mähisjoone tippe nimetatakse formantideks**, tähistatakse F_1 , F_2 , F_3 jne. Formandid on eriti olulised just vokaalide kirjeldamisel, sest eriti F_1 ja F_2 on küllaltki tihedasti seotud keele asukohaga suus. Siin kujutatud vokaali $F_1 = 650$ Hz ja $F_2 = 1345$ Hz.



Joonis 3.1.3. Spektri mähisjoon, mis toob esile formandid.

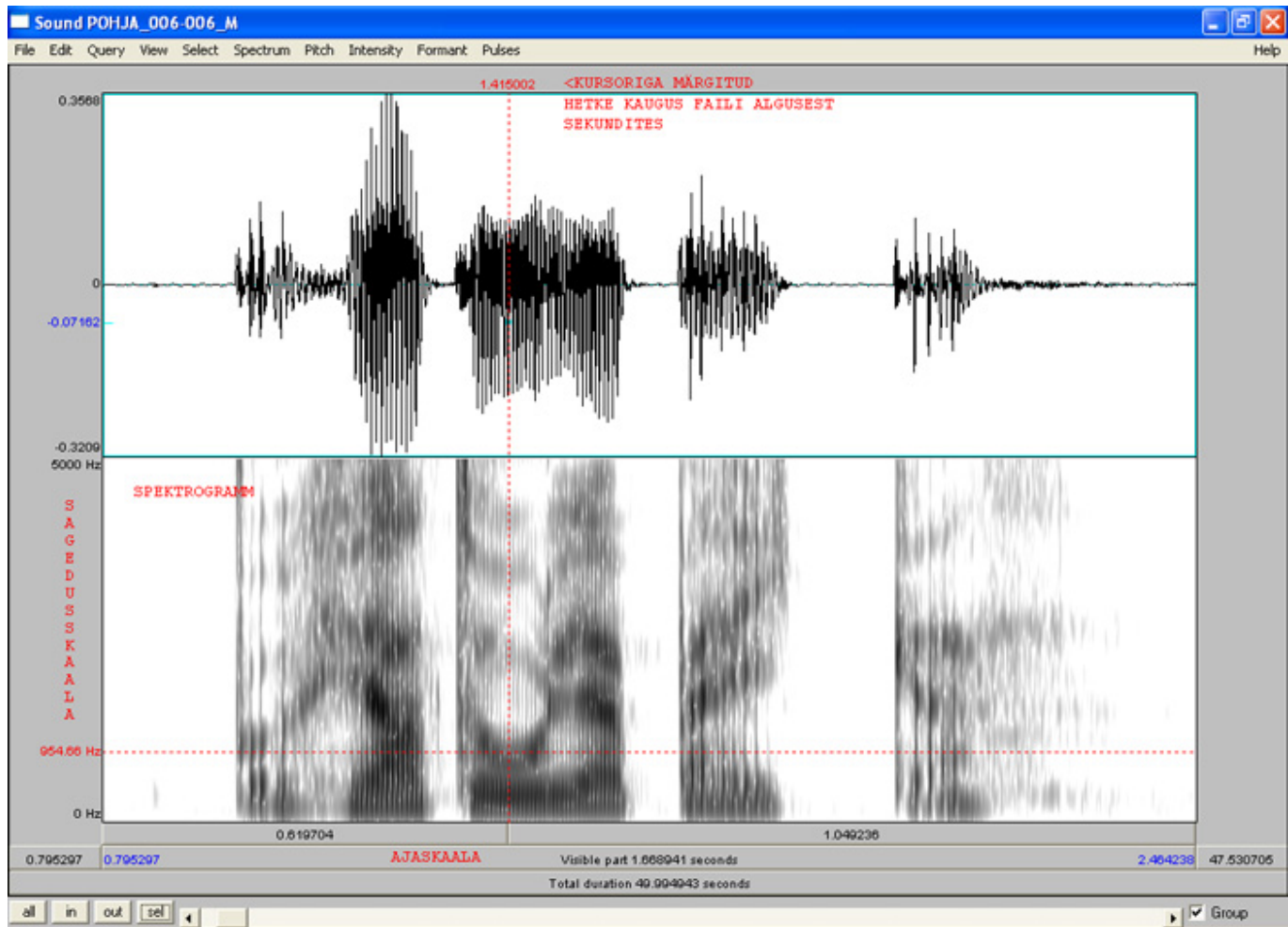
Spektril on kujutatud intensiivsus ja sagedus, aga puudub ajatelg. Nii on võimalik spektrit vaadata kas ühest ajahetkest või pikemast perioodist staatilisena. **Spektri muutusi ajas kujutab spektrogramm.** Spektrogrammil on kujutatud horisontaalteljel aeg, vertikaalteljel sagedus ning intensiivsust antakse edasi heleduse-tumedusega.



Joonis 3.1.4. Spektri ja spektrogrammi seosed.

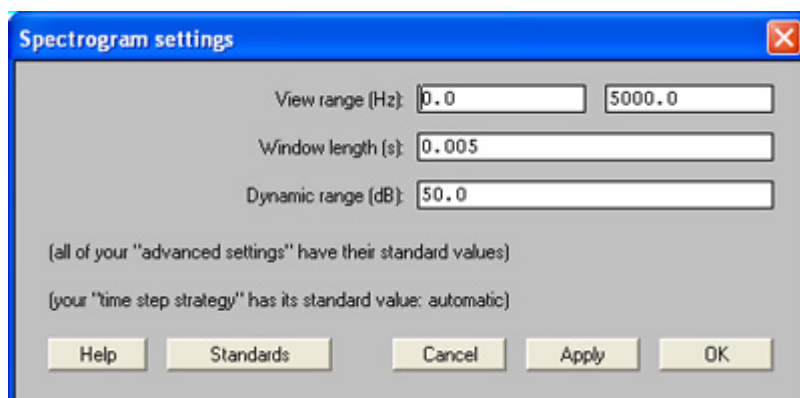
Nüüd Praati!

Ava Praat, ava käsuga *Read from file...* mõni helifail (näiteks [POHJA_006-006_M.wav](#)) ja ava helitoimetamisaken (SoundEditor) käsuga *Edit*.



Menüüst *View > Show analysis...* pane linnuke kasti **Show spectrogram**. Teistest kastidest võiks alustuseks linnukesed ära võtta. Nüüd peaks SoundEditori akna alumises pooles olema ainult spektrogramm. Spektrogrammil kujutatakse horisontaalteljel aega, vertikaalteljel sagedust ja heleduse-tumedusega antakse edasi intensiivsust. Sagedusskaala (vertikaalteljel) on paremal küljel mustade numbritega. Sagedusvahemik on vaikumisi 0-5000 Hz, selles vahemikus on ka kõnesignaalis enamik olulist informatsiooni. Vaikumisi näidatakse lairibaspektrogrammi, mis toob esile formandid (seega kõne häälikulise koostise, mitte häälekvaliteedi). Spektrogrammi kursor on risti kujuline, horisontaalselt liigub ajateljel (väärtus kuvatakse sekundites punase numbriga hellilaine kohale kursori ülemises otsas), vertikaalselt liigub sagedusteljel (väärtus spektrogrammist paremal punase numbriga hertsides).

Menüüst *Spectrum* käsk *Spectrogram settings...* avab dialoogiakna, kus saab muuta spektrogrammi seadeid.

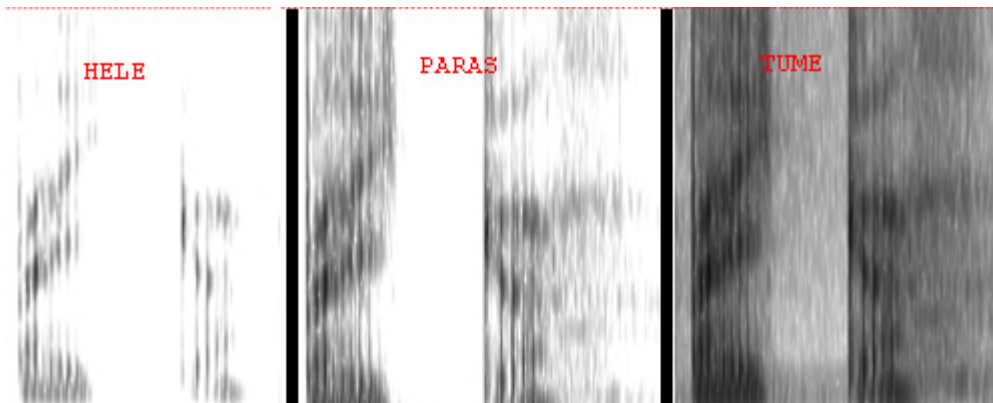


View range – ekraanil oleva spektrogrammi sagedusulatus. Vaikumisi väärtus on 0-5000 Hz, üldiselt kõne puhul sellest piisabki, ainult üksikute konsonantide puhul on oluline info kõrgemal kui 5000 Hz. Proovi, mis juhtub, kui kirjutad 5000 asemele näiteks 10000 ja vajutad *Apply*. Algeused saad tagasi, kui vajutad nuppu *Standards*.

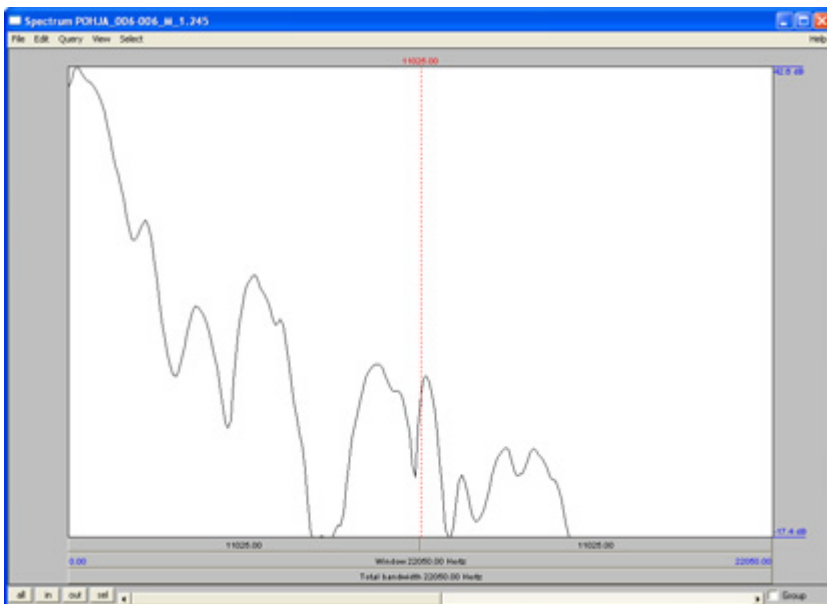
Window length – analüüsiakna suurus. Sellest sõltub, kas saame kitsaribalise või laiaribalise spektrogrammi. Vaikumisi väärtus on 0.005 sekundit, see annab **lairibaspektrogrammi, mis toob esile spektri mähisjoone e formandid**. Sõltuvalt hääle kõrgusest võib selle parameetriga mängimisest formantide selgema eristuse saada. Kitsaribalise

spektrogrammi saamiseks sobib 0.033 sekundit. **Kitsaribaline spektrogramm toob esile põhitooni täisarvkordsed ülemhelid.** Vaata kitsaribalist spektrogrammi. Otsi üles mõni vokaal. Kas mustad jutid on enam-vähem võrdsete vahedega?

Dynamic range - määrab spektrogrammi heleduse-tumeduse. Kui salvestuse nivoo on madal või väga tugev või müratase on kõrge, saab selle parameetriga mängides nähtavust parandada.



Et näha **ühe ajahetke spektrit** (kus puudub ajatelg, vertikaalteljel on intensiivsus ja horisontaalteljel sagedus), vali menüüst *Spectrum > View spectral slice*. See käsk teeb kursoriga valitud kohast Praati objektiaknasse uue objekti. See ei ole nüüd enam Sound objekt vaid Spectrum objekt. Vaata objektiakna dünaamilist menüüd: seal on hoopis teine valik käske (näiteks Play puudub hoopis).



Iga objektitüübi puhul on toimetamisaken (see, mis avaneb käsuga *Edit*) pisut erinev. Spectrum objekti puhul on toimetamisaknas spekter, mille horisontaalteljel on sagedus ja vertikaalteljel intensiivsus, ajatelge ei ole. Spektri tipud peaksid olema samadel sagedustel, kus spektrogramm on kõige tumedam.

Nii nagu Soundeditoris on võimalik valida mingi lõik ajateljel ja ainult seda kuulata, kopeerida ja lõigata, on SpectrumEditoris võimalik valida üks sagedusvahemik ja ainult seda kuulata.

Kuulata saab muidugi juhul, kui tegemist on pikema aja spektriga. Näiteks kogu helifailist saad teha Spectrum objekti objektiaknas. Kõigepealt vali Sound objekt. Nüüd otsi dünaamilisest menüüst nupp *Spectrum-* ja avanenud alamenüüst *To spectrum...*, dialoogiaknas vajuta *OK*. Nüüd tekib uus Spectrum objekt. Ava SpectrumEditoris (käsuga *Edit*). Kui nüüd valid mingi lõigu (sagedusteljel), saad kuulata, kuidas kõlab kõne ainult valitud sagedusvahemikus. Menüüst *Edit* leiad käsud *Pass band...* ja *Stop band...* Proovi, mida need käsud teevad.

Kasulik näpunäide: Peagu iga dialoogiakna (aken, kus küsitakse mingeid parameetreid) juures on nupp **Help**, mis viib otse Praati juhendi vastava peatüki juurde, kus on seletatud, mis on analüüsi vajalikud parameetrid jne. Praati juhend on risti-rästi hüperlingitud, nii et iga peatüki lõpus on lingid sarnastele lehekülgedele ja terminid, mis võib-olla vajaksid seletamist, on teksti sees lingitud. Küllalt tihti on manuaalis lausa ära toodud valem või algoritm, mille alusel analüüsi tehakse. Vahel on

seda vaja...

Loe lisaks

Osamu Fujimura and Donna Erickson. Acoustic Phonetics. -- William J. Hardcastle and John Laver (Eds.) The Handbook of Phonetic Sciences. Blackwell Publishers, 1999.

3.2. Häälikud

Häälik e foneem on keele väikseim tähendust eristav üksus. Häälikud jagunevad kõige laiemalt vokaalideks ja konsonantideks, kõne moodustub vokaalide ja konsonantide vaheldumisest. Enamikus keeltes moodustavad vokaalid silbi tuuma ja konsonandid täidavad silbi algused ja lõpud. Vokaalid on enamasti helilised (häälekurrud võnguvad) ja nende hääldamisel puudub suuõõne keskosas ahtus või sulg, nii et õhk pääseb vabalt välja. Konsonandid on siis vastavalt need häälikud, mis üldiselt silpi ei moodusta ja mille moodustamiseks tekitatakse suuõõnde ahtus või sulg.

Häälikute kirjapanemiseks kasutatakse foneetilist transkriptsiooni. Kõige levinum foneetiline transkriptsioon on [IPA e International Phonetic Alphabet](#).

Konsonandid

Konsonante kirjeldatakse **moodustuskoha ja moodustusviisi järgi**. Allpool on IPA konsonanditabel, kus foneemid, mis eesti keeles on olemas, on märgitud punasega.

CONSONANTS (PULMONIC)

	Bilabial	Labiodental	Dental	Alveolar	Postalveolar	Retroflex	Palatal	Velar	Uvular	Pharyngeal	Glottal
Plosive	p b			t d		ʈ ɖ	c ɟ	k ɡ	q ɢ		ʔ
Nasal	m	ɱ		n		ɳ	ɲ	ŋ	ɴ		
Trill	ʙ			r					ʀ		
Tap or Flap				ɾ		ɽ					
Fricative	ɸ β	f v	θ ð	s z	ʃ ʒ	ʂ ʐ	ç ʝ	x ɣ	χ ʁ	ħ ʕ	h ɦ
Lateral fricative				ɬ ɮ							
Approximant		ʋ		ɹ		ɻ	j	ɰ			
Lateral approximant				l		ɭ	ʎ	ʟ			

Where symbols appear in pairs, the one to the right represents a voiced consonant. Shaded areas denote articulations judged impossible.

Inimese kõneorganid liiguvad sujuvalt ühest positsioonist teise. Seetõttu ei ole kõnevoolus väga selgeid piire eri häälikute vahel, samuti ei ole üks häälik kogu pikkuses sama kvaliteediga, vaid kõik on pidevas muutumises. Üleminekuid ühelt häälikult teisele nimetatakse siireteks. Konsonante, eriti klusiile, iseloomustavadki rohkem siirded kui häälik ise. Lisaks sellele mõjutavad lähestikku asuvad häälikud üksteist, nii et erinevas kontekstis võib sama häälik olla väga erineva kvaliteediga. **Häälikutel võivad olla allofoonid**: kontekstist või kõnelejust tingitud erinevad hääldusvariandid, mis ei erista tähendust. Näiteks on eesti keeles häälikul /n/ allofoon, mis esineb ainult /k/ ees.

Vahemärkus: segadused eesti keele kirjaviisiga

Maailmas on palju erinevaid kirjaviise, millest osadel pole üldse hääldusega mingit seost (piltkirjad), mõnel on palju keerulisi reegleid (inglise) ja mõned on enam-vähem häälduspärased. Eesti keele kirjaviisi on kombeks reklaamida kui "häälduspärast", ja see on tegelikult mõnevõrra eksitav. Üldiselt märgitakse kirjas lühikesi häälikuid ühekordse, pikki kahekordse tähega. Seda, kas välde on pikk või ülipikk, otsustatakse konteksti ja keeleteadmise põhjal. Seega, kui on kirjutatud sõna *jaama*, ei tea me, kas lugeda seda teisevältelisena (omastava käände vormina) või kolmandavältelisena (osastava või sisseütleva käände vormina). Me saame seda teada alles siis, kui see sõna on lauses: *Käisin jaama puhvetis* või *Rong sõitis jaama*.

Et süsteemi ikka keerulisemaks ajada, on otsustatud sulghäälikuid teistmoodi märkida. Ladina tähestikus on tähed /b, d, g/ heliliste klusiilide märkimiseks ja /p, t, k/ helitute häälikute märkimiseks. Heliline tähendab seda, et hääldamise ajal häälekurrud töötavad, helitu hääliku hääldamise ajal ei tööta. Kuna eesti keeles ei ole klusiilidel helilise ja helitu vastandust (inglise keeles on sõnades *banana* ja *potato* esimene häälik erinev, eesti keele sõnades *banaan* ja *potogand* on esimene häälik sama), on hakatud n.-õ. vabaks jäänud tähemärke kasutama pikkuse märkimiseks. Klusiile märgitakse nii, et lühikest helitut häälikut tähistab täht, mis peaks tähistama helilist häälikut (b, d, g), pikka märgitakse ühekordse tähega ja ülipikka kahekordse tähega. Sama lugu on häälikutega /f/ ja /š/: lühikesena neid häälikuid muidu kui sõnaalguses ei esine ja kuna neil

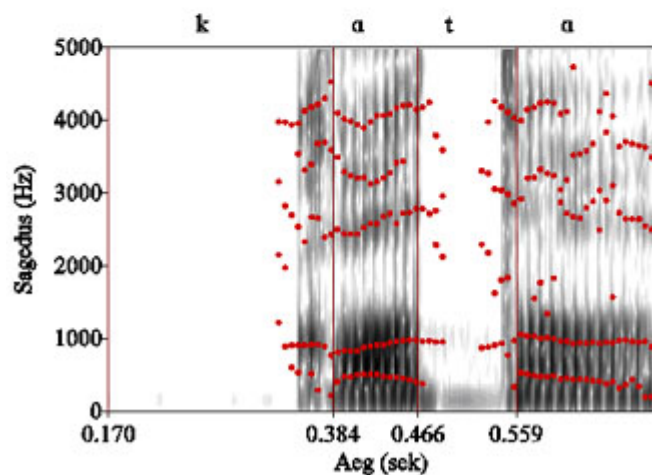
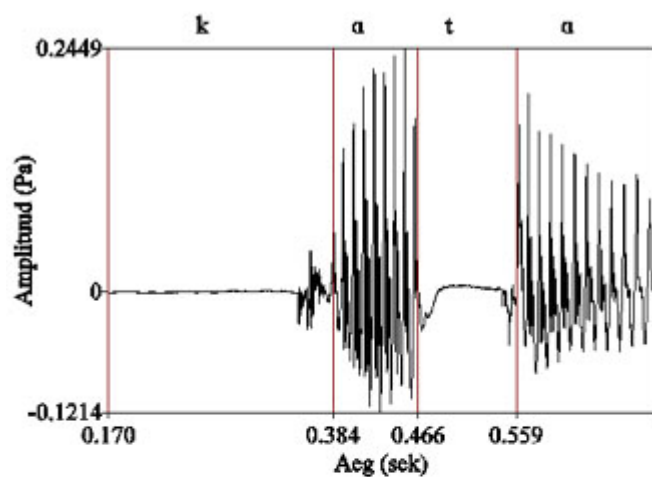
saab olla kaks pikkust – pikk ja ülipikk – märgitakse sõna sees pikk häälik ühekordse ja ülipikk kahekordse tähega. Kokkuvõttes on kirjaviisi tehtud viie hääliku kirjutamise lihtsustamise nimel oluliselt keerulisemaks.

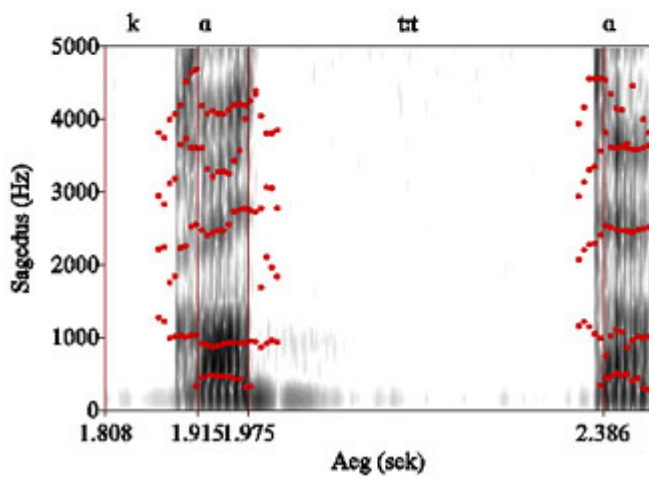
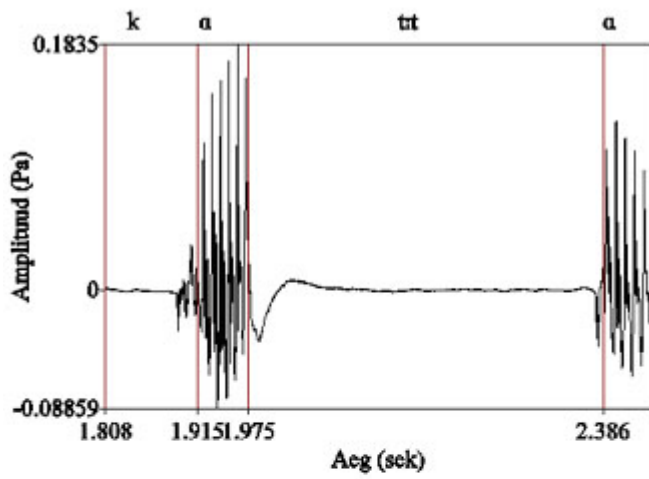
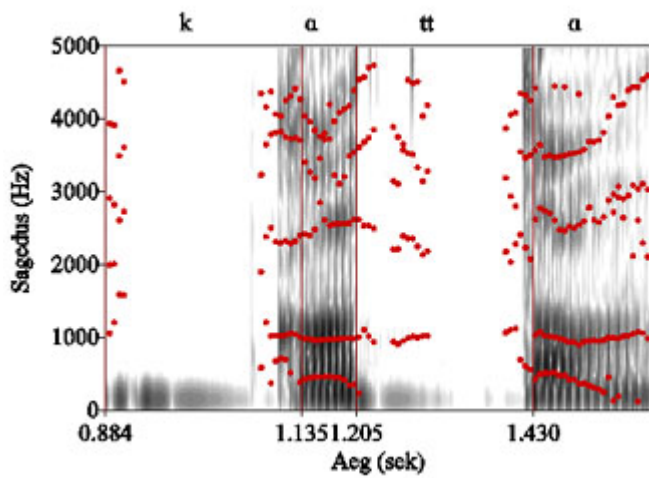
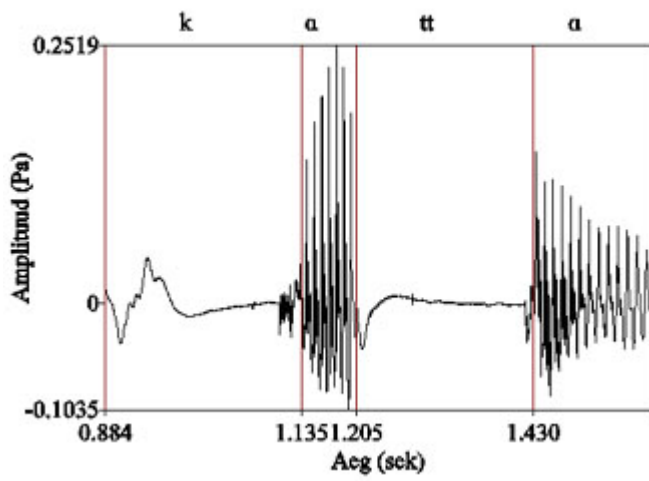
Nüüd Praati!

Lae alla failid [konsonandid.wav](#) ja [konsonandid.TextGrid](#) (klõpsa lingil paremat hiireklahvi ja vali menüüst *Save Target As...*). Ava mõlemad failid Praatis (Praati objektiaknas *Read > Read from file...*). Vali mõlemad objektid (Sound ja TextGrid): klõpsa hiirega ühe peal ja vea teise peale klahvi all hoides või klõpsa ühe peal, vajuta alla CTRL-klahv ja klõpsa teise peal. Ava toimetamisaken (vajuta nuppu *Edit*).

Klusiilid e sulghäälikud

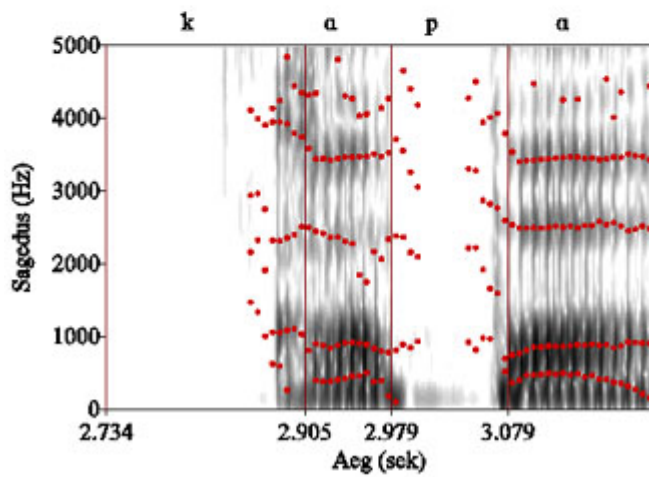
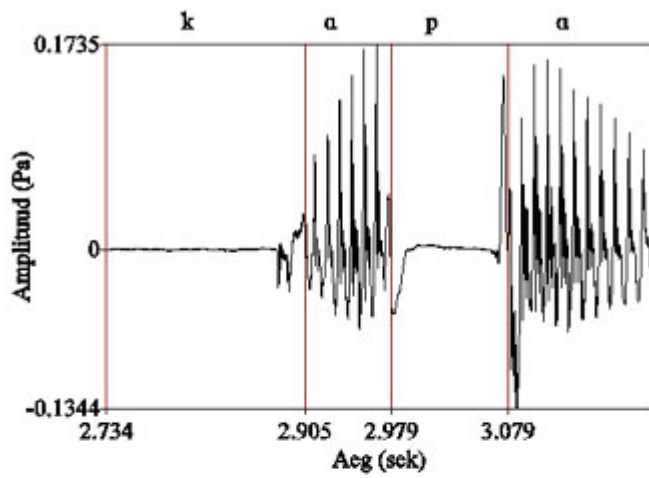
Helitu alveolaarne klusiil /t/





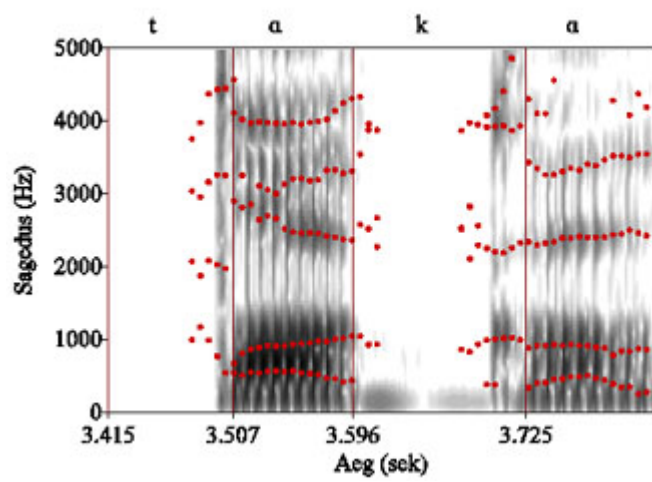
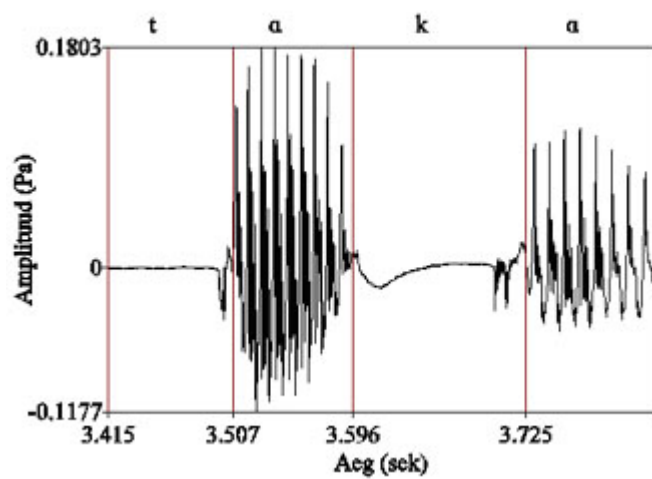
/t/ moodustamisel surutakse keeleselja eesosa vastu hambasompe e. alveole. Niimoodi tekib sulg, mis akustiliselt on vaikus ja amplituud on null, spekrogramm on selle koha pealt valge. Kui sulg vallandub, tekib eksplosioon e. lühike vali müra, mis kestab paari võnke jagu, spekrogrammil on selle koha peal üsna ühtlaselt hall. Eksplosioon kestab enamasti umbes 5-20 millisekundit (ehk 0,005-0,025 sekundit).

Helitu bilabiaalne klusiil /p/



/p/ moodustamisel surutakse kokku huuled, tekib sulg, sulu vallandumisel eksplosioon.

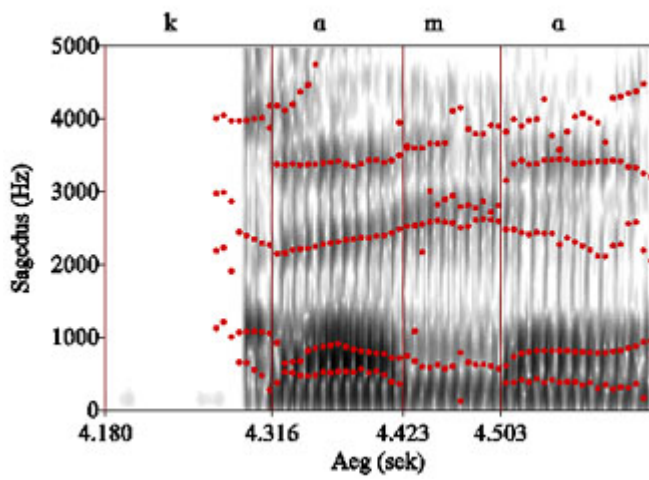
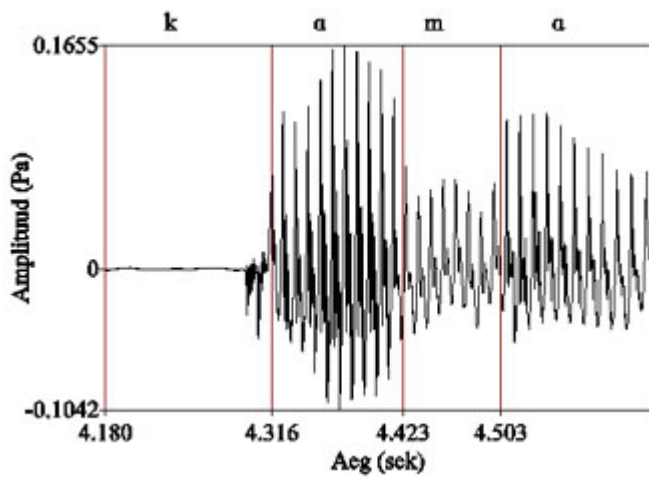
Helitu velaarne klusiil /k/



/k/ moodustamisel surutakse keeleselg vastu pehmet suulage (velum). Tekib sulg, sulu vallandumisel eksplosioon.

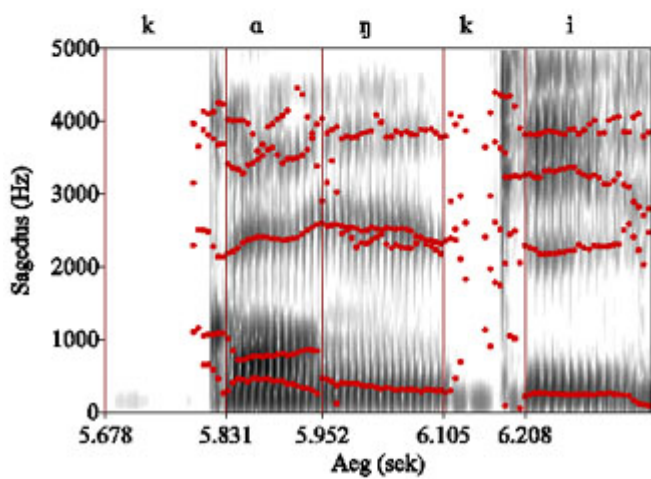
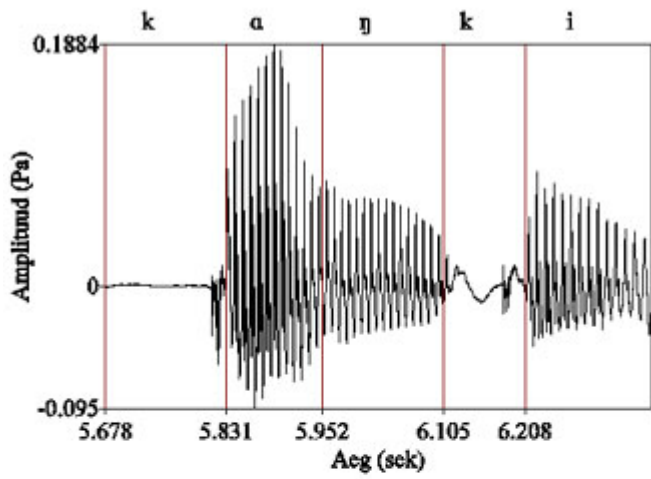
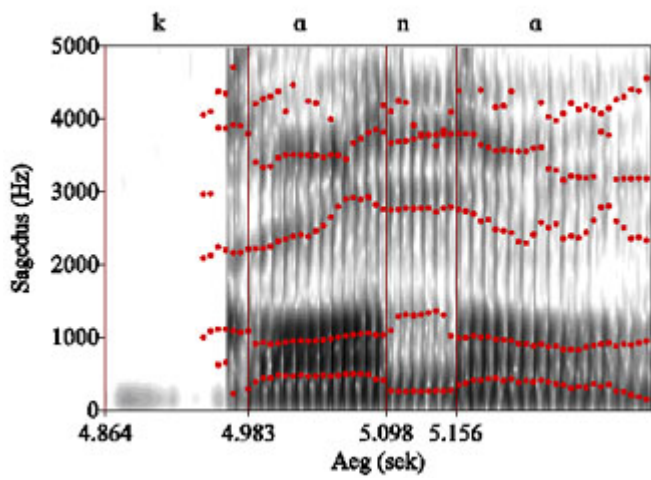
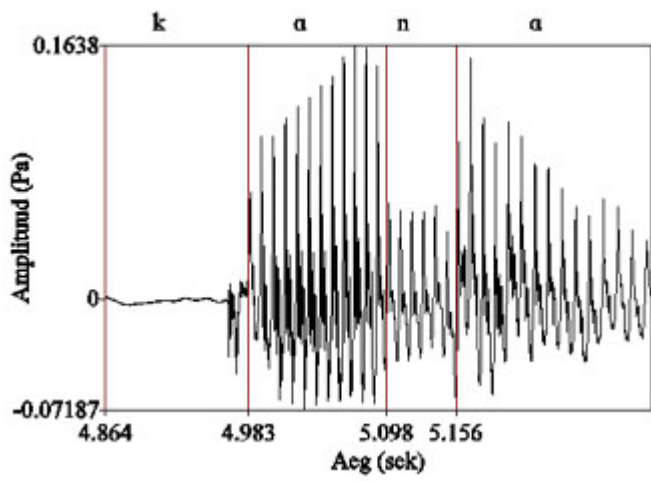
Nasaalid

Bilabiaalne nasaal /m/



/m/ hääldamisel surutakse huuled kokku, tekib sulg, mistõttu suu kaudu õhk välja ei pääse. Õhk pääseb välja nina kaudu. Häälekurrud vibreerivad ja häälik on heliline. [m] intensiivsus on väiksem kui vokaalidel, seega helilainel on väiksem amplituud. Spektrogrammil on näha ka väiksem intensiivsus (spektrogramm on heledam) ja formantstruktuur on ka erinev kui vokaalidel.

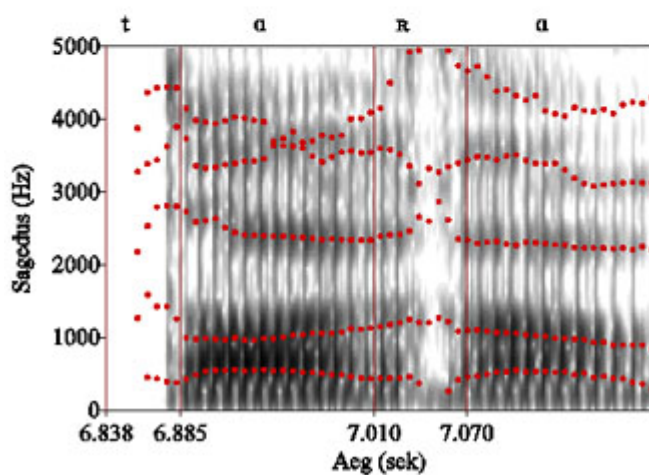
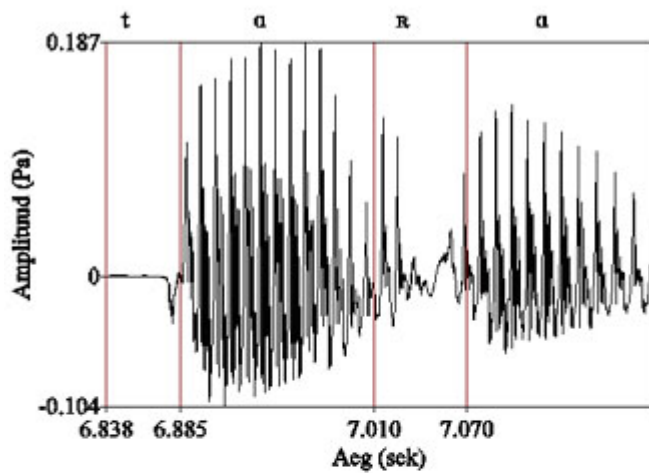
Alveolaarne nasaal /n/

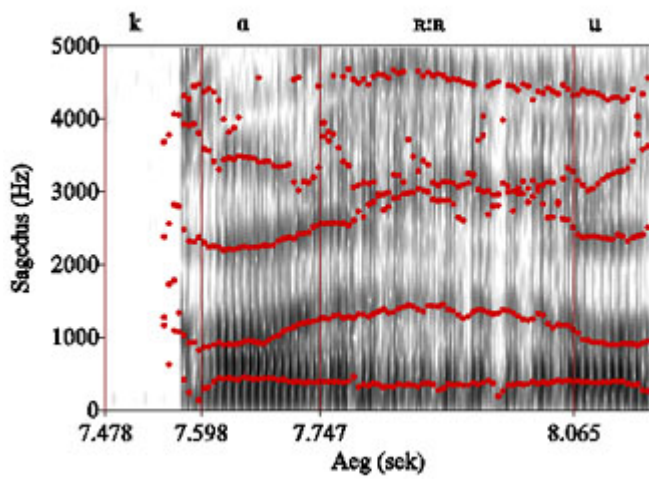
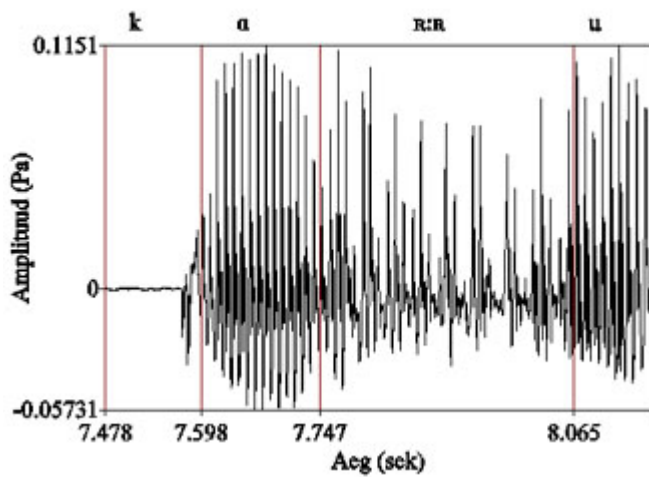


/n/ hääldamisel surutakse keeleselja eesosa vastu hambasompe, õhk pääseb välja nina kaudu. Häälik on heliline. /n/ häälikul on ka üks allofoon, moodustuskohalt velaarne nasaal, mis esineb ainult velaarise klusiili /k/ ees. See tähendab, et /k/ ees ei tekitata sulgu mitte keeleselja eesosa ja hambasompude vahel vaid keeleselja ja pehme suulae vahel. See on aga allofoon, mitte eraldi foneem, sest esineb ainult kindlas kontekstis ja tähendust ei erista.

Tremulandid e värihäälikud

Alveolaarne tremulant /r/

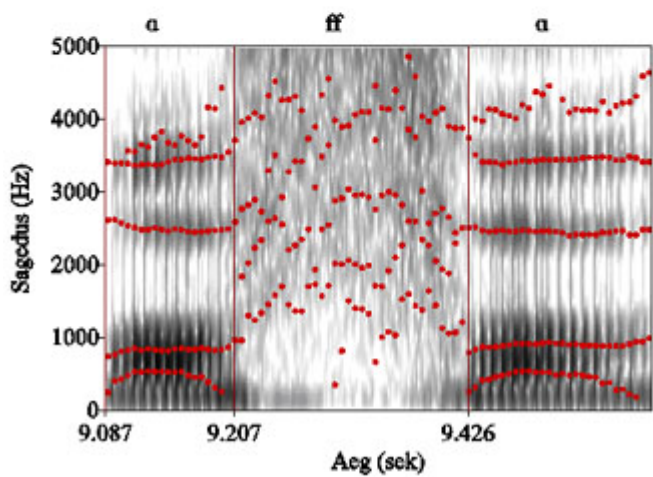
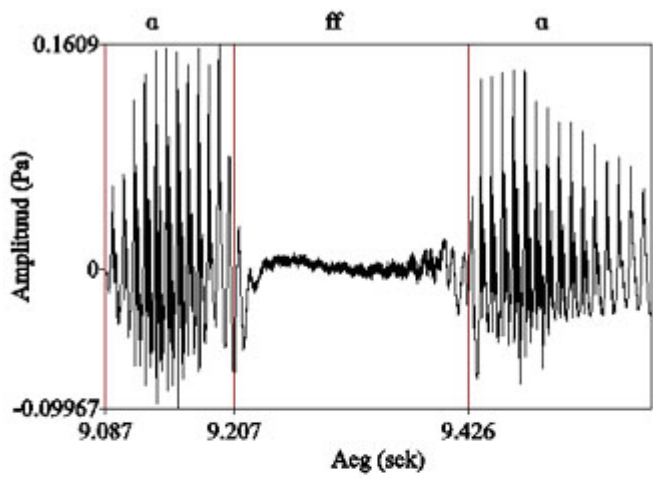
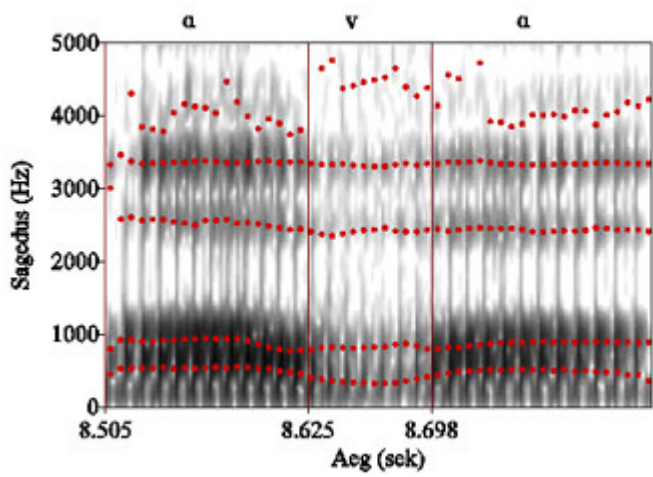
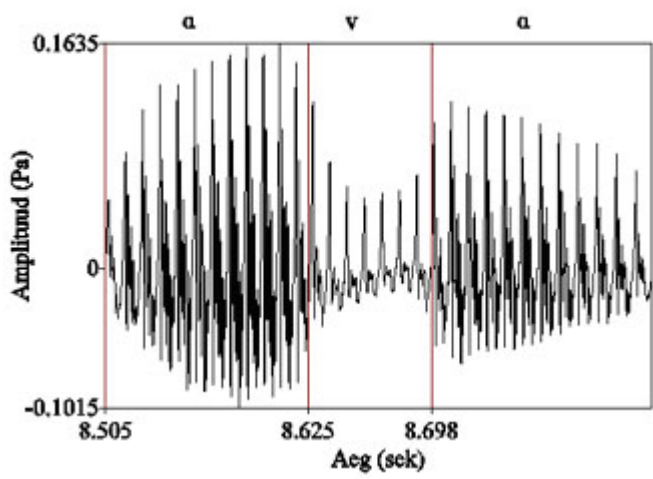


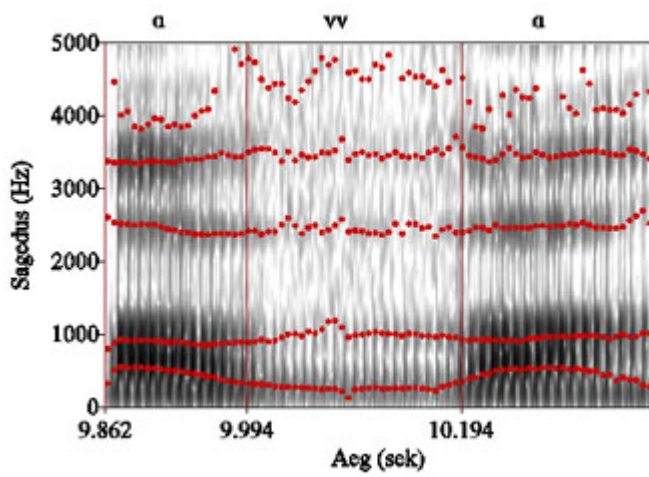
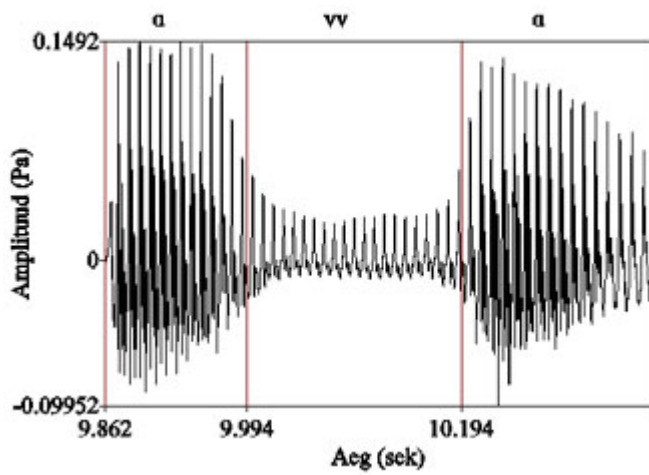


Üks varieeruvama hääldusega häälikuid on /r/, ja mitte ainult eesti keeles. Eesti keeles on tavaline alveolaarne tremulant, st keeletipp väriseb hambasompude juures, moodustades kiiresti seeria sulge ja vallandumisi. Kuid küllaltki levinud on uvulaarne tremulant e. „kurgu /r/“, st väriseb hoopis kurgunibu. Inglise keele /r/ on hoopis alveolaarne retrofleksne poolvokaal (muidugi on inglise keele murdeid, kus esineb teistsugune /r/).

Frikatiivid e hõordhäälikud

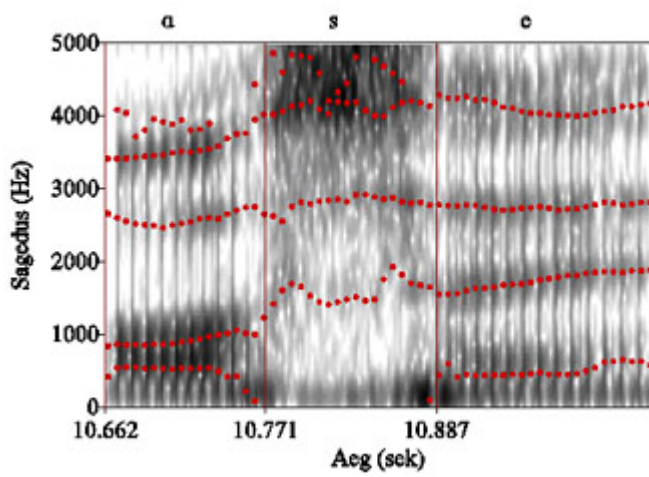
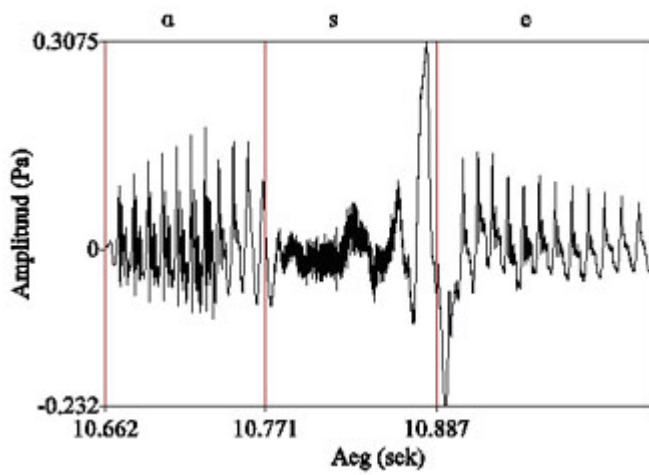
Labiodentaalsed frikatiivid /v/ ja /f/





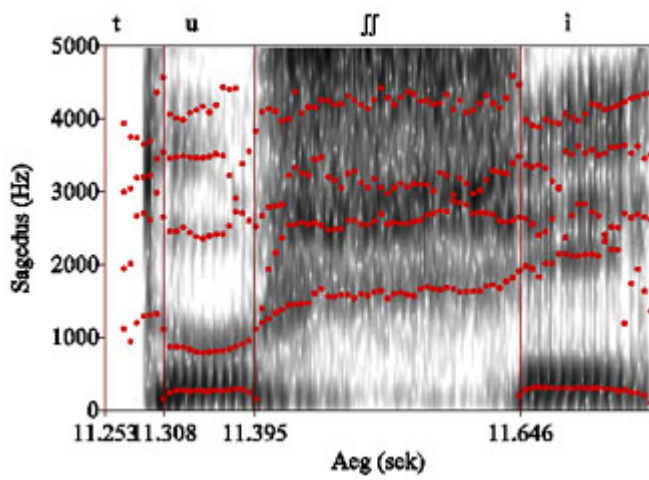
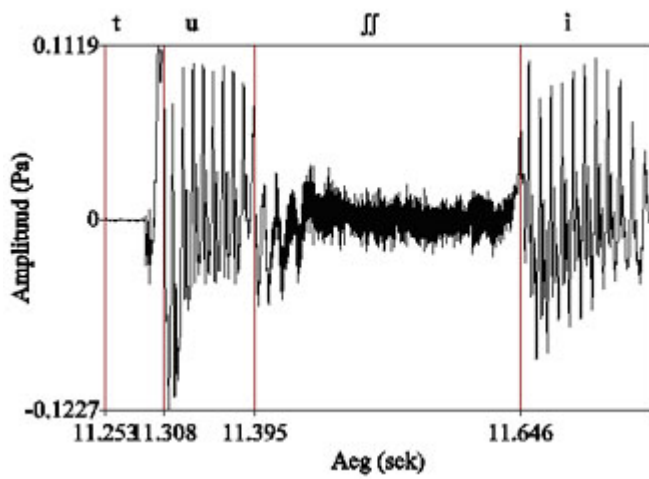
Labiodentaale e. huul-hammashäälikuid moodustatakse nii, et surutakse ülahuul vastu alumisi hambaid. Labiodentaalsete frikatiivide puhul tekitatakse niimoodi ahtus (kitsus), kust õhku läbi surutakse, nii tekib hõõrdumiskahin. /v/ on heliline, häälekurrud vibreerivad ja helilaine on perioodiline. /f/ helitu, helilaine on korrapäratu.

Helitu alveolaarne frikatiiv /s/



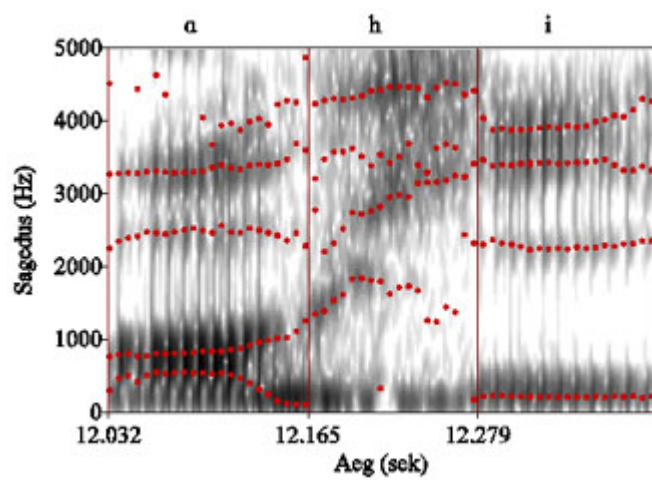
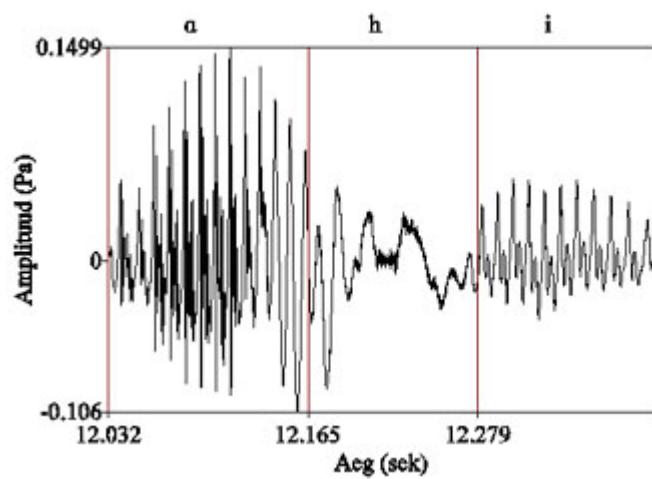
/s/ hääldamisel surutakse keele küljed vastu hambasompe nii, et keeletipu ja hambasompude keskkoha vahele jääb kitsuke pilu. Sealt õhku läbi surudes õhuvoog hõõrdub ja tekib hõõrdumiskahin. /s/ on eesti keeles enamasti helitu.

Helitu postalveolaarne frikatiiv /š/



/š/ moodustuskoht (hambasompude ja kõva suulae vahel) on pisut tagapoolsem kui /s/-il, kõik muu on muidu sama. Eesti keeles esineb /š/ ainult võõrsõnades ja lühikesena ainult sõna alguses.

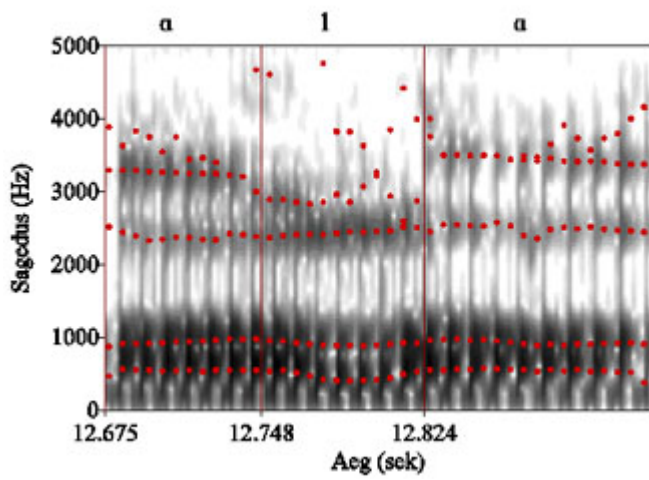
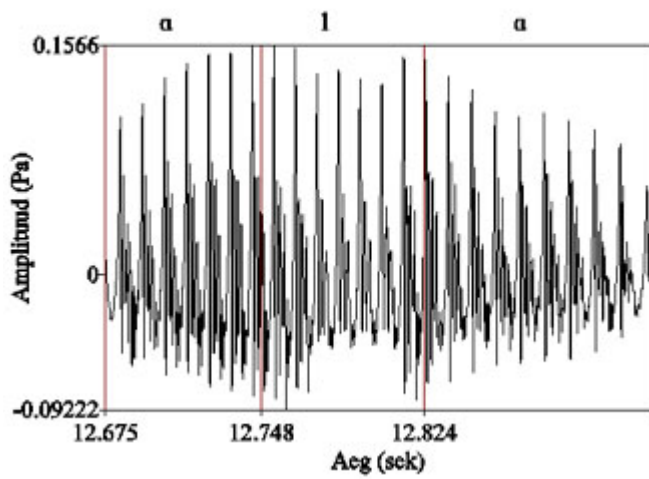
Helitu glotaalne frikatiiv /h/



Kõris moodustatakse kitsus, kust õhku läbi surudes tekib hõõrdumiskahin.

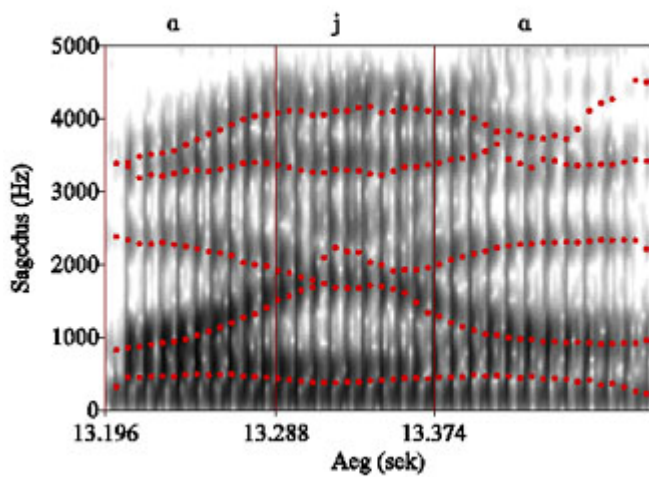
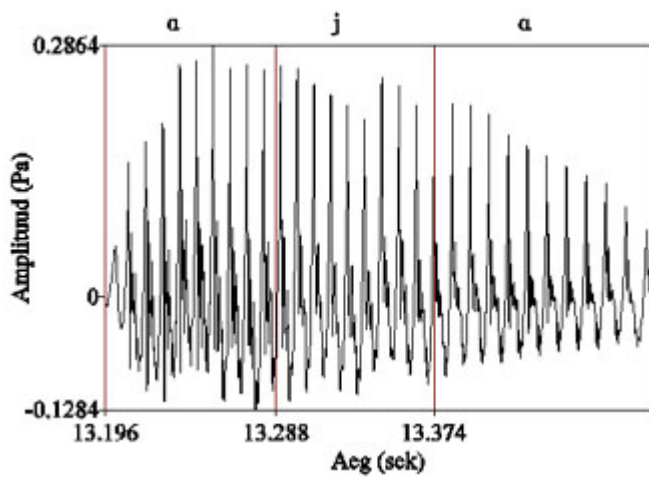
Liikvidad e sulahäälikud

Alveolaarne lateraal /l/



/l/ hääldamisel pannakse keeletipp vastu hambasompe nii, et õhk pääseb vabalt liikuma keele külgedelt. /l/-i peetakse vahel ka poolvokaaliks, seetõttu on akustiliselt vahel raske vokaali ja /l/-i piiri leida. Tavaliselt on intensiivsus siiski pisut väiksem ja formantstruktuur ka erinev.

Palataalne poolvokaal /j/



Poolvokaal /j/ erineb vokaalilt /i/ ainult intensiivsema häälduse poolest. Selget piiri vokaalidel ja /j/-l tavaliselt pole, on siirded formantstruktuuris, mis liiguvad sujuvalt ühelt häälikult teisele. Tavaliselt pannakse vokaali ja /j/ piiri siirde keskele.

Loe lisaks

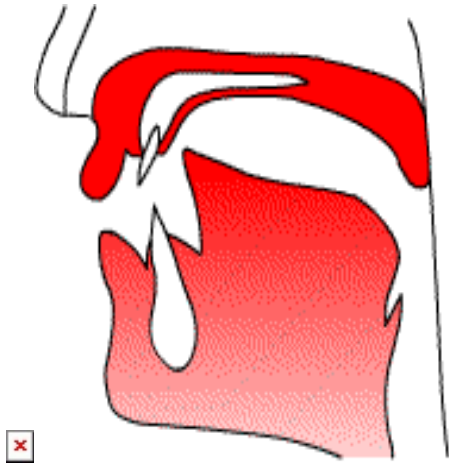
Foneetika peatükk (2. peatükk) õpikust **Fred Karlsson**. Üldkeeleteadus. Tallinn: Eesti Keele Sihtasutus, 2002.

Ariste, Paul. Eesti keele foneetika. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1953.

Asu, Eva-Liina & Pire Teras. 2009. Illustrations of the IPA. Estonian. *Journal of the International Phonetic Association*, 39/3, 367-372.

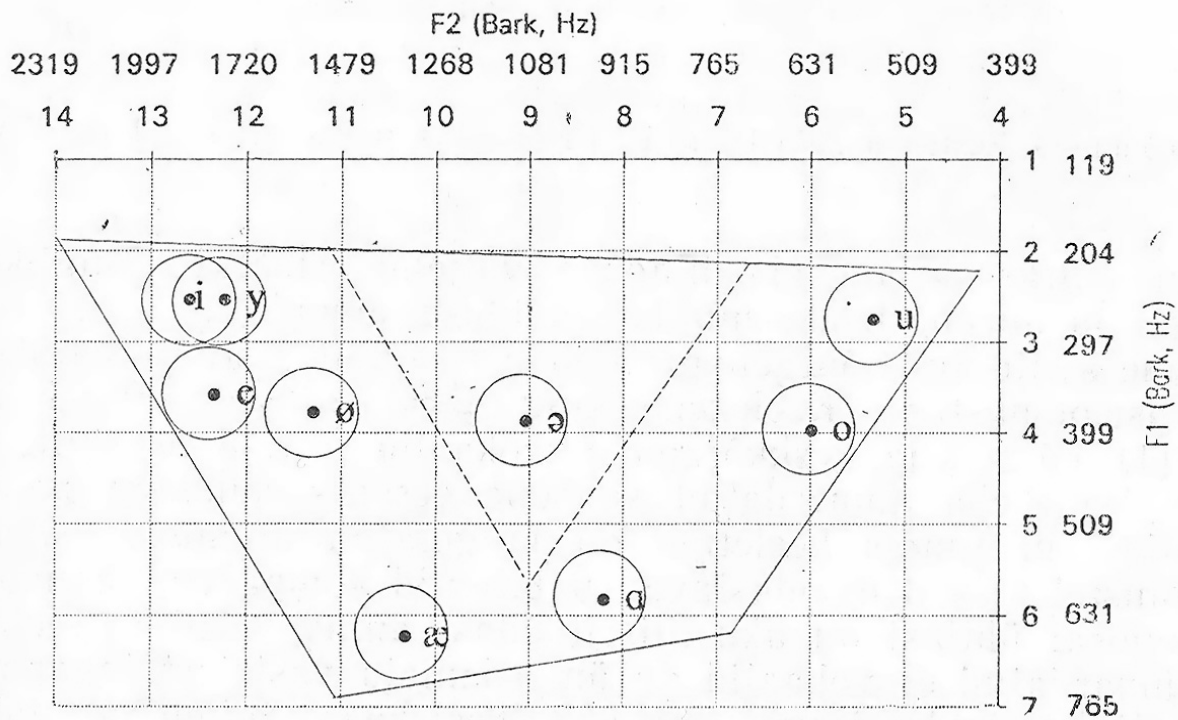
4.1. Formantanalüüs, vokaalid

Häälikud jagunevad vokaalideks ehk täishäälikuteks ja konsonantideks ehk kaashäälikuteks. Vokaale hääldatakse avatud suuga, kopsudest tulev õhk vaba suu kaudu välja tulema. Konsonantide puhul moodustatakse kuhugi ahtus või sulg. Vokaale jagatakse nende moodustuskoha järgi. Esiteks jagunevad vokaalid kõrgeteks (inglise keeles *close*) ja madalateks (*open*) – suu on kas vähem või rohkem avatud ning keel asub suus kõrgel või madalal. Teiseks jagatakse vokaalid ees- ja tagavokaalideks. Eesvokaalide puhul on keeletipp hammastele lähemal, tagavokaalide puhul hammastest kaugemal. Kolmandaks jagatakse vokaale labiaalseteks (rounded) ja illabiaalseteks (unrounded) selle järgi, kas hääldamisel on huuled ümardatud või mitte.



Seda, kuidas kõneorganid mingi hääliku hääldamisel paiknevad, saab uurida näiteks ultraheliga. Aga kõneorganite asukoha kohta saab järeldusi teha ka akustilise signaali põhjal. Kuna kõneorganeid liigutades muudetakse kõnetrakti kuju, siis kõnetrakti erinev kuju summutab ja võimendab häälekurdudest tulevat signaali kindlates sagedusvahemikes. Seda kajastab spektrimähisjoon: spektri mähisjoone tipud ehk **formandid iseloomustavad häälikute moodustuskoha**. Vokaalide puhul:

- esimese formandi (F1) väärtus on seda suurem, mida avatum on suu;
- teise formandi (F2) väärtus on seda suurem, kui keel on suus eespool;
- kolmanda formandi (F3) väärtus sõltub huulte ümardatusest.



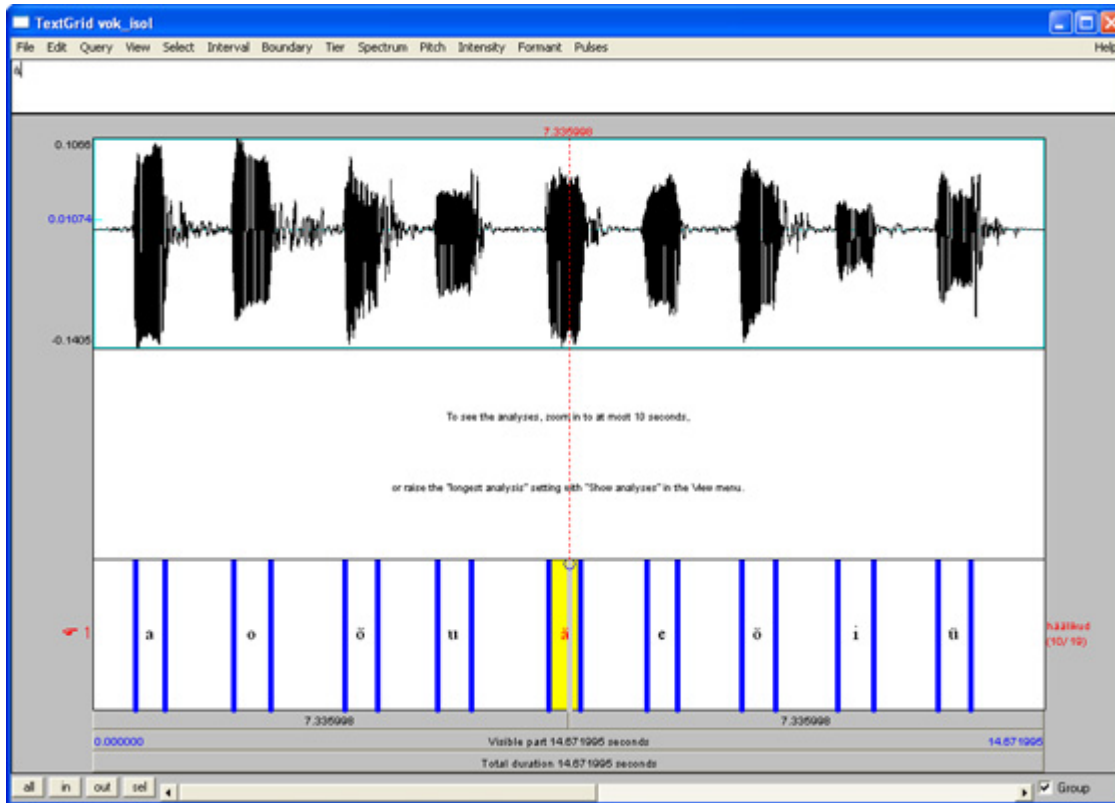
Joonis 2. Eesti vokaalid F1 ja F2 hääldusruumis esitatuna traditsioonilise vokaalide nelinurgana. Vokaali F1 ja F2 ruumipunkti piirab bargi ring. Kasutatakse bargi skaalat koos vastavate väärtustega hertsides. Meeshäääl (E. K.).

Joonis 4.1.2. Eesti keele vokaalid. Arvo Eek, Einar Meister 1994. Eesti vokaalide sihtväärtused hääldus- ja tajuruumis. – Keel ja Kirjandus nr 7-9.

Nüüd Praati!

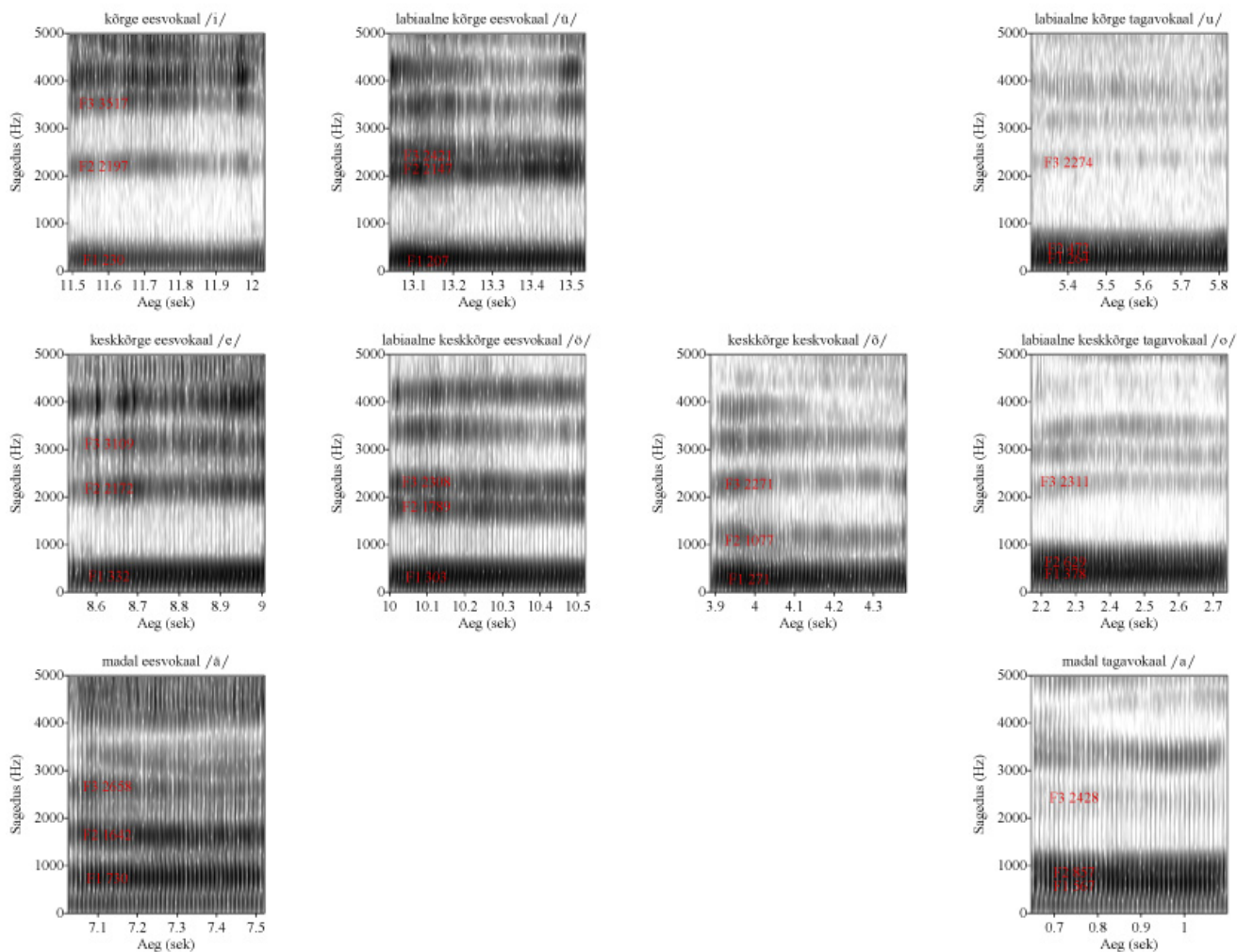
Lae oma arvutisse helifail [isoleeritud_vokaalid.wav](#) ja selle transkriptsioonifail [isoleeritud_vokaalid.TextGrid](#) (klõpsa mõlemal lingil PAREMAT hiireklahvi ja vali menüüst käsk Save Target As...)

Ava mõlemad failid Praatis (Praati objektiaknas *Read > Read from file...*). TextGrid on objektitüüp, mis sisaldab helifailiga lingitud transkriptsiooni. Vali mõlemad objektid (Sound ja TextGrid): klõpsa vasaku hiireklahviga ühe peal ja vea teise peale klahvi all hoides või klõpsa ühe peal, vajuta alla CTRL-klahv ja klõpsa teise peale). Vajuta nuppu *Edit*. Nüüd peaksid nägema toimetamisaknas midagi sellist:



Toimetamisaken on jagatud kolmeks, kõige alumine osa sisaldab häälikupiire ja transkriptsiooni. TextGrid objektidest tuleb põhjalikumalt juttu edaspidi, praegu vaatame isoleeritult hääldatud vokaalide formantstruktuuri.

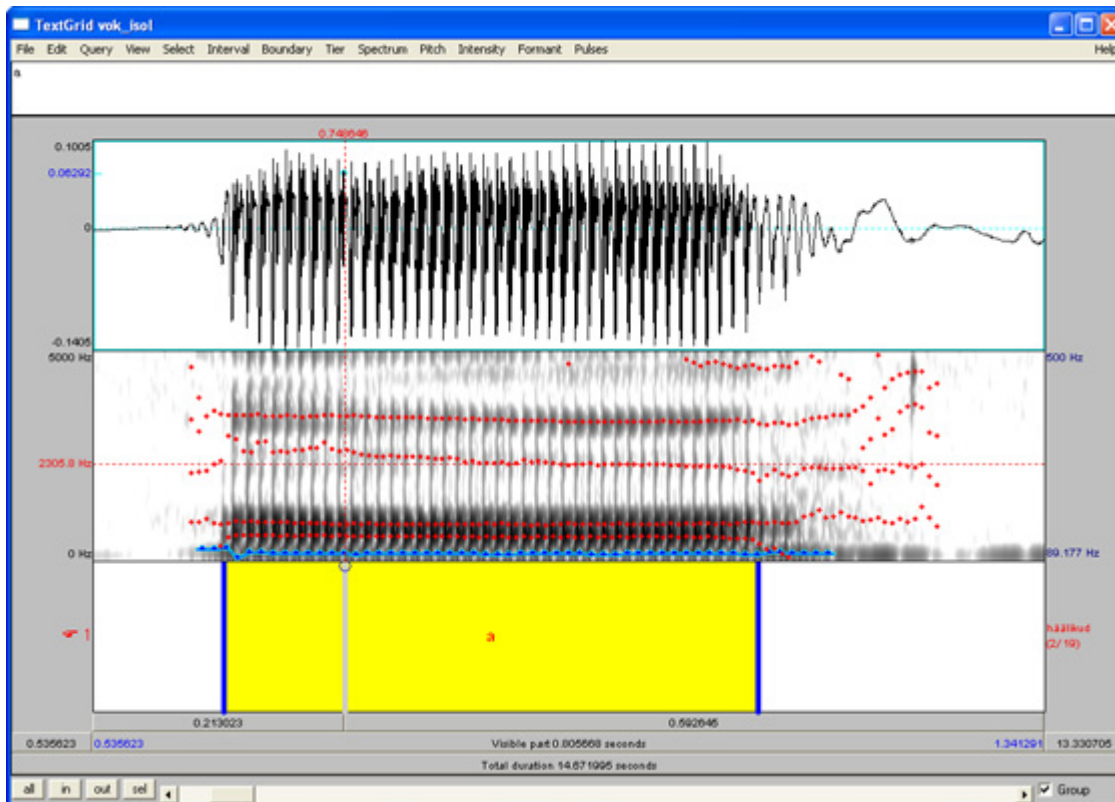
Formandi väärtuse leidmiseks aja spektrogrammil kursor kohakuti ajateljel vokaali keskkohaga, sagedusteljel (alt lugema hakates) esimese horisontaalselt jooksva kõige tumedama kohaga. Nii saad esimese formandi (F1). Teine formant (F2) on teine tumedam jutt jne. Võid ka teha vokaalist spektri (*Spectrum > View spectral slice*) ja kontrollida spektrogrammi ja spektri kokkulangevust.



Nii nagu inimkõne üldse, on vokaalide formantväärtused väga varieeruvad. Varieerumise peamisteks põhjusteks on inimeste kõnetrakti erinevused, häälikuline kontekst ja kõnelemise situatsioon. Iga inimese kõnetrakti kuju ja proportsioonid on pisut erinevad, mistõttu tema häälikuline kontekst ja kõnelemise situatsioon, selle järgi me tunneme inimesi ära. Kontekst mõjutab iga hääliku hääldamist: mis häälikud eelnevad, mis järgnevad (kuna kõneorganid liiguvad sujuvalt ühe hääliku moodustuskohalt teisele, siis on igas eelmises kuulda järgmist ja järgmises eelmist), kas sõna ja silp on rõhuline või rõhuta (rõhulisi hääldame suurema energiaga). Kõnesituatsioon mõjutab seda, kui hoolikalt me hääldame - võõra inimesega ametlikus situatsioonis hääldame korralikumalt kui argisituatsioonis tuttavaga rääkides. See kõik mõjutab hääldust nii, et isegi üks inimene ühte häälikut kaks korda täpselt ühte moodi ei ole võimeline hääldama. Seetõttu erinevad vokaalide formantväärtused eri kõnelejal, eri häälduskordadel, eri sõnades, rõhulistes ja rõhututes silpides jne.

Automaatne formantanalüüs

Lisaks sellele, et otsida formante spektrogrammi või spektri pealt, võib lasta formante otsida arvutil. See meetod pole aga alati töökindel, nii et spektrogrammi peab ka jälgima ja kahtluse korral kontrollima. Soundeditoris *View > Show analysis...* pane linnuke kasti "Show formants". Nüüd tulid spektrogrammi peale punased täpikesed. Nende kohtade peal on tõenäoliselt formandid.



Formantanalüüs teeb tihti vigu. Seetõttu tuleb alati tähelepanelik olla: 1) kui kuulete nt madalat vokaali (mille F1 peaks olema küllaltki suure väärtusega), aga arvut pakub F1 väärtuseks sellist, mis sobiks kõrgele vokaalile, on tõenäoline, et F1 on segi aetud põhitooniga; 2) keskkõrgetel ja kõrgetel tagavokaalidel (o ja u) kipuvad F1 ja F2 olema väga lähestikku ja arvut võib kahe formandi asemel pakkuda üht.

Formant > Formant listing annab esimese nelja formandi väärtused ajahetkest, mis on kursoriga märgitud. Kui kursoriga on märgitud pikem lõik, antakse loend formantväärtustest igas leitud punktis.

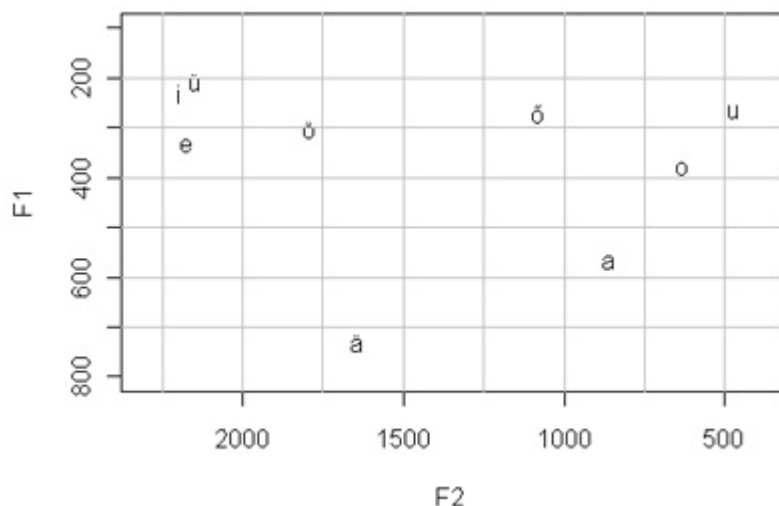
Menüü *Formant käsud* *Get first formant*, *Get second formant* jne leiavad valitud lõigus või ajahetkel soovitud formandi väärtuse. Sama käsku täidavad klaviatuuril klahvid F1, F2, F3 ja F4.

Siin tabelis on nende vokaalide F1, F2 ja F3 väärtused hertsides, nii nagu mina neid mõõtsin. Proovi, kas saad sarnased tulemused. Formantanalüüs ei ole väga täpne, kõikumised paari hertsi ulatuses on täiesti normaalsed.

Vokaal	Kõrge-madal F1	Ees-taga F2	Ümardatud F3
a	madal 567	taga 857	- 2428
o	keskkõrge 378	taga 629	+ 2311
õ	keskkõrge 271	kesk 1077	- 2271
u	kõrge 264	taga 472	+ 2274
ä	madal 730	ees 1642	- 2658
e	keskkõrge 332	ees 2172	- 3109
ö	keskkõrge 303	ees 1789	+ 2308
i	kõrge 230	ees 2197	- 3517
ü	kõrge 207	ees 2147	+ 2421

Neid samu formantväärtusi võib kujutada ka joonisel, kus horisontaalteljel on F2 väärtused ja vertikaalteljel F1 väärtused.

Vokaalide kujutamisel F1-F2 ruumis on kombeks, et skaalad on pööratud, st väärtused muutuvad vasakult paremale ja alt üles suuremast väiksemaks.



Vokaali kvantiteet

Peale vokaali kvaliteedi (mida hinnatakse formantväärtuste järgi ja sõltub moodustuskohast), on häälikute puhul oluline ka kvantiteet, mida hinnatakse kestuse järgi ja tajutakse pikkusena. **Tavaliselt eristatakse lühikesi ja pikki häälikuid**, kuid see sõltub keele fonoloogilisest süsteemist. Vokaali kvantiteet mõjutab kvaliteeti: lühemad vokaalid on tavaliselt hääldatav väiksema pingega, seetõttu ka lähenevad rohkem vokaaliruumi keskkohale, samas kui pikemad vokaalid lähenevad vokaaliruumi äärtele. See, kas eristatakse rohkem kvantiteedierinevusi või kvaliteedierinevusi, sõltub keele fonoloogilisest süsteemist. Näiteks inglise keeles ei eristata lühikesi ja pikki vokaale, erineva pikkuse ja kvaliteediga vokaale sõnades ship ja sheep peetakse erinevateks vokaalideks. Eesti keeles jällegi peetakse sarnast vastandust sama vokaali erinevaks pikkuseks.

Eesti keeles võib olla rõhulises silbis vokaal lühike, pikk või ülpikk, rõhutus silbis poolpikk, lühike ja vaeglühike. Kui konkreetsed väärtused (mida tavaliselt mõõdetakse millisekundites; 1 ms = 0,001 s) sõltuvad kõneleja kõnetempost, siis lühikeste ja pikkade vahe on tavaliselt proportsionaalne. Eesti keele kvantiteedisüsteemist tuleb juttu 6. ptk-s seoses prosodiaga.

Aga et asi veel keerulisem oleks, siis kõiki häälikuid iseloomustab ka **omakestus**, st fonoloogiliselt sama pikad häälikud on sõltuvalt häälikust erineva kestusega, mis on tingitud moodustuskoha iseärasustest. Näiteks kõrged vokaalid on enamasti lühemad kui madalad, sest madalate vokaalide hääldamiseks peab suud rohkem avama ja see võtab aega.

Loe lisaks

Foneetika peatükk (2. peatükk) õpikust **Fred Karlsson**. *Üldkeeleteadus*. Tallinn: Eesti Keele Sihtasutus, 2002.

Ariste, Paul. *Eesti keele foneetika*. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1953.

Eek, Arvo. *Eesti keele foneetika I*. Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2008.

Asu, Eva-Liina & Pire Teras. 2009. Illustrations of the IPA. Estonian. *Journal of the International Phonetic Association*, 39/3, 367-372.

4.2. Eesti keele spontaanse kõne foneetiline korpus

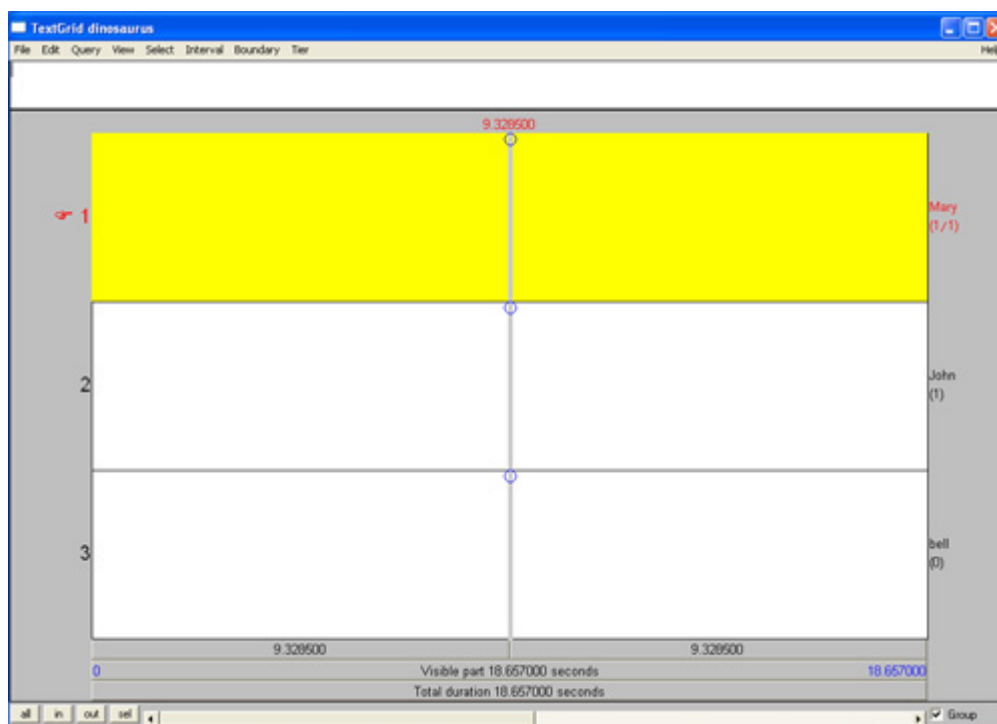
Eesti keele spontaanse kõne foneetiline korpus (EKSKFK) on korpus, mis sisaldab stuudios salvestatud kõnet, mis on foneetiliselt märgendatud. Korpuse koduleht on siin: <http://www.murre.ut.ee/triip/foneetikakorpus/>, sealt leiad ka põhjalikuma ülevaate, kuidas korpus on koostatud, millised on märgenduspõhimõtted ja kuidas korpusest päringuid teha.

5.1. TextGrid objekt Praatis

TextGrid on Praati failitüüp, kuhu saab märkida teksti, mis on seotud helifaili ajateljega. Märgendada saab mitmel tasandil ja saab märkida intervalle (tekst on seotud mingi ajavahemikuga) või punkte (tekst on seotud mingi ajahektiga). Nii saab helifailis märkida ära mingid olulised sündmused, mida järgmine kord on palju lihtsam üles leida: kus on lause, sõnade, silpide või häälikute piirid, millal algab hääliku helilisus, millal räägib üks või teine kõneleja, ja palju muud. **NB! tegemist ei ole automaatse kõnetuvastusega: seda, kust häälikute, sõnade ja lausete piirid jooksevad, peab ikkagi ise otsustama.**

Objektiaknas Sound objekti dünaamiliste menüüde hulgas on menüüs *Annotate* käsk *To TextGrid...* See käsk tekitab selle Sound objektiga seotud TextGrid objekti. Kõigepealt aga on vaja määrata, mitut tasandit (märgenduskihti, inglise keeles *tier*) soovid kasutada. Seetõttu avaneb dialoogiaken, kus küsitakse märgenduskihtide nimesid (inglise keeles *tier name*; iga tühikutega eraldatud sõna vastab ühele kihile) ja millistele neist kihtidest märgitakse punktid (punktikihtide nimesid tuleb korrata alumisel väljal). Kui ei soovi punktikihte (*point tier*) teha, jäta see väli dialoogiaknas tühjaks.

Näiteks on vaikimisiväärtustena ette antud, et märgenduskihid on „John”, „Mary” ja „bell”, millest kiht „bell” on punktikiht, „John” ja „Mary” intervallikihid. Kui nüüd vajutad OK, tekib objektiaknasse uus TextGrid objekt, millel on sama nimi, mis Sound objektil. Ava tekkinud TextGrid objekti käsuga *Edit*, avaneb umbes selline aken:



Siin on kolm märgenduskihti, millest esimese nimi on John, teise nimi Mary ja kolmanda nimi bell. Esimene kiht on hetkel aktiivne, seda näitab kollane taustavärv, punased kirjad ja punane osutav sõrm vasakul kihinumbril ees. Kui nüüd mingit teksti tippida, ilmub see kollase ala keskele. Aga ainult TextGrid objektil iseenesest ei ole mingit mõtet. Kasulik on ta ainult koos mingi Sound objektiga. Seepärast pane see TextGridEditori aken kinni ja mine objektiaknasse.

Märgenduskihtide nimed ei pea olema tingimata „John”, „Mary” ja „bell”, see on ainult näide, kus on mõeldud, et on dialoog kahe inimese vahel ja kummagi kõneleja kõnevoorud on märgitud eraldi kihile, ning taustal heliseb vahel mingi kell, mille helisemise kohale on vaja tähelepanu pöörata.

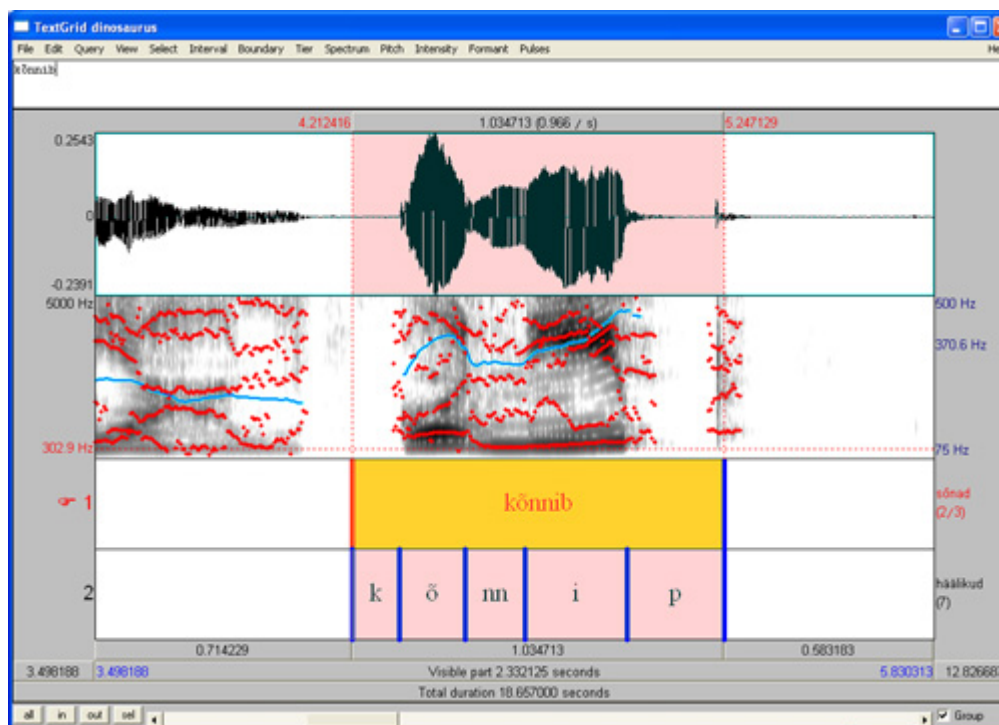
Kustuta see TextGrid objekt ära (käsuga *Remove*) ja tee uus, kus oleks kaks intervallikihti, kuhu ühte märgid sõnad ja sõnade piirid, teise häälikud ja häälikute piirid. Selleks vali menüüst *Annotate* käsk *To TextGrid...* ja dialoogiakna ülemisele väljale kirjuta sõnad „sõnad” ja „häälikud”, alumine väli jäta tühjaks:

Vali mõlemad objektid (Sound ja TextGrid): klõpsa hiirega ühe peal ja vea teise peale klahvi all hoides, või klõpsa ühe peal, vajuta alla CTRL-klahv ja klõpsa teise peal, ja vajuta *Edit*. Nüüd avanes TextGridEditor, mille ekraan on jagatud neljaks: helilaine, spektrogramm ja kaks märgenduskihti. Lisaks sellele on ekraani ülemises osas tekstikast, kus saab toimetada teksti, mis parajasti aktiivses intervallis on.

Aktiivse märgenduskihi juurde tuleb kihi numbri ette osutav sõrm ja vasakul-paremal muutuvad kirjad punaseks. Valitud intervall muutub kollaseks.

Valitud kihile saab intervallipiire või punkte märkida. Selleks pane kursor helilainel või spektrogrammil kuhugi kohta, kus arvad midagi märkimisväärset toimuvat ning vajuta klaviatuuril klahvi Enter (või vali menüüst *Boundary > Add on selected tier*). Niimoodi tekib valitud kihile valitud kohta piir. Valesse kohta läinud piiri saad eemaldada, kui valid selle ning vajutad klaviatuuril [Alt]+[Backspace] või menüüst *Boundary > Remove*.

Lõpuks tuleb välja midagi sellist:



Piire saab märkida ka nii: pane kursor õigesse kohta (klõpsa hiirega kas helilainel või spektrogrammil). Kursori küljes on igal märgenduskihil üks mullike. Kui mullikese sees hiirega klõpsata, tekib selle koha peale piir. Kui tahad piiri mitmel tasandil täpselt samale kohale saada (näiteks sõnatasandil sõnaalguse piir peaks kattuma häälikutasandi sõna esimese hääliku alguse piiriga), klõpsa olemasoleva piiri peal ja klõpsa olemasoleva piiri peal ja klõpsa mullikesele kursori küljes teistel märgenduskihtidel. Kui mitmel tasandil on piirid sama koha peal, aga mitte päris kohakuti, võta hiirega piirist kinni ja vea teise märgenduskihi piiri peale ja lase lahti. Nüüd hüppab piir täpselt sama koha peale.

Menüüst *Tier* saab märgenduskihte lisada, paljundada, ümber nimetada ja kustutada.

Märgenduskihtide arv ei ole piiratud. Ka ei ole piiratud ühel märgenduskihil olevate piiride arv ega ühe intervalli sisuks olevate tähemärkide arv.

Menüüs *Boundary* on käsk *Move to nearest zero crossing*, mis liigutab valitud piiri helilaine lähimasse nullpunkti. See on kasulik siis, kui helifailist märgendatud intervalle välja lõigata, et lõigatud helilõik ei algaks või lõppeks ebaseadliku klõpsatusega.

Menüüst *File > Preferences* saab muuta mõningaid ekraanivaate seadeid, nt märgistada roheline taustaga kõik intervallid mis sisaldavad mingit sümbolit, muuta teksti suurust jm.

NB! Nagu kõik teisedki Praati objektid, ei salvestu TextGrid objektid ise. Et TextGrid objekt ei läheks kaduma, kui Praat kinni panna, tuleb enne salvestada. Seda saab teha kahest kohast: TextGridEditoris menüüst *File* käsuga *Write TextGrid to text file...* (klahvikombinatsioon Ctrl-S) või Objektiaknas menüüst *Write* käsuga *Write to text file...*

Erimärgid ja foneetiline transkriptsioon

Intervalli või punkti sisu võib olla mis tahes tekst. Märkida võib üksikuid häälikuid, sõnu, lauseid või hoopis lisada

kommentaare. Et märkida erisümboleid, on Praatis oma kodeering. Koodid algavad kõik tagurpidi kaldkriipsuga (*backslash* , eesti klaviatuuril AltGr+). Proovi näiteks, mida teeb kood `\co` või `\|` või `\SS`. Vaata *Help > About spetial symbols*.

Sama lugu on foneetilise transkriptsiooniga (IPA), kus on palju erimärke. Proovi näiteks TextGridile kirjutada **e\fsti v\asp\asri\fk**. Vaata lisaks *Help > Phonetic symbols*.

IPA transkriptsioonist veel: et IPA sümbolid paremad välja näeksid, on mõistlik muretseda oma arvutisse unicode'il põhinevad IPA fondid. Need ([Charis SIL](#) ja [Doulos SIL](#)) leiad Praati kodulehelt (www.praat.org) rubriigist *Download Praat*. Kui neid fonte pole installeeritud, aga tahta IPA sümboleid kasutada joonisel, näitab Praat neid ebaproportsionaalselt suurtena. Ka saab neid fonte kasutada Wordis jm programmides foneetilise transkriptsiooni märkimiseks.

Veel üks nipp

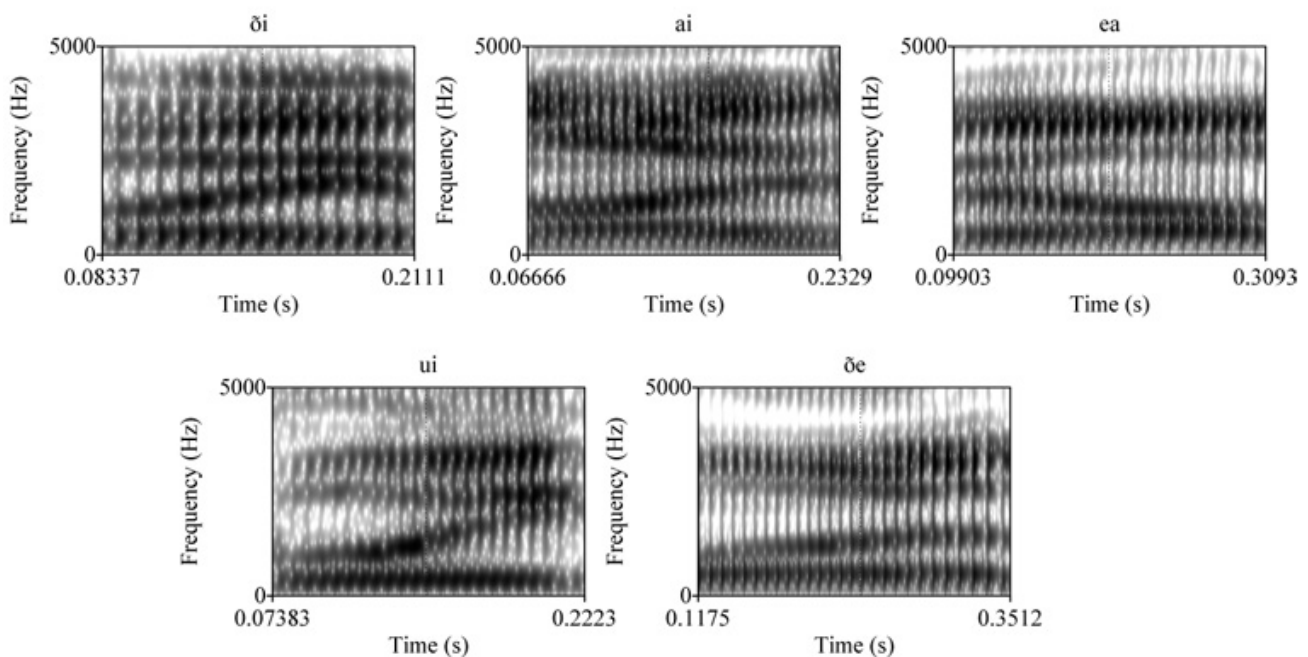
Praatis on võimalik mitu objekti salvestada üheks failiks, sõltumata objekti tüübist. Vali objektiaknas mitu objekti ja vali *Write* menüüst käsk *Write to binary file....* Seda faili küll teised programmid lugeda ei oska, aga kui Praatiga selline .Collection fail avada, tulevad objektiaknasse jälle kõik need salvestatud objektid.

5.2. Koartikulatsioon

Seni on juttu olnud häälikutest kui iseseisvatest üksustest. Inimese kõneorganid liiguvad sujuvalt ühest positsioonist teise. Seetõttu ei ole kõnevoolus väga selgeid piire eri häälikute vahel, samuti ei ole üks häälik kogu pikkuses sama kvaliteediga, vaid kõik on pidevas muutumises. Üleminekuid ühelt häälikult teisele nimetatakse siireteks. Konsonante, eriti klusiile, iseloomustavadki rohkem siirded kui häälik ise. Lisaks sellele mõjutavad lähestikku asuvad häälikud üksteist, nii et erinevas kontekstis võib sama häälik olla väga erineva kvaliteediga. Häälikuid (nende kvaliteeti ja kvantiteeti) mõjutab rõhk, intonatsioon, positsioon sõnas ja lausungis; nähtused, mida nimetatakse prosoodiaks. Prosoodiast tuleb rohkem juttu järgmisel nädalal.

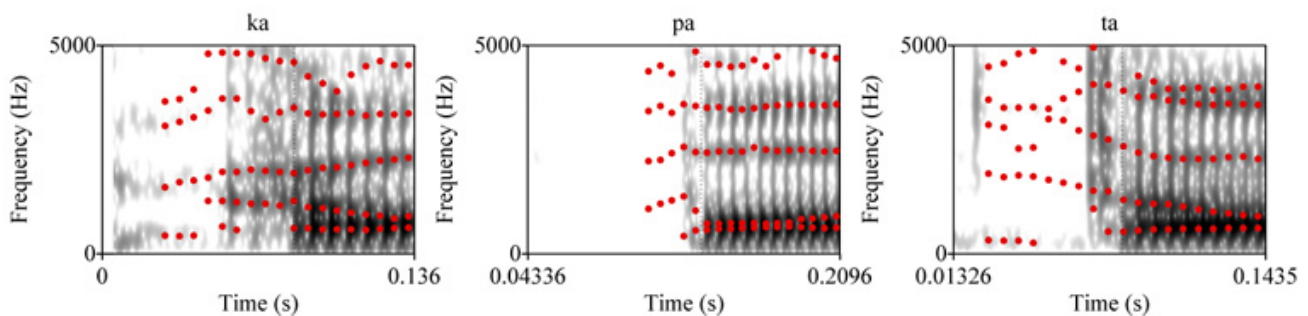
Siirded

Võib-olla oleks õigem rääkida diftongidest kui vokaalidest, mitte kui koartikulatsiooninähtusest. Diftong on kahe erineva kvaliteediga vokaali järjend, mis kuulub ühte silpi. Diftongi hääldamisel liiguvad kõneorganid sujuvalt ühest positsioonist teise, seega ei ole kumbki diftongi komponent sama kvaliteediga, kui sama vokaal üksikuna hääldades. Seega kõige ilmekam näide siiretest on diftongid: F1 ja F2 (ning tihti ka F3) on pidevas liikumises vastavalt diftongi komponentide moodustuskohale. Lae alla fail [diftongid.Collection](#) ja ava see Praatis käsuga *Read from file...* Samad näited on joonisel 5.2.1.



Joonis 5.2.1. Diftongide /öi/, /ai/, /ea/, /ui/ ja /õe/ spektrogrammid.

Ka klusiilide puhul on olulised siirded. Põhiliselt just siirde põhjal tuvastatakse klusiili moodustuskoht. Joonisel 5.2.2 on kolme sõnaalgulise klusiili siirdefaasid, sama leiad failist [ka-pa-ta.Collection](#). /ka/ siirdefaasis F2 langeb, F3 tõuseb. /ta/ siirdefaasis langevad nii F2 kui F3. /pa/ siirdefaasis ei ole erilist liikumist näha, sest moodustuskohad on küllaltki lähedased.



Joonis 5.2.2. /ka/, /pa/, /ta/ siirdefaasid.

Assimilatsioon

Väga tüüpiline koartikulatsiooni juhtum on assimilatsioon, mille kohta on mõned näited siin failis: [assimilats.Collection](#). Koartikulatsioon võib olla täielik, nt konsonantühend muutub geminaadiks: *palju* -> *pallu*. Seda võib juhtuda ka kahe sõna

piiril, nagu teises näites: *toimub mingi* -> *toimum mingi*. Koartikulatsioon võib olla osaline, nagu teises näites sõnas *mingi* /n/ moodustuskoht muutub /k/ ees. Kolmandas näites muutub sõnas aga klusiil vokaalide vahel heliliseks.

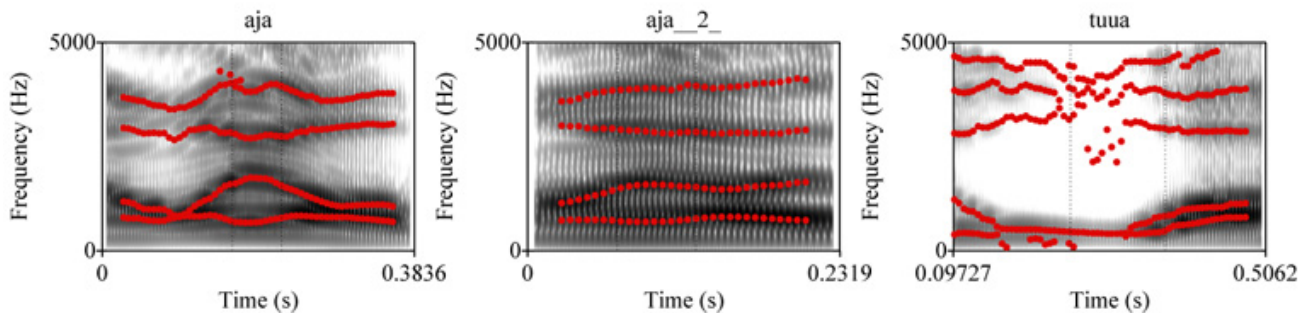
Reduktsioon

Reduktsioon võib tähendada nii kvaliteedimuutust kui häälikute kadumist. Paljudes rõhuajastuskeeltes (näiteks inglise) redutseeruvad kõik rõhutatud vokaalid. Inglise keeles muutuvad rõhutatud vokaalid švaaks e keskvokaaliks. On ka selliseid vokaaliredutseerimisstrateegiaid, kus rõhutatud vokaalid liiguvad n.ö nurgavokaalide poole: rõhulises silbis esineb suurem valik erineva kvaliteediga vokaale, rõhutus silbis ainult /a, i, u/, mis on üksteisest võimalikult hästi eristuvad. Viimast strateegiat võib näha ka eesti keeles, kus rõhutus silbis esinevad ainult /a, e, i, u/ ja /e/ madaldub /ä/-ks.

Lisaks kvaliteedimuutustele võivad häälikud reduktsiooni tagajärjel hoopis ära kaduda. Seda juhtub tavaliselt sagedasemate sõnade rõhutate silpidega või rõhutate sõnaühenditega, mis kokku sulavad. Failis [redukts.Collection](#) on neli näidet: 1) *ma ei tea* on kokku sulanud - *maitea*, 2) *ei ole* on kokku sulanud *jole*, 3) *see on* on kokku sulanud *sen*, ja kuna järgneks sõna nii, siis on /n/ palataliseeritud, 4) sõna *põhimõtteliselt* on kõvasti lühemaks jäänud: osa häälikuid on vahelt ära kadunud.

Siirdehäälikud

Siirdehäälikud on poolvokaalid, mis tekivad kahe eri silbis oleva vokaali vahele häälduse hõlbustamiseks. Mõned poolvokaalid on kinnistunud keele fonoloogilises süsteemis, näiteks eesti keeles /j/, mõned tekivad ainult koartikulatsiooni tõttu, nt eesti keeles /w/. Kuula-vaata näiteid: [poolvokaalid.Collection](#).



Joonis 5.2.3. Poolvokaalid /j/ ja /w/.

5.1. Prosoodia

Klassikaline foneetika on segmentaalfoneetika, st kirjeldatakse vokaale ja konsonante, heal juhul ka koartikulatsiooninähtusi. Enamik (Ameerikakeskseid) foneetikaõpikuid lähtub Chomsky & Halle klassikalisest teooriast ja piirdub segmentaalfoneetikaga. Eesti seisukohast on aga prosoodia uurimine ülimalt tähtis. Esiteks seetõttu, et Ilse Lehiste on eestlane ja tema 1970. aastal ilmunud raamat Suprasegmentals oli prosoodiauurimises teed rajav. Teiseks selle pärast, et eesti keeles on mõneti unikaalne kolmevältesüsteem, mis oma keerukuses on tänini kõige uuritum nähtus eesti keele foneetikas.

Prosoodia alla kuuluvad foneetilised nähtused, mis rakenduvad kõrgemal tasandil kui segment (häälik). Võib eristada sõnaprosoodiat ja lause (lausungi? kõne?) prosoodiat. Sõnaprosoodia alla lähevad rõhk, toon, isokroonianähtused. Sõnatasandist kõrgemal on fookusrõhk, intonatsioon, emotsioonid jms.

Rõhk

Klassikalise jaotuse järgi jagunevad keeled rõhuajastus- ja silbiajastuskeelteks (+ mooraajastuskeeled). Germaani- ja slaavikeeled on tüüpilised rõhuajastuskeeled: rõhulised silbid on pikemad, rõhutud lühemad, rõhulistes silpides on täisväärtuslikud vokaalid ja kõrgem põhitoon, rõhututes silpides vokaalid redutseeruvad. Rõhuajastuskeeltes on rõhk liikuv ja enamasti leidub minimaalpaare, kus ainult rõhu asukoht eristab sõna tähendust (nt inglise **convict** - **convict**, vene **писат** - **пи sat**).

Tüüpilised silbiajastuskeeled on romaanikeeled ja soome-ugri keeled. Soome keel on esmaklassiline silbiajastuskeel: rõhulised-rõhuta silbid vahelduvad kindla mustri järgi, vokaalide kvantiteet ei kõigu rõhust sõltuvalt, nii rõhulises kui rõhutuses silpides võivad esineda nii pikad kui lühikesed häälikud. Silbiajastuskeeltes on rõhk fikseeritud: nt eesti, soome, läti keeles esimesel silbil, prantsuse keeles viimasel silbil.

Rõhul ei ole ühte kindlat füüsilist parameetrit, mille järgi seda mõõta. Rõhu korrelaadid sõltuvad keele prosoodilisest süsteemist. Tavaliselt on rõhk intensiivsuse, kestuse ja põhitooni, vähemal määral ka häälikukvaliteedi koosmõju. Rõhu mõõtmise teeb keeruliseks ka häälikute omaintensiivsus, omakestus ja omakõrgus.

Toon

On keeli, kus sõnaprosoodias on põhitoon kesksel kohal, ja keeli, kus tal ei ole sõnatasandil mingit rolli. Toonikeeltes nimetatakse keeli, kus ainult põhitooni muutmisega saab sõna teise tähenduse. Erinevad toonid rakenduvad ühele (rõhulisele) silbile. Tüüpiline toonikeel on hiina keel, väga palju toonikeeli räägitakse aafrikas, aga toonid on ka läti ja liivi keeles.

Kraadike lahjemad on tooniaktsendikeeled, kus on erinevad põhitoonikontuurid seotud rõhuga ja toon kirjeldab (mitmesilbilist) sõna. Tüüpiline tooniaktsendi keel on rootsi keel.

Isokroonia

Isokroonia on nähtus, mis taotleb mingite üksuste samakestuslikkust. Näiteks silbiisokroonia tähendab seda, et silbid on keeles sama kestusega. Sõnaisokroonia on siis, kui sõnad on ühe kestusega, ja kui sõnas on rohkem silpe, siis need silbid on selle arvult lühemad. Eesti keeles on taktiisokroonia. See tähendab, et rõhuline-rõhuta silbipaarid (kõnetaktid) tahaksid olla võimalikult sarnase kestusega.

Intonatsioon

Intonatsioon on kõnemeloodia, s.o fraasi või lausungi tasandi üksus. Intonatsiooniga antakse edasi sõnumi tähendust: küsimus, käsk, väide jms, samuti emotsiooni. Erinevates keeltes kasutatakse erinevaid intonatsioonimalle erinevalt. Näiteks inglise keeles on neutraalne intonatsioon langev, küsimuse intonatsioon tõusev, aga on ka inglise keele murdeid, kus see on vastupidi. Eesti keeles on kõige tüüpilisem intonatsioonimall langev, seda ka küsimuste puhul.

Kõneüksuste piirid

Fraaside ja lausungite piire märgitakse kõnes mitut moodi. Intonatsioon (põhitooni liikumine) näitab, kas lausung jätkub või lõpeb. Intonatsiooniüksuste lõppu märgib ka **lõpupikenemine** - fraasi viimased segmendid pikenevad. Piire võib märkida ka häälekvaliteedi muutus. Näiteks soome keeles on väga iseloomulik, et lausungi lõpus hakkab hääli käriseb.

Loe lisaks

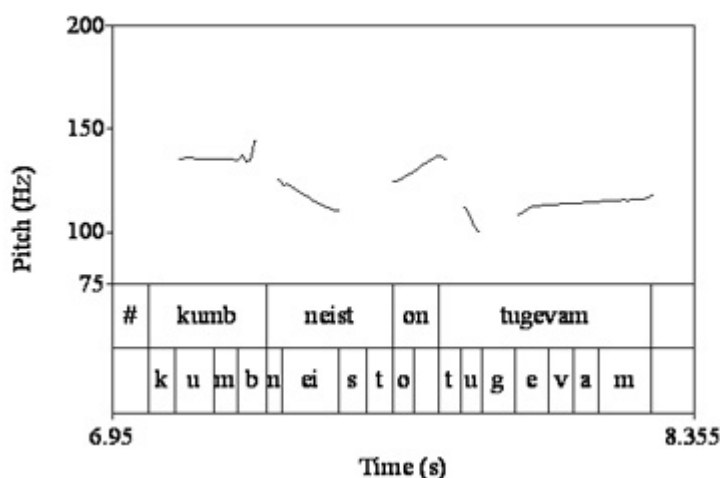
Ilse Lehiste. **Suprasegmentals**. Cambridge, Massachusetts, London: MIT Press. 1970.

6.2. Põhitoon ja intensiivsus

Põhitoon

Kõik helid on kas perioodilised või mitteperioodilised. St võnkumine on korrapärane (järjestikused täisvõnked on sarnase pikkuse ja kõrgusega) või mitte. Perioodilistel helidel tajume me kindlat kõrgust. Mitteperioodilisi helisid tajume mürana. Inimese hääle põhitoon sõltub sellest, kas ja mis sagedusega häälekurrud võnguvad. Kui häälekurrud võnguvad, siis on hääle(heliline, kui ei võngu, siis helitu). See, mis sagedusega nad võnguvad, sõltub häälekurdude pikkusest (nagu pillikeeledki). Inimese hääle põhitoon kõneldes on umbes 75-200 Hz meestel, 150-400 Hz naistel. Seega meeste ja naiste hääleulatuse vahe on ka umbes üks oktav (suurtes piirides).

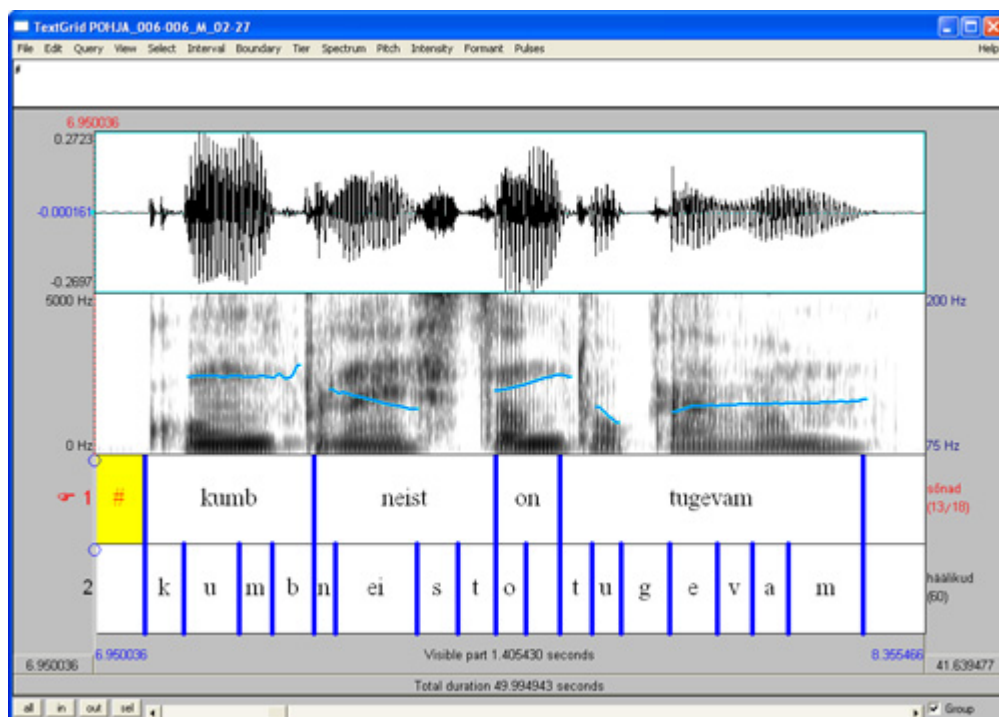
Kuigi see peatükk räägib peamiselt prosoodiast, saame põhitoonist infot ka segmentide kohta (heliline/helitu opositsioon väljendub põhitooni olemasolus või puudumises) ja ka üldisemalt kõneleja füüsiliste omaduste kohta (kas on mees või naine).



Joonis 6.2.1. Kuula seda fraasi failist POHJA_006-006_M.wav. Pane tähele, et 1) tegemist on meeshäälega, põhitoon liigub vahemikus 100-150 Hz; 2) rõhulistel sõnadel ("kumb" ja "on") on põhitoon kõrgem kui rõhututel.

Põhitoonianalüüs Praatis

Ava mõnihelifail (näiteks [POHJA_006-006_M.wav](#)) ja ava SoundEditor (käsuga Edit).



Joonis 6.2.2. Sama helilõik Praati SoundEditoris.

Menüüst *View > Show analysis...*, pane linnuke kasti **Show pitch**. Põhitoonikontuur peaks nüüd olema sinise joonena spektrogrammi peal. Sinine joon peaks olema vokaalidel ja helilistel konsonantidel, aga klusiilide, helitute frikatiivide ja pauside kohal peaks joon katkema. Skaala on spektrogrammist paremal siniste numbritena. Vaikimisi on skaala ulatus 75-500 Hz.

Kui häälekõrgus tõuseb, tõuseb ka põhitooni väärtus, kui langeb, langeb ka põhitooni väärtus. Põhitoon näitab kõne intonatsiooni: lausungi alguses on põhitoon kõrgem kui lõpus, rõhulistel silpidel kõrgem kui rõhututel. Lausungisestest piiride ees põhitoon tõuseb või langeb vähem kui lausungi lõpus.

Põhitoonianalüüsi seaded

Põhitooni leidmiseks on kaks levinumat meetodit, mida ka Praat kasutab: autokorrelatsioon ja ristkorrelatsioon.

Alustuseks suumi mõnes helilises lõigus helilainesse nii palju sisse, et näeksid üksikuid täisvõnke perioode. Helilise heli puhul saame põhitooni teada nii, et loeme kokku, mitu täisvõnget on ühes sekundis (1/üheks täisvõnkeks kulunud aeg). Põhimõtteliselt seda teeb ka **Autokorrelatsiooni** (autocorrelation, AC) meetod: otsib helilainest perioodilisust, võrreldes helilaineid. Sel meetodil on põhitooni leidmine tavalisem, kuna see on kiirem ja mürakindlam (taustamüra ei põhjusta nii palju vigu).

Teine võimalus on vaadata kitsaribalist spektrogrammi. Kitsaribaline spektrogramm toob esile osahelid ja osahelid on helilise heli puhul täisarvkorsete vahedega. Seega võta lahti *Spectrum > Spectrogram settings...* ja pane *Window length* väärtuseks 0.033 sekundit, *View range* pane nt 0-1000 Hz. Nüüd näed helilise heli koha peal ühtlaste vahedega vorstikesi. Mõõda ära kahe kõrvuti asuva vorstikese kõrgus ja nende vahe järgi saadki teada põhitooni kõrguse. **Ristkorrelatsiooni** (cross-correlation, CC) meetod leiab põhitooni spektri abil, võrreldes osahelid. See meetod on täpsem, aga müra suhtes tundlikum. Seetõttu soovib Praat kasutada esimest juhul, kui uuritakse intonatsiooni ja teist, kui uuritakse hääle kvaliteeti.

Menüü *Pitch > Pitch settings...*

Pitch range – põhitooni ulatus. Esiteks paneb see paika põhitooni skaala ulatuse ekraanil, teiseks seab analüüsile piirangud. Põhitooni analüüsi puhul on väga sagedased oktavivead, ja et neid vältida, on soovitatav põhitooni vahemikku mingil määral piirata.

Kui soovid, et põhitooni analüüsi skaala ja ekraanil nähtav skaala oleksid erinevad, saad menüüst *Pitch > Advanced pitch settings...* määrata *View range*. Kui soovid, et see oleks sama, mis *Pitch settings...* > *Pitch range*, siis on väärtused 0 kuni 0.

Oktaviviga tähendab seda, et kui põhitooni leitakse täisvõngete põhjal, siis programm oletab, et tegemist on ühe täisvõnkega, kui tegelikult on tegemist kahe võnkeperioodiga. Kui siis ühe täisvõnke jaoks kulunud aja järgi arvutatakse sagedus kahe täisvõnke põhjal, saadakse täpselt poole väiksem tulemus ja põhitooni väärtuseks pakutakse täpselt ühe oktaavi võrra madalamat väärtust. Oktaviviga on samas küllaltki lihtne tuvastada, sest oktavihüpet inimese hääl tavaliselt ei tee ja kui teeb, on väga selgelt kuulda. Ka võib programm pidada heliliseks suvalisi kõrgematel sagedustel mürasid. Et programm oktavivigu ei teeks, samuti selleks et arvutused vähem aega võtaks, saab põhitooni ulatust piirata. Nt kui on tegemist madala meeshäälega, siis enamasti liigub põhitoon 75-150 Hz piires. Kui siis aga tegelikult on hääl kõrgem, teeb programm jällegi oktavivea.

Põhitoonianalüüsi korrektsust saab kontrollida spektrogrammi abil: tee kitsaribaline spektrogramm ja pane spektrogrammile ja põhitoonianalüüsile sama skaala. Kitsaribalise spektrogrammi saamiseks muuda *Spectrogram settings...* *Window length* 0.033 sekundile. Nüüd näed kitsaribalist spektrogrammi, kust on näha osahelid. Võid ka skaala teha kitsamaks (*View range* 0-1000 Hz). Muuda põhitooni skaala sama suureks kui spektrogrammi skaala. Ära muuda *Pitch settings...* *Pitch range*, vaid **Advanced pitch settings...** **View range**. Nüüd jäävad põhitooni analüüsi piirid endiseks, suuremaks on muudetud ainult ekraanil nähtav skaala. Nüüd peaks põhitooni (sinine) kõver kattuma spektrogrammi esimese tumeda joonega, muidugi juhul, kui põhitoonianalüüs leiab F0 õigesti.

Pitch > Pitch listing annab põhitooni väärtused valitud lõigus analüüsisammude kaupa.

Pitch > Get pitch annab põhitooni väärtuse kursoriga märgitud kohas, või kui kursoriga on valitud mingi lõik, siis keskmine väärtuse selles lõigus, kuid sama väärtust saab näha skaalal analüüsiaknast paremal. See käsk annab põhitooni väärtuse infoaknas, kust on hea seda kuhugi (nt tulemuste tabelisse) kopeerida ilma, et peaks väärtuse käsitsi sisse tippima.

Käsk *Get minimum pitch* ja *Get maximum pitch* annavad infoaknasse ekraanil nähtava või kursoriga valitud lõigu põhitooni minimaalse väärtuse või maksimaalse väärtuse.

Käsk *Move cursor to minimum pitch* ja *Move cursor to maximum pitch* liigutavad kursori punkti, kus põhitooni väärtus on kas kõige väiksem või kõige suurem.

Käsk *Pitch* > *Extract visible pitch contour* teeb objektiaknasse objekti *Pitch*.

Proovi objektiaknas käske *Play* > *Play pulses* ja *Play* > *Hum*. Esimene sünteesib põhitoonianalüüsi andmete põhjal põhitooni lihthelina, teine sünteesib "üminana". See on hea, kui tahad hinnata hääle kõrgust, aga formantide informatsioon segab.

Kõripulsid

Menüü *View* > *Show analysis...*, pane linnuke kasti **Show pulses**.

See analüüs on põhitoonianalüüsi osa, mis oletab, kus kohas on kõripulsid, st millal on häälekurrud suletud (sinised kriipsukesed helilaine peal). See on ainult oletus, kuna häälekurdude tööd ei ole võimalik helilaine järgi mõõta. Selle analüüsi põhjal saab hinnata häälekurdude tööd näiteks häälekurruhälvete puhul. Täpsemalt saab häälekurdude vibreerimist uurida näiteks elektroglotograafia (EGG) abil, kuid see nõuab spetsiaalset riistvara.

Hääle kvaliteedi uurimine

Hääle kvaliteeti uuritakse põhiliselt seoses häälekurrupatoloogiatega, aga ka näiteks laulustiilide kirjeldamiseks. Mõõdetakse, kui palju üksikud häälekurruperioodid (täisvõnkeperioodid) erinevad teistest.

Käsk *Pulses* > *Voice report*. Pane tähele, et hääle kvaliteedi uurimiseks on parem leida põhitoon ristkorrelatsiooni meetodil (*Pitch* > *Pitch settings, CC method*).

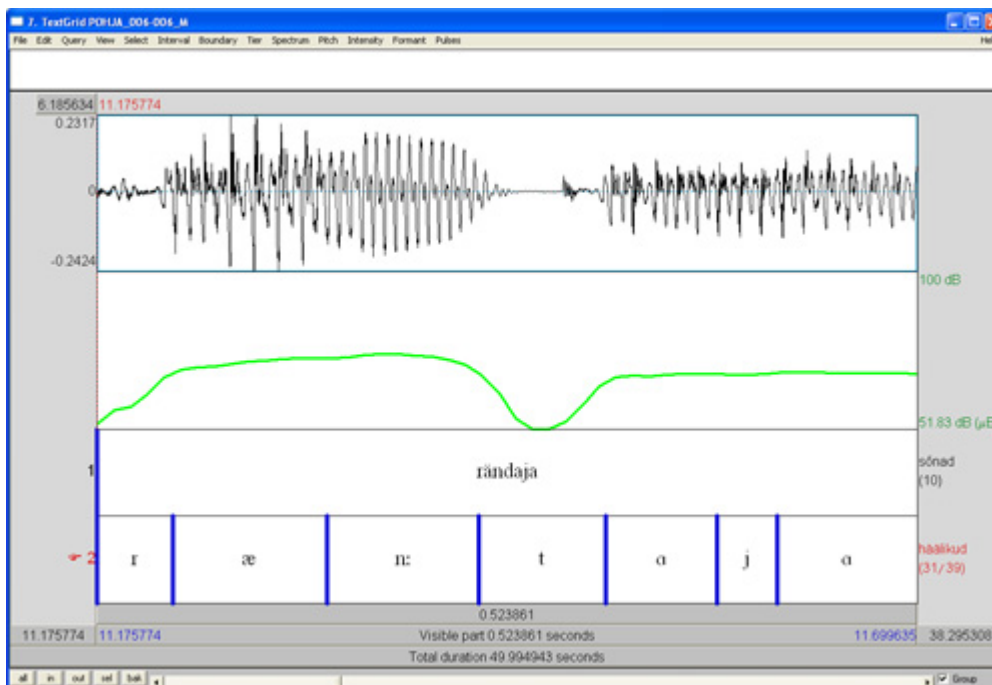
Jitter (hääle sagedushälve) näitab hääle sageduse ebakorrapärasust (keskmine hälve, mille võrra üksikute häälekurruperioodide sagedused erinevad teistest vaadeldud aja jooksul).

Shimmer (hääle tugevushälve) näitab hääle intensiivsuse ebakorrapärasust (keskmine hälve, mille võrra üksikute häälekurruperioodide intensiivsused erinevad teistest vaadeldud aja jooksul).

Intensiivsus

Menüü *View* > *Show analysis...*, pane linnuke kasti **Show intensity**.

Intensiivsus on kollase joonena spektrogrammi peal. Skaala on spektrogrammist paremal roheliste numbritega. Vaikimisi on skaala ulatus 50-100 dB.



Lisaks sellele, et lihtsalt valjem hääle on intensiivsem kui vaiksem hääle, on kõne puhul teatud seaduspärad: rõhulised sõnad on intensiivsemad kui rõhutud, vokaalid on intensiivsemad kui konsonandid, helilised konsonandid on intensiivsemad kui helitud. Madalad vokaalid on intensiivsemad kui kõrged (sest suu on rohkem avatud), liikvidad on intensiivsemad kui nasaalid, nasaalid on intensiivsemad kui frikatiivid ja frikatiivid on intensiivsemad kui klusiilid.

Samas on intensiivsus üks kõige keerulisemaid kõne parameetreid, mida salvestusest mõõta. Nimelt sõltub heli intensiivsus salvestuses paljudest asjast: 1) heliallika intensiivsus (kui kõvasti inimene räägib), 2) heliallika kaugus mõõteriistast (kui

kaugel on mikrofon, kas kõneleja püsib terve salvestuse aja samal kaugusel), 3) salvestusseadme nivoo (salvestusseadmel on kindel intensiivsusvahemik, mida ta on võimeline salvestama, ja selleks et salvestata sinna ära mahuks, tuleb salvestatava signaali tugevust reguleerida). Salvestusest tingitud erinevusi on võimalik vältida kalibreerimise teel, vt [Praati manuaalist](#).

6.3. Eesti keele välted

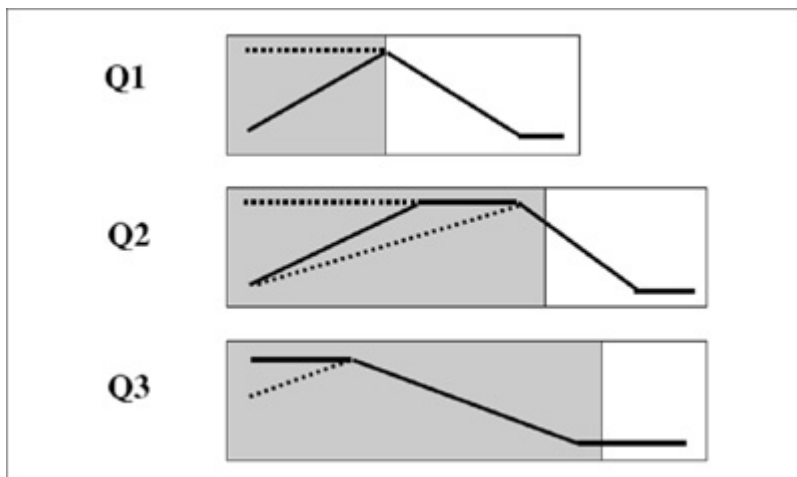
Eesti keele vältesüsteem on kõige põhjalikumalt uuritud eesti keele foneetika nähtus. Eesti keeles on kolm välde: lühike (Q1), pikk (Q2) ja ülipikk (Q3) valde. Kvantiteediopositsioonina võiks seda ju vaadelda kui segmentaalset nähtust, kuid kuna valde ei ole eesti keeles ainult ühe hääliku tunnus, siis kuulub ta prosoodia alla.

Üldiselt maailma keeltes, kus on kvantiteedi opositsioon, võivad olla häälikud kas lühikesed või pikad. Sellest on tekkinud strukturalistlik kujutelm, et keeltes saavadki olla ainult binaarsed opositsioonid, ja sellest ka kõrgendatud huvi eesti keele kvantiteedisüsteemi vastu, kus erandlikult on kolme valde vastandus. See on tekitanud ka eesti keele ümber vaidlusi, kas valde on hääliku, silbi või mõne suurema üksuse nähtus. Fonoloogiliselt on vastanduses rõhuline silp, või siis rõhulise silbi riim, kui täpsem olla: opositsiooni võivad kanda rõhuline vokaal, rõhulise silbi koodakonsonant, või mõlemad. Nt sade-saade-saade, sade-sate-satte, sade-saate-saatte.

Foneetiliselt on valde kõnetakti omadus. Kõnetakt on rõhulisest silbist ja sellele järgnevatest rõhututest silpidest koosnev üksus. Tavaliselt on kõnetaktid kahesilbilised, ja rõhk on alati esimesel silbil. Eesti keeles kehtib taktisokroonia - kõnetaktid katsutakse hoida enam-vähem ühepikkused. See tähendab seda, et kui esimene silp on lühike, siis teine silp on selle arvelt pikem, kui esimene silp on pikk, siis teine silp on selle arvelt lühem. Niimoodi on osutunud kõige paremini kirjeldama eesti keele välteid silpide kestussuhe. Silpide kestussuhtega on kirjeldanud eesti välteid esimest korda Ilse Lehiste 1960. aastal ilmunud artiklis, ja üllataval kombel jõudis Lehistest sõltumata samadele järeldustele ka Georg Liiv oma 1961. aastal ilmunud artiklis. Tüüpilised kestussuhted on:

- Q1 S1/S2 = 1/2
- Q2 S1/S2 = 3/2
- Q3 S1/S2 = 2/1

Lisaks sellele on märgatud, et põhitoonikonatuur on eri välletes pisut erinev. Üldiselt on eesti keeles põhitoon langev. Kui esimeses ja teises vältes on põhitooni tipp rõhulise ja rõhutu silbi piiril, siis kolmandas vältes see juba rõhulise silbi alguses.



Joonis 1. Põhitooni skemaatilised kontuurid. Hallis kastis rõhuline, valges rõhutu silp. Joonis Eva Liina Asu doktoriväitekirjast.

Kui eesti keeles on ka küllalt palju ühesilbilisi sõnu, siis on neid otsustatud pidada kõiki kolmandavälteisteks. Seda põhiliselt fonoloogilise süsteemi terviklikkuse eesmärgil, sest tegelikult ühesilbilistel sõnadel välteopositsiooni ei ole. Arvo Eek ja Einar Meister (2003) on teinud tajukatse, kus sõnal "suigu", mida oli hääldatud nii teises kui kolmandas vältes, lõigati ära teise silbi vokaal, st järgi jäi ühesilbiline sõna "suig". Katseisikud ei suutnud hinnata, kas sõna oli Q2 või Q3. Seega, välte tajumiseks on meil vaja kaht silpi, ühest ei piisa.

Vältetaju on uuritud põhjalikult ka põhitooni osas (Lehiste 1970, Eek 1980, Lippus jt 2007, 2009, ...). Põhitooni kontuur tõepoolest on määrava tähtsusega teise ja kolmanda välte eristamisel. Selgub, et kui teise välte põhitoon (f_0 langeb silbi piiril) panna kokku kolmanda välte silbisuhetega, siis ei tajuta seda sõna kolmandavälteistena. Teisest küljest kui panna kolmanda välte põhitoon kokku teise välte silbisuhetega, siis tajutakse sõna kolmandavälteistena. Seega võib ainult põhitooni muutmise muuta sõna tähendust.

Loe lisaks

Asu, Eva-Liina, Pärtel Lippus, Pire Teras, Tuuli Tuisk 2009. The realization of Estonian quantity characteristics in spontaneous speech. In *Nordic Prosody. Proceedings of the Xth Conference, Helsinki 2008*, eds. Martti Vainio, Reijo Aulanko and Olli Aaltonen, 49-56. Frankfurt: Peter Lang.

Eek, Arvo, Einar Meister 2003. Foneetilisi katseid ja arutlusi kvantiteedi alalt (I). Häälikukestusi muutvad kontekstid ja välde. – *Keel ja Kirjandus* nr 11-12, lk 815–837, 904–918.

Eek, Arvo, Einar Meister 2004. Foneetilisi katseid ja arutlusi kvantiteedi alalt (II). Takt, silp ja välde. – *Keel ja Kirjandus* nr 4-5, lk 251–271, 336–357.

Lehiste, Ilse. 1960. Segmental and syllabic quantity in Estonian. In *American Studies in Uralic Linguistics* 1, 21-82. Bloomington.

Ilse Lehiste 1997. Search for phonetic correlates in Estonian Prosody. In: Lehisete, I., Ross, J. (eds), *Estonian Prosody: Papers from a Symposium*. Tallinn: Institute of Estonian Language, 11-35.

Liiv, Georg. 1961. Eesti keele kolme vältusastme vokaalide kestus ja meloodiatüübid. *Keel ja Kirjandus* 7, 8, 412-424, 480-490.

Lippus, Pärtel and Karl Pajusalu. 2009. Regional variation in the perception of Estonian quantity. In *Nordic Prosody. Proceedings of the Xth Conference, Helsinki 2008*, eds. Martti Vainio, Reijo Aulanko and Olli Aaltonen, 151-157. Frankfurt: Peter Lang.

Lippus, Pärtel, Karl Pajusalu and Jüri Allik. 2009. The tonal component of Estonian quantity in native and non-native perception. *Journal of Phonetics* 37: 388-396.

7.1. Analüüsid Praati objektiaknas

Siiani oleme Praatis kasutanud kahte tüüpi objekte: Sound ja TextGrid ja analüüse teinud Sound objektiga SoundEditoris. Aga saab ka teisiti. Kumba võimalust eelistada, sõltub sellest, mida vaja on. Kui soovime spektrogrammi, põhitooni vms vaadata, uurida täpselt lühiajalisi muutusi jne, on parem SoundEditor. Kui aga soovime teha jooniseid (millest peagi juttu tuleb), uurida pikema helilõigu keskmist, minimaalset või maksimaalset põhitooni, või koguda märgendatud failist andmeid skripti abil (millest tuleb ka kursuse lõpuks juttu), on parem kasutada vastavaid objekte.

Kui on valitud objekt Sound, siis dünaamilistes menüüdes on jaotus Analyse.

Põhitoon

Põhitooniga seotud analüüsid on koondatud menüüsse *Periodicity*. Kõige tavalisem on käsk *To Pitch...*, mis leiab põhitooni autokorrelatsiooni meetodil. Oluline erinevus SoundEditori analüüsidega on see, et kui analüüsi seadeid saab SoundEditoris pidevalt muuta, siis objektiaknas tuleb need kõigepealt määrata ja hiljem muuta ei saa. Valides *To Pitch...* küsitakse analüüsisammu, ning põhitooni alumist ja ülemist piiri. Põhitooni alumise ja ülemise piiri määramine on oluline, et vältida oktavivigu.

To Pitch... käsu peale tekib objektiaknasse Pitch objekt, kus on kirjas ainult põhitooni puudutav informatsioon. Selle objekti puhul on dünaamilised menüüd veidi teistsugused, kui Sound objekti puhul.

- Menüüst *Play* saab kuulata sünteesitud häälega põhitooni (käsk *Play pulses* mängib pininana, käsk *Hum „ümiseb“*).
- Käsurega *Edit* saame avada PitchEditori. PitchEditoris on numbritena esitatud võimalikud põhitooniväärtused, millest roosa taustaga numbrid on väärtused, mis analüüsi arvates kõige tõenäosemad on. Numbrite peal klõpsates on võimalik väärtusi võimalik aktiveerida, st saab põhitoonikontuuri muuta.
- Menüüs *Draw* on erinevad võimalused, kuidas põhitooni joonisele kanda. Jooniste tegemisest tuleb hiljem põhjalikumalt juttu.
- Menüüst *Query* saab teha päringuid põhitooni kohta. Nt kui tahta leida kogu faili põhitooni keskmist väärtust, siis on seda lihtsam leida siit käsurega *Get mean...* SoundEditoris tehakse analüüse 10 sekundi kaupa, Pitch objektis on analüüs tehtud kogu failist ühe korraga.

Käsk *To pitch...* teeb Pitch objekti autokorrelatsiooni meetodil. Sedasama teeb käsk *To pitch (ac)...*, ainult rohkem parameetreid on võimalik ise määrata. Ristkorrelatsioonimeetodiga põhitooniobjekti saab käsurega *To pitch (cc)...*

Pulsid

Pulsside analüüs (mis on osa põhitoonianalüüsist ja mis oletab helilaine põhjal, millal häälekurrud on suletud faasis) tuleb ka menüüst *Periodicity*. Menüü *Periodicity* käsk *To PointProcess (periodic, cc)...* tekitab objekti *PointProcess*.

- Menüüst *Query* saab teha päringuid, muuhulgas ka *jitteri* kohta.
- *shimmeri* päringuid saab teha, kui valida objektid Sound ja *PointProcess* korraga (klõpsa ühe peal, siis hoia all nuppu Ctrl ja klõpsa teise peal).

Spekter

Käsud, mis on seotud spektraalse analüüsiga, on koondatud menüüsse *Spectrum*.

Menüü *Spectrum* käsk *To spectrum...* teeb *Spectrum* objekti. Et spektri puhul puudub ajatelg, siis tuleb enne Sound objektist välja otsida, kui pika lõigu spektrit tahame.

- *Edit* avab *SpectrumEditori*. Saad kuulata, kuidas helilõik kõlab erinevates sageduspiirkondades.
- Menüüs *Draw* on erinevad võimalused, kuidas spektrit joonisele kanda.
- Menüü *Query* saab teha päringuid.

Ühe hääliku spekter

Kui tahame ainult ühe ajahetke spektrit, näiteks ühe vokaali uurimiseks, on seda mõistlik teha hoopis nii: Vali Sound objekt, ava SoundEditor, pane kursor ajateljel sinna, kust tahad spektrit ja vali menüüst *Spectrum > View spectral slice*. Niimoodi tekib objektiaknasse uus spektri objekt ja avaneb selle *SpectrumEditor*.

Ltas

Üks natuke teistsugune spektri variant on *Ltas* ehk *Long-term average spectrum* ehk pika aja keskmine spekter. Seda kasutatakse palju nt hääle uurimisel ja muusika uurimisel. Sellelt on võimalik näha, millised sageduspiirkonnad on ühe kõneleja, laulustiili või heliteose puhul enam või vähem kasutatud. Näiteks koolitatud häälega ooperilauljate häälest on

leitud sagedusvahemik, mis on valjem kui tavalise hääle puhul, mis on vajalik selleks, et laulja hääle orkestrist üle kostaks.

- Menüü *Spectrum* > *To Ltas...*
- *Ltas* objekt on natuke teistmoodi objekt kui *Spectrum* objekt, mistõttu dünaamilised menüüd ei ole samad .

Spektrogramm

Spektrogrammi saab menüüst *Spectrum* käsuga *To Spectrogram...* , mis teeb objekti *Spectrogram*. Spektrogrammi puhul on oluline jällegi määrata seaded. Spektrogrammi seaded:

- **Window length** – analüüsiakna pikkus. 0.005 sekundit annab lairibaspektrogrammi, 0.033 sekundit kitsaribalise spektrogrammi.
- **Maximum frequency** – sagedustelje maksimaalne väärtus. Enamik inimkõne olulisest infost jääb vahemikku 0-5000 Hz, mõne frikatiivi ja klusiili eksplosiooni intensiivsem müra jääb kõrgemasse sageduspiirkonda.
- **Time step** – mis sagedusega analüüsi tehakse.

Spektrogrammiobjekti analüüsivõimalused ei ole eriti suured. Seetõttu ei ole dünaamiliste menüüde hulgas ka käsku *Edit* vaid on hoopis *View*, ei ole käsku *Draw* vaid on käsk *Paint*.

Formandid

Formantanalüüsi leiab menüüst *Formants & LPC*. Käsk *To Formant (burg)...* tekitab objektiaknasse *Formant* objekti.

- Meeshääle puhul soovitatakse *Maximum formant* seada 5000 Hz-le, naishääle puhul 5500 Hz-le.
- Objekti *Formant* puhul ei ole jällegi *Edit* käsku. On menüüd *Draw* ja *Query*.

Intensiivsus

Intensiivsuse jaoks on käsk *To Intensity...*, mis teeb objektiaknasse *Intensity* objekti. Selle objekti võimalused on jällegi suhteliselt piiratud: on käsk *Draw...* ja menüü *Query*.

Objektide salvestamine

Kui tahame vahepeal Praati sulgeda ja kunagi hiljem tööd jätkata, on vaja objektid salvestada. Salvestamiseks vali mõni käskudest objektiakna staatilisest menüüst *Write*. Kõiki objekte saab salvestada kas tekstifailina (*Write to text file...*) või binaarse failina (*Write to binary file...*). Kui tahad salvestada selleks, et hiljem Praatis uuesti avada, on mõttekas salvestada binaarse failina, nii võtab fail peagu 10 korda vähem ruumi kui sama sisuga tekstifail. Tekstifailiks on mõtet salvestada siis, kui mingi teise programmiga on vaja lugeda faili sisu. Tekstifaili sisu on korrastatud teksti kujul ja on tekstiredaktoris loetav. Lisaks sellele on *Sound* objekti võimalik salvestada mitmes levinud helifailitüübis. *Sound* objekte ongi mõistlik salvestada käsuga *Write to WAV file...*, siis oskab seda faili mängida ka *Windows Media Player* või *Winamp*.

Üldjuhul *Sound* objekti salvestamisest piisab, sest kõik objektid on sellest tuletatud. Kui aga on tegemist suurema failiga, võtab sellest analüüside tegemine küllaltki palju aega. Kui oled ühest *Sound* objektist teinud mitu muud objekti, mida tahad teine kord jälle kasutada, võid salvestada ka mitu objekti üheks failiks. Selleks vali kõik objektid (klõpsa esimese peal hiirega ja vasakut nuppu all hoides vea hiirega neist kõigist üle; või siis vali nad ükshaaval hiirega peale klõpsates, kui hoiad samal ajal all *Ctrl*-klahvi) ning vali menüüst *Write* käsk *Write to binary file....* Uuesti avades (menüüst *Read* käsuga *Read from file...*) on jälle mitu objekti objektiaknas.

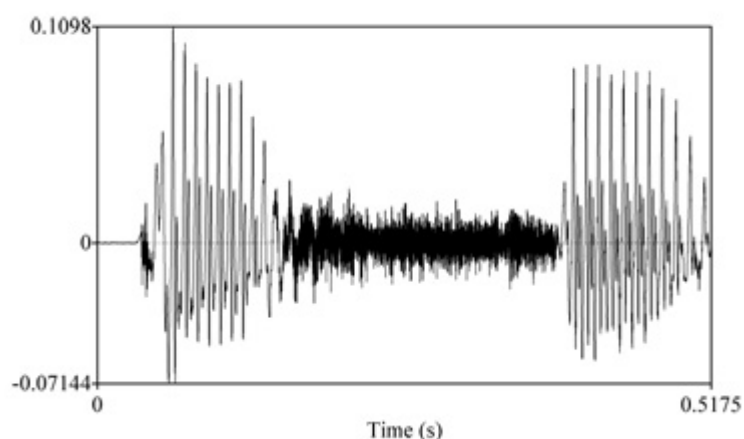
7.2. Joonised Praati pildiaknas

Kui Praat avada, avaneb objektiakna kõrval alati pildiaken (Praat picture). Sinna saab teha jooniseid, et neid pildi kujul Praatist välja viia (näiteks Wordi). Enamiku objektide juures on objektiakna dünaamilistes menüüdes käsk *Draw...* või *Paint...* See käsk teeb joonise Praati pildiaknasse. Pildiaknas saab pilti toimetada ja salvestada pildifailiks. Seejärel on võimalik pilti mingis teises programmis avada.

Jooniseid saab teha üldiselt objektiakna käskudega erinevatest objektidest. Piiratud võimalustega, aga natuke lihtsamad joonistamiskäsud on ka Sound objekti toimetamisaknas (SoundEditoris). SoundEditoris saab joonistada ekraanil olevat helilainet, spektrogrammi, põhitooni ja formante.

Pilt joonistatakse Praati pildiaknasse roosa (Mac'is sinise) kasti sisse. Enne uue joonise tegemist tuleb kas hiirega uus ala valida või pildiakna sisu tühjendada. Selleks on käsk *Edit > Erase all*.

Proovi joonistada helilaine. Vali objektiaknas Sound objekt ja käsk *Draw...* Avaneb dialoogiaken, kus ära esialgu midagi muuda, vajuta nuppu *OK*. Pildiakna roosa kasti sisse tuli helilaine joonis, umbes selline (sõltuvalt muidugi sellest, mis helifail on - siin näiteks on ainult üks sõna):



Selle pildi saad nüüd mõnda teise programmi tõsta, näiteks Wordi. Kõige lihtsam on kopeerida Copy-Paste'iga. (Vali Praati pildiakna *File* menüüst käsk *Copy to clipboard* ja Wordis käsk *Paste*.)

Kui tahad pilti salvestada, et seda teine kord Praati pildiaknas edasi töödelda, salvesta Praati pildifailiks (*File > Write to praat picture file...*). Siis saad teine kord faili Praati pildiaknas jälle avada (*File > Read from praat picture file...*). Seda tüüpi faile teised programmid aga ei mõista.

Kui oled pildi Praatis lõpetanud ja tahad seda kuski teises programmis avada, salvesta pilt EPS-failina (*File > Write to EPS file...*). See on PostScript fail, nii on välja trükkides tulemus parem lihtsalt Copy-Paste'iga kopeerimisest. Wordi dokumenti saad pildi lisada nii, et valid Wordis menüüst *Insert > Picture > From file...* Kõik tekstiredaktorid ei pruugi arvutiekraanil seda pilti küll näidata (uuemad Wordi versioonid küll näitavad), aga väljatrükis on kõik olemas.

Kõik, mida kopeeritakse või salvestatakse, peab olema roosa (Mac'is siis sinise) kasti sees.

Kui tahad uut pilti teha, tee hiirega pildiaknas roosa kastike tühjale alale või kustuta kõik pildiaknas olev ära (*Edit > Erase all*).

Helilaine joonised

Helilainet saab joonistada Sound objektist. Vali objektiaknas Sound objekt ja käsk *Draw...* Dialoogiaknas saab seadeid natuke muuta ka:

- *Time range* - ajaline ulatus (sekundites), joonisel horisontaalteljel, st milline ajalõik joonistatakse. Väärtused 0 kuni 0 sekundit annab kogu faili ulatuse (sest vahemik 0 kuni 0 tähendab Praatis kas miinimum-maksimum- või muid vaikimisiväärtusi).
- *Vertical range* - amplituudi ulatus, vaikimisi joonistatava lõigu miinimum ja maksimum amplituud, mis võib muutuda vahemikus -1 kuni 1. See tähendab, et vertikaalne ulatus on vaikimisiväärtustega iga pildi puhul erinev. Kui tahad, et vertikaalne skaala oleks kõigil pildidel sama, pane vahemikuks kas -1 kuni 1 või vaata, milline on kõigi helide kõige väiksem ja kõige suurem amplituud (seda saad vaadata SoundEditoris).
- *Drawing method* - **Curve** teeb tavalise helilaine, st helilaine joonistatakse pideva joonena; **Bars** - igale sãmplile vastab üks

tulp (ei saa päris täpselt aru, kuidas see töötab, kui pikema lõiguga proovida, võib Praat kokku joosta, seetõttu ei maksa seda proovida); **Poles** – igale sãmplile vastab üks post (0-punkt on kesksel); **Specles** – igale sãmplile vastab üks punkt.

Helilaine joonised SoundEditorist

Ava SoundEditor ja suumi ekraanile lõik, mida tahad joonistada. Menüüst *File* leiad käsu *Draw visible sound...*

- *Erase first* – kui see on valitud, siis tehakse enne pildiaken tühjaks, kui see joonis sinna ilmub; kui enne on pildiaknas midagi ja see linnuke pole valitud, siis tuleb uus pilt vana otsa.
- *Preserve times* – kui see linnuke pole valitud, siis algab ajateljel nullist, kui on valitud, siis on nullpunkt Sound objekti algus.
- *Vertical range* – see on sama, mis eelmises punktis kirjeldatud
- *Write name at top* – pildi pealkiri (= Sound objekti nimi), valikud: *no* – ei kirjutata, *far* – kirjutatakse joonise kohale joonisest võimalikult kaugele, *near* – kirjutatakse joonise kohale.
- *Draw selection times* – kursori(te) asukoht ajateljel märgitakse joonise kohale (sekundites).
- *Draw selection hairs* – kursori(te) asukoht ajateljel märgitakse katkendjoonega.
- *Garnish* – kui linnuke on valitud, tehakse joonisele raam ja märgitakse telgede algus- ja lõpp-punkt.

Põhitooni joonised

Põhitooni saab joonistada Pitch objektist. Vali objektiaknas Sound objekt ja menüüst Periodicity käsk *To pitch...* Nüüd vali tekkinud Pitch objekt ja vaata menüüd *Draw*.

Draw menüüs on palju käske:

- **Draw...** käsud joonistavad põhitoonikontuuri pideva joonena, horisontaalteljel on aeg, vertikaalteljel sagedus hertsides.
- **Specle...** käsud joonistavad sama kontuuri, kuid kujutavad seda täpikestena (mitte pideva joonena), kus iga täpik vastab ühele sãmplile.
- Järgmised käsud teevad põhimõtteliselt sama, ainult vertikaalskaala on erinev: *Draw logarithmic...* sagedusskaala on logaritmiline, *Draw semitones...* sagedusskaala on pooltoonides, *Draw mel...* sagedusskaala on mellides.

Põhitooni joonised SoundEditorist

SoundEditori menüüs *Pitch* on käsk *Draw visible pitch contour...* (põhitooni analüüs peab olema valitud muidugi: menüüs *Pitch* käsu *Show pitch* ees peab olema linnuke). *Speckle* – kui kastis pole linnukest, siis joonistatakse põhitoon pideva joonena, kui on linnuke, siis täpikestena.

Spektri joonised

Kui soovid ühe hääliku spektrit kujutada, siis vali SoundEditoris ära häälik ja tee ainult sellest spekter (menüü *Spectrum > View spectral slice*). Vali Spectrum objekt ja käsk *Draw...* joonistab spektri, kus horisontaalteljel on sagedus ja vertikaalteljel helirõhk. Käsk *Draw (log freq)...* joonistab spektri, kus horisontaaltelgel on logaritmiline.

Kui tahad pikema helilõigu spektrit, siis võib-olla oleks parem teha sellest Ltas objekt ja joonistada seda (käsuga *Draw...*).

Spektrogrammi joonistamine

Tee Spectrogram objekt. Seda, kas tahad kitsaribalist või laiaribalist spektrogrammi, pead otsustama Sound objektist Spectrogram objekti tehes.

Käsu *Draw...* asemel on käsk *Paint...*

- *Dynamic range* abil on võimalik spektrogrammi heledust-tumedust sättida.
- *Frequency range* abil saab küll sättida sagedusvahemikku, mida joonistatakse, aga spektrogrammiobjekti tehes on maksimaalne väärtus juba määratud.

Spektrogrammi joonised SoundEditoris

SoundEditori menüüs *Spectrum* on käsk *Paint visible spectrogram....* Midagi eriti siin sättida ei saa peale selle, et kas ja kui palju automaatselt joonist viimistletakse. Vt dialoogiakna parameetrite kohta punktist 10.1.1.

Formantide joonistamine

Tee Formant objekt. *Draw* menüüs on mitu varianti formantide joonistamiseks:

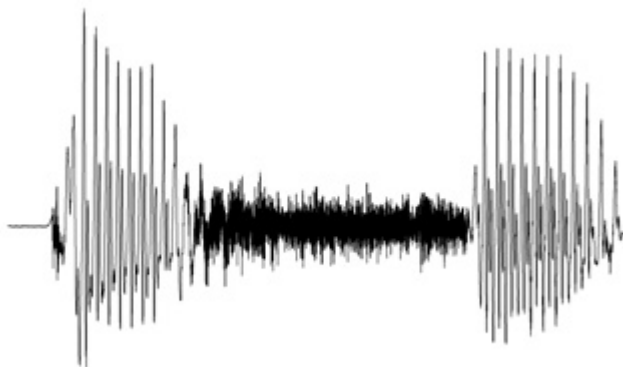
- *Draw > Speckle...* joonistab formandid täpikestena (igale mõõtmiskohale vastab üks täpp). Niimoodi kujutatakse formante ka SoundEditoris.
- *Draw > Draw tracks...* joonistab formandid pideva joonena. Põhimõtteliselt sama, mis käsk *Speckle...*, aga punktid on ühendatud joonega.
- *Draw > Scatter plot...* joonistab formantruumi skeemi, kus F1 väärtused on vertikaalteljel ja F2 väärtused horisontaalteljel.

Formantide joonistamine SoundEditoris

SoundEditoris leiad menüüst *Formant* käsu *Draw visible formant contour...* Kuna formante joonistatakse tavaliselt spektrogrammi peale, siis oleks mõistlik (kui spektrogramm on pildiaknas) võtta ära linnukesed kastidest *Erase first* (et spektrogrammi ära ei kustutataks) ja *Garnish* (et erinevad kirjad üksteise otsa ei läheks). Ka võib teha formanditäpid punaseks, et paremini näha oleks (pildiakna menüü *Pen > Red*).

Viimistle joonised ise

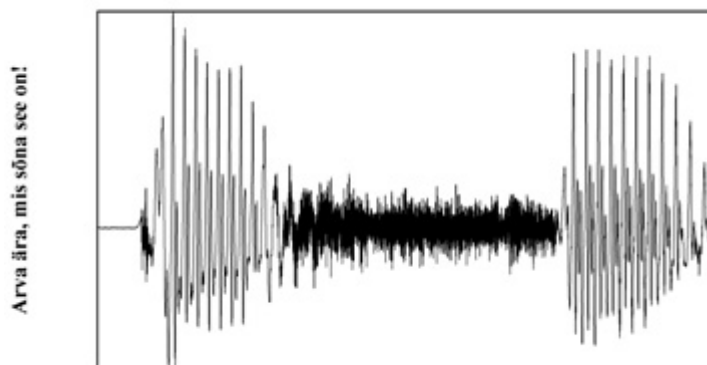
Käsuga *Draw...* avanevas dialoogiaknas on alati ka kastike *Garnish*. Kui kastikesest linnuke ära võtta, joonistatakse pildiaknasse analüüs ilma viimistlemata. St joonisel pole ümber raami, pole telgede seletust ega skaalat. Helilaine joonis ilma viimistlemata näeks välja selline:



Nüüd me saame skaalad ja pealkirjad jm lisada täpselt sellised, nagu meile meeldib. See on hea, kui tahad mitu analüüsi üksteise otsa joonistada või kui tahad nt eesti keeles kirjutada.

Joonisele saame kasti ümber nii: Praati pildi akna menüü *Margins* käsk *Draw inner box*. Roosa kasti sisse tuli must raam.

Helilaine puhul on vertikaalteljel amplituud. Seega võiks joonise vasakule küljele kirjutada „Amplituud”. Menüüst *Margins* käsk *Text left...* lisab kasti vasakule küljele teksti. Kui midagi läks valesti, saad kõike ühe sammu haaval tagasi võtta: *Edit > Undo*. Helilaine puhul on horisontaalteljel aeg. Menüü *Margins* käsk *Text bottom...* lisab alla teksti, nt sinna kus enne oli “Time (s)” võib kirjutada “Aeg (sekundites)”. Linnuke kastis *Far* paigutab teksti roosa ala välimise serva äärde. Kui linnukest kastis *Far* ei ole, tuleb tekst roosa ala sisemise serva äärde.



Ära muretse, kui midagi läheb untsu, iga sammu saab *Edit* menüüst käsuga *Undo* tagasi võtta!

Proovi seda sama teha Pitch objektiga. Kõigepealt tühjenda pildiaken või vali tühi ala. Joonista põhitoon käsuga *Draw...* nii, et jäät viimistlemata. Siis lisa joonisele raam, vasakule kiri „Põhitoon (Hertsides)” ja alla kiri „Aeg (sekundites)”.

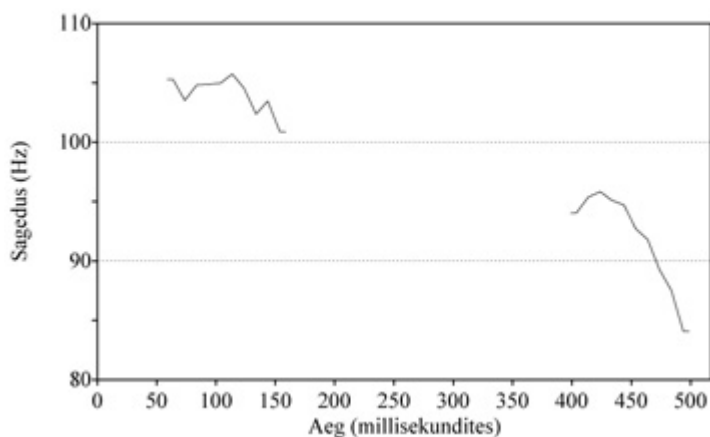
Nüüd võiks lisada skaala. Praat jätab meelde, mitu ühikut joonisel telgedel peab olema. Kui oled joonistanud põhitooni helist, kus horisontaalteljel on aeg näiteks 0- 0.5 sekundit ja vertikaalteljel on sagedus 0-500 hertsit, siis need on võimalik ka joonisele kanda.

Siin joonisel on sagedus 80-110 Hz, ja võiks olla üks skaalajaotust iga 10 hertsit kohta. Kõige lihtsam: *Margins > Marks > Marks left...* ja siis seada *Number of marks* 4 peale. Vasakule poole joonist tuli skaala, kus iga kümne hertsit tagant on number, kriipsuke kasti serval ja katkendjoon üle kogu joonise. Teine võimalus skaalat joonisele saada on käsuga *Margins > Marks left every...*

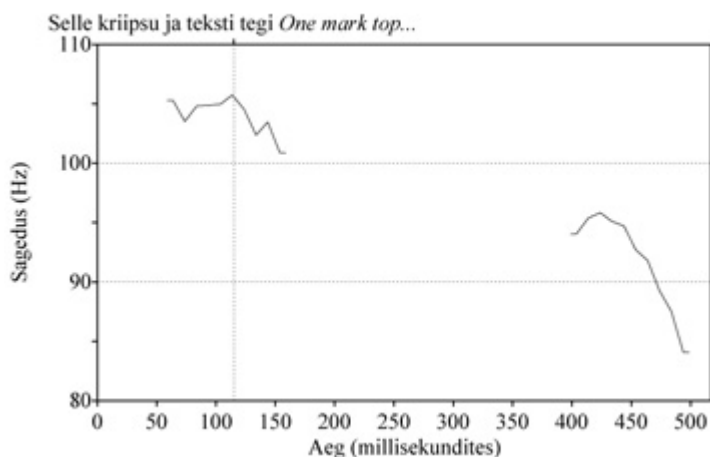
Praatis on vaikumisi kõik ajateljed sekundites. Kui aga pildil kujutame nt üht sõna, oleksid sobivamad ühikud millisekundid, liiga palju komakohtadega joonisel kujutada pole eriti hea. Kui üks sõna kestab umbes 0.5 sekundit, siis oleks ilusam, kui konverteerida skaala millisekunditesse. Sellisel juhul kestaks sõna 500 ms ja saaksime teha märgi iga 100 ms tagant. *Margins > Marks bottom every...* lubab meil määrata ühiku suuruse ja kauguse. Kui tahame sekundite asemel millisekundeid, siis üks millisekund on 0.001 sekundit. Märgime *Units* 0.001. Kui meil on pildil nt 0.5 sekundi pikkune lõik (=500 ms), siis oleks skaalal sobiv jaotus 1 iga 100 ms tagant. Seega märgime *Distance* 100.

NB! Praat kasutab komakoha eraldajana punkti, nagu inglise keeles kombeks. Seega 1,001 oleks Praati jaoks „tuhat üks”, 1.001 „üks koma null null üks”.

Vahel piisab kriipsukesest skaalal ja ei ole numbrit vajagi. Vahel pole vaja katkendlikku joont üle kogu joonise. Selleks on dialoogiaknas võimalik valida, mida täpselt joonistatakse: *Write number* – kirjutab skaala numbrid, *Draw tick* – joonistab joonise alla serva numbrite kohale kriipsukesed, *Draw dotted line* joonistab katkendlikud jooned üle terve joonise.

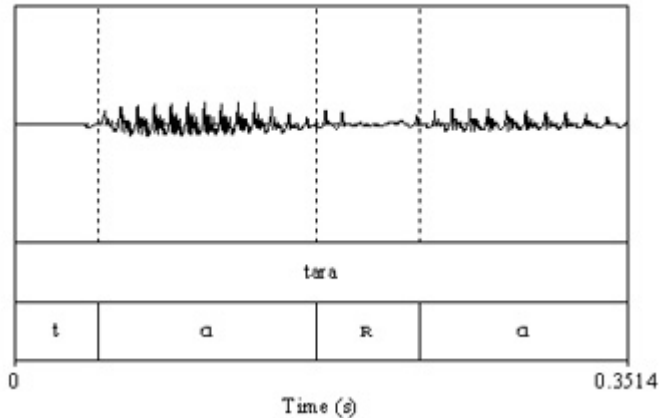


Kui on mingile kohale joonisel vaja tähelepanu juhtida, saab seda ka ära märkida. Vaata SoundEditorist, kus see koht peaks ajaliselt olema. Pane kursor selle koha peale, *Query > Get cursor* ja nüüd kopeeri infoaknast number. Pildiaknas menüü *Margins > One mark bottom...* või *One mark top...* Viimast on hea kasutada siis, kui pildi alumises servas on skaala. Kui tahad mingi tekstiga seda kohta ära märkida, saad dialoogiaknas lisada teksti, aga võta ära siis linnuke kastist *Write number*, muidu need jäävad ülestiku.

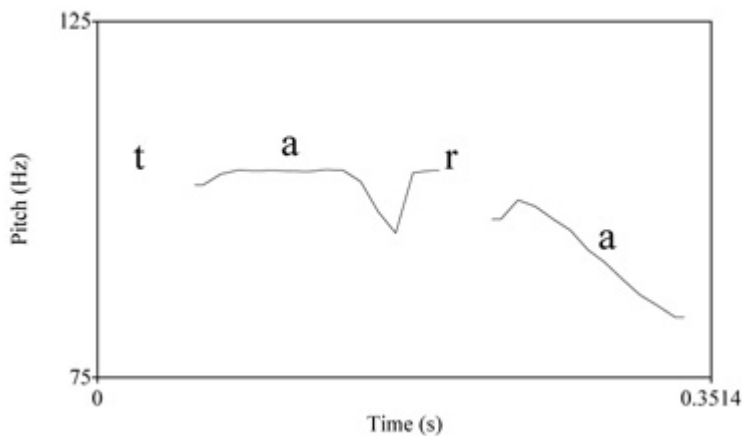


Kui tahad joonisel näidata häälikute piire, saab need märkida TextGrid objektile ja siis joonistada kaks objekti koos:

- Vali Sound + TextGrid ja Draw...



- Vali Pitch + TextGrid ja Draw...



Mitu joonist on võimalik ka üksteise otsa joonistada. See juhtub siis, kui kahe objekti joonistamise vahepeal ei vali tühja ala või ei kustuta käsuga *Erase all* kogu pildiakna sisu. Aga mõnikord on isegi mõistlik kaks pilti üksteise otsa joonistada. Näiteks formandid on hea lisada spektrogrammi peale.

- Kõigepealt joonista spektrogramm
- siis muuda pildiaknas ära pliiatsi värv punaseks *Pen > Red*
- joonista formandid

Võta vähemalt formantidel kastist *Garnish* ära linnuke. Ja vaata, et nii vertikaalne kui horisontaalne ulatus oleksid mõlema analüüsi joonistamisel samad. St kui spektrogrammi sagedusvahemik on 0-5000 Hz, siis formantidel ei oleks see nt 0-5500 Hz.

Joonis keskmiste andmete põhjal

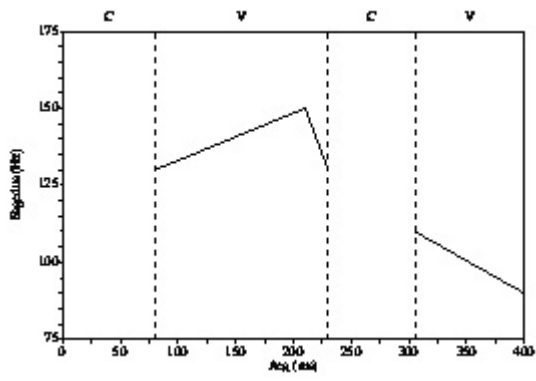
Oletame, et oled mõõtnud põhitooni mingites sõnades ja nende keskmiste väärtuste põhjal tahad skitseerida joonist. Väljamõeldud „keskmised” andmed võiksid olla näiteks sellised:

- C1 - 80 ms, V1 - 150 ms, C2 - 75 ms, V2 - 95 ms;
- V1 algus 130 Hz, V1 tipp 150 Hz, tipu kaugus algusest 130 ms, V1 lõpp 120 ms;
- V2 algus 110 Hz, V2 lõpp 90 ms.

1. määrame teljed: Pildiaknas *Margins > Axes...* vasakult paremale 0 - 400 (ajatelg), alt üles 75 - 175 (sagedustelg).
2. *World > Draw line...* x1=80, y1=130, x2=210, y2=150.
3. *World > Draw line...* x1=210, y1=150, x2=230, y2=130.
4. *World > Draw line...* x1=305, y1=110, x2=400, y2=90.

- 5. Margins > Draw inner box
- 6. ... natuke viimistlemist

Välja tuli midagi sellist:



8. Kõnesüntees

Kõnesünteesi järgi on kõige suurem nõudlus nägemispuudega inimestel, aga rakendusi on teisigi (inimene-masin dialoogsüsteemid jms). Üks võimalikest rakendustest on ka kõne uurimine: inimkõne on väga varieeruv ja alati pole teada, mis tegurid mida mõjutavad. Sünteesimisel on võimalik kõiki muutujaid kontrollida.

Kõnesünteesi on võimalik teha mitmel viisil, meetod valitakse eesmärgi järgi. Kõne arusaadavuse ja loomulikkuse poolest pole kuigi edukaks osutunud meetodid, mis algusest lõpuni üritavad järgi teha seda, kuidas inimene kõnet toodab. Seetõttu laiatarbe tekst-kõne süntesaatorid kasutavad mingeid loomulikust kõnest pärit lõike, mida kombineeritakse.

Difoonsüntees

Väga levinud laiatarbe kõnesünteesi meetod on difoonsüntees. See tähendab, et on diktori poolt sisse loetud kõne, kust on välja lõigatud häälikupaarid, mille kombinatsioonidest pannakse kokku uut kõnet. Häälikupaare kasutatakse selle pärast, et siirded ühelt häälikult teisele oleksid loomulikumad – kõnes liiguvad hääldusorganid ühe hääliku moodustuskohalt teise hääliku moodustuskohale sujuvalt ja iga eelnev häälik mõjutab järgmist. Niimoodi sünteesitakse näiteks sõna „tere” viiest andmebaasis olemas olevast jupist: [paus + /t/ esimene pool][t/ teine pool + /e/ esimene pool][e/ teine pool + /r/ esimene pool][r/ esimene pool + /e/ teine pool][e/ teine pool + paus].

Eesti keele difoonsünteesil põhineva tekst-kõne süntesaatori saab endale tõmmata siit: <http://www.eki.ee/keeletehnoloogia/projektid/syntees/> või veebist proovida: <http://kiisu.eki.ee/>

Korpuspõhine süntees

Korpuspõhise sünteesi põhimõte üldjoontes on sama mis difoonsünteesil, et kasutatakse loomulikust kõnest pärit juppe. Ainult et korpuspõhise sünteesi korpus sisaldab rohkem ja suuremaid kõnelõike ja sagedasemaid sõnu. Korpuspõhine kõnesüntesaator paneb uue teksti kokku võimalikult suurtest andmebaasis olevatest juppidest. Mida suuremaid olemasolevaid juppe on võimalik kasutada, seda loomulikum tulemus on.

Eesti keele korpuspõhine tekst-kõne süntesaator on hetkel alles arendamisjärgus, rohkem saab selle kohta lugeda siit: <http://www.keeletehnoloogia.ee/syndmused/konverents/slaidid/mihkla.ppt>

Artikulaatorne süntees

Artikulaatorse sünteesi idee on selles, et inimese kõnetrakti võib käsitleda torustikuna, mille kuju musklid muudavad, ning seda torustikku ja lihaspingeid on võimalik modelleerida. Artikulaatorse sünteesi eesmärk tänapäeval ei ole ilmselt teha võimalikult loomulikku tekst-kõne süntesaatorit, vaid paremini aru saada, kuidas inimese kõneaparaat töötab. Ülesande lahendamisele (võimalikult loomulik kõne) suunatud rakenduste puhul ei ole artikulaatorne süntees kuigi efektiivseks osutunud.

Täpsemalt on kõnetrakti mudel selline: osa torusid on otsast lahti (huuled, ninasõõrmed), osa kinni (kopsud) ja osa ühendab ühtesid teistega (kurk-suu-nina). Torustiku kuju on ajas muutuv. Teatud tingimustel torustiku seinad vibreerivad. Häälik tekib alati, kui torustikus õhk liikuma pääseb.

Formantsüntees

Formantsüntees e. allikas-filter süntees ei ole ka tänapäeval kasutusel tekst-kõne süntesaatori rakendustes, vaid seda kasutatakse kõne uurimiseks, tihti stiimulite sünteesimiseks tajutestide tarvis. Formantsünteesi idee on jällegi matkida loomuliku kõne moodustamist. Sünteesil on kaks osa: allikas ja filter. Allikas sünteesib sarnase puhta heli, nagu võiks tulla häälekurdudest enne, kui kõnetrakt mingeid komponente sellest võimendab või summutab. Ja filtri osas määratakse sageduspiirkonnad, mida allikast tuleval signaalil võimendatakse või summutatakse.

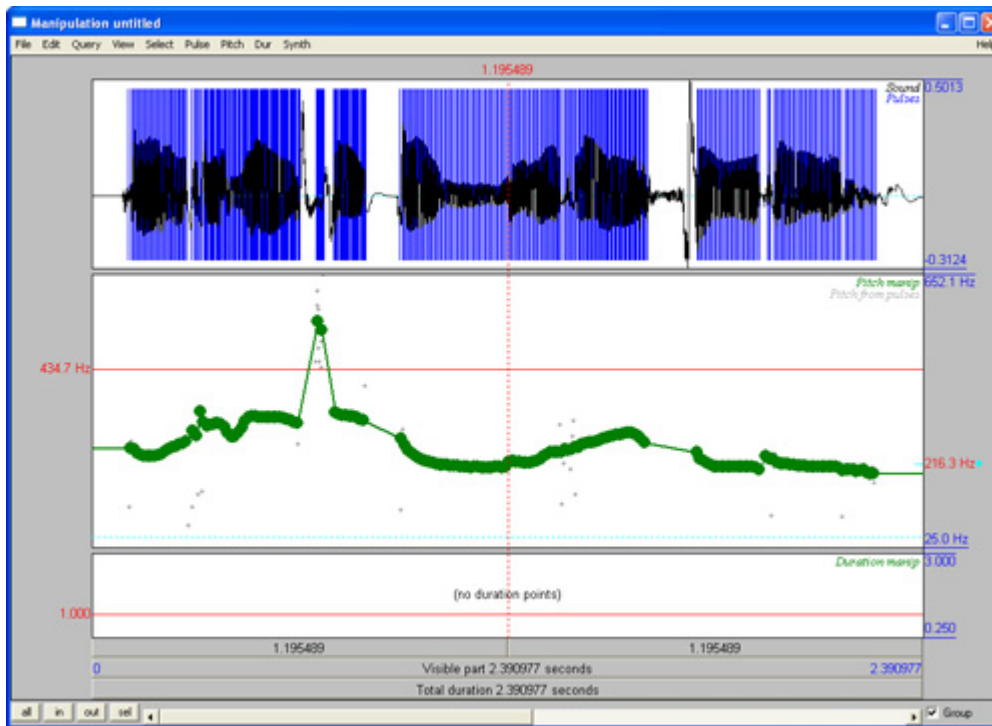
Resüntees

Sünteesiks võib pidada, ja kõne uurimisel kasutatakse palju, loomulikul viisil hääldatud kõne mingite parameetrite (kestuse, formantide, põhitooni vm) muutmist.

8.1. Resünteer Praatis

Objektiaknas on Sound objekti dünaamilises menüüs käsk *To manipulation...* Avaneb dialoogiaken, kus küsitakse põhitoonianalüüsiks vajalikke parameetreid (põhitooni analüüsi sammu ja põhitooni liikumise piire). Tekib uus Manipulation objekt. Manipulation objektil saab manipuleerida põhitooni ja kestust ning pärast sünteesida tagasi Sound objektiks.

Käsk *Edit* avab *ManipulationEditori*. Nüüd on ekraan jagatud kolmeks: 1) helilaine, 2) põhitooni manipuleerimine ja 3) kestuse manipuleerimine.



Põhitooni manipuleerimine

Põhitoonikõveral on punktid, mida saab hiirega edasi-tagasi ja üles-alla liigutada (tulevad ilmselt paremini nähtavale, kui natuke sisse suumida). Punktide algse asukohad on taustal näha hallide punktikestena.

Menüü *Pitch > Remove pitch point(s)* kustutab valitud punktid. Kui kustutada kõik punktid, kaob manipuleeritud põhitoon (sosinaks see ei muutu, kuuled lihtsalt algset tooni). Kui jätta üks punkt, on kogu heli põhitoon ühel sagedusel.

Käsk *Add pitch point* lisavad punkte.

Käsk *Stylize pitch...* kaotab ära üleardused punktid. St kui resolutsiooniks määrata 2 pooltooni (inglise k *semitone*, see on muusikaline mõiste *pooltoon*), jäävad alles ainult need punktid, mille vahe on 2 pooltooni. Nii on põhitooni kontuur endine, aga punkte on oluliselt vähem.

Käsk *Shift pitch frequencies...* muudab kõigi punktide väärtust mingi ühiku võrra. Käsk *Multiply pitch frequencies...* korrutab kõigi punktide väärtuse mingi arvuga. Kui tahad põhitooni tõsta oktava võrra, pane faktoriks 2, kui tahad tõsta 2 oktavat, pane faktoriks 3. Kui tahad langetada oktava võrra, pane faktoriks 0.5.

Kestus

Kestuse kihil ei ole alguses ühtegi punkti. Kui tahad kogu faili ulatuses ühtlaselt kiirust muuta, lisa üks punkt: menüü *Dur* käsk *Add duration point*. Punkti üles alla liigutades muutub helilõigu kestus. Kui liigutad punkti üles (väärtus 1 on algne kestus), muutub kõne aeglasemaks, kui liigutad alla, siis kiiremaks.

Kui tahad heli ühe osa kestust muuta, lisa neli kestuspunkti: kaks tükki kõrvuti lõigu algusesse, kaks tükki lõigu lõppu. Välimiste punktide väärtus sea 1 peale, sisemiste väärtus suuremaks, kui tahad lõiku aeglustada, või väiksemaks, kui tahad lõiku kiirendada. Kui tahad kestuse punktide seadmist alustada otsast peale, kasuta käsku *Dur > New duration*.

Salvestamine

Manipulation objekt ei ole tavaline helifail, nii et kui see salvestada käsuga *Write to text file...* või *Write to binary file...*, saab

seda Praatis uuesti avada, aga teised programmid seda ei loe. Et saada sellest jälle helifail, tuleb see sünteesida e. tagasi helifailiks muundada. Manipuleeritud heli sünteesimiseks on mitu varianti, millest kõige parema (loomulikuma) tulemuse annab meetod *overlap-add*. Kui oled töö Manipulation objektiga lõpetanud, sünteesi selle põhjal helifaili, kasutades objektiakna käsku *Get resynthesis (overlap-add)*. Nüüd tekib objektiaknasse uus objekt Sound untitled. Selle võid salvestada wave-failiks (menüüst *Write* käsuga *Write to WAV file...*).

8.2 Allikas-filter süntees

Allikas-filter e formantsüntees e Klatti mudel on justkui kõnetrakti akustiline mudel, mis koosneb kahest osast: allikast ja filtrist. Allikas on justkui häälekurrud, st genereeritakse justkui häälekurdudest tulev puhas heli. See allikas lastakse läbi filtrite, mis on justkui nagu kõnetrakt, mis mingeid etteantud sagedusvahemikke üles võimendavad.

Lähme nüüd Praati ja proovime sünteesida sõna "tere". See on esmaväteline sõna, st kõik häälikud on lühikesed, v.a teine vokaal, mis Q1 sõnas on poolteistpikk. Kuna sõna algab klusiiliga, siis väga pikka pausi sõna algusse pole mõtet teha, piisab 20 ms. Esimene vokaal võiks olla umbes 60 ms, teise silbi alguskonsonant 60 ms ja teine vokaal 120 ms.

Siin näites on kõik käsud, mida peab rakendama, Courier fondiga ja kui käsu peale avaneb dialoogiaken, siis parameetrid on käsu... järel.

Kõigepeal genereerime allika e häälekurdudest tuleva signaali. Sõna kestus võiks olla umbes 300 ms e 0.3 sekundit. Otsi menüüst *New > Tiers >*

```
Create PitchTier... allikas 0 0.3
```

Nüüd tuleks märkida mingid punktid põhitooni kõrgusega. Sõna alguses võiks olla f0 150 Hz, ja esimeses silbis kergelt langeda 140 Hz (sest päris lame põhitoon ei ole väga loomulik), ning siis sõna lõpuks langeda 100 Hz peale. PitchTier'i dünaamilisest menüüst *Modify* leiad käsu >

```
Add point... 0 150
```

```
Add point... 0.16 140
```

```
Add point... 0.3 100
```

Võid seda nüüd kuulata, selleks on dünaamilises menüüs kaks käsku *Play pulses* mängib pininana, *Hum* mängib üminana. Lähme edasi ja genereerime põhitooni kõverast objekti, mis matkib kõripulssse. Dünaamilisest menüüst *Synthesize*- leiad käsu:

```
To PointProcess
```

Kõigepealt võtame sõna algusest ja lõpust umbes 20 millisekundit helilisust maha. PointProcess objekti dünaamilisest menüüst *Modify*- leiad käsu:

```
Remove points between... 0 0.02
```

```
Remove points between... 0.28 0.3
```

Nüüd selle koha peal, kus võiks umber /r/ olla, genereerime natuke helitu/helilise vaheldumist, kuna teadupärast /r/ hääldamisel keeletipp vibreerib, moodustades väga lühikesi sulge vastu hambasompe. Tekitame kolme värinaga /r/, st tekitame kolm 15-millisekundilist sulukest:

```
Remove points between... 0.08 0.095
```

```
Remove points between... 0.11 0.125
```

```
Remove points between... 0.14 0.155
```

Nüüd ongi meil allikas peagu valmis, teeme veel PointProcess objektist Sound objekti. Dünaamilisest menüüst leiad käsu:

```
To Sound (phonation)... 44100 1.0 0.05 0.7 0.03 3.0 4.0
```

Nüüd teeme filtri. Filter peab siis ka olema 300 ms pikk ja kõigepealt teeme ta vaikimisi väärtustega, st formantväärtused, mis võiksid sobida švaa vokaalile, kui keel on suus jõudeasendis. Menüüst *New > Tiers >*

```
Create FormantGrid... filter 0 0.3 10 550 1100 60 50
```

Kuna sõnas "tere" labiaalseid häälikuid ei ole, võime piirduda ainult esimese kahe formandi väärtuste muutmisega.

Kõigepealt eemaldame kogu sõnast F1 ja F2 punktid: menüüst *Modify*-

```
Remove formant points between... 1 0 0.3
```

```
Remove formant points between... 2 0 0.3
```

Kuna klusiilide kõige iseloomulikum tunnus on siire vokaalile, siis seame /t/ jaoks siirde alguspunktiks F1 100 Hz ja F2 2000 Hz. Menüüst *Modify*-

```
Add formant point... 1 0.00 100
```

```
Add formant point... 2 0.00 2000
```

Nüüd seame esimese silbi /e/ väärtused F1 500 Hz ja F2 1900 Hz:

```
Add formant point... 1 0.04 500
```

```
Add formant point... 2 0.04 1900
```

Kuna /r/ puhul keel liigub hambasompude ja jõudeasendi vahel, seame F1 500 Hz ja F2 1500 Hz:

Add formant point... 1 0.12 500

Add formant point... 2 0.12 1500

Ja nüüd teise silbi /e/, mis võiks olla madalam, rohkem /ä/ poole:

Add formant point... 1 0.2 600

Add formant point... 2 0.2 1800

Ja ongi filter valmis! Nüüd paneme allika ja filtri kokku: vali mõlemad objektid: Sound allikas + FormantGrid filter >

Filter

Kuula käsuga *Play* või vaata SoundEditoris. Kas said midagi [sellist](#)?

8.3. Artikulatoorne süntees

Artikulatoorse sünteesi idee on selles, et inimese kõnetrakti võib käsitleda torustikuna, mille kuju musklid muudavad, ning seda torustikku ja lihaspingeid on võimalik modelleerida. Osa torusid on otsast lahti (huuled, ninasõõrmed), osa kinni (kopsud) ja osa ühendab ühtesid teistega (kurk-suu-nina). Torustiku kuju on ajas muutuv. Teatud tingimustel torustiku seinad vibreerivad. Hääli tekib alati, kui torustikus õhk liikuma pääseb.

Praatis jaguneb artikulatoorne süntees kahte etappi: 1) musklite tegevuse põhjal kujundatakse kõnetrakti kuju, 2) kõnetrakti kuju põhjal sünteesitakse heli.

Kõnetrakti mudeli põhilised osad on:

- 1) Kõri. Sajad miljonid alveoolid suubuvad kopsutorudesse, mis omakorda suubuvad hingetorru.
- 2) Kõri.
- 3) Ninaõõs.
- 4) Kurk ja suuõõs

Kurku ja suuõõnt kujutatakse 27 torusektsioonina, mis vastavad olulisematele lihastele. Seega saab kõnetrakti kuju muuta 27st punktist.

Praatis kasutatav artikulatsiooni mudel arvestab ka toru osade kuju muutumisest tuleneva pumpamise ja imemise efektiga. St et kui üks toru osa muutub väiksemaks, siis surub ta õhku eri suundades, kui muutub suuremaks, siis vaakumi tõttu imeb eri suundades. Seega õhu liikumist ei määra ainult kopsude tegevus. Kui õhk liigub kitsamast torust laiemasse, põhjustab see õhu kaootilist liikumist.

Seega on artikulatoorne süntees üsna keerukas ja kindlasti füsioloogiateadmised tuleksid kasuks. Sellegipoolest proovime ka artikulatoorse sünteesiga tekitada sõna "tere".

Kõigepealt on vaja kõnelejat. Kasutame vaikimisi väärtusi: menüüst *New > Articulatory synthesis >*

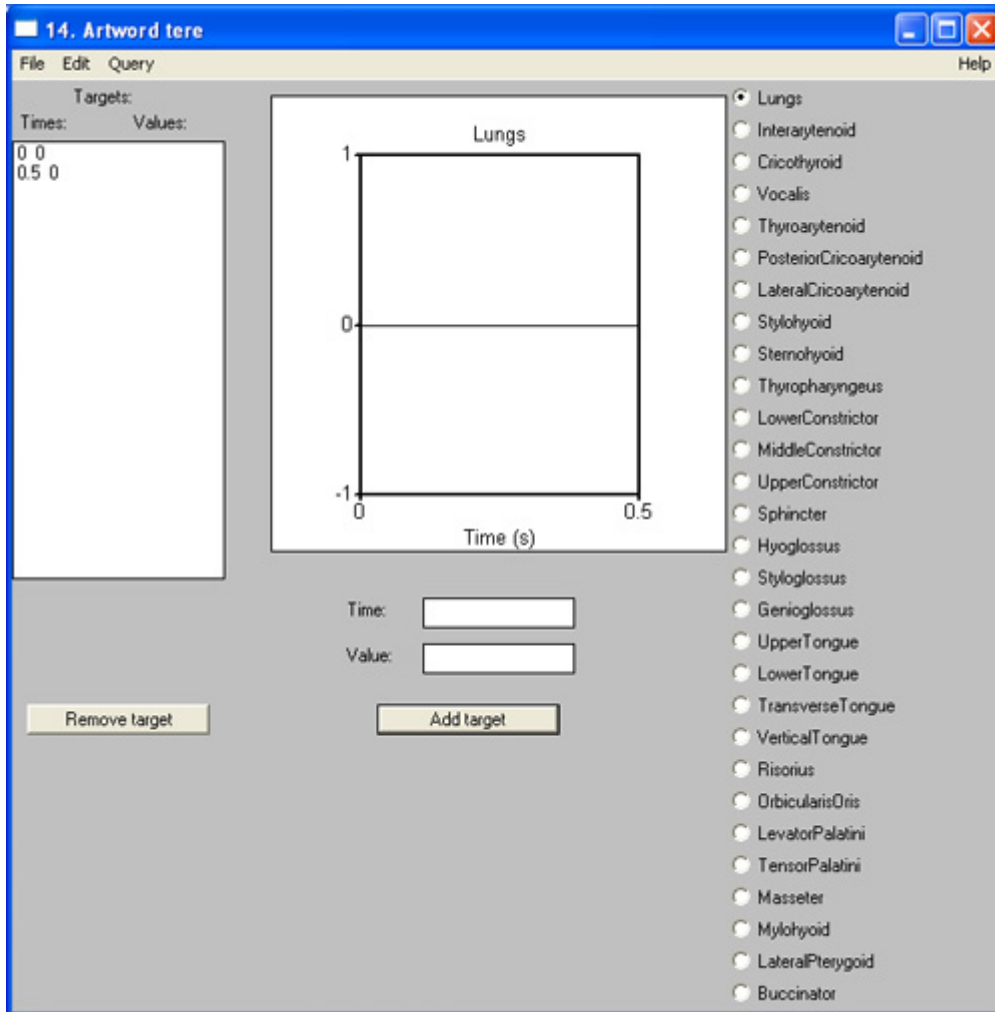
Create Speaker... Ludmilla Female 2

Nüüd teeme objekti Artword, st genereerime torustiku liikumise. Sõna pikkus võiks olla 500 ms e 0.5 sek. *New > Articulatory synthesis >*

Create Artword... tere 0.5

Edit

Nüüd avaneb umbes selline aken:



Aknas vasakul on nimekiri sihtmärkidest, st mis ajahetkel millisele musklile mis pinge on seatud. Aknas paremal on nimekiri musklitest ja kui sealt mõni valida, siis saab anka keskel määrata aja, millal see muskel mingi väärtuse saab. Pingete väärtused muutuvad -1 kuni 1, 0 on jõudeasend.

Kõigepealt paneme kopsudest õhu liikuma. Seda saab nii, et valid aknas paremalt Lungs ja keskel Time 0, Value 0.2 ja vajutad nuppu *Add target*. Või Objektiaknas käsuga *Set target...*, nagu allpool kõik järgnevad käsud:

```
Set target... 0.00 0.2 Lungs
Set target... 0.1 0 Lungs
```

Paneb häälekurrud võnkuma:

```
Set target... 0.1 0.5 Interarytenoid
Set target... 0.50 0.5 Interarytenoid
```

Levator Palatini sulgeb käigu ninna:

```
Set target... 0 1 LevatorPalatini
Set target... 0.5 1 LevatorPalatini
```

Styloglossus hoiab, et keel kurku/suust välja ei vajuks:

```
Set target... 0 -0.5 Styloglossus
Set target... 0.5 -0.5 Styloglossus
```

Tekitame sulu (LowerTongue liigutab keeletippu, Masseter lõualuud):

```
Set target... 0 -1 LowerTongue
Set target... 0.04 -1 LowerTongue
Set target... 0 0.7 Masseter
Set target... 0.1 -0.05 Masseter
```

Vallandame sulu:

```
Set target... 0.1 -0.2 LowerTongue
Set target... 0.25 -0.2 LowerTongue
Set target... 0.5 -0.1 Masseter
```

Tekitame /r/ jaoks keeletipu vibreerimise:

Set target... 0.26 -1 LowerTongue

Set target... 0.280 0 LowerTongue

Set target... 0.3 -1 LowerTongue

Set target... 0.32 -0.1 LowerTongue

Nüüd ongi valmis ja tuleb sõna ja kõneleja omavahel kokku viia. Vali objektiaknas Speaker Ludmilla + Artword tere >

To Sound... 22050 25 0 0 0 0 0 0 0 0

Peale selle saab vaadata, kuidas kõnetrakt liigub: vali kõik kolm objekti - Speaker Ludmilla + Artword tere + Sound tere_Ludmilla >

Movie

Kas said midagi [sellist](#)?

9.1. Kõne tajuj

Kõnetaju kõige lihtsam ja odavam uurimismeetod on tavaline **tajukatse**: katseisik kuuleb kõrvaklappidest stiimuleid (mis on kas sünteesitud või pärit loomulikust kõnest) ja ütleb, mida ta kuuleb või kas kuuleb erinevust esitatud stiimulite vahel. Küllalt palju kasutatakse taju uurimisel ka keerukamaid aparate, näiteks [ERP](#), [MRI](#) jms, mis võimaldavad ajus toimuvat mõõta.

Tajufoneetika kirjeldab seda, kuidas inimene kuulnud akustilise signaali kinni püüab: kuidas kõrv tõlgib helilaine ajule elektriimpulssideks tõlgib, kuidas ning kus aju seda töötleb ja mis selles signaalis keeleliselt olulist on. Ka kõne akustikat kirjeldades tasub arvestada, et kas kirjeldatavad nähtused on tajutavad - akustilisest signalist võib leida finesse, mis küll mõõteriistad registreerivad, aga ei ole piisavalt suured, et inimene tajuks erinevusena. Samuti uurib tajufoneetika, kuidas inimene keelt omandab - nii emakeelena kui ka teise keele õppimisel.

Tajulävi on piir, kust maalt inimene hakkab mingit suurust tajuma. Tajulävest on olnud juttu ptk-s Kõne akustika. Heli valjuse tajulävi on 20 µPa, helikõrguse tajulävi on umbes 16 Hz. **Eristuslävi** on piir, kust maalt inimene tajub, et kaks signaali on millegi poolest erinevad. Siin ei ole absoluutseid väärtusi, nii heli kõrgust, tugevust kui kestust hinnatakse kahe signaali omavahelise suhtena. Näiteks kui üks signaal kestab 1 sekundi ja teine signaal 2 sekundit, siis seda ilmselt tajutakse erineva pikkusena, aga kui üks signaal kestab 101 sekundit ja teine 102 sekundit, siis ilmselt tajutakse signaale sama pikkustena.

Lisaks universaalsetele tajumehhanismidele, mis sõltuvad inimkõrva ja -aju ehitusest, on ka väga palju keelespetsiifilisi nähtusi. Kategooriad, mis ühes keeles on olulised, ei pruugi seda mõnes teises keeles olla, või kasutatakse samu kategooriaid erinevate asjade edasiandmiseks. Kui prosoodia puhul oli juttu rõhuajastus- ja silbiajastuskeeltest, siis see on suurepärane näide sellest, kuidas samu kategooriaid kasutatakse keeltes erinevalt. Näiteks vene keeles, mis on rõhuajastuskeel, märgib kestus, intensiivsus ja vokaali kvaliteet, ja seetõttu vene keele emakeelena kõnelejalatel on raske eesti keele esmavärtelisi sõnu hääldada, kuna siin on rõhk esimesel silbil, aga esimene silp on lühike, teine silp pikk.

Eesti keele taju on uuritud muidugi põhiliselt seoses vältega. Aga lisaks sellele on paar tajukatset seoses vokaalidega:

[Näätänen et al. 1997. Language-specific phoneme representations revealed by electric and magnetic brain responses. *Nature*, 385. 432-434.](#)

[Meister, Einar & Stefan Werner 2009. Duration affects vowel perception in Estonian and Finnish. *Linguistica Uralica* XLV, 161-177.](#)

9.2. Tajutesti koostamine ja läbiviimine Praatis

ExperimentMFC on Praati objekt, millega saab kuulamisteste teha. Lühend MFC tähendab **Multiple Forced Choice** ehk valikvastustega kuulamistest. Kahjuks ei ole Praatis EMFC-editori. See tähendab, et eksperimendifail tuleb üles seada mõnes lihtsas tekstiredaktoris, nt Notepad, aga sama hästi sobib ka Praati skriptieditor (vt Praati objektiaknas menüüst Praat > New Praat script...). Skriptieditoris ei saa ainult testi jooksutada käsuga *Run*, vaid fail tuleb salvestada ja avada objektiaknas käsuga *Read from file...*

Emfc-failis peavad olema kindlad elemendid kindlas järjekorras. Kõiki ExperimentMFC võimalusi õpetatakse kasutama Praati manuaalis (otsi märksõna ExperimentMFC).

Teeme ühe tajutesti.

Teeme tajutesti, kus fraasist "et päike on tast tugevam" on välja lõigatud sõna päike ja sobitame sinna fraasi selle sõna kohale kordamööda sõnu "põhjatuu" ja "päike", kummastki sõnast on kaks varianti. Seega raamlause ja 4 stiimulit. Tähtsuse poolest sobivad nad kõik sellesse lausesse, aga kuna iga sõna on pärit ise kontekstist, ei pruugi teisest kohast välja lõigatud sõna selles fraasis loomulikuna kõlada (intonatsiooni, koartikulatsiooni jms tõttu). Küsime katseisikult, et kas lause tundub talle normaalne või on seal midagi imelikku.

Tõmba failid:

- [raam1.wav](#)
- [raam2.wav](#)
- [stiimul1.wav](#)
- [stiimul2.wav](#)
- [stiimul3.wav](#)
- [stiimul4.wav](#)

Salvesta need kausta, millele pane nimeks *stiimulid*.

Nüüd ava Notepad (Windowsis tavaliselt menüü *Start > Accessories*) või Praati skriptieditor (Praati menüü *Praat > New Praat script*). Kui vähegi saad, ära vali tekstiredaktoriks MS Wordi, see formateerib teksti liiga palju, mis võib tekitada rumalaid vigu (näiteks teeb reaalguses suure tähe, kui peaks olema väike).

NB! Siin õpetuses on punasega ja Courier fondiga read, mis tuleb tajutesti faili kirjutada. Need read peavad failis olema justnimelt selles järjekorras nagu nad siin tulevad, ühtegi rida ei saa vahele jätta, aga topelt ka ei või olla.

Faili päises peab olema alati järgmised kaks rida, mis määravad faili tüübi:

```
"ooTextFile"  
"ExperimentMFC 5"
```

Seejärel küsitakse, kas stiimulid on helid (on jah):

```
stimuliAreSounds?
```

Kaust kus stiimulid on:

```
stimulusFileNameHead = "stiimulid/"
```

St kui see Emfc fail on näiteks kaustas "test" ja stiimulid selle alamkataloogis "stiimulid", siis piisab, kui kirjutada aadressiks "stiimulid\", aga võib ka anda täisaadressi, nt "C:\Documents and Settings\partel\Desktop\test\stiimulid\". Siin maksab ka tähele panna, et kausta eraldaja, mis Windowsis on tagurpidi kaldkriips \, on üldiselt teistes op-süsteemides (Mac, Linux) tavaline kaldkriips /. Praatis on kindlam kasutada tavalist /, Windowsis oskab Praat selle ise teistpidi keerata, aga teistes OS-ides \ kriipsu õigeks keerata ta ei oska.

Stiimulfailide laiend (mis enamasti on wav, vanasti Mac'is oli aiff ja ilmselt töötaks ka mp3):

```
stimulusFileNameTail = ".wav"
```

Stiimulsõnale on võimalik panna raamlause ümber, seda me ka siin näites teeme:

```
stimulusCarrierBefore = "raam1"  
stimulusCarrierAfter = "raam2"
```

Nüüd saab Praat panna kausta-aadressi, failinime ja laiendi kokku: "stiimulid/raam1.wav" ja

""stiimulid/on_tast_tugevam.wav". Kui raamlauset ei taha, jäta jutumärkide sisu tühjaks ("").

Stiimulile eelneva ja järgneva pausi pikkus:

```
stimulusInitialSilenceDuration = 0.5 seconds  
stimulusMedialSilenceDuration = 0
```

Stiimulite arv ja nende failinimed (failinimedel pole laiendit vaja kirjutada, sest see .wav on juba eraldi real kirjas):

```
numberOfDifferentStimuli = 4  
"stiimul1" ""  
"stiimul2" ""  
"stiimul3" ""  
"stiimul4" ""
```

Tagumised jutumärgid on juhuks, kui tahad ekraanile nende kohta mingit teksti kuvada, mis iga stiimuli korral on erinev. See tekst on see küsimus, mida katseisikult küsitakse (näiteks „Kas kuuldud sõna oli a või b?“ või „Kas kuulsid erinevust“ vms). Kui siia jutumärkidesse midagi kirjutad, jäta runText jutumärgid tühjaks. Kui kõigil stiimulitel on tekst sama, jäta jutumärgid tühjaks ja testi ajal esitatav tekst määratakse runText realt (mis tuleb hiljem).

Korduste arv. Et olla kindel, et katseisik juhuslikult vastusi ei anna, on hea stiimuleid mitu korda esitada:

```
numberOfReplicationsPerStimulus = 3
```

Nii esitatakse igat stiimulit 3 korda.

Kui stiimuleid on palju ja kordusi ka palju, võib katseisik väga ära väsida, selle pärast on hea tal vahepeal teha pause. Järgmisel real saad määrata, mitme vastuse tagant pausi saab teha. Näiteks kui testis on 10 stiimulit 10 kordusega, peab katseisik 100 korda vastama. Kui tahad, et tal oleks testi jooksul võimalik 4 korda hinge tõmmata ja vetsus käia, pane väärtuseks 25. Kui stiimuleid on 4 ja kordusi 3, siis on kokku 12 vastamist, seda pole eriti palju ja siis pole vahepeal mõtet pausi teha. Kui pausi tegemist pole ette nähtud, pane siia 0:

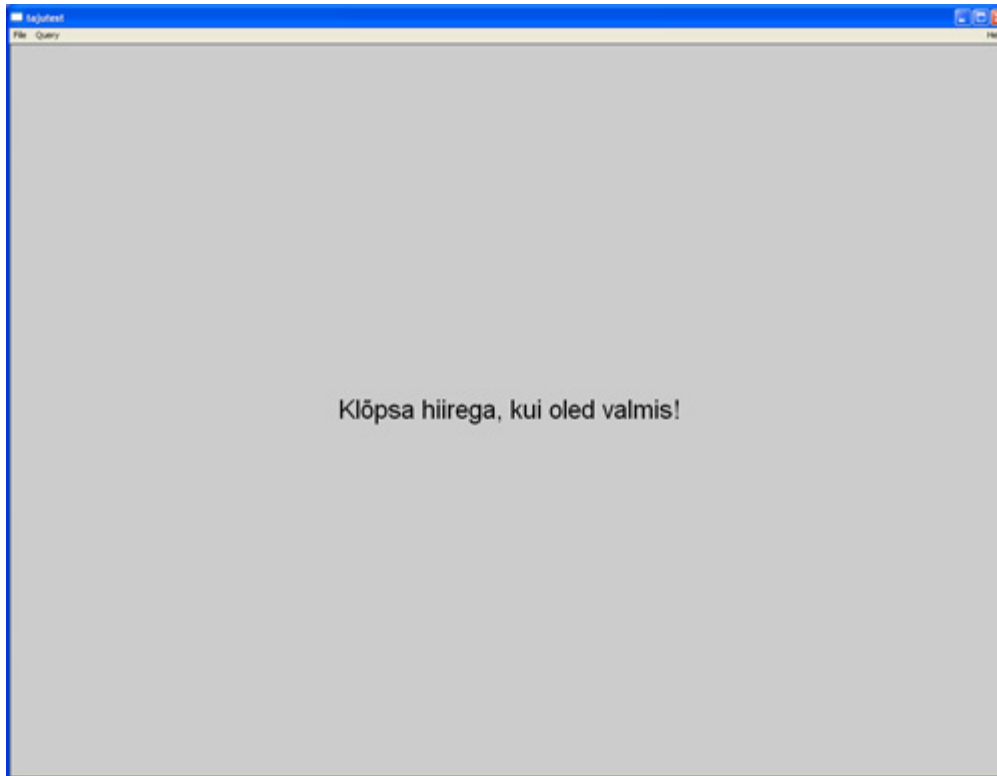
```
breakAfterEvery = 0
```

Enamasti on hea esitada stiimuleid juhuslikus järjekorras. See aitab vältida võimalust, et eelmised stiimulid korrapäraselt järgmist vastust mõjutavad. Randomiseerimiseks on mitmeid strateegiaid, siin esitatud juhul mängitakse kõiki stiimuleid sama palju kordi juhuslikus järjekorras nii, et sama stiimuli kordused ei satu järjest (teiste võimaluste kohta vt Praati manuaalist):

```
randomize =
```

Ekspriimendi käivitamise tekst, mis kuvatakse enne testi algust, kirjutatakse startText reale. See võib olla ainult üks lause:

```
startText = "Klõpsa hiirega, kui oled valmis!"
```



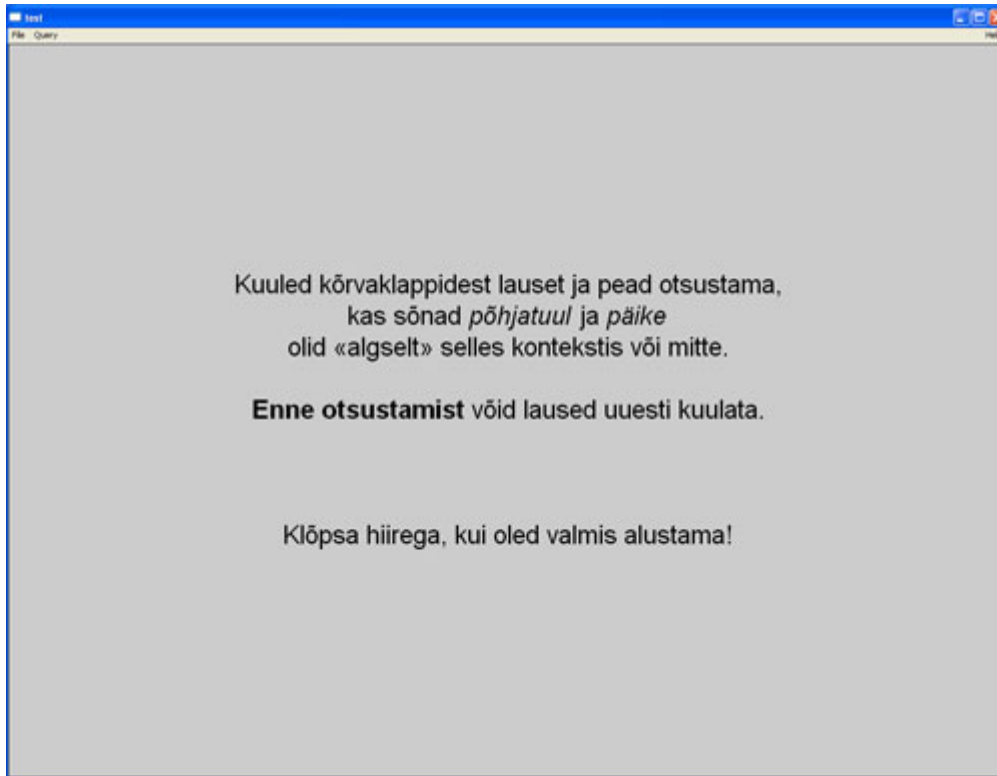
...või pikem instruksioon. Kui tekst on pikem ja ühte ritta ära ei mahu, tuleb reavahetused testifailis ise teha, ridu automaatselt ei murta. Tekst peab olema juttumärkide vahel ja ei tohi sisaldada jutumärke, sest muidu tõlgendatakse teksti lõppu valesti. Jutumärkide asemel võib kasutada näiteks <> kujulisi märke, neilse saab viisakama väljanägemise kui kasutada Praati erisümboli koodi \<>. Võib kasutada ka boldi jms (## märgib boldi algust ja # lõppu, %% ja % kursiivi; vaata lisaks Praati manuaalist "Special symbols" ja "Text styles"):

```
startText = "Kuuled kõrvaklappidest lauset ja pead otsustama,  
kas sõnad %%põhjatuul% ja %%päike%  
olid \<> selles kontekstis või mitte.
```

```
##Enne otsustamist# võid laused uuesti kuulata.
```

```
Klõpsa hiirega, kui oled valmis alustama!"
```

Ekraanil näeb see välja nii:



Järgmisel real on tekst, mida kuvatakse ekraanil katse ajal. Siin peaks olema see küsimus, millele katseisik peab vastama (nt "kas kuulsid a või b?"), nt:

```
runText = "Kas lause oli normaalne?"
```

Aga siingi võib mitut rida kasutada:

```
runText = "Kas sõna oli algses kontekstis?  
Kui vaja, võid lauset uuesti kuulata."
```

Eksperimendi ajal näeb siis ekraan välja selline:



Kui lubad teha mingi arvu vastamiste järel pausi katse sees (mitme vastuse tagant, pead määrama mõni rida eespool), kuvatakse see tekst:

```
pauseText = "Võid teha väikese pausi. Klõpsa, kui oled valmis jätkama."
```

Kui pause ei ole ette nähtud (`breakAfterEvery = 0`), siis see rida peab ikkagi olema olema, ainult jutumärkide sisu võib tühjaks jätta.

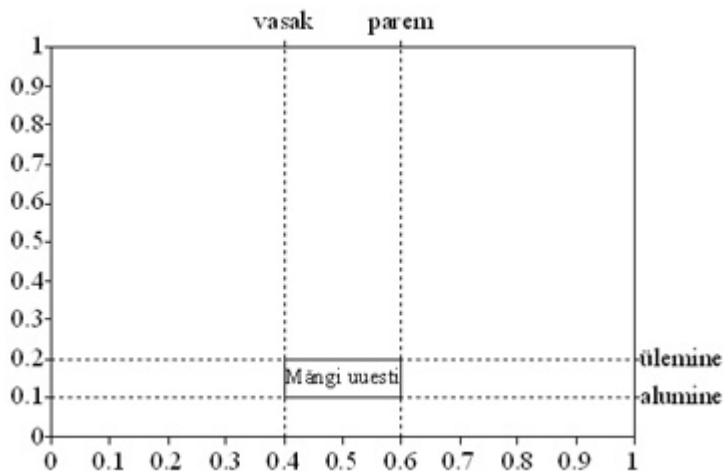
Tekst, mida kuvatakse siis, kui katse on lõppenud:

```
endText = "Katse on lõppenud."
```

Mõnikord on vaja, et katseisik teeks stiimulite kohta otsuse esmamulje põhjal, teinekord jälle peaks ta hoolega kuulama ja siis otsustama. Sellest sõltub, mitu korda on võimalik stiimulit uuesti kuulata. Olgu siin võimalik üks kord stiimulit uuesti kuulata:

```
maximumNumberOfReplays = 1
```

Kui on võimalik uuesti kuulata, peab olema nupp, millele vajutades stiimulit uuesti mängitakse. Selle nupu asukoht ja suurus ekraanil tuleb määrata. Siin on ekraan määratud kahe teljega: alumine vasak nurk on väärtusega $x=0$ ja $y=0$, ülemine parem nurk $x=1$ ja $y=1$. St iga nupu asukoht on määratud nelja numbriga: x x y y ehk vasak-parem-alumine-ülemine külg. Kõik, mis on ekraanil, on määratud punktidega, mille väärtus jääb 0 ja 1 vahele.



```
replayButton = 0.4 0.6 0.1 0.2 "Mängi uuesti" ""
```

Esimeste jutumärkide sisu kuvatakse nupu peal tekstina, teiste jutumärkide vahel võib määrata mingi klahvi klaviatuurilt, mille vajutamine mõjub sama moodi nagu nupu peal klõpsamine. Taasesituse nupp kirjaga „Mängi uuesti” peaks ilmuma all servas keskel ja kuna lubatud on üks taasesitus, siis peale ühte vajutust kaob see nupp ära. Kui taasesitust ei ole ette nähtud ja eelmise rea väärtus on 0, siis seda nuppu ei ilmugi ja selle sisu pole oluline (aga rida ära jätta ei saa). Et nuppu ei tekiks, võib ka selle rea sisuks panna 0 0 0 0 "" "".

Kui test on selline, kus katseisik peab hoolega kuulama ja oma vastuse põhjalikult läbi kaaluma, tahad ehk lisada OK-nupu. Kui muidu läheb test edasi järgmise stiimuli mängimise juurde kohe kui eelmisele on vastatud, siis OK-nupuga läheb test edasi alles OK-nuppu vajutades ja seni saab oma otsust muuta. Kui OK-nupp välja jätta, siis peab kirjutama:

```
okButton = 0 0 0 0 "" ""
```

Ka võib lisada oih-nupu. Oih-nupuga saab katseisik ühe sammu võrra tagasi minna ja oma eelmise vastuse tagasi võtta. Tavaliselt seda siiski vaja pole, nii et sellele reale võib enamasti kirjutada:

```
oopsButton = 0 0 0 0 "" ""
```

Seega otsused on lõplikud ja tagasivõtmise võimalust ei ole.

Vastused ei ole helid, kui stiimulid seda on. On üks tüüp teste, kus stiimuliks on küsimus ja vastusevõimalusteks on erinevad helid (vaata täpsemalt manuaalist), aga antud juhul on stiimuliks helid ja vastuseks sõnalised kategooriad:

responsesAreSounds? "" "" "" "" 0 0

Vastusevariandid tuleb jällegi nupudena ette anda. Kõigepealt mitu vastusevarianti on:

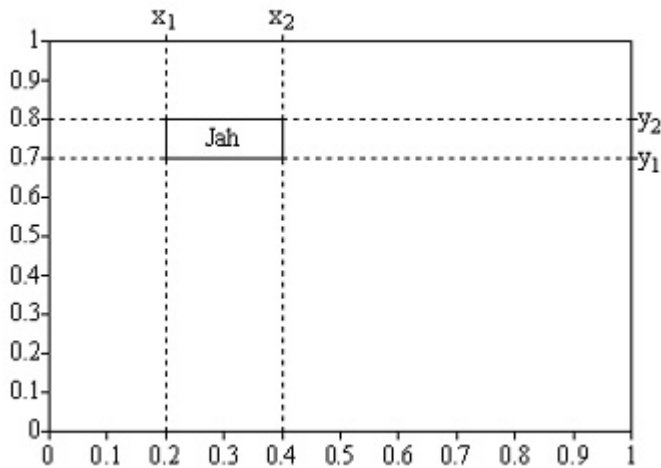
numberOfDifferentResponses = 2

Nüüd vastusevariandid:

0.2 0.4 0.7 0.8 "Jah" 60 "1" " jah"

0.5 0.7 0.7 0.8 "Ei" 60 "2" "ei"

Neid ridu peab olema nii mitu mitu vastusevarianti on. Esimene kast tuleb ekraanil vasakule üles, teine kast paremale üles. Nuppude asukohad tuleb määrata jällegi servede järgi, kui kogu ekraani alumine vasak nurk on väärtusega $x=0$ $y=0$ ja ülemine parem nurk $x=1$ $y=1$.



Esimestes jutumärkides on tekst, mida kuvatakse nupu peale. Number 60 tähistab kirja suurust (mida suurem number, seda suurem kiri, vist pikslites?). Teistes jutumärkides klaviatuuriklahvid, mis vastavad nupule klõpsamisele. Kolmandates jutumärkides on tekst, mis nupulevajutuse peale registreeritakse vastustefaili.

Testi vastustele on võimalik lisada ka nn headuskategooriad. St et kui testis lastakse näiteks hinnata, kas kuulnud stiimul oli rohkem /a/, /e/ või /i/, siis lisaks vastusele on võimalik hinnata, kas stiimul oli hea või halb /a/ esindaja.

numberOfGoodnessCategories = 5

Kui headuskategooriaid ei ole (= 0), siis sellega fail lõppeb. Kui kategooriad on, siis tuleb määrata nende nupud:

0.05 0.15 0.4 0.5 "1 (kehv)"

0.25 0.35 0.4 0.5 "2"

0.45 0.55 0.4 0.5 "3"

0.65 0.75 0.4 0.5 "4"

0.85 0.95 0.4 0.5 "5 (hea)"

Katse läbiviimine

Kui Emfc-faili kirjutamine on valmis, salvesta see ning ava Praati objektiaknas käsuga *Read > Read from file...*

Tekib objekt ExperimentMFC, millel on käsk *Run*. Klõpsa käsku *Run* ja tee test läbi katseisikuna.

Kui katseisik on lõpetanud, võid eksperimendiakna sulgeda. Ära aga enne uuesti *Run* käsku kasuta, kui tulemused on salvestatud, muidu kirjutatakse need üle. Tulemuste salvestamiseks on käsk *Extract results*. Nüüd tekkis objekt ResultsMFC. Pane sellele objektile uus nimi, nt katseisiku initialsid. Nüüd vali käsk *Collect to table*. Tekkis objekt Table allResults. Selle võid salvestada tabelifailiks: *Write > Write to table file...* Tulemusi võib ka Praatis vaadata, Table objektile käsuga *Edit*.

Tulemused salvestatakse tekstifaili tabeliks, kus lahtreid eraldavad tabulaatorid. Esimeses tulbas on katseisiku ID, teises stiimuli nimi, kolmandas katseisiku vastus ja neljandas headusekategooria (kui seda oli küsitud).

Kui test ei käivitu

Enamasti annab Praat probleemi korral mingi veateade. Kui ekraanile ilmub veateade, loe see läbi. Tihti on kuskil mingi tühine näpukas mis kõik ära rikub ja veateade aitab seda üles otsida. Tihti on veateates kirjas, mis real viga on.

Kontrolli, et **stiimulite nimed** oleksid samad, mis testifailis kirjas.

Kontrolli, et **stiimulfailide laiendid** oleks samad, mis testifailis. Windowsil on tüütu komme peita faililaiendeid. Kontrolli, et see seade oleks välja lüülitatud. Ava **Windows Explorer**. Menüü *Tools > Folder Options > View*. Vaata, et kastis "Hide extensions for known file types" ei ole linnukest ja klõpsa OK. Nüüd kontrolli üle stiimulite nimed. Kui failinimi on nüüd nt **stiimul1.wav.wav**, siis kustuta üks neist .wav-idest ära.

Kontrolli, et stiimulite **kausta-aadress** oleks õige. Real stimulusFileNameHead peab kausta-aadress alati lõppema kaldkriipsuga, sest see eraldab failinime kaustanimest. Stiimuleid otsitakse nii, et pannakse kokku kausta-aadress + stiimuli nimi + laiend. Kui näiteks stiimulid on kaustas c:\test\stiimulid ja see on kirjutatud ilma kaldkriipsuta lõpus, otsitakse kaustast c:\test faili stiimulidstiimul1.wav. Kui kriips on lõpus, otsitakse c:\test\stiimulid\stiimul1.wav.

Kontrolli, et testifaili tekstis ei oleks kirjavigu. Isegi üks tühine näpukas rikub kõik ära, kogu tekst peab olema kirjutatud nii, nagu ette nähtud. Kõik read (v.a 2.) algavad väikese tähega. Kõik muutujate arvulised väärtused on ilma jutumärkideta, sõnalised väärtused jutumärkidega, v.a need, kus on piiratud hulk sobivaid vastusevariante, nt , , .

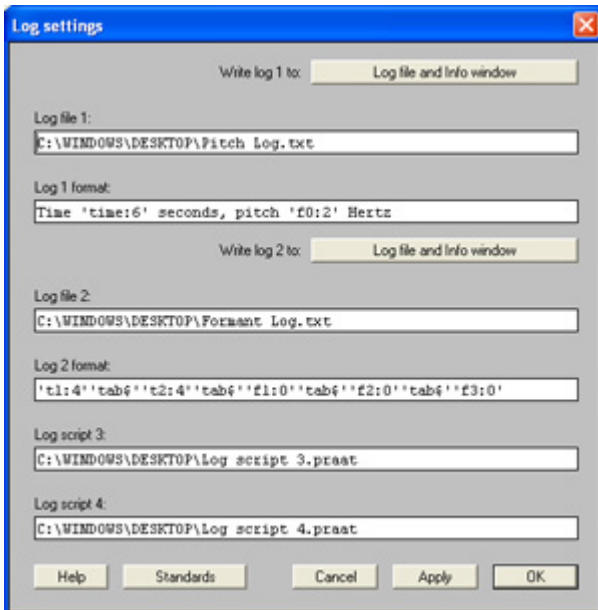
Kontrolli, et stiimulfailid oleksid ühesugused:

- sama kvantimissagedusega. Veateade "The sound in file C:/Documents and Settings/Alar/Desktop/stiimulid/stiimul3.wav has a different sampling frequency than some other sound. Cannot start experiment. Command not executed." viitab sellele, et mõned stiimulitest on erineva kvantimissagedusega. Uuri järgi, mis on failide kvantimissagedus (sampling frequency): klõpsa objektiaknas nuppu *Info* (objektiloendi all) ja otsi infoaknast vastav rida. Siis vali sellel hälbival failil objektiaknas menüüst *Convert* käsk *Resample...* ja kirjuta ülemisele väljale see väärtus, mis olema peaks. Ja salvesta uus Sound objekt vana asemele.
- ja sama kanalite arvuga. Veateade "The sound in file ... \stiimul2.wav has a different number of channels than some other sound." viitab sellele, et osad failid on ühekanalilised e mono ja osad on kahekanalilised e stereo. See võib juhtuda siis, kui algne salvestus oli stereo, aga oled seda Praatis re-sünteesinud (selle käigus muutub fail monoks). Kõige lihtsam on siis stereofailid ka monoks konvertida: kui Sound on objektiaknas, vali menüüst *Convert* käsk *Convert to mono*, ja salvestades kirjuta vana fail üle.

10.1. Praati toimetamisakna logid

SoundEditori analüüse on võimalik logida. St selle asemel, et näiteks mingist punktist saadud f0, F1, F2, F3 vms väärtused paberile kirjutada või kuhugi tabelisse tippida, saab ühe nupuvajutusega kirjutada need hoopis logifaili.

Menüü *Query > Log settings...* saab määrata, mis andmed ja kuhu logitakse.

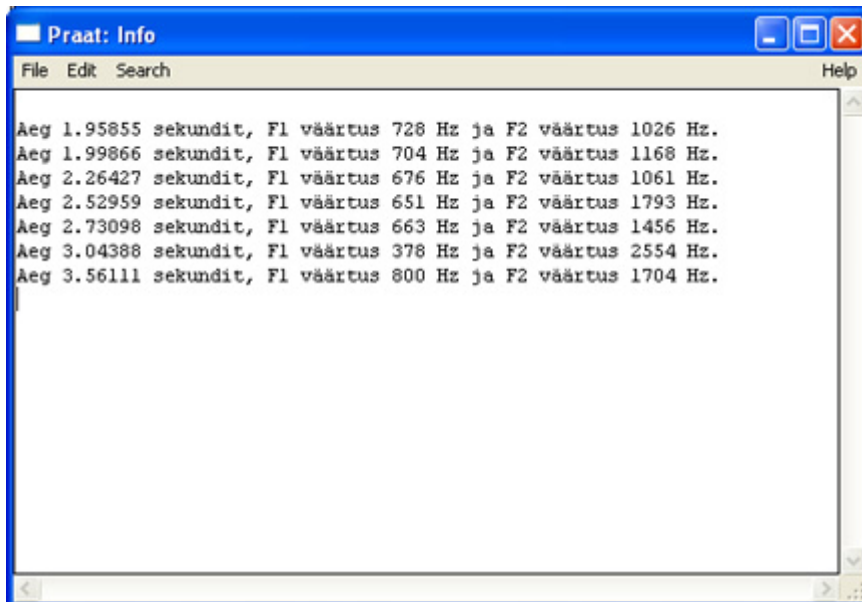


Määrata saab kaks erinevat logi, seadete aknas on kummagi logi jaoks kolm välja:

1. *Write log 1 to:* saab valida, kas info salvestatakse kuhugi faili või kuvatakse infoaknasse või mõlemat (vaikimisi on mõlemad).
2. *Log file 1 :* siin väljal tuleb määrata logifaili täisadress ja nimi. Vaikimisiväärtustega peaks tekkima Desktopile fail nimega „Pitch Log.txt”
3. *Log 1 format :* siin tuleb määrata, mis info logitakse. Siia saab kirjutada teksti, mis logifaili läheb. Need väärtused, mida kursoriga märgitud punktist mõõdetakse, on siin määratud muutujatena, mis on ülakomade vahel. St 'time' asendatakse logifailis kursori väärtusega ajateljel, 'f0' väljund on põhitooni väärtus hertsides. Kogu muu tekst tuleb logisse muutumata kujul. Muutujate väärtust saab ka ümardada, kui kirjutada muutuja nime järele ülakomade vahele koolon ja sinna järgi komakohtade arv. Näiteks 'time:6' annab ajatelje väärtuse sekundites kuue kohaga peale koma, 'f0:0' aga põhitooni väärtuse hertsides ilma komakohtadeta. Kursoriga valitud lõigu kestuse annab muutuja 'dur', esimese formandi 'f1', teise formandi 'f2', kolmanda formandi 'f3'. Vaata ka Praati manuaalist selle kohta (vastava peatüki leiad, kui klõpsad nuppu Help Log settings... dialoogiaknas.

Kirjuta nüüd logi seadete reale *Log 1 format:* Aeg 'time:5' sekundit, F1 väärtus 'f1:0' Hz ja F2 väärtus 'f2:0' Hz. Ja klõpsa dialoogiakna nuppu OK.

Pane nüüd kursor mõne vokaali keskele, kust võiks otsida formantväärtusi ja vali menüüst *Query* käsk *Log 1* (või vajuta klaviatuuril nuppu F12) , siis kirjutatakse sellest punktist määratud andmed tekstifaili. Iga kord, kui annad käsu logida, kirjutatakse faili juurde rida, kus on kursoriga märgitud punktist mõõdetud väärtused. Lõpuks näeb logifail välja umbes selline:



Nii saab kerge vaevaga vajalikud andmed kokku korjata ja ei pea käsitsi ümber kirjutama. Logidest samm edasi on Praati skriptid, millega saab suure osa tööst automatiseerida.

10.2. Praati skriptid

Skriptiga on võimalik koguda ühte tekstifaili kokku erinevad käsud ja neid kombineerida või korrata. Nii on võimalik teha oma tööd palju lihtsamaks. Kõik käsud, mis on Praati menüüdes ,töötavad sama moodi ka skriptides. Lisaks käskudele on skriptidega võimalik määrata muutujaid, teha silmuseid ja palju muud.

1. Esimene skriptike

1. Ava uus skriptieditori aken: menüü *Praat > New Praat script*. Avanenud aknasse hakkamegi skripti kirjutama.
2. Vali menüüst *Edit > Clear history*.
3. Nüüd mine objektiaknasse, vali mõni Sound objekt, joonista see pildiaknasse ilma viimistlemata ja viimistle ise.
4. Nüüd mine avatud skriptieditori, vali menüüst *Edit > Paste History*.
5. Mine pildiaknasse, kustuta kõik ära: *Edit > Erase all*.
6. Mine skriptieditori ja vali käsk *Run > Run* (või *Ctrl-r*).

2. Käsud ja parameetrid

Kõik käsud Praati menüüdes on samal kujul kasutatavad Praati skriptides. Praati käsud järgivad loogikat, et kui käsule järgneb dialoogiaken, kus küsitakse mingeid parameetreid, siis lõppeb käsk kolme punktiga (nt *Draw...*), kui dialoogiakent pole, siis pole ka kolme punkti (*Erase all*).

Kõik parameetrid, mida dialoogiaknas küsitakse, järgnevad skriptis kolmele punktile. Nt kui teha Sound objektist Pitch objekt, küsitakse kolme numbrit: analüüsi sammu ja põhitooni piire. Skriptis oleks sama käsk selline:

```
To pitch... 0 75 600
```

Neis kohtades, kus dialoogiaknas on linnuke (nt *Draw...* käsul *Garnish*), märgib linnukest yes või 1 ja linnukese puudumist no või 0.

Iga käsk peab olema eraldi real (käske kombineerida – nagu tavaliselt unixis vms keeltes – ei saa). Samas üks käsk peab olema ühel real. Häda pärast saab käsku jagada kahele reale, nii et teine rida algab kolme punktiga (aga seda tasuks siiski vältida), nt:

```
To pitch... 0
```

```
... 75 600
```

3. Muutujad

Skriptis saab määrata muutujaid ja anda neile väärtusi. Muutujaid on kahte sorti: sõnalised ja numbrilised. Muutujatel peavad olema nimed, mis ei algaks suure algustähe või numbriga (muidu võivad suuri tähti ja numbreid sisaldada küll), ei sisaldaks täpitähti ega tühikuid. Suure algustähelga algavad skriptis käsud, muutujad ei tohi nendega sassi minna. Sõnaliste muutujate nimed lõppevad dollarimärgiga (\$). Numbrilisi ja sõnalisi muutujaid tuleb lahus hoida, sest nendega saab natuke erinevaid asju teha.

3.1. Numbriline muutuja

Numbriliste muutujatega saab matemaatilisi tehteid teha.

Proovi, mis juhtub, kui jooksutad sellist skripti:

```
muutuja1 = 5
muutuja2 = 7
muutuja3 = muutuja2 - muutuja1
muutuja4 = muutuja3 * muutuja1
echo ('muutuja2' - 'muutuja1') * 'muutuja1' = 'muutuja4'
```

Mis juhtub, kui mõne muutuja väärtust muudad?

Viimasel real on käsk *echo* millele järgnev tekst kuvatakse infoaknasse. Kui teksti sees on mõni muutuja, mis on ülakomade vahel, siis see asendatakse selle muutuja väärtusega.

Juba olemasolevale muutujale saab teha tehteid ilma uute muutujateta:

```
muutuja = 3
echo 'muutuja'
muutuja += 3
printline 'muutuja'
muutuja -= 1
printline 'muutuja'
muutuja *= 2
printline 'muutuja'
muutuja /= 5
printline 'muutuja'
```

Käsk *printline* on sarnane käsule *echo*, ainult et kui *echo* kustutab varem infoaknas olnu ära, siis *printline* kirjutab teksti lihtsalt uuele reale.

3.2. Sõnaline muutuja

Sõnalise muutuja puhul on matemaatilised tehted piiratud - neid saab omavahel ainult liita. Proovi:

```
muutuja1$ = "te"
muutuja2$ = "re"
muutuja3 = 2
muutuja4$ = muutuja1$ + muutuja2$
echo Sõnas 'muutuja4$' on 'muutuja3' silpi: 'muutuja1$' ja 'muutuja2$'.
```

Mingil määral saab neid siiski ka lahutada, st ühest stringist saab lõpust lahutada sellega kattuva stringi, aga mitte algusest:

```
m1$ = "tere"  
m2$ = "te"  
m3$ = "re"  
m4$ = m1$ - m2$  
m5$ = m1$ - m3$  
echo 'm1$' - 'm2$' = 'm4$', aga 'm1$' - 'm3$' = 'm5$'
```

Sõnalisi muutujaid võib ka nii kombineerida, asenda 4. rida:

```
muutuja4$ = "'muutuja1$' 'muutuja2$'"
```

Sel viisil võib kombineerida ka uut teksti ja numbrilisi muutujaid sõnalistega, tulemus on sõnaline muutuja:

```
muutuja4$ = "'muutuja3'-silbiline 'muutuja1$' 'muutuja2$'"
```

Muutujate väärtust saab määrata ka mõne käsu abil. Näiteks muutuja1 väärtus on sound objekti kestus (Sound objekt peab objektiaknas olema valitud):

```
muutuja1 = Get total duration  
echo Kestus on 'muutuja1' sekundit.
```

Muutujatega saab määrata dialoogiaknas küsitavaid väärtusi (jällegi peab Sound objekt olema valitud):

```
ajaaken = 0  
f0alumine = 75  
f0ylemine = 300  
To Pitch... ajaaken f0alumine f0ylemine
```

4. Silmused

Silmuste abil on võimalik ühte käsku mitu korda jooksutada. Selleks on *for-endfor* konstruktsioon:

```
for i to 8  
printline See on 'i'. kord.  
endfor
```

Siin kirjutatakse rida 8 korda, iga kord on muutuja i väärtus ühe võrra suurem. Tegevus, mida korratakse, peab jääma ridade for ja endfor vahele.

printline on *echo* sarnane käsk, mis kuvab infoaknasse sellele järgneva teksti, ainult varasemat infoaknas olnud teksti ei

kustutada. Veel infoakna juhtimise käske on *print*, mis ei tee lõppu reavahetust ja *clearinfo*, mis kustutab midagi uut trükkimata kõik infoaknast ära.

Kui silmus ei alga ühest, nt 6 kuni 9:

```
for i from 6 to 9
printline See on 'i'. kord.
endfor
```

Kuna skriptis võib rea alguses olla ükskõik kui palju tühikuid, on kombeks, et see, mis silmuse vms sisse jääb, märgitakse kahe-kolme tühikuga. Nii on algust ja lõppu lihtsam üles leida, kui ühes silmuses on palju käske ja veel mõni silmus vms. Aga need tühikud on ainult ilu pärast, nii et võib ka panemata jätta.

Kasuta silmust TextGrid objektist kestuste leidmiseks (TextGrid peab objektiaknas olema valitud):

```
segmendid = Get number of intervals... 1
for i to segmendid
nimi$ = Get label of interval... 1 i
algus = Get starting point... 1 i
ots = Get end point... 1 i
kestus = (ots - algus) * 1000
printline Segment 'nimi$' kestus 'kestus:0' ms.
endfor
```

Kõik kasutatud käsud on TextGrid objekti dünaamilises menüüs *Query*.

- 1) Kõigepealt küsime, mitu segmenti on TextGridi 1. kihil.
- 2) Siis kordame järgnevat tegevust iga segmendiga.
- 3) Küsime esimese kihi i-nda segmendi nime,
- 4) algusaega (segmendi alguspunkt faili alguspunkti suhtes ajateljel)
- 5) ja lõpuaega.
- 6) Kestuse millisekundites saame nii, et lahutame segmendi lõpu aja alguse ajast ja korrutame tuhandega.

Kooloniga saab piirata numbrilise muutuja komakohtade arvu. 'kestus:0' kaotab kõik komakohad. Kui tahame näha kolme kohta peale koma, siis 'kestus:3'. Sarnaselt saab ka protsente näidata, proovi näiteks:

```
m = 0.12345
printline 'm' 'm:0' 'm:%' ja 'm:2%'
```

5. Mis objektile skript rakendub?

Skriptis olevad käsud rakenduvad sellele objektile, mis on objektiaknas valitud. Skriptiga saab leida andmeid mitmest objektist. Et vahetada valitud objekti, on skriptis käsk *select*.

Järgmises näites teeme failist [isoleeritud_vokaalid.wav](#) Pitch objekti ja otsime [isoleeritud_vokaalid.TextGrid](#)'il märgitud intervallide keskmise põhitooni. Tulemused saadame infoaknasse tabelina, kus esimeses lahtris on segmendi nimi, teises f0 väärtus. Teeme tabelile ka päise, kus on kirjas, mis tulpades on. Selleks kasutame käsku *echo*, et ühtlasi kustutada info-aknast kõik, mis seal enne oli. Edasi kasutame info-aknasse kirjutamiseks käsku *printline*. Kuna Pitch-objekti pärast enam vaja pole, kustutame selle objektiloendist. Käsk *Remove*, mis graafiliselt asub objektiakna alumises osas.

```
select Sound isoleeritud_vokaalid

To Pitch... 0 75 600

select TextGrid isoleeritud_vokaalid
segmendid = Get number of intervals... 1
echo Segment Põhitoon (Hz)
for segment to segmendid
select TextGrid isoleeritud_vokaalid
nimi$ = Get label of interval... 1 segment
algus = Get starting point... 1 segment
lopp = Get end point... 1 segment
select Pitch isoleeritud_vokaalid
pohitoon = Get mean... algus lopp Hertz
printline 'nimi$' 'pohitoon:0'
endfor

select Pitch isoleeritud_vokaalid
Remove
```

Kui on vaja, et valitud oleks mitu objekti, selleks on käsk plus:

```
select Sound isoleeritud_vokaalid
plus TextGrid isoleeritud_vokaalid
Remove
```

6. if-endif

Vahel on vaja, et sõltuvalt mõne muutuja väärtusest teeks skript erinevaid asju. Selleks on hea if-endif konstruktsioon. Näiteks tahame, et ainult muutja ühe kindla väärtuse korral tehtaks midagi:

```
muutuja = 5
if muutuja = 5
echo Muutuja on 'muutuja'.
```

```
endif
```

Proovi seal nüüd esimesel real muutuja väärtuseks määrata mõni muu number.

Kui tahame, et ühel juhul teeks skript üht ja kõigil teistel juhtudel teist:

```
muutuja = 5
if muutuja = 5
echo Muutuja on 'muutuja'.
else
echo Muutuja väärtus on vale.
endif
```

Kui aga tahame, et ühel juhul üht, teisel juhul teist ja muudel juhtudel mitte midagi:

```
muutuja = 5
if muutuja = 5
echo Muutuja on 'muutuja'.
elsif muutuja = 6
echo Muutuja on nüüd 'muutuja'.
endif
```

If-konstruktsiooni lõpus peab alati olema rida *endif*.

Kui muutuja on numbriline, siis võib kasutada siin märke: = võrdub, < väiksem kui, > suurem kui, <= väiksem või võrdne, >= suurem või võrdne, <> väiksem või suurem.

Kui muutuja on sõnaline, saab kasutada märke: = (sama) ja <> (kõike muud kui).

Täiendame põhitooni otsimise skripti nii, et see otsiks ainult neid segmente, millel on mingi nimi (st mille nimi oleks „kõike muud kui mitte midagi”), teistest hüppaks üle:

```
select Sound isoleeritud_vokaalid
To Pitch... 0 75 600
select TextGrid isoleeritud_vokaalid
segmendid = Get number of intervals... 1
echo Segment Põhitoon
for segment to segmendid
select TextGrid isoleeritud_vokaalid
nimi$ = Get label of interval... 1 segment
if nimi$ <> ""
```

```

algus = Get starting point... 1 segment
lopp = Get end point... 1 segment
select Pitch isoleeritud_vokaalid
pohitoon = Get mean... algus lopp Hertz
printline 'nimi$' 'pohitoon:0'
endif
endfor
select Pitch isoleeritud_vokaalid
Remove

```

7. Kirjutame tulemused faili

Käsud *printline* ja *echo* kirjutavad teksti infoaknasse. Sealt tuleb see eraldi salvestada, kui ei taha, et kõik läheks kaotsi, kui Praati sulgeme. Käsuga *fileappend* saab tulemuse kirjutada faili. Selleks on vaja asendada rida *printline Minu tekst reaga fileappend "kataloog/failinimi" Minu tekst*. Näiteks:

```

fileappend "C:/Documents and Settings/partel/My Documents/f0tulemused.txt" 'nimi$'
'pohitoon:0''newline$'

```

See kõik peab muidugi olema ühes reas.

Muutuja *newline\$* teeb reavahetuse. Veel sarnaseid määratud muutujaid on *tab\$*, mis trükkib tabulatsiooni. Selle asemel võib muidugi seda tähemärki kasutada, aga on selgem, kui trükkida mitte '*nimi\$*' '*pohitoon:0*' (kus vahel ei saa aru, kas on tabulatsioon, tühik või mitte midagi), vaid '*nimi\$*"*tab\$*"*pohitoon:0*'.

Failiaadressi võib asendada ka muutujaga.

Lisame kuhugi skripti algusesse rea:

```

tulemusfail$ = "C:\Documents and Settings\partel\My Documents\F0tulemused.txt"

```

Ja nüüd võib *fileappend*-real muuta failinime muutujaga:

```

fileappend "'tulemusfail$'" 'nimi$' 'pohitoon:0''newline$'

```

Niisiis:

```

failinimi$ = "isoleeritud_vokaalid"

```

```

f0_alumine_piir = 75

```

```

f0_ylemine_piir = 500

```

```

tulemusfail$ = "C:\Documents and Settings\partel\My Documents\F0tulemused.txt"

```

```

select Sound 'failinimi$'
To Pitch... 0 f0_alumine_piiir f0_ylemine_piiir
select TextGrid 'failinimi$'
segmendid = Get number of intervals... 1
fileappend "'tulemusfail$'" Segment Põhitoon'newline$'
for segment to segmendid
select TextGrid 'failinimi$'
nimi$ = Get label of interval... 1 segment
if nimi$ <> ""
algus = Get starting point... 1 segment
lopp = Get end point... 1 segment
select Pitch 'failinimi$'
pohitoon = Get mean... algus lopp Hertz
fileappend "'tulemusfail$'" 'nimi$' 'pohitoon:0' 'newline$'
endif
endfor
select Pitch 'failinimi$'
Remove

```

8. Kommentaarid skriptis

Tihti on skriptid päris pikad ja/või neid läheb kunagi hiljem või kellelgi teisel veel vaja, ja siis enam ei mäleta, miks mingi käsk või muutuja sinna pandud on. Siis on hea skripti kirjutades lisada kommentaare. Kommentaarid tuleb kirjutada eraldi reale, mis algavad trellide, hüüumärgi või semikooloniga (#, ! või ;), nt:

```
# otsib ainult neid segmente, millel on nimi
```

```
if nimi$ <> ""
```

Skripti tekstiga saab ka samale reale panna kommentaare, siis algab kommentaar kindlasti ainult semikooloniga:

```
if nimi$ <> ""; otsib ainult neid segmente, millel on nimi
```

Vaata lisaks

Praati manuaal, skriptid: <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/manual/Scripting.html>

Mietta Lennese skriptid: <http://www.helsinki.fi/~lennes/praat-scripts/>