



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO



VALUTAZIONE DELLE ALTERAZIONI DELLA VOCE NEL PARKINSON BASATA SULLE FREQUENZE FORMANTI

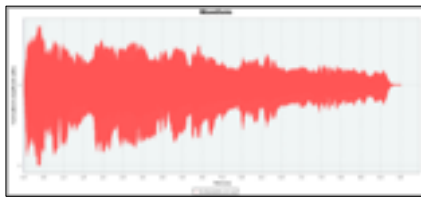
Tesi di laurea in
SISTEMI MULTIMEDIALI

Relatore: Prof. Giovanni Dimauro

Laureando: Bafi Edoardo

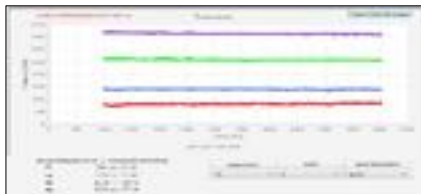
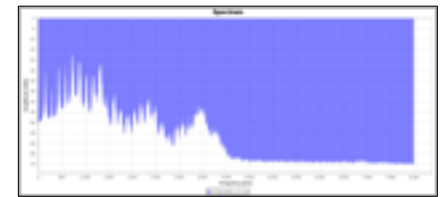
VOXTESTER

Uno strumento software semplificato, specificatamente pensato per l'analisi vocale di soggetti affetti da **Parkinson**. Il suo punto di forza sono la **semplicità d'uso** e l'immediatezza



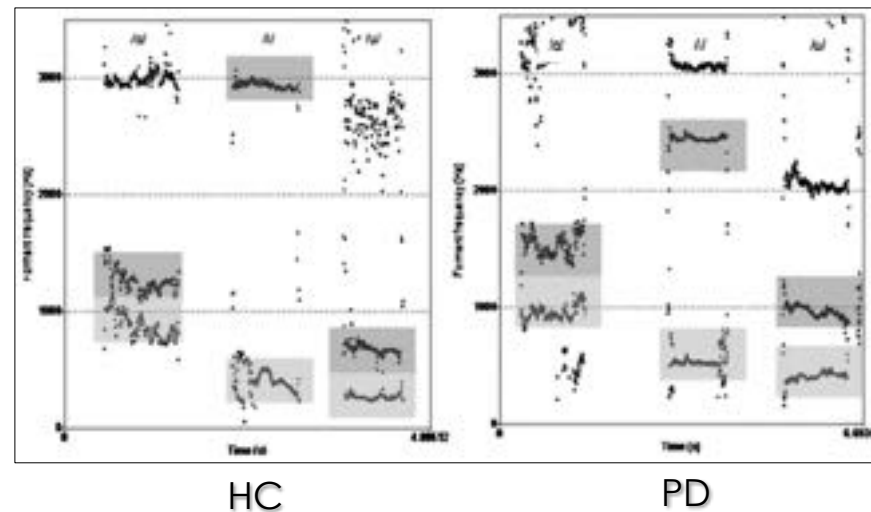
The screenshot shows the main interface of the VoxTester software. It features a menu bar with 'Help' and 'Exit'. Below the menu is a list of audio files. The interface is divided into several functional areas:

- File:** A list of audio files with 'Add File' and 'Remove File' buttons at the bottom.
- Audio Track:** Includes 'Play', 'Stop', 'Track', 'Record', 'Recording ID', and 'Send' buttons.
- Vocal:** Includes 'Waveform', 'Spectrum', 'Formants', 'Duration', 'F0', 'F1A', 'F2A', 'VAD', and 'VAD2' buttons.
- Comparison:** Includes 'Intensity', 'Spectrum', and 'Formants' buttons.
- Speech:** Includes 'Search' and 'OK' buttons.
- Graph Type:** Radio buttons for 'Smooth Lines' and 'Straight Lines'.
- Smoothness Factor:** A vertical slider with values 1, 2, 3, 4, and 5.
- Export Full Analyse:** A button at the bottom right.



LE FORMANTI

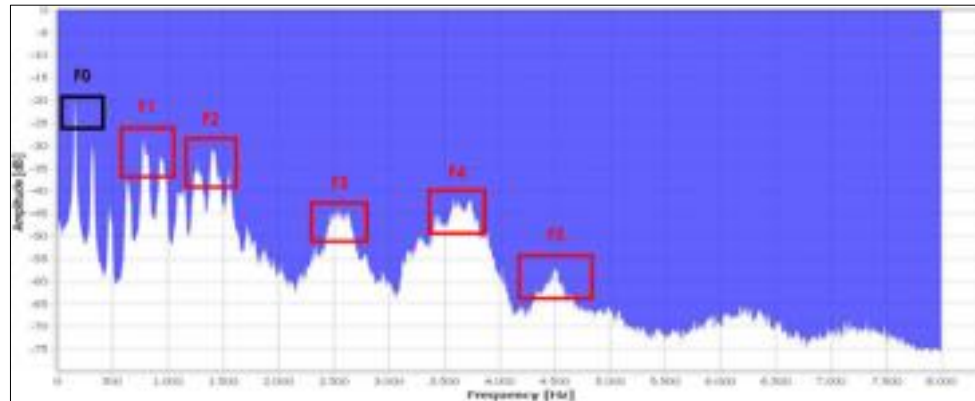
Sono frequenze di risonanza generate dalle cavità sopralaringali. Una **cattiva coordinazione** dei muscoli e delle parti molli, causa una limitazione nella produzione delle formanti, causandone la **centralizzazione**



LE FORMANTI

“Le frequenze formanti di un suono complesso, sono l'insieme delle frequenze appartenenti al suo spettro, nelle quali sono presenti **punti di massimo** assoluto o relativo”.

[Acoustical Society of America, 1994]

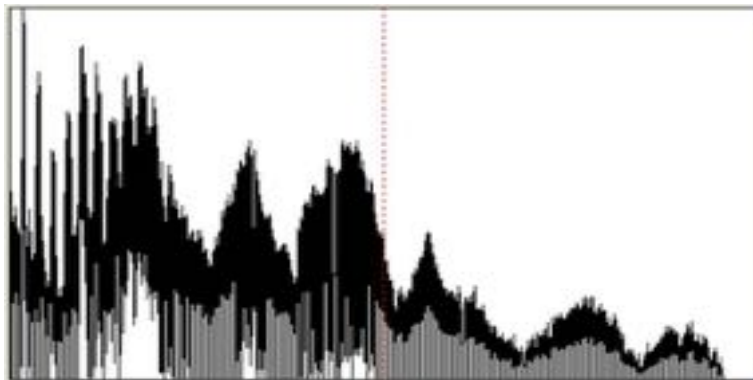


ESTRAZIONE DELLE FORMANTI IN VOXTESTER

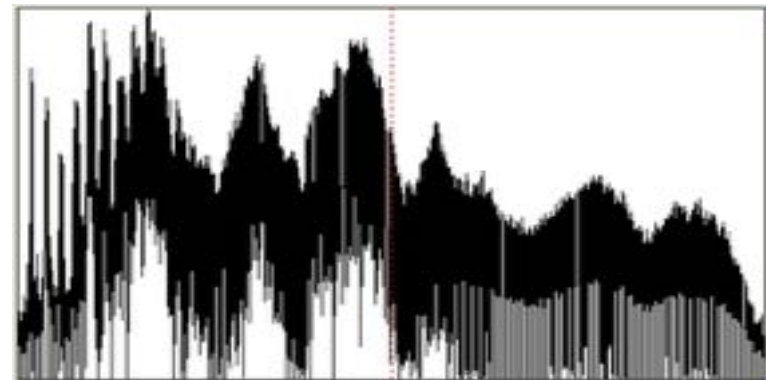
ESTRAZIONE DELLE FORMANTI IN VOXTESTER

L'algoritmo implementato in Voxtester simula quello utilizzato da Praat, un software per l'analisi vocale attualmente assunto come standard in ambito medico:

- **Applicazione della pre-enfasi:** vengono amplificate le frequenze più alte per creare uno spettro che sia più possibile “flat” ed evitare il mascheramento da parte delle frequenze più basse



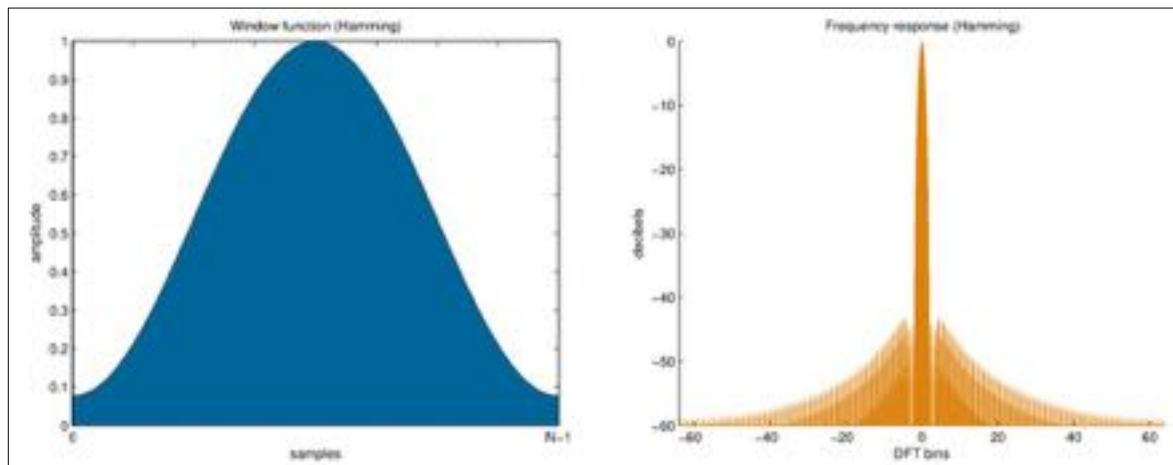
Senza pre-enfasi



Con pre-enfasi

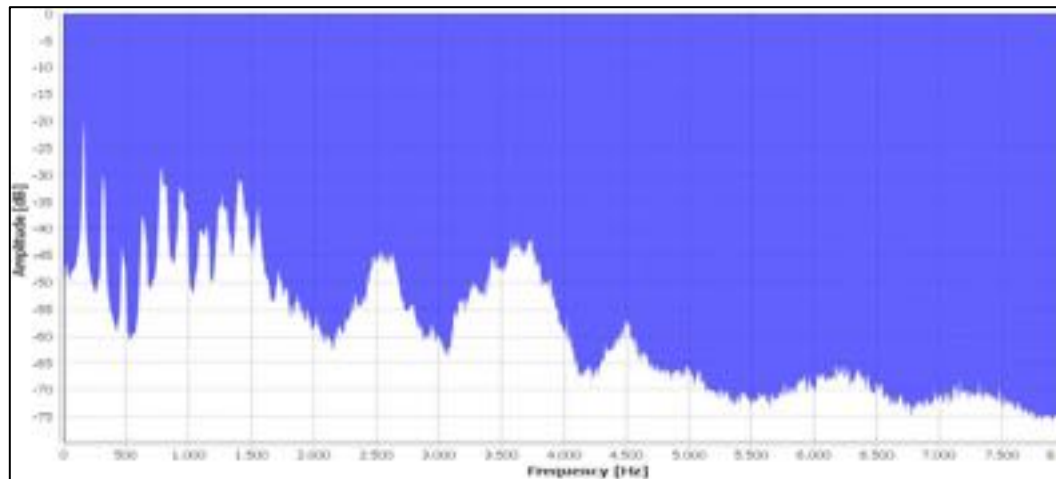
ESTRAZIONE DELLE FORMANTI IN VOXTESTER

- **Suddivisione in finestre**: viene suddiviso il file in finestre di 0.025 secondi **interallacciate** tra loro con uno shift di 0.005 secondi, utilizzando la funzione finestra di Hamming, per ovviare alla **dispersione in frequenza** agli estremi del troncamento



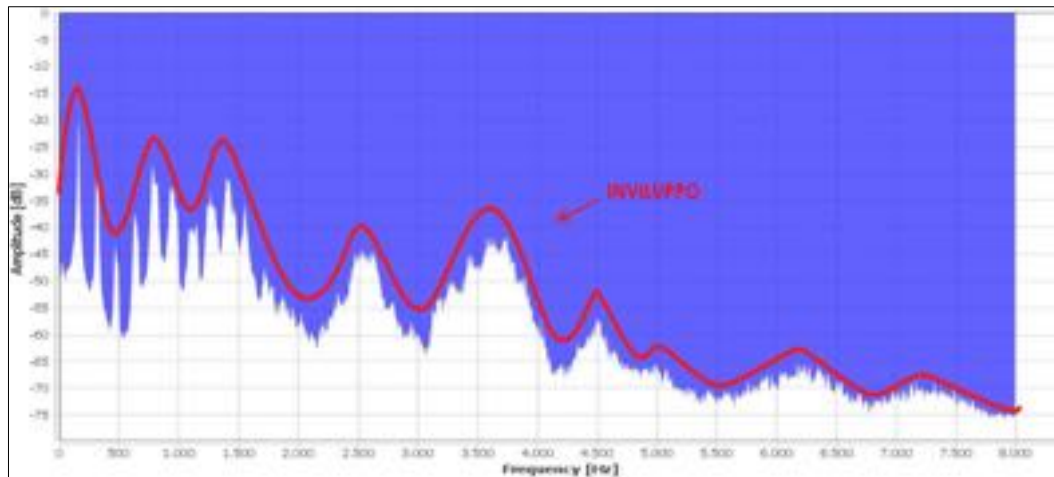
ESTRAZIONE DELLE FORMANTI IN VOXTESTER

- **Fast Fourier Transform:** si genera lo spettro in frequenza del segnale in ogni singola finestra eseguendo la trasformata di Fourier



ESTRAZIONE DELLE FORMANTI IN VOXTESTER

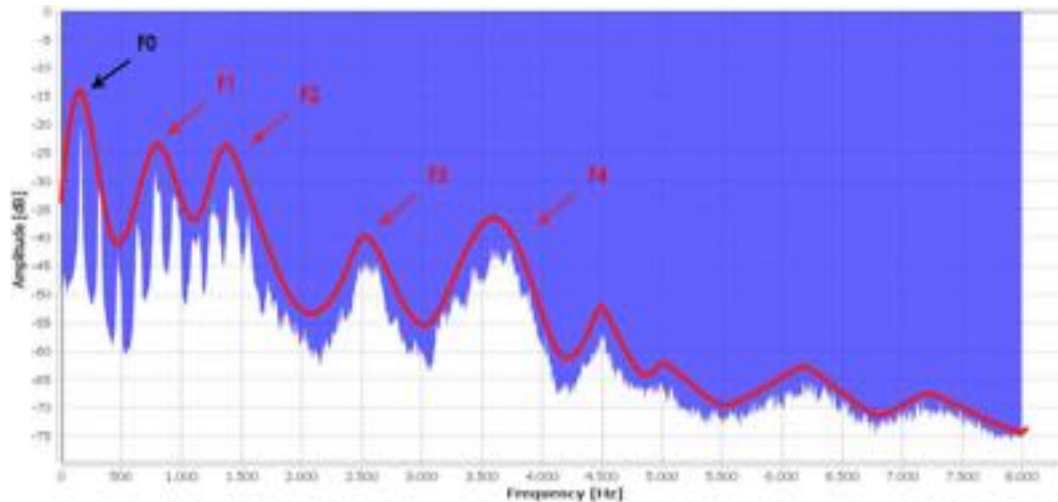
- **Linear Predictive Coding**: viene calcolato l'involuppo spettrale del segnale di ogni finestra tramite l'LPC



Principio base: in una porzione di segnale digitale con caratteristiche periodiche costanti, ogni campione può essere **predetto** in base a una valutazione dell'andamento descritto da un certo numero (**ordine dell'LPC**) di campioni precedenti (default freqCamp/1000)

ESTRAZIONE DELLE FORMANTI IN VOXTESTER

- Estrazione picchi involuppo: dall'involuppo ottenuto sono estratti i valori dei quattro picchi di intensità in ogni finestra, escluso il primo che identifica la frequenza fondamentale o F0.

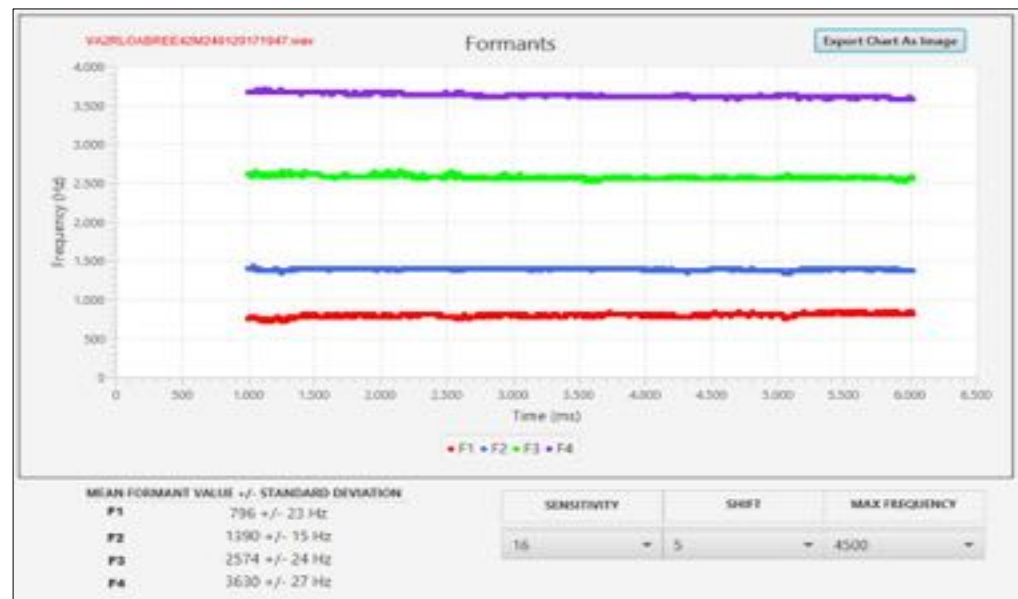


ESTRAZIONE DELLE FORMANTI IN VOXTESTER

- **Calcolo del valor medio e deviazione standard:** al termine dell'estrazione viene calcolato il valore medio di ogni formante, e la sua deviazione standard

Valori visualizzati assieme ad un grafico ed a **tre parametri** :

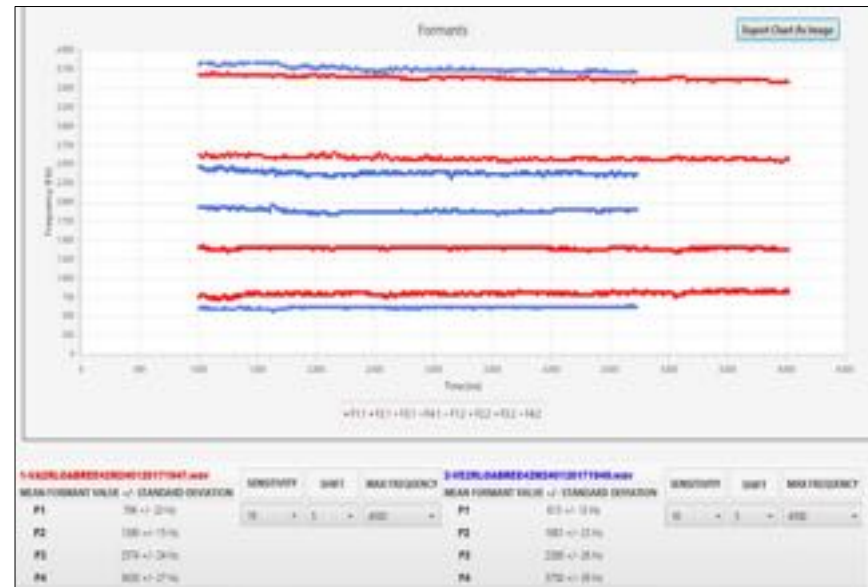
- Sensitivity: ordine LPC
- Shift finestre: precisione
- Max Frequency: frequenza entro la quale ricercare le formanti



CONFRONTO DELLE FORMANTI IN VOXTESTER

L'interfaccia per il confronto delle formanti mantiene la stessa struttura di quella ideata per il file singolo

- Un solo colore per ogni file nel grafico
- I parametri lavorano in modo **indipendente** sul singolo file



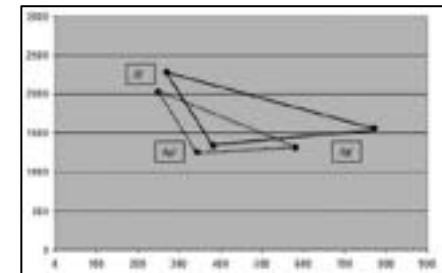
INDICI DI MISURAZIONE DELLA DISARTRIA

INDICI DI MISURAZIONE DELLA DISARTRIA

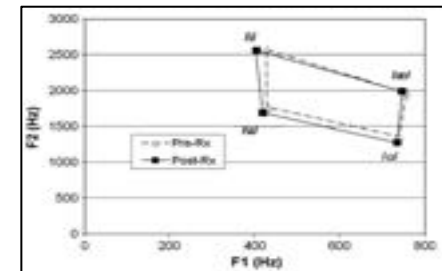
Studi scientifici **esteri** hanno introdotto una serie di indici che misurano il livello di avanzamento della disartria:

- Triangular Vowel Space Area (tVSA)
- Quadrilateral Vowel Space Area (qVSA)
- Formant Centralization Ratio (FCR)
- Vowel Articulation Index (3) (VAI3)
- Vowel Articulation Index (4) (VAI4)

tVSA



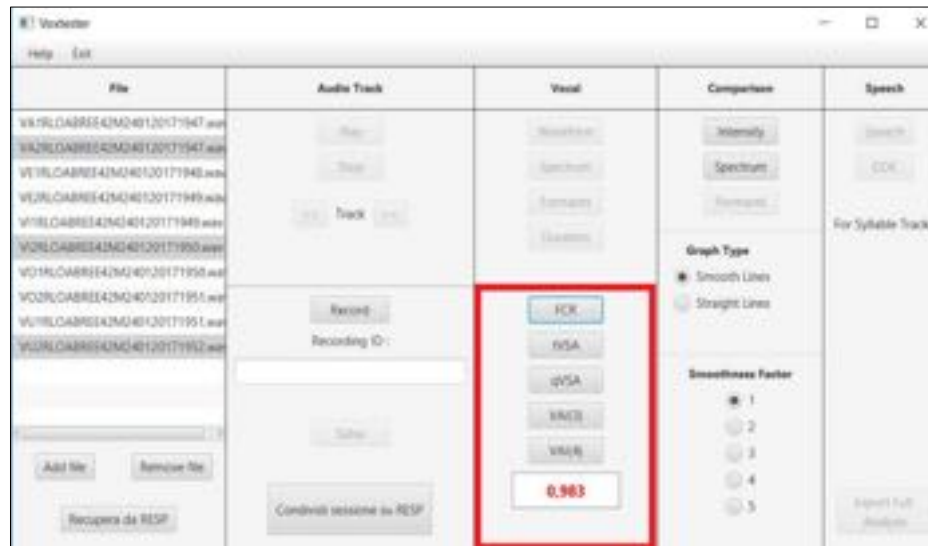
qVSA



Si basano esclusivamente sulle **prime due formanti** di diverse vocali

CALCOLO DEGLI INDICI IN VOXTESTER

Tutti gli indici sono implementati in Voxtester ed accessibili in modo **immediato** dal pannello principale:



SPERIMENTAZIONE

SPERIMENTAZIONE – DEFINIZIONE DEL PROTOCOLLO

Cosa registrare:

- Lettura di un brano **bilanciato** di 128 parole (circa 30 sec) – x 2
- Ripetizione sillabe “PA” e “TA”, ognuna per 5 secondi
- Vocali / a / e / i / o / u /, due vocalizzazioni per ognuna (la prima fino ad esaurimento fiato, la seconda per 5 secondi)
- Lettura di una lista di 50 parole bilanciate
- Lettura di una lista di 10 frasi bilanciate

SPERIMENTAZIONE – RACCOLTA DATI

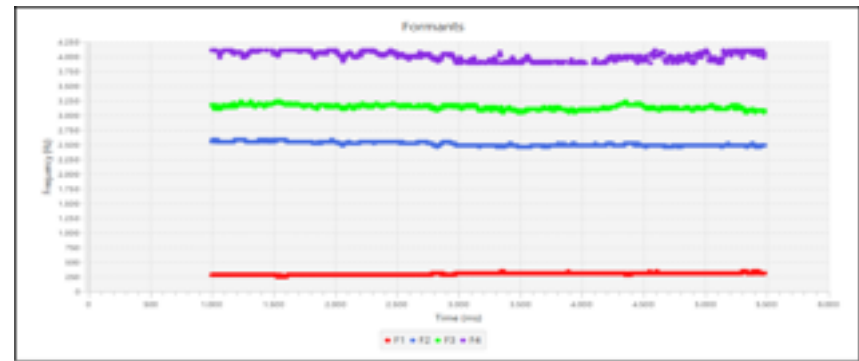
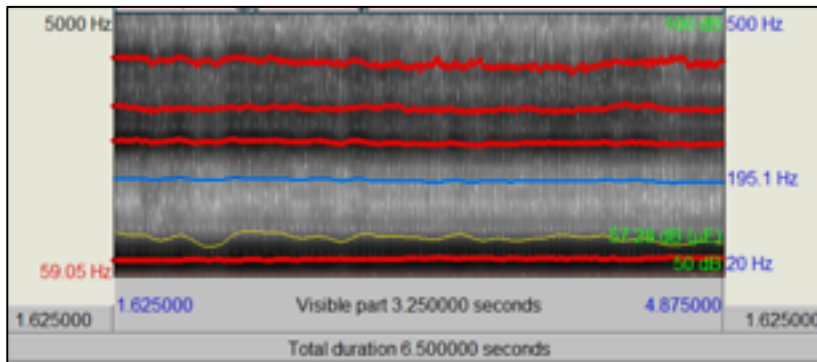
La raccolta dati è stata effettuata presso l'**Associazione Parkinson Puglia** di Bari, e il **Day Hospital S. Camillo** di Monopoli

- 15 pazienti (7 uomini, 8 donne)
- Fascia d'età da 60 a 80 anni
- Dal primo al quarto stadio di avanzamento della malattia



SPERIMENTAZIONE – TEST SULLE FORMANTI

Comportamento standard: risultati allineati a Praat

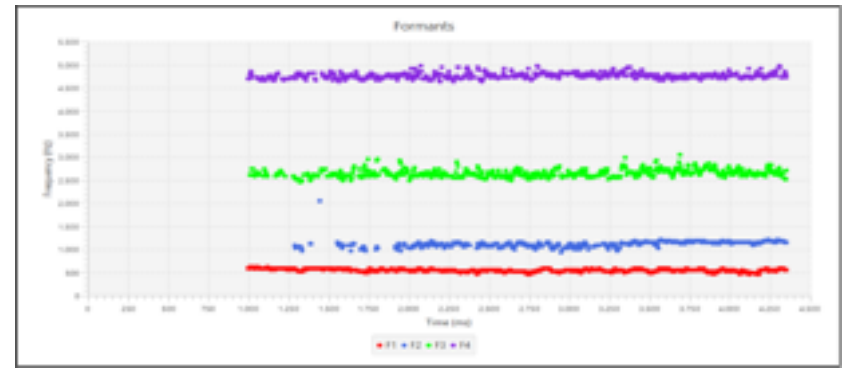
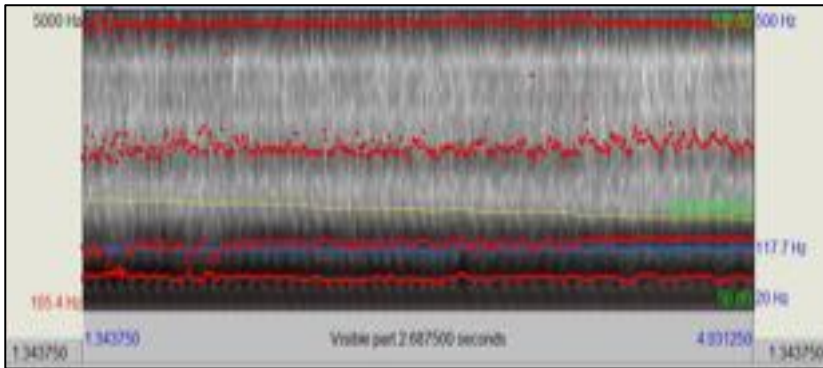


Formante	Praat	Voxtester – Ordine LPC 16 (default)	Differenza
F1	304 ± 53 Hz	298 ± 17 Hz	6Hz
F2	2518 ± 35 Hz	2514 ± 34 Hz	4Hz
F3	3162 ± 97 Hz	3140 ± 38 Hz	22Hz
F4	4029 ± 150 Hz	4008 ± 72 Hz	21Hz

Paziente donna di 71 anni - Stadio 1.5 - Vocale / i / - Ordine LPC 16

SPERIMENTAZIONE – TEST SULLE FORMANTI

Caso particolare: rilevazione più precisa in Voxtester

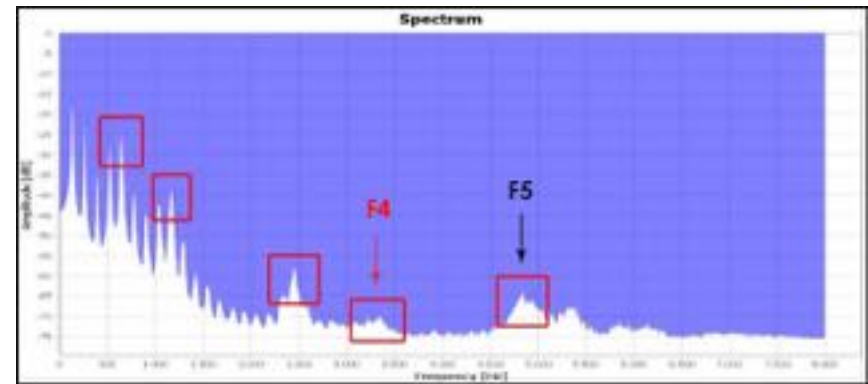
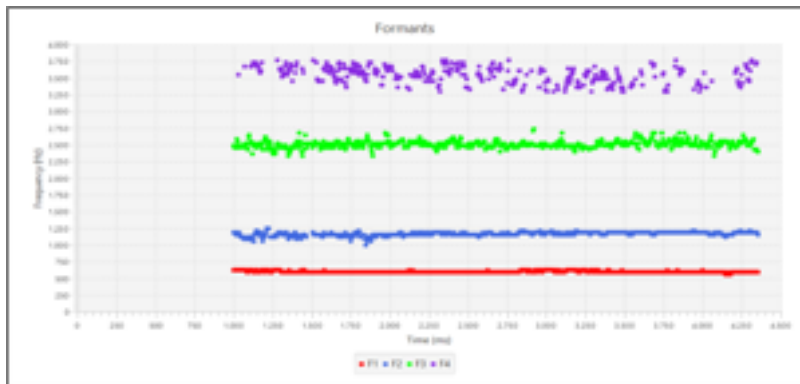


Formante	Praat	Voxtester – LPC 16 – Max Freq 5500Hz	Differenza
F1	521 ± 103Hz	522 ± 30 Hz	1Hz
F2	1081 ± 134Hz	1117 ± 67 Hz	36Hz
F3	2701 ± 263Hz	2649 ± 84 Hz	52Hz
F4	4751 ± 93Hz	4764 ± 61 Hz	13Hz

Paziente uomo di 71 anni - stadio 1 - vocale / a / - ordine LPC 16 – max frequency 5500Hz - voce rauca - **comportamento anomalo per F4** in entrambi i casi

SPERIMENTAZIONE – TEST SULLE FORMANTI

Modificando il parametro **Sensitivity**, impostandolo a 22, Voxtester rileva un picco effettivamente presente nello spettro



Formante	Praat	Voxtester - LPC 22	Differenza
F1	521 ± 103Hz	597 ± 12 Hz	76Hz
F2	1081 ± 134Hz	1165 ± 26 Hz	84Hz
F3	2701 ± 263Hz	2507 ± 52 Hz	194Hz
F4	4751 ± 93Hz	3548 ± 122 Hz	1203Hz

Differenza maggiore, ma **piena coerenza con lo spettro** del segnale

SPERIMENTAZIONE – TEST SUGLI INDICI

In generale i risultati degli indici rispettano le aspettative, tranne per alcuni **casi particolari**: mostrano una elevata sensibilità del VSA

	HC	PD (stadio 3)
FCR	0.83	0.98
tVSA	307210	331716
qVSA	373232	405413
VAI(3)	1.20	1.01
VAI(4)	2.13	1.92

Confronto indici tra un healthy control (HC) donna di 64 anni, ed una donna affetta da Parkinson (PD) allo stadio 3, di 80 anni.

VSA particolarmente **sensibile** alle specifiche caratteristiche del tratto vocale del locutore

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Se i test sugli indici hanno confermato quanto riscontrato negli studi esteri, i risultati ottenuti sull'estrazione delle formanti hanno **superato le aspettative**, presentando in alcuni casi rilevazioni anche più precise rispetto a quelle effettuate con Praat.

I principali sviluppi futuri previsti sono:

- rappresentazione grafica degli indici
- inserimento di **parametri** per il calcolo degli indici
- confronto formanti di più di due file
- Modulo per valutare l'**intelligibilità**

GRAZIE A TUTTI PER
L'ATTENZIONE