

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOİSTATİSTİK VE TIBBİ BİLİŞİM ANABİLİM DALI

SÖZEL OLAYA İLİŞKİN POTANSİYELLERİN
İNCELENMESİ İÇİN TÜRKÇE PARADİGMA
TASARIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Hazal TAŞ

DOKTORA TEZİ

2025-ANTALYA

Hazal TAŞ

DOKTORA TEZİ

2025-ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOİSTATİSTİK VE TIBBİ BİLİŞİM ANABİLİM DALI

SÖZEL OLAYA İLİŞKİN POTANSİYELLERİN
İNCELENMESİ İÇİN TÜRKÇE PARADİGMA
TASARIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Hazal TAŞ

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Uğur BİLGE

“Kaynakça gösterilerek tezimden yararlanılabilir”

2025-ANTALYA

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Anabilim Dalı Tıp Bilişimi Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir. 30/06/2025

İmza

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Uğur Bilge
Akdeniz Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Ahmet Yardımcı
Akdeniz Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Murat Canpolat
Akdeniz Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Tuncay Aydoğan
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz Kemal Yüce
Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

Hazal TAŞ

İmza

Tez Danışmanı

Uğur BİLGE

İmza

TEŞEKKÜR

Tıp Bilişimi Yüksek Lisans Programına başvuruya geldiğim günden, doktora tezimin tamamlandığı güne kadar bana inanan, desteğini ve sevgisini sadece akademik olarak değil bütün hayat telaşında tüm kalbimle hissettiğim danışman hocam sayın Prof. Dr. Uğur Bilge'ye;

Eğitim aldığım bölümü gerek akademik donanımlarıyla gerekse insanlıklarıyla eşsiz kılan sayın hocalarım Prof. Dr. Ahmet Yardımcı, Doç. Dr. Kemal Hakan Gülkesen, Doç. Dr. Neşe Zayim, Prof. Dr. Utku Şenol ve bu süreçte birlikte çok ağlayıp çok güldüğümüz yol arkadaşım Araş. Gör. Nevruz İlhanlı'ya;

Tez çalışmamın konusunun mimarı, beni bu çalışmayı yapabileceğime inandıran ve bu süreçte motivasyonumu hep diri tutmamı sağlayan duayen hocam sayın Prof. Dr. Hilmi Uysal'a;

Laboratuvarlarının kapısını açan, başta sayın Prof. Dr. Murat Canpolat hocama ve bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan sayın Doç. Dr. Deniz Kantar Gül ile Araş. Gör. Dr. Alev Duygu Kuzzu olmak üzere Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilimdalı'na;

Bu tez çalışması için gerekli alt yapıyı hazırlayan ve bana teknik bilgiyi öğreten, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sayın hocalarım Prof. Dr. Evrim Gülbetekin, Doç. Dr. Enis Hidişoğlu ve Dr. Öğr. Üyesi Safiye Genç'e;

Eğitim dönemim boyunca her soruma sabırla cevap veren başta Burhan Çakmaz olmak üzere Sağlık Bilimleri Enstitüsü'ne;

Kıymetli vakitlerini ayırıp çalışmamda denek olmayı kabul eden tüm katılımcılara;

Canım arkadaşlarım Ayça Yağmur Yenidünya, Büşra Cesur Ergün, Aslı Boz ve Ezgi Akan'a;

Bu süreçte hep yanımda olan, düşecek gibi olduğumda omuz veren Murat Dalmış'a;

En kıymetlilerim, varlıklarına her an şükrettiğim canım ailem, Asuman Taş, İrfan Taş, Bengü Taş, ve canımın içi Alp'ime sonsuz teşekkür ederim.

ÖZET

Amaç: Bu tez çalışmasında, Türkçe dilinde oluşturulan semantik olarak uyumlu ve uyumsuz cümlelerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan elektroensefalografi (EEG) sinyalleri incelenmiştir. Amaç, bu tür dilsel uyaranların bilişsel işleme süreçlerine etkisini değerlendirmek ve özellikle N400 ile P600 olaya ilişkin potansiyel (OİP) bileşenleri üzerinden analiz yapılmasına olanak tanıyacak geçerli ve uygulanabilir bir paradigma geliştirmektir.

Yöntem: Araştırmaya, anadili Türkçe olan 35 sağlıklı yetişkin katılmıştır. Katılımcılara, son kelimesi semantik açıdan uyumlu ya da uyumsuz biçimde sonlanan cümleler görsel olarak sunulmuştur. EEG kayıtları BrainVision BrainAmp cihazı ile alınmış; ön işleme adımları Brainstorm yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. OİP analizlerinde, N400 (300–500 ms) ve P600 (500–900 ms) zaman aralıkları değerlendirilmiş; ayrıca Morlet wavelet dönüşümü ile zaman-frekans analizleri yapılmıştır.

Bulgular: Bulgular, uyumsuz cümlelerin uyumlu olanlara göre daha yüksek genlikli N400 yanıtları oluşturduğunu ve bu farkın özellikle temporal-parietal bölgelerde yoğunlaştığını göstermiştir. P600 bileşeni ise uyumsuz koşullarda artan pozitif genlik ile dilsel yeniden yapılandırma süreçlerini yansıtmıştır. Zaman-frekans analizleri, N400 zaman aralığında delta ve alfa bantlarında uyumsuz cümlelerin daha yüksek güçle ilişkili olduğunu, gamma-2 bandında ise daha düşük güç oluşturduğunu göstermiştir. P600 zaman aralığında ise yalnızca delta bandında uyumsuz cümleler için artmış güç gözlenmiş; diğer frekans bantlarında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Sonuç: Bulgular, Türkçede semantik bütünlüğün ihlal edilmesinin, özellikle N400 ve P600 OİP bileşenleri üzerinde belirgin etkiler yarattığını göstermektedir. Bu çalışma, Türkçede semantik işlemlemeye ilişkin EEG örüntülerini belgeleyen sınırlı sayıdaki araştırmalardan biri olarak alanyazına katkı sağlamaktadır. Ayrıca geliştirilen paradigma, ileride yürütülecek bilişsel sinirbilim temelli OİP çalışmalarına referans oluşturabilir.

Anahtar Kelimeler: N400, P600, EEG, semantik işleme, semantik uyumsuzluk

ABSTRACT

Objective: This thesis investigated the electroencephalography (EEG) signals involved in processing semantically congruent and incongruent Turkish sentences. The aim was twofold: first, to evaluate the effect of such linguistic stimuli on cognitive processing; and second, to develop a valid and applicable paradigm that would allow analyses to be performed on the N400 and P600 event-related potential (ERP) components.

Method: Thirty-five healthy native Turkish-speaking adults participated in the study. Participants were visually presented with sentences whose last word ended in a semantically compatible or incompatible manner. EEG recordings were acquired with a BrainVision BrainAmp device and preprocessing steps were performed using Brainstorm software. In the ERP analyses, N400 (300-500 ms) and P600 (500-900 ms) time intervals were evaluated and time-frequency analyses were performed with Morlet wavelet transform

Results: Results showed that incongruent sentences elicited higher amplitude N400 responses than congruent sentences and that this difference was particularly concentrated in temporal-parietal regions. The P600 component reflected linguistic restructuring processes with increased positive amplitude in incongruent conditions. Time-frequency analyses showed that incongruent sentences were associated with higher power in the delta and alpha bands at the N400 time interval, whereas they produced lower power in the gamma-2 band. In the P600 time interval, increased power was observed for incongruent sentences only in the delta band; no significant difference was found in the other frequency bands.

Conclusion: The findings show that violations of semantic integrity in Turkish have significant effects on the N400 and P600 ERP components. This study contributes to the literature as one of the limited number of studies documenting EEG patterns related to semantic processing in Turkish. In addition, the paradigm developed may serve as a reference for future cognitive neuroscience-based ERP studies.

Key words: N400, P600, EEG, semantic processing, semantic incongruence

İÇİNDEKİLER TABLOSU

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER TABLOSU	iii
TABLolar DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Elektroensefalografinin Tanımı ve Tarihçesi	2
2.2. Elektroensefalografinin Çalışma Prensibi	6
2.3. Elektroensefalografi Dalgaları	7
2.4. Olaya İlişkin Potansiyeller	10
3. GEREÇ ve YÖNTEM	22
3.1. Amaç	22
3.2. Paradigmanın Oluşturulması	22
3.3. Anket	26
3.4. Uyarıların Sunumu	26
3.5. Katılımcılar	27
3.6. EEG Kaydı	28

3.6.1. 10/20 Elektrot yerleştirme sistemi	29
3.7. Verilerin Analizi	30
3.7.1. Sinyal Önileme	30
3.7.2. Bireysel Ortalama ve Grup Ortalaması	33
3.7.3. İstatistiksel Analizler	34
3.7.4. Zaman-Frekans Analizi	35
4. BULGULAR	37
4.1. Anket Sonuçları	37
4.2. Edinburgh El Kullanım Testi	38
4.3. Davranışsal Tepkilerin Değerlendirilmesi	38
4.4. N400 Olaya İlişkin Potansiyeli Analizi Sonuçları	42
4.4.1. Uyumlu ve Uyumsuz Cümle Koşulları Arasında Kanal Bazlı N400 OİP Genlik Karşılaştırması	43
4.4.2. Cinsiyetler Arası N400 Genlik Farkı	47
4.4.3. Yaş Grupları Arası N400 Genlik Farkı	49
4.4.4. Cümle Kategorileri Arasındaki N400 Genlik Farkları	51
4.4.5. Cümlelerin Anlam Düzeyi ile N400 arasındaki Korelasyon	52
4.5. P600 Olaya İlişkin Potansiyeli Analizi Sonuçları	57
4.5.1. Uyumlu ve Uyumsuz Cümle Koşulları Arasında Kanal Bazlı P600 OİP Genlik Karşılaştırması	57
4.5.2. Cinsiyetler Arası P600 Genlik Farkı	60

4.5.3. Yaş Grupları Arası P600 Genlik Farkı	61
4.5.4. Cümle Kategorileri Arasındaki P600 Genlik Farkları	61
4.5.5. Cümlelerin Anlam Düzeyi ile P600 arasındaki Korelasyon	61
4.6. N400 OİP Zaman-Frekans Analizi Sonuçları	64
4.6.1. 300-500 ms Aralığında Delta Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması	64
4.6.2. 300-500 ms Aralığında Delta Bandı Cinsiyet Karşılaştırması	66
4.6.3. 300-500 ms Aralığında Delta Bandı Yaş Karşılaştırması	68
4.6.4. 300-500 ms Aralığında Teta Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması	70
4.6.5. 300-500 ms Aralığında Teta Bandı Cinsiyet Karşılaştırması	70
4.6.6. 300-500 ms Aralığında Teta Bandı Yaş Karşılaştırması	71
4.6.7. 300-500 ms Aralığında Alfa Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması	73
4.6.8. 300-500 ms Aralığında Alfa Bandı Cinsiyet Karşılaştırması	73
4.6.9. 300-500 ms Aralığında Alfa Bandı Yaş Karşılaştırması	74
4.6.10. 300-500 ms Aralığında Beta Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması	74
4.6.11. 300-500 ms Aralığında Beta Bandı Cinsiyet Karşılaştırması	75
4.6.12. 300-500 ms Aralığında Beta Bandı Yaş Karşılaştırması	75
4.6.13. 300-500 ms Aralığında Gamma 1 Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması	75

4.6.14. 300-500 ms Aralığında Gamma 1 Bandı Cinsiyet Karşılaştırması	75
4.6.15. 300-500 ms Aralığında Gamma1 Bandı Yaş Karşılaştırması	75
4.6.16. 300-500 ms Aralığında Gamma 2 Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması	76
4.6.17. 300-500 ms Aralığında Gamma 2 Bandı Cinsiyet Karşılaştırması	77
4.6.18. 300-500 ms Aralığında Gamma 2 Bandı Yaş Karşılaştırması	78
4.7. P600 Olaya İlişkin Potansiyeli Zaman-Frekans Analizi Sonuçları	81
4.7.1. 500-900 ms Aralığında Delta Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması	81
4.7.2. 500-900 ms Aralığında Delta Bandı Cinsiyet Karşılaştırması	83
4.7.3. 500-900 ms Aralığında Delta Bandı Yaş Karşılaştırması	84
4.7.4. 500-900 ms Aralığında Teta Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması	85
4.7.5. 500-900 ms Aralığında Teta Bandı Cinsiyet Karşılaştırması	86
4.7.6. 500-900 ms Aralığında Teta Bandı Yaş Karşılaştırması	87
4.7.7. 500-900 ms Aralığında Alfa Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması	88
4.7.8. 500-900 ms Aralığında Alfa Bandı Cinsiyet Karşılaştırması	88
4.7.9. 500-900 ms Aralığında Alfa Bandı Yaş Karşılaştırması	90
4.7.10. 500-900 ms Aralığında Beta Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması	91
4.7.11. 500-900 ms Aralığında Beta Bandı Cinsiyet Karşılaştırması	91

4.7.12. 500-900 ms Aralığında Beta Bandı Yaş Karşılaştırması	92
4.7.13. 500-900 ms Aralığında Gamma 1 Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması	93
4.7.14. 500-900 ms Aralığında Gamma 1 Bandı Cinsiyet Karşılaştırması	93
4.7.15. 500-900 ms Aralığında Gamma 1 Bandı Yaş Karşılaştırması	96
4.7.16. 500-900 ms Aralığında Gamma 2 Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması	96
4.7.17. 500-900 ms Aralığında Gamma 2 Bandı Cinsiyet Karşılaştırması	96
4.7.18. 500-900 ms Aralığında Gamma 2 Bandı Yaş Karşılaştırması	98
5. TARTIŞMA	99
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	108
KAYNAKLAR	114
ÖZGEÇMİŞ	127
EKLER	129

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3. 1. Katılımcıların demografik özellikleri	27
Tablo 4. 1. Cümlelerin anlamlılık/anlamsızlık derecesi	37
Tablo 4. 2. Davranışsal tepki	41
Tablo 4. 3. Kanal bazlı N400 potansiyeli karşılaştırması	44
Tablo 4. 4. Cümlelerin anlam düzeyi ile N400 kanalların genlikleri arasındaki ilişki	53
Tablo 4. 5. Aynı kategoride farklı puan alan cümlelerin genlikleri	55
Tablo 4. 6. Kanal bazlı P600 potansiyeli karşılaştırması	58
Tablo 4. 7. Aynı kategoride farklı puan alan cümlelerin P600 genlikleri	62
Tablo 4. 8. 300–500 ms Zaman Aralığında Delta Bandı Güç Değerlerinin Uyumlu ve Uyumsuz Cümle Koşullarına Göre Kanal Bazında Karşılaştırılması	65
Tablo 4. 9. 300–500 ms zaman aralığında delta frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması	67
Tablo 4. 10. 300–500 ms zaman aralığında delta frekans bandında uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda yaşa göre ortalama güç (W) karşılaştırması	69
Tablo 4. 11. 300–500 ms zaman aralığında teta frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması	70
Tablo 4. 12. 300–500 ms zaman aralığında teta frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda yaşa göre ortalama güç (W) karşılaştırması	72
Tablo 4. 13. 300–500 ms Zaman Aralığında Alfa Bandı Güç Değerlerinin Uyumlu ve Uyumsuz Cümle Koşullarına Göre Kanal Bazında Karşılaştırılması	73

Tablo 4. 14. 300–500 ms zaman aralığında teta frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda yaşa göre ortalama güç (W) karşılaştırması	74
Tablo 4. 15. 300–500 ms Zaman Aralığında Gamma 2 Bandı Güç Değerlerinin Uyumlu ve Uyumsuz Cümle Koşullarına Göre Kanal Bazında Karşılaştırılması	76
Tablo 4. 16. 300–500 ms zaman aralığında gamma 2 frekans bandında uyumlu cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması	78
Tablo 4. 17. 300–500 ms zaman aralığında gamma 2 frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda yaşa göre ortalama güç (W) karşılaştırması	80
Tablo 4. 18. 500-900 ms Zaman Aralığında Delta Bandı Güç Değerlerinin Uyumlu ve Uyumsuz Cümle Koşullarına Göre Kanal Bazında Karşılaştırılması	82
Tablo 4. 19. 500–900 ms zaman aralığında delta frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması	83
Tablo 4. 20. 500–900 ms zaman aralığında delta frekans bandında uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda yaşa göre ortalama güç (W) karşılaştırması	85
Tablo 4. 21. 500–900 ms zaman aralığında teta frekans bandında uyumlu cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması	86
Tablo 4. 22. 500–900 ms zaman aralığında teta frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda yaşa göre ortalama güç (W) karşılaştırması	88
Tablo 4. 23. 500–900 ms zaman aralığında alfa frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması	89
Tablo 4. 24. 500–900 ms zaman aralığında beta frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması	91
Tablo 4. 25. 500–900 ms zaman aralığında gamma 1 frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması	94

Tablo 4. 26. 500–900 ms zaman aralığında gamma 2 frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması 97



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. EEG'nin tarihsel gelişimi	5
Şekil 2. 2. Dereceli sinaptik aktiviteden hücre dışı voltaj alanlarının oluşumu	6
Şekil 2. 3. Beyin dalga frekansları	10
Şekil 2. 4. OİP bileşenlerinin isimlendirilmesi	11
Şekil 2. 5. Kutas ve Hillyard'ın deneylerinde ortaya çıkan N400 potansiyeli	17
Şekil 3. 1. Fiile özgü semantik rollerden dilbilgisel ilişkilere kadar süreklilik	24
Şekil 3. 2. EEG kaydı sırasında kullanılan uyaranların sunumu	26
Şekil 3. 3. EEG ve EOG elektrotlarının yerleşim şekli	28
Şekil 3. 4. 10-20 elektrot yerleştirme sistemi	30
Şekil 3. 5. Band-pass filtre uygulanmamış (üstte) ve uygulanmış sinyaller	31
Şekil 3. 6. Band-pass filtresi (Brainstorm-filtre özellikleri)	32
Şekil 3. 7. Çalışmanın yöntem şeması	36
Şekil 4. 1. Literatürde N400 potansiyeli analizi için kullanılan zaman pencereleri	43
Şekil 4. 2. Uyumlu (üstte) ve uyumsuz cümleler için ortalama N400 OİP	45
Şekil 4. 3. Uyumlu (üstte) ve uyumsuz cümleler için N400 ısı haritası	46
Şekil 4. 4. Uyumlu ve uyumsuz cümle koşullarında N400 etkisi	47
Şekil 4. 5. Kadın (üstte) ve erkek katılımcıların uyumsuz cümlelere verdiği yanıt	48
Şekil 4. 6. Cinsiyete göre N400 etkisi	49

Şekil 4. 7. 18-25 yaş ve 50 yaş üstü katılımcıların 300-500 ms arası uyumlu ve uyumsuz uyaranlar için P7 kanalı N400 genlikleri	50
Şekil 4. 8. Yaşa göre N400 etkisi	51
Şekil 4. 9. Yapan (üstte) ve deneyimleyen cümle kategorilerine ait genlikler	52
Şekil 4. 10. Farklı kategorilere ait cümlelerin anlamlılık puanı dağılımı	54
Şekil 4. 11. Aynı kategoride farklı puanlara sahip cümlelere ait N400 genlikleri	56
Şekil 4. 12. Uyumlu (üstte) ve uyumsuz cümlelere verilen ortalama P600 yanıtı	59
Şekil 4. 13. Uyumlu (üstte) ve uyumsuz cümleler için P600 ısı haritası	60
Şekil 4. 14. Uyumlu ve uyumsuz cümle koşullarında P600 etkisi	60
Şekil 4. 15. Aynı kategoride farklı puanlara sahip cümlelere ait P600 genlikleri	63
Şekil 4. 16. Delta bandı- uyumlu (solda) ve uyumsuz cümleler için güç dağılımı	65
Şekil 4. 17. Delta bandı- erkek (solda) ve kadın katılımcıların uyumlu cümleler için güç dağılımı	67
Şekil 4. 18. Delta bandı- erkek (solda) ve kadın katılımcıların uyumsuz cümleler için güç dağılımı	68
Şekil 4. 19. Delta bandı- 26-35 yaş (solda) ve 36-50 yaş katılımcıların uyumsuz cümleler için güç dağılımı	69
Şekil 4. 20. Teta bandı- erkek (solda) ve kadın katılımcıların uyumlu cümleler için güç dağılımı	71
Şekil 4. 21. Teta bandı- erkek (solda) ve kadın katılımcıların uyumsuz cümleler için güç dağılımı	71
Şekil 4. 22. Alfa bandı- uyumlu (solda) ve uyumsuz cümleler için güç dağılımı	73

Şekil 4. 23. Gamma 2 bandı- uyumlu (solda) ve uyumsuz cümleler için güç dağılımı	77
Şekil 4. 24. Gamma 2 bandı- erkek (solda) ve kadın katılımcıların uyumlu cümleler için güç dağılımı	78
Şekil 4. 25. Delta bandı- uyumlu (solda) ve uyumsuz cümleler için güç dağılımı	82
Şekil 4. 26. Delta bandı- kadın (solda) ve erkek katılımcıların uyumlu cümleler için güç dağılımı	84
Şekil 4. 27. Delta bandı- kadın (solda) ve erkek katılımcıların uyumsuz cümleler için güç dağılımı	84
Şekil 4. 28. Teta bandı- kadın (solda) ve erkek katılımcıların uyumlu cümleler için güç dağılımı	87
Şekil 4. 29. Alfa bandı- kadın (solda) ve erkek katılımcıların uyumlu cümleler için güç dağılımı	90
Şekil 4. 30. Alfa bandı- kadın (solda) ve erkek katılımcıların uyumsuz cümleler için güç dağılımı	90

SİMGELER ve KISALTMALAR

DEHB: Dikkat eksikliği/hiperaktivite bozukluğu

DSCF: Dwass-Steel-Critchlow-Fligner

EEG: Elektroensefalografi

EOG: Elektrokülogram

ICA: Independent Component Analysis

IFCN: Uluslararası Klinik Nörofizyoloji Federasyonu

LQ: Lateralizasyon katsayısı

OİP: Olaya ilişkin potansiyel

RRD: Rol ve Referans Dilbilgisi

SPS: Syntactic Positive Shift

1. GİRİŞ

İnsan beyninin dili nasıl işlediği sorusu, uzun yıllardır hem bilişsel bilimlerin hem de sinirbilimin temel araştırma konularından biri olmuştur. Dilin anlamlı bileşenlerini çözümlemek, yalnızca sentaktik yapılarla değil, aynı zamanda semantik bütünlükle de doğrudan ilişkilidir. Bu kapsamda, olaya ilişkin potansiyeller (OİP), dil işleme süreçlerinin zamansal dinamiklerini incelemek için yaygın olarak kullanılan nörofizyolojik ölçüm yöntemlerinden biri haline gelmiştir. Özellikle, semantik ihlallere verilen beyin yanıtlarını yansıttığı kabul edilen N400 ve sonrasında ortaya çıkan P600 bileşenleri, dilin anlam düzeyinde nasıl işlendiğini anlamada önemli ipuçları sunmaktadır.

N400 bileşeni, anlamca uyumsuz sözcük veya cümle sonlarına karşılık olarak yaklaşık 300–500 milisaniyelik zaman aralığında ortaya çıkan negatif yönlü bir OİP dalgasıdır. Bu bileşenin genliği, uyaranın bağlamla ne kadar örtüştüğüne bağlı olarak değişmekte ve semantik bütünlük ihlallerinde genellikle artış göstermektedir. P600 ise, daha çok sentaktik yeniden yapılandırma süreçleriyle ilişkilendirilse de, son yıllarda semantik düzeydeki çelişkilerde de ortaya çıktığı ve semantik onarım süreçlerine işaret edebileceği yönünde bulgular artmaktadır.

Literatürde İngilizce, Almanca ve diğer Batı dillerine odaklanan çok sayıda OİP çalışması bulunmasına rağmen, Türkçede yürütülen deneysel OİP araştırmaları oldukça sınırlıdır. Türkçenin eklemeli yapısı, serbest sözdizimi ve morfolojik zenginliği, bu dilde gerçekleştirilecek OİP çalışmalarını hem zorlaştırmakta hem de özgün kılmaktadır. Ayrıca, Türkçeye özgü semantik uyaranlar kullanılarak geliştirilmiş tekrarlanabilir ve standartlaştırılmış bir OİP paradigmasının olmayışı, bu alandaki metodolojik çeşitliliği daha da artırmaktadır.

Bu tez çalışması, Türkçe dilinde oluşturulmuş semantik olarak uyumlu ve uyumsuz cümlelerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan N400 ve P600 yanıtlarını incelemeyi ve bu doğrultuda hem semantik işleme süreçlerine ışık tutmayı hem de gelecekteki çalışmalar için kullanılabilecek geçerli bir paradigma sunmayı amaçlamaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Elektroensefalografinin Tanımı ve Tarihçesi

Elektroensefalografi (EEG), kafa derisine yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla beyindeki elektriksel aktiviteyi kaydeden girişimsel olmayan bir tekniktir. EEG'nin tarihi 20. yüzyılın başlarına kadar uzanmaktadır. EEG kurucusu olarak kabul edilen Hans Berger, sonuçlarını 1929 yılında yayınlasa da 1924 yılında insan beyninin elektriksel aktivitesini ölçmeyi başaran ilk araştırmacıdır. Berger, EEG tekniğini "beyne açılan bir pencere" sunmak amacıyla geliştirmiştir. Özellikle, gözler kapalıyken ritmik dalgalar şeklinde kaydedilen ve gözler açıldığında genliği azalan, daha az düzenli hâle gelen sinyalleri gözlemlemiştir. Çalışmalarında, daha sonra "alfa dalgaları" olarak adlandırılacak olan, özellikle birey uyanık fakat gevşemiş durumda ve gözleri kapalıyken ortaya çıkan 8–13 Hz frekans aralığındaki düzenli beyin dalgalarını tanımlamıştır (Berger, 1929). Berger'in gözlemleri, bu alfa aktivitesinin özellikle dikkat ve zihinsel işlem gerektiren bilişsel görevler sırasında baskılandığını, yani bilişsel aktiviteyle ters orantılı bir şekilde azaldığını ortaya koymuştur. Bu durum, alfa dalgalarının yalnızca pasif bir dinlenme hâlini değil, aynı zamanda dış çevreye yönelik bilgi işleme düzeyini yansıttığını göstermektedir. Alfa ritminin tanımlanmasının ardından Berger, 14–30 Hz frekans aralığında gözlemlenen ve genellikle dikkat, zihinsel uyanıklık, aktif düşünme ve konsantrasyon gibi bilişsel süreçlerle ilişkilendirilen beta dalgalarını da tanımlamıştır. Bu beta aktivitesi, bireyin uyarılmışlık düzeyi ve bilişsel çaba gerektiren görevlerle meşgul olduğu durumlarda baskın hale gelmektedir. Berger'in bu erken dönem gözlemleri, günümüzde EEG ritimlerinin bilişsel durumlarla olan ilişkisini anlamada temel teşkil etmektedir (Biasiucci ve ark., 2019).

Berger'in bulguları, ilk etapta bilim camiası tarafından kuşkuyla karşılanmıştır. Bu durum, kısmen Berger'in tek başına çalışan bir araştırmacı olması ve telepatik fenomenlere yönelik ilgisinin bilimsel ciddiyetine gölge düşürdüğüne dair görüşlerden kaynaklanmıştır. O dönemde bazı bilim insanları, kafa derisinden elde edilen bu elektriksel sinyallerin beyin kaynaklı değil; kalp atımı ya da kas hareketleri gibi artefaktlar olduğunu ileri sürmüştür. Diğer bir kesim ise, gözler açıldığında beyin

aktivitesinin daha az ritmik hale gelmemesi gerektiğini savunmuştur. Ayrıca, Berger'in tespit ettiği yavaş ritmik dalgaların, aksiyon potansiyelleri gibi hızlı nöral olayları yansıtamayacağı da öne sürülmüştür. Ancak bu şüpheli yaklaşım, 1932 yılında İngiliz fizyologlar Edgar Adrian ve Bryan Matthews'in Berger'in gözlemlerini tekrar etmesiyle değişmiştir. Adrian ve Matthews, Berger'in bulgularını doğrulayarak EEG'yi beyin elektriksel aktivitesinin invaziv olmayan bir ölçüm aracı olarak bilimsel kabul görür hâle getirmiştir. Nitekim bu iki araştırmacı, kafa derisinden kaydedilen EEG'nin keşfini tamamen Berger'e atfetmişlerdir (Biasiucci ve ark., 2019; Rossini ve ark., 2025).

Berger'in öncü çalışması, beyin aktivitesinin ölçülebileceğini ve kaydedilebileceğini göstererek klinik nörofizyoloji alanının temelini atmış, beyin fonksiyonlarının anlaşılmasında ve nörolojik bozuklukların teşhisinde önemli ilerlemelere yol açmıştır.

William Grey Walter, üç kanallı EEG kaydı yapabilen özel bir osiloskop geliştirmiş ve bu sistemi hem beyin tümörlerinin tanısında hem de cerrahi müdahaleler sırasında ve anestezinin etkilerini değerlendirmek amacıyla ilkel bir izleme aracı olarak kullanmaya başlamıştır. Hans Berger'in yaklaşımını takip eden Walter, EEG kayıtlarında gözlemlenen yavaş ritimleri tanımlamak için “delta” ve “teta” terimlerini kullanmıştır. Bu adlandırma, EEG dalga bantlarının günümüzdeki sınıflandırmasının temelini oluşturmuştur. Walter ayrıca, EEG'nin klinik kullanımını yalnızca gözlemsel bir araç olmaktan çıkararak daha sistematik ve ölçülebilir hâle getirmeyi amaçlamıştır. Bu doğrultuda, 1943–1944 yıllarında serebral biyoelektrik sinyallerin otomatik olarak analizine yönelik ilk yöntemleri tanıtarak, EEG sinyallerinin bilgisayar destekli değerlendirilmesine yönelik modern uygulamaların öncülüğünü yapmıştır (Rossini ve ark., 2025). Walter, 1953–1957 yılları arasında Uluslararası Klinik Nörofizyoloji Federasyonu'nun (IFCN) başkanlığını yürütmüş ve EEG'nin klinik uygulamalarında öncü bir rol oynamıştır (Freeman, 1986).

Duncan George Dawson'ın (1951) öncülüğünde gerçekleştirilen ilk çalışmaların ardından, 1970'li yıllarda mikroişlemcilerin ve dijital bilgisayarların EEG sistemlerine entegre edilmeye başlanması, zaman kilitli (time-locked) deneme ortalamaları yoluyla uyaranla ilişkili potansiyellerin kaydını mümkün kılmıştır. Bu yöntem sayesinde,

tetikleyici ile zaman açısından senkron olmayan EEG bileşenleri ortalama sırasında iptal edilirken, yalnızca uyaranla tutarlı zaman ilişkisi gösteren nöral yanıtlar korunabilmiştir. Bu teknik gelişme, hem dışsal uyaranlara (örneğin görsel, işitsel, somatosensoriyel) hem de içsel bilişsel süreçlere (örneğin dikkat, karar verme) yönelik olarak ortaya çıkan kortikal ve subkortikal beyin yanıtlarının objektif biçimde kaydedilmesine olanak tanımıştır. Uyaranla senkronize bu elektrofizyolojik yanıtların güvenilir şekilde elde edilebilmesi, EEG'nin yalnızca araştırma aracı olmasının ötesine geçerek klinik tanı süreçlerinde de kullanılmasına zemin hazırlamıştır. Nitekim uyaranla ilişkili potansiyeller; multipl sklerozun değerlendirilmesinde, yenidoğanlarda işitme taramalarında, akustik nöroma testlerinde ve omurilik basısı gibi durumların tanısında rutin bir tanısal araç hâline gelmiştir (Rossini ve ark., 2025).

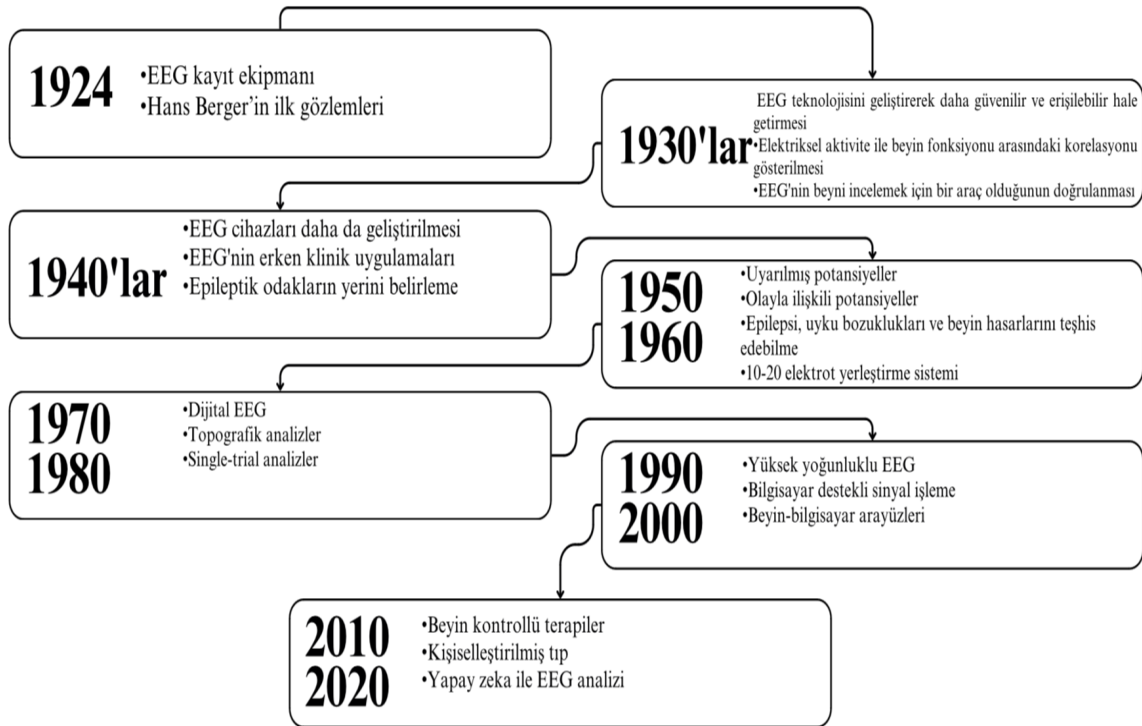
Yirminci yüzyılın ortalarına gelindiğinde elektroensefalografi, epilepsi, uyku bozuklukları, ensefalopatiler ve beyin ölümünün tanılanmasında nöroloji pratiğinde standart bir değerlendirme aracı hâline gelmiştir. Bu dönemde çok kanallı EEG sistemlerinin geliştirilmesi, serebral aktivitenin daha ayrıntılı ve bölgesel olarak haritalanmasına olanak tanımıştır. Bilgisayar teknolojilerinin EEG sistemlerine entegrasyonu, yöntemde köklü bir dönüşüm yaratmıştır. Özellikle dijital sinyal işlemenin uygulanmaya başlamasıyla, EEG sinyalleri gibi karmaşık zamansal veriler frekans bileşenlerine ayrılabilmiş; bu da Fourier dönüşümü gibi gelişmiş analiz tekniklerinin kullanımını mümkün kılmıştır. Bu teknolojik gelişmeler, kantitatif EEG yaklaşımının doğmasına zemin hazırlamıştır (Arjoonsingh ve ark., 2024). Kantitatif EEG, dijital olarak kaydedilen sinyallerin çeşitli matematiksel algoritmalarla analiz edilmesine olanak tanır; bu analizler arasında belirli frekans bantlarının gücü, sinyal karmaşıklığı, işlevsel bağlantısallık ve beyin ağı dinamiklerine ilişkin parametreler yer alır (Livint Popa ve ark., 2020).

Yüzyılın sonlarına doğru geliştirilen yüksek yoğunluklu EEG (high-density EEG) sistemleri, 128 ila 256 elektrot içeren dizilimlerle daha yüksek uzamsal çözünürlükte beyin haritalaması yapılmasına olanak sağlamıştır. Bu sistemler, özellikle nörobilimsel araştırmalarda beyin aktivitesinin detaylı topografik incelemesini mümkün kılmıştır. Teknolojik ilerlemeler yalnızca çözünürlüğü artırmakla kalmamış, aynı

zamanda EEG sistemlerini taşınabilir ve giyilebilir hâle getirerek günlük yaşam, spor etkinlikleri ve ev ortamındaki uyku çalışmaları gibi doğal bağlamlarda EEG kullanımının yaygınlaşmasını sağlamıştır (Arjoonsingh ve ark., 2024).

Günümüzde EEG analizinde makine öğrenimi ve yapay zeka tabanlı yaklaşımlar giderek daha fazla yer bulmaktadır. Bu yaklaşımlar, büyük EEG veri setleri içerisindeki anlamlı desenlerin otomatik olarak tespit edilmesine, sınıflandırılmasına ve böylece tanı doğruluğunun artırılmasına katkı sağlamaktadır. Yapay zeka tabanlı algoritmalar, nörolojik hastalıkların erken tespiti, bireyselleştirilmiş tedavi yaklaşımları ve bilişsel süreçlerin modellenmesi gibi çok sayıda alanda EEG'nin potansiyelini genişletmektedir (H. Zhang ve ark., 2023).

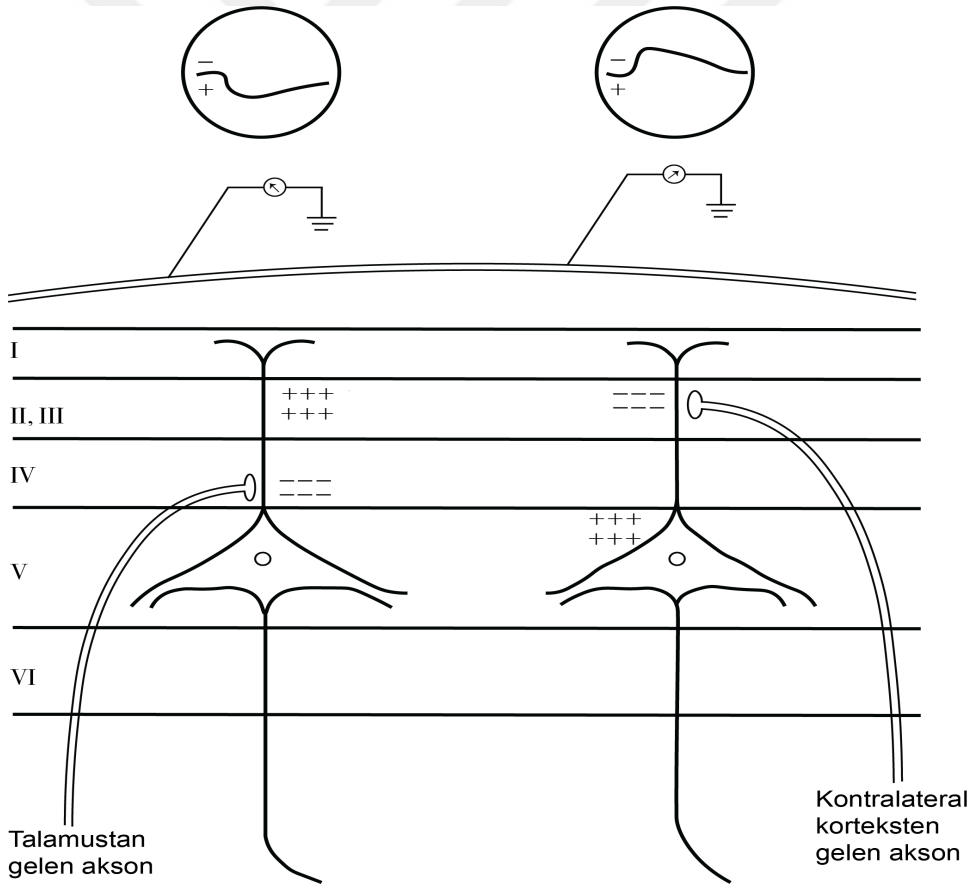
On yıllar boyunca, EEG hem teknoloji hem de uygulama açısından önemli ölçüde gelişmiş ve sinirbilim, psikoloji ve tıp dahil olmak üzere çeşitli alanlarda kritik bir araç haline gelmiştir. Şekil 2.1'de EEG'nin tarihsel gelişimi sunulmuştur.



Şekil 2. 1. EEG'nin tarihsel gelişimi

2.2. Elektroensefalografinin Çalışma Prensibi

Beyindeki iki konum arasındaki voltaj farkının zaman içinde çizilen grafiksel bir gösterimini sağlayan EEG, 100 yılı aşkın süredir sinirbilimde değerli bir araçtır ve araştırmacıların beyin aktivitesini yüksek zamansal çözünürlükle incelemelerine olanak tanır (Olejniczak, 2006; Tivadar ve Murray, 2019). EEG sinyallerinin birincil kaynağı beyindeki sinaptik aktivite, özellikle de kortikal nöronlardaki postsinaptik potansiyellerdir. Hem uyarıcı postsinaptik potansiyeller hem de inhibitör postsinaptik potansiyeller kaydedilen EEG aktivitesine katkıda bulunur (Şekil 2.2.). Bu potansiyeller nöronların içinde ve çevresinde akıma neden olarak kafa derisinde tespit edilebilen yerel elektrik alanları oluşturur.



Şekil 2. 2. Dereceli sinaptik aktiviteden hücre dışı voltaj alanlarının oluşumu. Yüzey potansiyellerinin polaritesi ile dendritik postsinaptik potansiyellerin yeri arasındaki ilişki.

EEG alanlarının ana üreticileri, kortikal katman III, V ve VI'deki büyük, dikey olarak yönlendirilmiş piramidal nöronlardır. Görünür bir EEG sinyali üretmek için en az 6 cm²'lik bir kortikal alanda yaklaşık 100 milyon nöronun senkronize aktivitesi gerekir (Olejniczak, 2006).

EEG sinyalleri, elektrik akımlarının nöral jeneratörler ile kafa derisi üzerindeki kayıt elektrotları arasındaki dokudan aktığı hacim iletimi adı verilen bir süreçle kaydedilir. Bu süreç, araya giren dokuların iletken özelliklerinden ve kortikal jeneratörlerin kayıt elektrotlarına göre yöneliminden etkilendikleri için orijinal sinir sinyallerini değiştirir (Tivadar ve Murray, 2019).

EEG mükemmel bir zamansal çözünürlüğe sahiptir ve araştırmacıların beyin aktivitesini milisaniye ölçeğinde incelemelerine olanak tanır. Bununla birlikte, kafatasının ve diğer dokuların bozucu etkileri nedeniyle uzamsal çözünürlüğü sınırlıdır. EEG, üç boyutlu gerçekliğin iki boyutlu bir izdüşümünü sağlar, bu da teorik olarak sadece kafa derisine kaydedilen EEG bilgisine dayanarak EEG jeneratörünün yerini belirlemenin imkânsız olduğu anlamına gelir. Bu durum ters problem (inverse problem) olarak adlandırılır (Olejniczak, 2006).

Modern EEG sistemleri standart pozisyonlara göre yerleştirilmiş gümüş/gümüş klorür veya altın elektrotlar kullanır. Gürültüyü en aza indirmek için elektrot empedansı 5000 ohm'dan az olmalıdır. Sinyaller görüntülenmeden önce yükseltilir, filtrelenir ve sayısallaştırılır. Yaygın montajlar arasında bipolar, referans ve ortalama referans bulunur. Dijital EEG, inceleme sırasında esnek yeniden montaj ve filtrelemeye olanak tanır. Klinik kayıtlar için en az 256 Hz örnekleme hızları önerilir (Beniczky ve Schomer, 2020).

2.3. Elektroensefalografi Dalgaları

Beyindeki elektriksel aktivite kişinin yaptığı aktivitenin türüne bağlıdır. Örneğin, kitap okuyan bir kişinin beyin dalgaları, dinlenen bir kişinin beyin dalgalarından çok farklıdır. Bu beyin dalgaları/ritimleri beş kategoride sınıflandırılır (Şekil 2.3.) ve kişinin sağlığı ve ruh hali hakkında bilgi verir (Abhang ve ark., 2016).

Gamma Dalgaları (30 Hz ve üzeri)

Gamma dalgaları, beyindeki en yüksek frekansa sahip osilasyonlar olarak kabul edilmektedir. Bu dalga türü; bilişsel işlevler, öğrenme, bellek süreçleri ve bilgi işleme mekanizmalarıyla doğrudan ilişkilidir. Gamma dalgalarının baskınlığının artması, yüksek uyarılmışlık, kaygı ve stres düzeylerinde artışa neden olabilirken; bu dalgaların baskılanması ise dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu (DEHB), depresyon ve öğrenme güçlükleri gibi nöropsikiyatrik durumlarla ilişkilendirilmektedir.

Beta Dalgaları (12-30 Hz)

Beta dalgaları, yüksek frekanslı ve düşük genlikli beyin dalgaları olup, genellikle bireyin uyanık ve dikkatli olduğu durumlarda gözlemlenir. Bu dalgalar, bilinçli düşünme, mantıklı akıl yürütme ve zihinsel uyanıklık gibi süreçlerle ilişkilidir ve uyarıcı bir etki yaratma eğilimindedir. Uygun düzeyde beta aktivitesi, dikkat ve odaklanma becerilerinin sürdürülmesini desteklerken; aşırı beta aktivitesi anksiyete, yüksek uyarılmışlık düzeyi, gevşeyememe ve stres ile ilişkilendirilir. Öte yandan, beta dalgalarının baskılanması dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu (DEHB), hayal kurma eğilimi, depresyon ve bilişsel performans düşüklüğü gibi durumlara yol açabilir. Optimal koşullarda beta dalgaları, bilinçli dikkat, çalışma belleği ve problem çözme gibi bilişsel işlevlerin sağlıklı yürütülmesinde önemli rol oynar.

Beta dalgaları, frekans aralıklarına göre üç alt kategoriye ayrılmaktadır:

- **Düşük beta dalgaları (12–15 Hz):** "Beta bir" olarak adlandırılır ve genellikle sessiz, odaklanmış ve içe dönük konsantrasyon durumlarıyla ilişkilidir.
- **Orta düzey beta dalgaları (15–20 Hz):** "Beta iki" olarak bilinir ve enerji artışı, performans artışı ile birlikte anksiyete düzeylerinde yükselme ile ilişkilidir.
- **Yüksek beta dalgaları (18–30 Hz):** "Beta üç" olarak adlandırılır ve yüksek stres, yoğun kaygı, paranoya, yüksek enerji ve aşırı uyarılmışlık gibi durumlarla ilişkilendirilir.

Alfa Dalgaları (8-12 Hz)

Alfa dalgaları, frekans açısından beta ve teta dalgaları arasında yer alır ve genellikle zihinsel sakinlik, gevşeme ve içsel huzur durumlarıyla ilişkilendirilir. Bu dalgalar, organizmanın gevşeme ihtiyacı duyduğu anlarda bilişsel ve fizyolojik sakinliği destekleyerek derin bir rahatlama hissi oluşturur.

Alfa aktivitesinin baskın olduğu durumlar genellikle hayal kurma, odaklanma güçlüğü yaşama ve zihinsel olarak oldukça gevşemiş bir durumda olma hâlleriyle karakterizedir. Bununla birlikte, alfa dalgalarının baskılanması anksiyete, yüksek stres düzeyi ve uykusuzluk (insomnia) gibi sorunlara yol açabilir. Optimal düzeyde alfa aktivitesi, bireyin rahatlamış ancak farkındalığını sürdürebildiği bir zihinsel duruma ulaşmasını sağlar. Bu durum, hem psikolojik denge hem de dikkat geçişleri açısından önemli bir nörofizyolojik temel sunar.

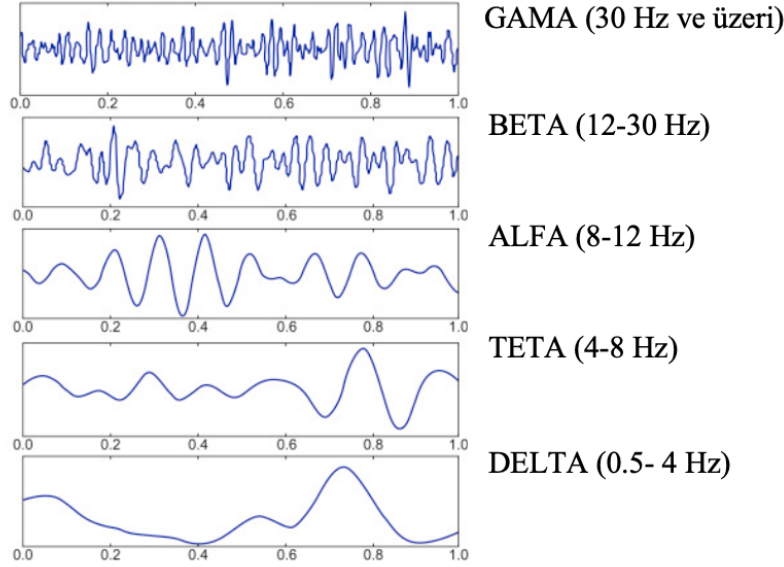
Teta Dalgaları (4-8 Hz)

Teta dalgaları, hayal kurma ve uyku ile ilişkili bir frekans aralığında yer alır. Bu dalgaların baskın olduğu durumlarda dikkat eksikliği, depresyon, hiperaktivite, dürtüsellik ve odaklanma güçlüğü gibi belirtiler gözlemlenebilir. Teta dalgalarının baskılanması ise anksiyete, düşük duygusal farkındalık ve stres ile ilişkilendirilmiştir. Optimal düzeyde teta aktivitesi, yaratıcılık, duygusal bağ kurma, sezgi ve gevşeme gibi süreçleri destekler. Ayrıca teta dalgalarının, sezgisel düşünme, yaratıcılığın gelişimi ve doğal bir ruh hâlinin oluşmasına katkı sağladığı bildirilmiştir. Teta dalgaları, onarıcı uyku evreleriyle de ilişkilidir.

Delta Dalgaları (0.5-4 Hz)

Delta dalgaları, insanlarda kaydedilen en yavaş beyin dalgalarıdır (yaklaşık 0.5–4 Hz). Bu dalgalar en sık olarak bebeklerde ve küçük çocuklarda gözlemlenir ve derin gevşeme düzeyleri ile onarıcı, iyileştirici uyku evreleriyle ilişkilidir. Delta dalgaları; beyin hasarları, öğrenme güçlükleri, düşünme yetersizliği ve ileri düzey dikkat eksikliği/hiperaktivite bozukluğu (DEHB) durumlarında belirgin şekilde gözlemlenebilir. Bu dalgaların baskılanması, bedenin yenilenmesini ve beynin yeniden yapılanmasını engelleyebilir, ayrıca yetersiz uyku ile ilişkilidir. Yeterli düzeyde delta

aktivitesi, tam bir yenilenme hissine katkı sağlarken bağışıklık sistemi fonksiyonları, doğal iyileşme süreçleri ve derin uyku evrelerinin desteklenmesiyle ilişkilendirilmiştir.



Şekil 2. 3. Beyin dalga frekansları

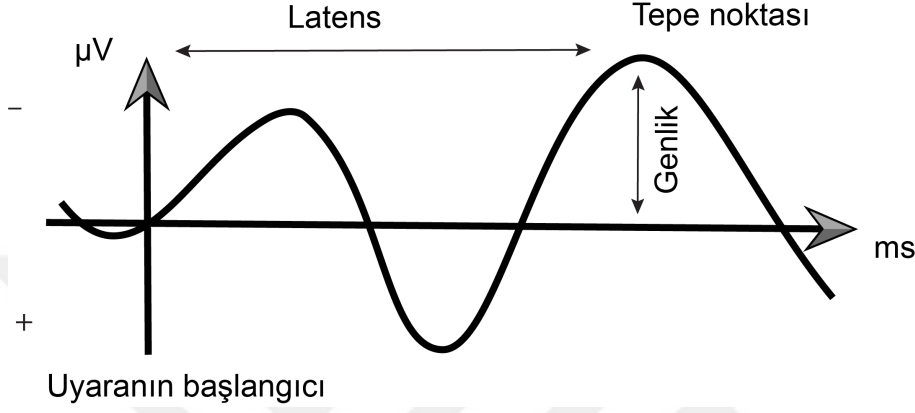
2.4. Olaya İlişkin Potansiyeller

Olaya ilişkin potansiyeller (OİP'ler), belirli olaylara veya uyaranlara yanıt olarak beyin yapılarında üretilen çok küçük voltajlardır (Blackwood ve Muir, 1990). OİP'ler, zihinsel süreçlerin psikofizyolojik bağıntılarını incelemek için güvenli ve invaziv olmayan bir yaklaşım sağlayan duysal, motor veya bilişsel olayların zamana bağlı EEG değişiklikleridir. OİP'ler, çok çeşitli duysal, bilişsel veya motor olaylarla ortaya çıkarılabilir. İnsanlardaki OİP'ler 2 kategoriye ayrılabilir (Sur ve Sinha, 2009):

Duysal veya dışsal OİP'ler: Uyarandan sonraki ilk 100 milisaniye içinde kabaca zirve yapan erken dalgalar veya bileşenler, büyük ölçüde uyarının fiziksel parametrelerine bağlı oldukları için "duysal" veya "dışsal" olarak adlandırılır.

Bilişsel veya içsel OİP'ler: 100 milisaniyeden sonraki bölümlerde oluşturulan OİP'ler, kişinin uyarıcıyı değerlendirme biçimini yansıtır ve bilgi işlemeyi incelerken 'bilişsel' veya 'içsel' OİP'ler olarak adlandırılır.

OİP dalga biçimleri latansa (gecikme) ve genliğe (amplitüd/ amplitude) göre tanımlanır (şekil 2.4).



Şekil 2. 4. OİP bileşenlerinin isimlendirilmesi. Tepe noktası, negatif veya pozitif ölçekte maksimum sapmadır, genlik (amplitüd), dalganın maksimum ifadesini (μV cinsinden) ve latans süresi (ms cinsinden), uyarının başlangıcından maksimum sapmaya kadar geçen süreyi belirtir.

Başlıca olaya ilişkin potansiyeller:

P50 Bileşeni

P50, bir işitsel uyarının sunulmasını takiben yaklaşık 50 milisaniye (ms) sonra ortaya çıkan pozitif yönelimli bir OİP bileşenidir. Bu bileşenin genliği, duyuşal geçitleme (sensory gating) süreciyle ilişkilidir ve erken aşamada gerçekleşen dikkate bağlı olmayan işitsel filtreleme süreçlerini yansıtmaktadır (Green ve ark., 2015). Özellikle şizofreni hastalarında gözlenen duyuşal geçitleme eksiklikleri, P50 bileşeninin klinik açıdan önemini artırmaktadır. Shen ve arkadaşları, şizofreni hastalarında P50, N100 ve P200 bileşenlerini incelemiş ve P50 genliği ile diğer bileşenler arasında anlamlı ilişkiler tespit etmiştir. Bu bulgular, P50'nin işitsel bilgilerin ilk sunumuna karşılık gelen nörofizyolojik yanıtların analizi açısından kritik bir rol oynadığını göstermektedir (C.-L. Shen ve ark., 2020). P50 bileşeni, yalnızca şizofreni değil, diğer psikopatolojik durumlar açısından da önem arz etmektedir. Liu ve arkadaşları kronik yorgunluk sendromu/miyaljik ensefalomiyelit hastalarında P50 duyuşal geçitlemesi ile anksiyete ve depresyon belirtileri arasındaki ilişkiyi incelemiş ve duyuşal durumların P50 yanıtlarını

modüle edebileceğini ileri sürmüştür. Bu bağlamda, P50'nin çeşitli psikolojik durumların erken evre değerlendirilmesinde biyobelirteç olarak kullanılabilirliği vurgulanmaktadır (X. Liu ve ark., 2024).

P100 Bileşeni

P100, genellikle görsel uyarılardan sonra 80–120 ms aralığında oksipital bölgelerde zirve yapan pozitif bir bileşendir ve temel görsel işleme süreçlerini temsil eder (Wynn ve ark., 2008). P100'ün çeşitli klinik durumlarla ilişkilendirilmiş olması, onu görsel işlemeye duyarlı bir biyobelirteç olarak öne çıkarmaktadır. Maestrini ve arkadaşları, hiper mobil Ehlers-Danlos sendromuna sahip migren hastalarında P100 genliğinin etkilendiğini bildirmiştir (Maestrini ve ark., 2023). Ayrıca bir başka çalışmada, Tip 2 diyabetli bireylerde P100 latansının uzadığı ve bu uzamanın hastalık süresi ile pozitif korelasyon gösterdiği saptanmıştır. P100 bileşeni, bu anlamda görsel yol bütünlüğünün ve diyabete bağlı nörofizyolojik değişimlerin değerlendirilmesinde önemli bir göstergedir (Subedi ve ark., 2022). Fustes ve arkadaşları, Nöromiyelitis Optika Spektrum Bozukluğu (NMOSD) tanısı almış bireylerde P100 latansında artış saptamış ve bu artışı, hastalığa bağlı görsel yol disfonksiyonu ile ilişkilendirmiştir (Hernandez Fustes ve ark., 2021). Dolayısıyla P100, erken görsel işleme süreçlerinin yanı sıra klinik teşhis ve izlem açısından da değerli bir OİP bileşeni olarak değerlendirilmektedir.

N100 Bileşeni

N100, uyarandan yaklaşık 100 ms sonra ortaya çıkan negatif yönelimli bir bileşendir ve çok çeşitli modalitelerde (işitsel, görsel, somatosensoriyel) bilişsel ve algısal görevlerde gözlemlenmektedir (Du ve ark., 2017; Onitsuka ve ark., 2013). Şizofreni spektrum bozukluklarında N100 genliği, işitsel işleme ile yakından ilişkilidir. Slapø ve arkadaşları, bu bireylerde işitsel kortekste N100 genliğinin azaldığını ve bu azalmanın sinaptik budama süreçleriyle ilişkili olduğunu öne sürmüştür (Slapø ve ark., 2024). Ayrıca N100'ün kortikal uyarılabilirliğin değerlendirilmesinde güvenilir bir gösterge olduğu da saptanmıştır (Moffa ve ark., 2022). Dikkat süreçleri açısından Qiao ve arkadaşları, tehdit beklentisi sırasında yüksek düzeyde kaygıya sahip bireylerde N100 genliğinin arttığını bildirmiştir (Qiao ve ark., 2022). Benzer şekilde, Humble ve arkadaşları, farkındalık temelli meditasyon uygulamalarının dorsolateral prefrontal

korteksteki uyarılabilirlik değişimleri yoluyla N100 genliğini etkileyebileceğini raporlamıştır (Humble ve ark., 2023).

P200 Bileşeni

P200, uyarandan yaklaşık 200 ms sonra ortaya çıkan pozitif bir OİP bileşenidir ve dikkat, algısal eşleşme, semantik ön işleme gibi bilişsel süreçlerle ilişkilidir. Wang ve arkadaşları, Çince kelimelerle yürütülen bir çalışmada, P200'ün görsel kelime tanımda fonolojik ve ortografik süreçlerle ilişkili olduğunu göstermiştir (Wang ve ark., 2021). Başka bir çalışmada topluluk önünde konuşma kaygısı yüksek bireylerde P200 amplitüdünün duygusal dikkat yanlılığına duyarlı olduğu gösterilmiştir (Feroz ve ark., 2021). Choi ve arkadaşları ise depresyon tedavisi gören bireylerde rTMS uygulamasının ardından P200 genliğinde artış gözlemlemiş ve bu değişimin bilişsel iyileşmeye işaret ettiğini belirtmiştir (Choi ve ark., 2019).

N200 Bileşeni

N200, görsel ya da işitsel bir uyarının sunulmasını takiben yaklaşık 180 ila 325 ms arasında ortaya çıkan negatif yönelimli bir OİP bileşenidir (Nidal ve Malik, 2014). Son dönem araştırmaları, N200'ün hem bilişsel kontrol mekanizmaları hem de klinik popülasyonlarda bilişsel işlevleri değerlendirmek açısından önem taşıdığını göstermektedir. Menkes ve arkadaşları, bipolar bozukluğu olan bireylerde yürütülen Go/No-Go görevinde, N200 amplitüdlerinin duygusal yanıt inhibisyonundaki farklılıklarla ilişkili olduğunu bildirmiştir (Menkes ve ark., 2022). Benzer şekilde, Goto ve arkadaşları (2019), N200 bileşeninin tüketici davranışı bağlamında ürün tercihlerine yönelik bilişsel değerlendirme süreçlerini yansıttığını ortaya koymuştur (Goto ve ark., 2019). Tarawneh ve arkadaşlarının sistematik derlemesi ve meta-analizi, Alzheimer hastalarında N200 latansının sağlıklı bireylere göre anlamlı düzeyde geciktiğini ortaya koymuş, bu da N200'ün nörodejeneratif hastalıklarda bilişsel bozulmanın erken göstergesi olabileceğini göstermektedir (Tarawneh ve ark., 2021).

N270 Bileşeni

N270, ardışık olarak sunulan iki görsel uyarının özellikleri veya konumları açısından çelişkili olduğu durumlarda ortaya çıkan negatif bir OİP bileşenidir (Wang ve ark., 2002). Uyarılar arasındaki uyumsuzluk, renk, şekil gibi basit özelliklerden ya da yüz

gibi karmaşık uyarıcılardan kaynaklanabilir. Yüz benzeri görsel yapıların elektrofizyolojik yanıtları nasıl etkilediği incelenmiş ve N270 genliğinin, ardışık uyaranlar arasındaki fark arttığında yükseldiği bildirilmiştir (Galigani ve ark., 2021). Bu, N270'in görsel uyaranlara ilişkin uyumsuzluk algısı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Başka bir çalışmada ise DEHB olan çocuklarda, N270 latansının tutarsız koşullarda anlamlı ölçüde geciktiği gözlemlenmiş ve bu OİP bileşeninin DEHB'nin bilişsel yansıması açısından potansiyel bir biyobelirteç olduğu ileri sürülmüştür (Zhao ve ark., 2020).

P300 Bileşeni

P300 bileşeni, uyaran sunumunu takiben genellikle 300 ms civarında ortaya çıkan, ancak gecikmesi 250 ila 750 ms arasında değişebilen geç dönem OİP bileşenlerinden biridir (Zhong ve ark., 2019). P300, dikkat, hafıza, zihinsel işlem hızı ve konsantrasyon gibi temel bilişsel süreçleri yansıttığı için insan bilişsel işlevlerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan, kapsamlı şekilde araştırılmış bir göstergedir (Haider ve Fazel-Rezai, 2017).

P300'ün en yaygın gözlemlendiği paradigmalardan biri, Ritter ve Vaughan tarafından geliştirilen 'oddball' paradigmasıdır. Bu paradigmanın işitsel versiyonunda, katılımcılara farklı olasılıklarla (örn. %20 ve %80) sunulan iki farklı ses tonu dinletilir. Sık sunulan uyaranlar standart, nadir olanlar ise hedef uyaran olarak tanımlanır. Katılımcıların hedef uyaranlara tepki vermesi beklenir (Dinteren ve ark., 2014). P300'ün klinik ve teknolojik uygulamaları da dikkat çekicidir. Gao ve arkadaşları, P300 tabanlı beyin-bilgisayar arayüzü sistemleri, özellikle de P300-speller uygulaması üzerine odaklanarak, bu bileşenin ağır motor engelli bireylerde iletişimi destekleyici rolünü vurgulamıştır. Aynı çalışma, uyaran başlangıç zamanlamasının optimize edilmesiyle sistem performansının iyileştirilebileceğini göstermektedir (Gao ve ark., 2021).

Klinik bağlamda P300, çeşitli psikiyatrik ve nörolojik bozuklukların bilişsel yansımalarının değerlendirilmesinde potansiyel bir biyobelirteç olarak kullanılmaktadır. Wakode ve arkadaşları, majör depresif bozukluğu olan bireylerde P300 genliğinin azaldığını ve bunun dikkat ve çalışma belleği gibi bilişsel işlevlerdeki bozulmaları

yansıttığını raporlamıştır (Wakode ve ark., 2022). Bu bulgular, Santopetro ve arkadaşlarının çalışmalarının benzer sonuçlarıyla tutarlıdır (Santopetro ve ark., 2021).

Ma ve arkadaşlarının çalışması ise vestibüler bozukluğu olan hastalarda P300 genliği ve gecikmesi aracılığıyla bilişsel işlev bozukluklarının değerlendirilebileceğini ortaya koymuştur (Ma ve ark., 2023). Bu, P300'ün klinik tanı süreçlerinde nesnel bir elektrofizyolojik ölçüt olarak kullanılabilirliğini desteklemektedir. Başka bir çalışmada yazarlar, EEG verilerinde P300 bileşeninin makine öğrenimi temelli özellik çıkarımı bağlamındaki önemini vurgulamış, bu sayede BCI uygulamalarının geliştirilmesine ve bilişsel süreçlerin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamıştır (Ditthapron ve ark., 2019). Bu çalışma, yapay zeka ile nörofizyolojik veri analizinin entegrasyonuna dair artan eğilimi yansıtmaktadır.

Sonuç olarak, P300 bileşeni, bilişsel süreçlerin değerlendirilmesinde önemli bir elektrofizyolojik belirteç olup; hem klinik tanılama süreçlerinde hem de yardımcı iletişim teknolojilerinde geniş uygulama alanına sahiptir.

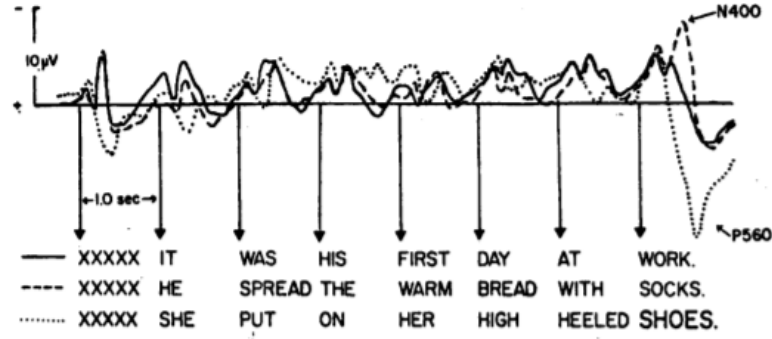
N400 Potansiyeli:

İnsanın nesne ve olaylara anlam verme, anlama, nesnelere ad verme, nesne ve olayları cümleler ile tanımlama ve tanımladığı nesne ve olayları başkasına aktarabileceği bir forma yani dile çevirme yeteneği semantiğin temel konusudur. Nörobilim semantiğin özellikle dil ile bağıntılı bölümünü 2000'lerden itibaren çalışma konuları arasına almış ve önemli sayıda çalışma ile literatürde bu konuda ciddi bir bilgi birikimi olmuştur. Doğal olarak sözel dil yetisi üzerinden süren çalışmaların temelini elektrofizyolojik yöntemlerden olan olaya ilişkin endojen potansiyeller oluşturmuş ve “sözel olaya ilişkin potansiyeller” olarak tanımlanmıştır.

Sözel olaya ilişkin potansiyellerin tanımlanması 1980'lerde Kutas ve Hillyard'ın öncü çalışmalarıyla gerçekleştirilmiştir (Kutas ve Hillyard, 1980c, 1980a, 1980b). Kutas ve Hillyard 7 sözcükten oluşan 160 tümceyi içeren bir test bataryasıyla tümcenin genel anlamına uyumsuz sözcüklerin devam eden negatif bir potansiyelin üzerine süperpoze olan fazık bir potansiyelin ortaya çıktığını belirlemişler ve bunu N400 olarak tanımlamışlardır (Hillyard ve Kutas, 1983; Kutas ve Hillyard, 1983). Semantik farklı

olan sözcüğü negatif bir komponent izlemekte ve tepe genlik değerine yaklaşık 400 ms'de ulaşmaktadır (Şekil 2.5.). Kutas ve Hillyard'ın uyumsuz biten tümceler 400 ms latanslı negatif yanıtları bildirmelerinin ardından bu dalganın nedeni, kaynağı ve etkileyen faktörler üzerinde çok sayıda araştırma yapılmıştır. Daha ileriki bir çalışma ile gözlenen bu negativitenin sadece tümcenin sonunun uyumsuz olmasıyla değil tümcenin herhangi bir yerindeki uyumsuzlukla da tetiklenebileceği anlaşılmıştır (Kutas ve Hillyard, 1984b, 1984a). Son sözcüğün anlamını tümcenin gelişinden çıkarmak zorlaştıkça N400 genlik değeri yükselmektedir. Örneğin, "Don't touch the wet dog" (Islak köpeğe dokunma) ve "Don't touch the wet paint" (Islak boyaya dokunma) cümlelerinin her ikisi de anlamlı olsa da köpek boyadan daha az beklendiği için daha büyük bir N400'ü ortaya çıkarmaktadır (Kiang ve Gerritsen, 2019).

Bentin ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada N400 genliğinin bellekteki sözcükleri tarayan nöral sistemin aktivitesi ile bağıntılı olduğunu göstermişlerdir (Bentin ve ark., 1985). Zihinsel anlam verme sürecinde içeriğin belirlediği sürecin dilsel aykırılık gösterdiği durumlarda oluşan nöronal etkinliğin bir karşılığı olarak yorumlanmaya başlanmıştır. Ancak Stuss ve arkadaşları mental geometrik şekil çevirme gerektiren durumlarda da benzer negatif potansiyellerin oluşabileceğini göstermişlerdir (Stuss, Benson, ve ark., 1983; Stuss, Sarazin, ve ark., 1983). Rugg, uyaklı bir dizi içinde uyaklı olmayan sözcüklerin de geç negatif dalgaların oluşumuna neden olduğunu göstermiştir (Rugg ve ark., 1984, 1994). Genel olarak negatif karakterli geç dalgaların beklenmeyen uyaranlara ait bir bilgi taşıdığı kanısı oluşmuştur. Stuss ve arkadaşlarının mental rotasyon ile ilgili çalışmasında gözledikleri 400-500 ms sonraki dalgaların ise daha ileri kortikal işlemlerle bağıntılı olabileceği, eski belleğe erişim ya da karmaşık uyaranların değerlendirilmesindeki ayırıcı özel işlemlere ait potansiyeller olabileceği düşünülmüştür. Fischler ve arkadaşları tümceler ın önerme özelliklerine, doğruluk derecelerine bağılı olarak da N400 oluştuğunu gözlemişlerdir (Fischler, 1985; Fischler ve ark., 1983, 1984). Kutas ve arkadaşları son kelimenin tümcenin semantik akışına aykırı olduğunda belirgin bir N400 oluştuğunu, semantik uyumlu sözcüklerde ise P300 benzeri pozitif bir bileşenin oluştuğunu gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak N400'ün sentakstan ziyade semantik ile ilgili bir nöronal aktivite ile bağıntılı olabileceği kanısı oluşmuştur (Kutas ve Federmeier, 2011).



Şekil 2. 5. Kutas ve Hillyard'ın deneylerinde ortaya çıkan N400 potansiyeli (Kutas ve Hillyard, 1980).

Yapılan bir çalışmada sosyal ve semantik ihlallere verilen farklı sinirsel tepkiler araştırılmış ve N400'ün semantik boyutlu cümlelerdeki uyumluluktan önemli ölçüde etkilendiği ortaya koyulmuştur. Elde edilen sonuçlar, uyumluluğun N400 genliği üzerinde önemli bir ana etkisi olduğunu göstermiştir; bu da N400'ün hem semantik hem de sosyal bağlamlara duyarlı olduğunu göstermiştir. Bu çalışma, N400'ün semantik bilgileri entegre etmedeki rolünü vurgulamakta ve karmaşık dil işlemenin anlamadaki önemini daha da göstermektedir (Weimer ve ark., 2019). Jia ve arkadaşları ise N400'ün yaratıcılık araştırmalarındaki rolünü incelemiş ve katılımcılar yeni kelime çiftlerini ve metaforları işlediklerinde daha büyük N400 genliklerinin gözlemlendiğini bulmuşlardır. Bu durum, N400'ün yeni veya beklenmedik dilsel uyarımlarla karşılaşıldığında artan semantik işleme taleplerini ve çatışma çözümünü yansıttığını düşündürmektedir. Elde edilen sonuçlar, N400'ün bireylerin bilişsel esneklik düzeyini ve yeni bilgileri mevcut semantik çerçevelere entegre etme becerisini yansıtan bir nörofizyolojik belirteç olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Jończyk ve arkadaşları, önceki deneyimlerin yeni metaforlara verilen elektrofizyolojik tepkileri nasıl modüle ettiğini araştırmıştır. Yazarlar, bağlamsal bilginin yeni metaforik dili anlamakla ilişkili bilişsel çabayı etkili bir şekilde azaltabildiğini ve N400'ün genliğinde bir azalmaya yol açtığını bulmuşlardır. Bu bulgu, N400'ün bağlamsal faktörlere duyarlılığının ve özellikle yeni veya beklenmedik dilsel yapılarla uğraşırken semantik işlemedeki rolünün altını çizmektedir (Jończyk ve ark., 2020).

Başka bir çalışmada ise görsel kelime tanıma sırasında uyaran kalitesi ve semantik bağlamın N400 üzerindeki etkileşimleri araştırılmıştır. Bulgular, hem görsel uyarının kalitesinin hem de semantik bağlamın N400 genliklerini etkileşimli olarak etkilediğini göstermektedir. Bu durum, N400'ün kelime tanıma görevleri sırasında görsel ve semantik bilgileri entegre etmedeki rolünü vurgulamaktadır (Y. Zhang ve ark., 2022).

P600 Bileşeni

P600, dilsel uyarılara karşı ortaya çıkan başka bir OİP bileşenidir ve özellikle dilbilgisel hatalar ile diğer sentaktik anormalliklere karşı duyarlılığıyla tanımlanır. İlk olarak Osterhout ve Holcomb tarafından 1992 yılında tanımlanan bu bileşen, pozitif polariteye sahip olması ve sıklıkla sentaktik süreçlerce tetiklenmesi nedeniyle "Syntactic Positive Shift (SPS)" olarak da adlandırılmıştır (Coulson ve ark., 1998; Gouvea ve ark., 2010). P600, insan beyninin cümle işleme mekanizmalarını inceleyen nörolingüistik çalışmalarda yaygın olarak araştırılmaktadır.

Liu ve arkadaşlarının Almanca üzerine gerçekleştirdiği çalışma, P600 etkisinin yalnızca morfosentaktik ihlallerle sınırlı olmadığını, aynı zamanda literal olmayan ifadelerin yorumlanması gibi pragmatik manipülasyonlarla da tetiklenebileceğini göstermiştir (M. Liu ve ark., 2019). Bu bulgu, P600'ün yalnızca sentaktik değil, aynı zamanda pragmatik işleme süreçlerine de duyarlı olduğunu ve anlam ile yapı arasındaki yeniden analiz süreçlerinde etkin rol oynadığını göstermektedir. P600'ün dil ötesi bilişsel süreçlerle ilişkili olabileceği yönünde de bulgular mevcuttur. P600 yanıtları ile görevle uyarılan pupiller tepkiler arasındaki ilişkinin incelendiği ve bu bileşenin, norepinefrin aracılı sinirsel kazanç mekanizmalarıyla bağlantılı olabileceğinin öne sürüldüğü çalışmadaki bulgular, P600'ün yalnızca dil işleme değil, aynı zamanda dikkat, motivasyon ve duygusal durumlar gibi daha geniş bilişsel durumlara da duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır (Contier ve ark., 2024).

P600'ün dil edinimi sürecindeki rolü de giderek daha fazla araştırılmaktadır. Gabriele ve arkadaşları, dilbilgisel uyum işlenmesinin ikinci dil öğrenen bireylerde yeterlilik düzeyine bağlı olarak değişiklik gösterdiğini, P600 genliğinin bu bireylerin dilsel yeterliliğini ve yapısal karmaşıklığa tepkisini yansıttığını göstermiştir (Gabriele ve ark.,

2021). Bu bulgular, P600'ün dil öğrenimi ve yeterlilik süreçlerinde potansiyel bir nörofizyolojik belirteç olarak değerlendirilebileceğini düşündürmektedir.

Dil işleme, dilsel girdilerin yorumlanması ve anlaşılmasını içeren karmaşık bir bilişsel işlemdir. Bu sürecin önemli bir yönü, bir kelime veya ifadenin beklenen anlamı ile gerçek girdi arasında bir tutarsızlık olduğunda ortaya çıkan semantik uyumsuzluk olgusudur.

N400 ve P600 sözel uyarılmış potansiyel çalışmaları dünya çapında çok çeşitli ülkelerde çok çeşitli dillerde oluşturulmuş paradigmlar ile yapılmaktadır (Balconi ve Pozzoli, 2005; Bulut ve ark., 2018; Valderrama ve ark., 2021; Yano ve ark., 2018a). Ancak Türkçe dili ile oluşturulmuş ve bu potansiyelleri ortaya çıkarma başarısı sınanmış geniş kapsamlı bir paradigma bilindiği kadarıyla mevcut değildir.

Valderrama ve çalışma arkadaşlarının yürüttüğü araştırma, N400 bileşeninin ortaya çıkarılmasında kullanılmak üzere semantik olarak uyumlu ve uyumsuz İngilizce cümlelerden oluşan kapsamlı bir uyaran setinin geliştirilmesi ve doğrulanmasını amaçlamıştır (Valderrama et al., 2020). Araştırmacılar, materyalin etkinliğini değerlendirmek amacıyla 45 normal işiten katılımcı ile bir EEG deneyi gerçekleştirmiştir. Elde edilen sonuçlar, cümlelerin önceki literatürle uyumlu bir morfolojiye sahip, belirgin ve güvenilir bir N400 OİP bileşeni ortaya çıkardığını göstermiştir. Ayrıca, yaş ve cinsiyetin N400 genliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı rapor edilmiştir. Yazarlar, bu uyaran setinin hem işitsel hem de yazılı N400 deneyleri için uygun en geniş ve eksiksiz uyaran grubu olduğunu ve bu materyalin gelecekteki N400 çalışmalarının daha verimli yürütülmesini ve alan genelinde standardizasyonun sağlanmasını destekleyebileceğini öne sürmektedir (Valderrama ve ark., 2021).

Bir başka çalışmada, Çince cümle anlamada sözdizimi öncelikli modellerin uygulanabilirliğini incelemek için Çince QING yapısının işleme mekanizması araştırılmıştır. Olaya ilişkin potansiyelleri kullanan araştırmacılar dört koşulu analiz etmiştir: doğru cümleler, semantik ihlaller, sentaktik ihlaller ve birleşik ihlaller. Bulgular, erken işleme aşamasında (100–300 ms) semantik tutarlılık ile sentaktik

kategori arasında bir etkileşim olduğunu ve bu etkileşimin 300–500 ms aralığında tüm ihlal türlerinde benzer negatif dalgalarla devam ettiğini göstermiştir. Geç işleme döneminde (500–700 ms), sentaktik ve birleşik ihlaller belirgin negatif dalgalar üretmiştir. Bu bulgular, sözdizimi öncelikli bir model yerine etkileşimli bir modelin Çince'de QING yapısının işlenmesini daha iyi açıklayabileceğini göstermektedir. Çalışma, Çince'de cümle işleme mekanizmaları hakkında süregelen tartışmalara yeni kanıtlar sunmakta ve sonuçlarını diğer cümle yapıları üzerine yapılan önceki araştırmalarla karşılaştırmaktadır (Yang ve ark., 2021).

Balconi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, İtalyanca'daki semantik ve sentaktik hataların nöral olarak işlenmesi yine olaya ilişkin potansiyeller kullanılarak araştırılmıştır. Katılımcılar semantik ya da dilbilgisel hatalar içeren cümleleri okurken ya da dinlerken, OİP'ler 10 elektrottan kaydedilmiştir. Sonuçlar, semantik ve sentaktik anomaliler için farklı OİP yanıtları göstermiştir: semantik hatalar uyaran sonrası 400 ms civarında negatif bir dalga (N400) ortaya çıkarırken, dilbilgisi hataları uyaran sonrası 600 ms civarında pozitif bir dalga (P600) ortaya çıkarmıştır. Bu veriler, semantik ve sentaktik bilgilerin işlenmesinde ayrı nöral sistemlerin yer aldığına işaret etmektedir. Ayrıca, OİP yanıtlarının görsel ve işitsel modaliteler arasında tutarlı olduğu da gözlemlenmiştir (Balconi ve Pozzoli, 2005).

Japonca dilinde yapılan bir çalışmada, olayla ilişkili beyin potansiyelleri kullanılarak anadili Japonca olan kişilerde duygusal durumların cümle işlemeyi nasıl etkilediği araştırılmıştır. Katılımcılara dilbilgisel, morfosentaktik olarak ihlal edilmiş ve semantik olarak tersine çevrilmiş cümleler sunulmadan önce mutlu, nötr veya üzgün bir ruh halinde olmaları sağlanmıştır. Araştırmacılar, semantik tersine çevirme anomalileriyle ilişkili P600 etkisinin yalnızca mutlu bir ruh halinde olan katılımcılarda gözlemlendiğini bulmuşlardır. Bununla birlikte, morfosentaktik ihlallerin ortaya çıkardığı P600 etkisi ruh halinden etkilenmemiştir. LAN ve N400 bileşenleri de ruh halinden etkilenmemiştir. Bu bulgular, üzgün ruh halindeki bireylerin bellek erişiminin sağlam olabileceğini, ancak cümle işleme sırasında sentaktik ve semantik bilgilerin entegrasyonunun bozulduğunu göstermektedir. Bu çalışma, duygusal durumların dil işlemenin farklı yönleri üzerindeki

farklı etkilerine dair kanıtlar sunmakta ve özellikle olumlu ruh halinin semantik entegrasyondaki rolünü vurgulamaktadır (Yano ve ark., 2018).



3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Amaç

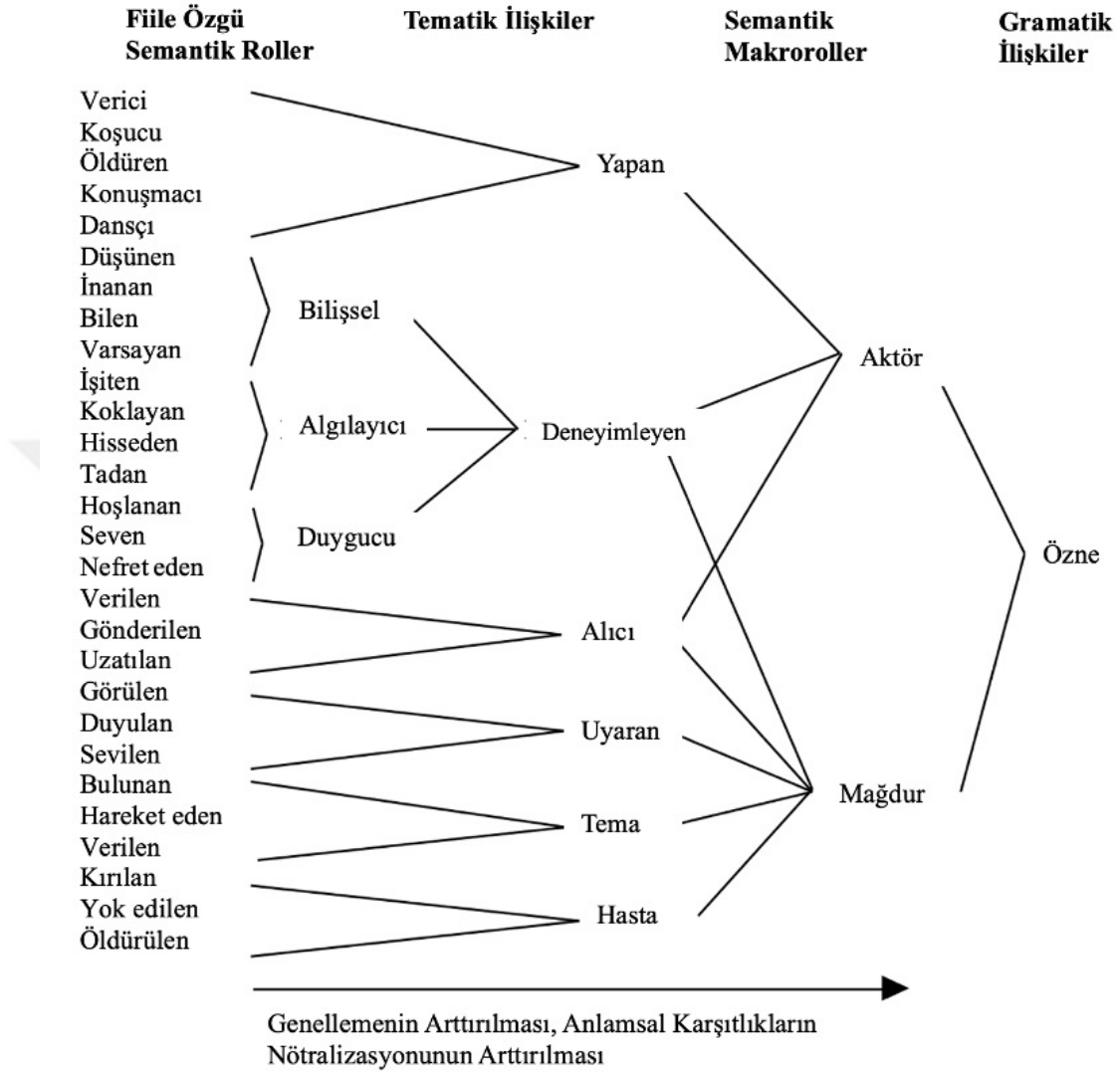
Sözel dil becerilerini etkileyen santral sinir sistemi lezyonları klinik açıdan kapsamlı biçimde tanımlanmış olmasına rağmen, Türkçe dili özelinde bu tür lezyonların yol açtığı bilişsel etkileri değerlendirmek amacıyla kullanılabilecek, endojen potansiyelleri güvenilir şekilde indükleyebilen standart bir paradigma bulunmamaktadır. Bu nedenle, Türkçeye özgü sözel olaya ilişkin potansiyeller üzerine yapılan araştırmalar sınırlı kalmıştır. Ancak çoğu nörodejeneratif hastalıkta olduğu gibi santral sinir sistemi lezyonlarının tanı ve tedavi süreçlerinin değerlendirilmesinde de beyin osilasyonları açısından kesin kıstaslar mevcut değildir. Bu nedenle bu lezyonların erken tanısında EEG-beyin dinamiği yöntemleri ile yapılan çalışmalar oldukça önem taşımaktadır. Özellikle EEG gibi girişimsel olmayan ve çok ucuz olan bir yöntem ile bu lezyonların lokalizasyonlarının belirlenebilmesi, progresyonunun incelenebilmesi ve tedavi takibinin yapılabilmesi son yılların en orijinal ve popüler konularından biridir. Sözel olaya ilişkin potansiyellerin incelenebilmesi için gerekli olan paradigmayı oluşturmak zaman alıcı olduğu gibi birden fazla araştırmacının süreci tekrar etmesi hem zaman kaybını arttırmakta hem de sonuçların karşılaştırılmasını zorlaştırmaktadır. Paradigmada yer alan cümlelerdeki değişen derecelerdeki anlamsızlık ortaya çıkan N400-P600 yanıtının genliğinin değişmesine neden olmakta, bu da farklı uyaranları kullanan farklı çalışmalar arasındaki sonuçları karşılaştırmanın zorlaşmasına sebep olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, sözel olaya ilişkin potansiyellerin incelenebilmesi için bir Türkçe protokol oluşturmaktır. Böylece sözel olaya ilişkin potansiyeller elektrofizyolojik olarak detaylı incelenebilecek ve ileriki çalışmalarda santral sinir sistemindeki lezyon lokalizasyonları ile sözel olaya ilişkin potansiyellerin N400 ve P600 bileşenleri ile nasıl etkilendiği anlaşılabilecektir.

3.2. Paradigmanın Oluşturulması

Tez çalışması kapsamında Robert D. Van Valin'in "Semantic Macroroles in Role and Reference Grammar" yazısını temel alan, hatasız ve semantik hatalı cümlelerden oluşan bir paradigma oluşturulmuştur (Van Valin, 2001). Rol ve Referans Dilbilgisi (RRD),

yüklemler ve argümanlar arasındaki semantik ilişkilere benzersiz bir yaklaşım önererek, geleneksel tematik ilişkilerin yanı sıra semantik makro roller kavramını ortaya koymaktadır. Öncelikle tematik rollere odaklanan diğer kuramların aksine, RRD iki tür semantik rol ortaya koymaktadır: belirli tematik ilişkiler (örneğin, fail, hasta) ve daha genel semantik makro roller, yani aktör ve maruz kalan. Bu ikili semantik roller sistemi RRD'yi diğer dilbilgisi kuramlarından ayırmaktadır. Semantik makroroller, RRD'nin bağlantı sisteminde çok önemli bir işlev görür ve semantik ve sentaktik yapılar arasındaki boşluğu doldurur. Van Valin, aktör-mağdur ayrımının semantik temelini araştırmakta ve makro rollerin sayısının iki ile sınırlandırılmasının ardındaki mantığı tartışmaktadır. Van Valin, semantik rolleri üç farklı genellik düzeyinde tartışmaktadır. Birincisi, fiile özgü semantik roller olarak adlandırılacak olanlardır, örneğin koşucu, katil, işiten, kırılmış, vb. İkincisi, fiile özgü roller arasında genellemeler olan tematik ilişkilerdir, örneğin yapan, deneyimleyen, hasta. Üçüncüsü, tematik ilişkiler arasında genellemeler olan semantik makro roller, aktör ve mağdurdur. Üç tür semantik rol arasındaki ilişkiler Şekil 3.1'de özetlenmiştir (Van Valin, 2001).



Şekil 3. 1. Fiile özgü semantik rollerden dilbilgisel ilişkilere kadar süreklilik

Tez kapsamında tematik ilişkilerden yapan ve deneyimleyen kategorilerinden 20’şer uyumlu ve 20’şer semantik uyumsuz olmak üzere toplam 80 cümle oluşturulmuştur. Aşağıda bu yapılarıdaki örnek cümleler sunulmuştur:

Yapan (uyumlu):

Annem kumaşı kesti.

Tamirci pencereyi düşürdü.

Öğretmen konuyu anlattı.

Aşçı yemeği ısıttı.

Kütüphaneci kitabı getirdi.

Yapan (semantik uyumsuz):

Terzi elbiseyi pişirdi.

Aslan turisti içti.

Çocuk bisikleti okudu.

Kitapçı müşteriyi dilimledi.

Bebek mamasını giydi.

Deneyimleyen (uyumlu):

Anne çocuğuna endişelendi.

Öğretmen kavgaya üzüldü.

Bahçıvan gülü kokladı.

Çocuklar sokakta üşüdü.

Kadın sevildiğini düşündü.

Deneyimleyen (semantik uyumsuz):

Ben koltuğa inandım.

Soba suyu unuttu.

Araba yola heyecanlandı.

Anahtar kapıya üzüldü.

Kitap masadan panikledi.

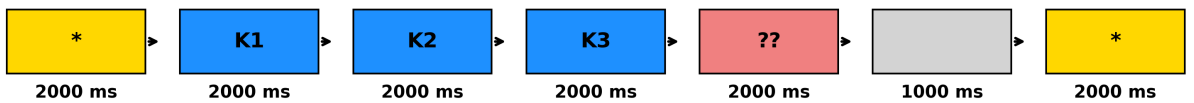
3.3. Anket

Cümleler oluşturulduktan sonra uyumlu ve uyumsuz cümlelerin anlamlılığı/anlamsızlığı yüz yüze ve çevrimiçi olarak yapılan anketler ile değerlendirilmiştir. Her cümle en az 30 katılımcı tarafından değerlendirilmiş ve anket sonunda her cümle için ortalama bir puan elde edilmiştir. Katılımcılardan cümleleri 1 ile 6 arasında puanlanması beklenmiştir. Cümle tamamen anlamlı ise 1; tamamen anlamsız ise 6 puan verilmesi istenmiştir. Aşağıda örnek olarak bazı cümleler ve ortalama puanları yer almaktadır:

Terzi elbiseyi pişirdi.	5.4
Saksı toprağı kıskandı.	4.0
Zeynep odayı temizledi.	1.2
Tamirci pencereyi düşürdü.	2.2

3.4. Uyarıların Sunumu

Olaya ilişkin potansiyellerin indüklenmesinde kullanılan paradigma E-prime yazılımı kullanılarak hazırlanmıştır (Psychology Software Tools, Inc. [E-Prime 3.0], 2016). Deney sırasında, cümleler görsel olarak ve ardışık gelen kelimeler olarak sunulmuştur. Her bir kelime 2000 ms durasyonla verilmiştir. Her yeni cümle başında ekranın ortasında 2000 ms durasyonla bir yıldız işareti (*) sunulmuş ve cümle son kelimesinden sonra yine 2000 ms durasyonla ekranda soru işareti belirmiştir. Bu işareti görünce katılımcıdan anlama/değerlendirme sorusuna cevap vermesi istenmiştir. Verilen cümle uyumlu ise önündeki klavyeden 1'e, uyumsuz ise 0'a basması istenmiştir. Son olarak katılımcının rahat göz kırpaabileceği bir ara olarak 1000 ms durasyonluk boşluk bırakılmış ve tekrar yıldız işareti ile yeni cümle başlamıştır. EEG kaydı sırasında kullanılan uyarıların sunumu Şekil 3.2'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.2. EEG kaydı sırasında kullanılan uyarıların sunumu

3.5. Katılımcılar

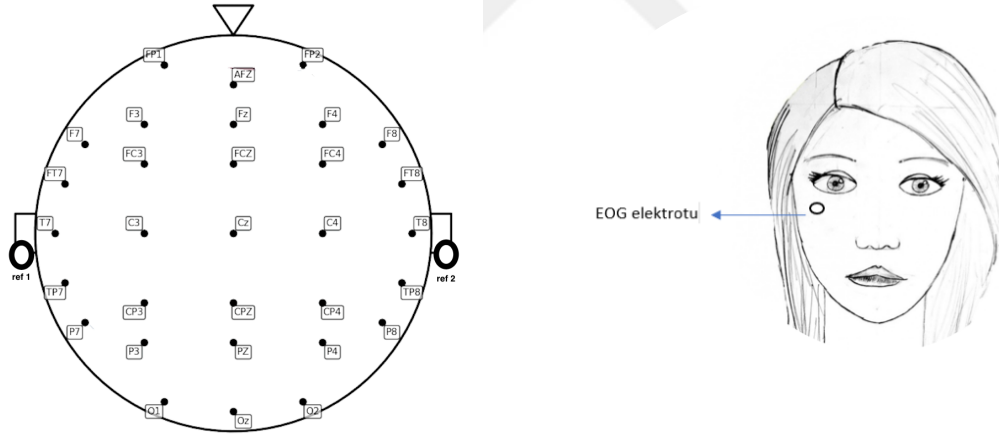
Bu çalışmada gerekli örneklem büyüklüğünün belirlenmesi amacıyla G*Power 3.1.9.4 yazılımı kullanılmıştır (Faul ve ark., 2007). Aynı bireylerde, uyumlu ve uyumsuz cümleler için tüm EEG kanallarından elde edilen ölçüm ortalamalarının değerlendirilmesinde, bağımsız gruplarda t testi temel alınarak yapılan hesaplamada; orta düzeyde etki büyüklüğü ($d = 0.5$), %80 test gücü ve %5 anlamlılık düzeyi ile çalışmada en az 34 katılımcının yer alması gerektiği belirlenmiş ve 35 katılımcı çalışmaya dahil edilmiştir. Katılımcılara ait demografik bilgiler aşağıdaki tabloda sunulmuştur. Çalışmaya katılan bireylerin tamamının anadili Türkçedir. Uyarıların yazılı olarak sunulması nedeniyle, görsel algıyı etkileyebilecek oksipital korteks lezyonu bulunan ya da görme yollarında herhangi bir anomaliye sahip bireyler çalışma dışında bırakılmıştır. Deney öncesinde katılımcıların el tercihini belirlemek amacıyla Edinburgh El Tercihi Envanteri uygulanmıştır (Ek 1) (Oldfield, 1971). Katılımcılara, deneysel uygulama öncesinde herhangi bir girişimsel işlem yapılmayacağı, yalnızca kafa derisine EEG pastası yardımıyla yerleştirilecek Ag/AgCl disk elektrotlar aracılığıyla beyin elektriksel aktivitesinin kaydedileceği, bu işlemin sağlık üzerinde bilinen herhangi bir olumsuz etkisinin bulunmadığı hakkında kapsamlı bilgilendirme yapılmıştır. Tüm katılımcılardan, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Asgari Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu'nu imzalamaları istenmiştir (Ek 2). Deney sonrasında ise, katılımcıların deneyime ilişkin düşüncelerini almak amacıyla bir geri bildirim formu doldurmaları talep edilmiştir (Ek 3).

Tablo 3. 1. Katılımcıların demografik özellikleri

	Denek sayısı (%)	Yaş (ort.±std.)
Kadın	20 (%58.8)	34.1±11.7
Erkek	14 (%41.2)	37.5±15.3

3.6. EEG Kaydı

Gönüllüler ses ve elektromanyetik gürültüsü zayıflatılmış, loş olarak aydınlatılmış kayıt odasında görsel uyaranların sunulduğu LCD monitörün yaklaşık 75 cm uzağında oturtulmuş ve deney boyunca monitörün merkezine odaklanmaları istenmiştir. EEG ölçümleri 32-kanallı “BrainProducts BrainAmp” amplifikatörü ve “BrainVision Recorder” yazılımı (Brain Products GmbH, Almanya) kullanılarak, uluslararası 10/20 elektrot yerleştirme sistemine göre Şekil 3.3’te (FP1, FP2, AFz, Fz, F3, F4, FC3, FCz, FC4, F7, F8, FT7, FT8, C3, Cz, C4, CP3, CPz, CP4, T7, T8, P3, Pz, P4, TP7, TP8, P7, P8, O1, Oz, O2) gösterilen konumlara yerleştirilen 31 adet Ag/AgCl elektrottan unipolar olarak kayıtlanmış ve iki kulak memesinin ortalaması ise referans olarak kullanılmıştır. Göz hareketlerinden kaynaklanacak artefaktları belirlemek üzere sağ gözün nazyon bölgesine yerleştirilen elektrottan elektorokülogram (EOG) kayıtlaması yapılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3. 3. EEG ve EOG elektrotlarının yerleşim şekli

3.6.1. 10/20 Elektrot yerleştirme sistemi

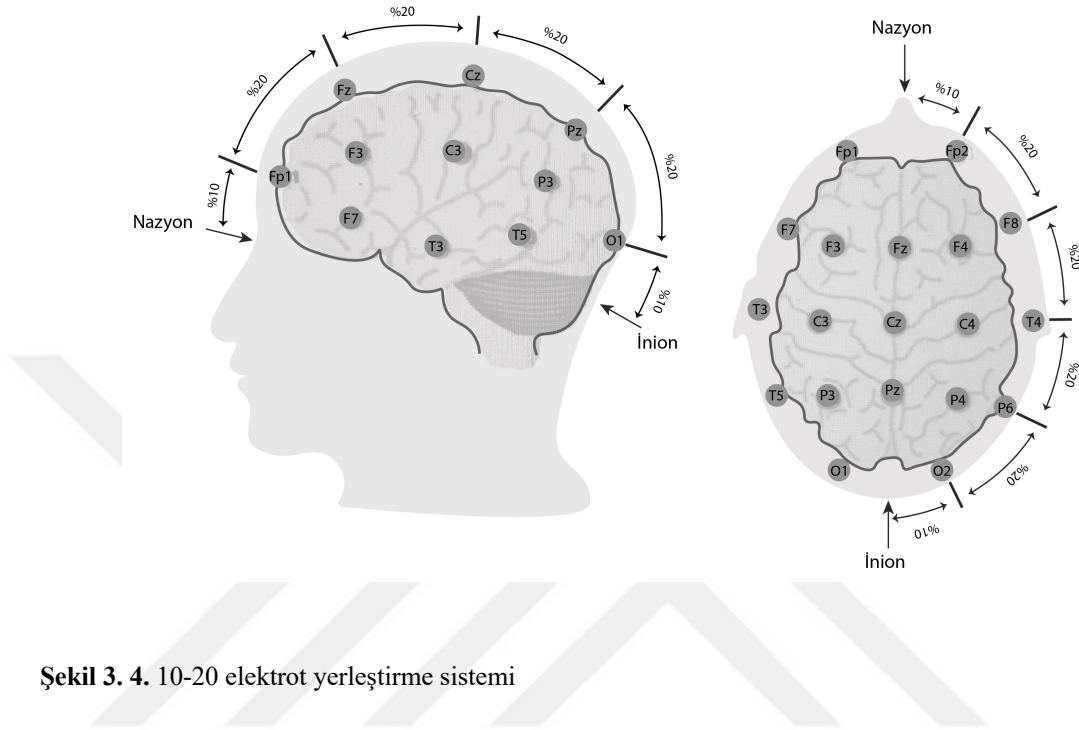
Uluslararası Elektroensefalografi ve Klinik Nörofizyoloji Federasyonu (International Federation of Societies for Electroencephalography and Clinical Neurophysiology) 1958 yılında, EEG elektrot yerleşiminde evrensel bir standart oluşturmak amacıyla 10-20 elektrot yerleştirme sistemini kabul etmiştir (Acharya ve ark., 2016). Bu sistem, elektrotların kafa derisi üzerindeki fiziksel konumlarının hem yerleşimini hem de isimlendirilmesini standardize etmeyi amaçlamıştır. Böylelikle farklı araştırma ve klinik merkezler arasında elde edilen EEG verilerinin karşılaştırılabilirliği ve tekrarlanabilirliği önemli ölçüde artmıştır.

10-20 sisteminde, elektrotlar kafa derisindeki anatomik işaret noktalarına (nasion,inion ve preauriküler noktalar) göre başın belirli oranlarla bölünmesi esasına dayanarak yerleştirilir. Sistemin adındaki "10-20" ifadesi, bu işaret noktaları arasındaki mesafelerin %10 ve %20'lik aralıklarla bölünerek elektrotların konumlandırılmasını ifade eder.

Elektrot etiketleme sisteminde, elektrotlar yerleştirildikleri bölgelere göre adlandırılır:

- **F:** Frontal (ön) bölge
- **C:** Santral (merkez) bölge
- **T:** Temporal (şakak) bölgesi
- **P:** Parietal (yan) bölge
- **O:** Oksipital (arka) bölge

Bunlara ek olarak, başın orta hattında yer alan elektrotlar z (zero) harfi ile belirtilir. Elektrotlara eşlik eden sayılar ise yerleşimlerinin hemisferlere göre ayrımını ifade eder: tek sayılar sol hemisferi, çift sayılar sağ hemisferi temsil eder. Taraflar konvansiyonel olarak katılımcının perspektifine göre değerlendirilir (Şekil 3.4.). Bu sistemin kabulü, EEG'nin hem klinik tanılama süreçlerinde hem de deneysel araştırmalarda güvenilir bir araç hâline gelmesinde önemli bir kilometre taşı olmuştur (Teplan, 2002).



Şekil 3. 4. 10-20 elektrot yerleştirme sistemi

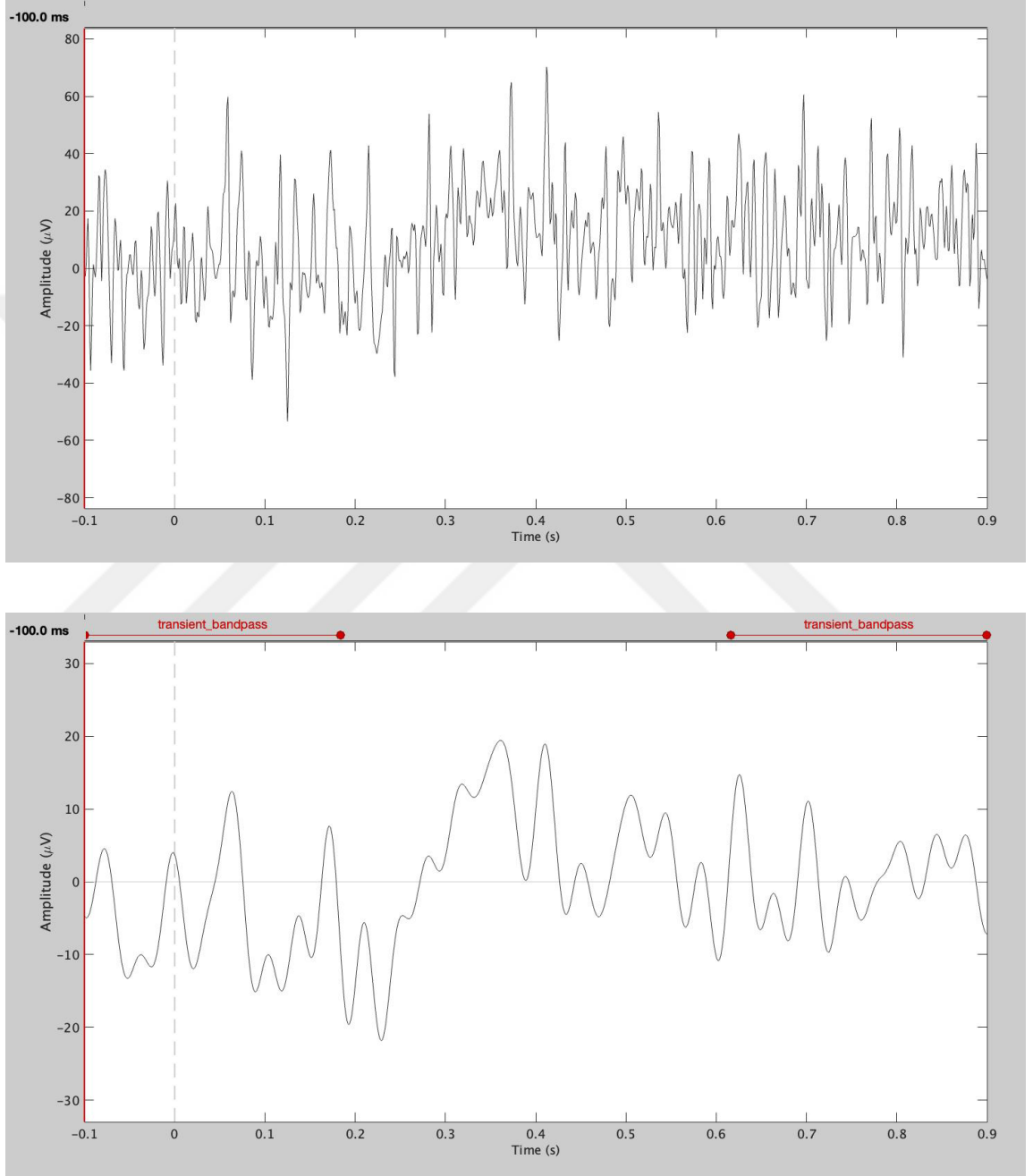
3.7. Verilerin Analizi

EEG verileri MATLAB R2024b programı (MATLAB, 2024) ve Brainstorm yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Brainstorm, elektroensefalografi ve manyetoensefalografi verilerinin görselleştirilmesi ve analizi için geliştirilmiş, açık kaynaklı bir yazılımdır. Brainstorm'un temel amacı, MEG/EEG alanında çalışan sinirbilim araştırmacılarını hem geleneksel hem de güncel analiz yöntemleriyle buluşturmak üzere tasarlanmış kullanıcı dostu ve sezgisel bir grafiksel arayüz (GUI) aracılığıyla veri işleme sürecini kolaylaştırmaktır (Tadel ve ark., 2011). EEG topografik haritaları ise Python programlama dili kullanılarak oluşturulmuştur. Görselleştirme için matplotlib (Hunter, 2007) ve numpy (Harris ve ark., 2020) kütüphaneleri kullanılmıştır. İstatistiksel analizler Jamovi açık kaynaklı istatistik programı ile yapılmıştır (The Jamovi Project, 2025).

3.7.1. Sinyal Önileme

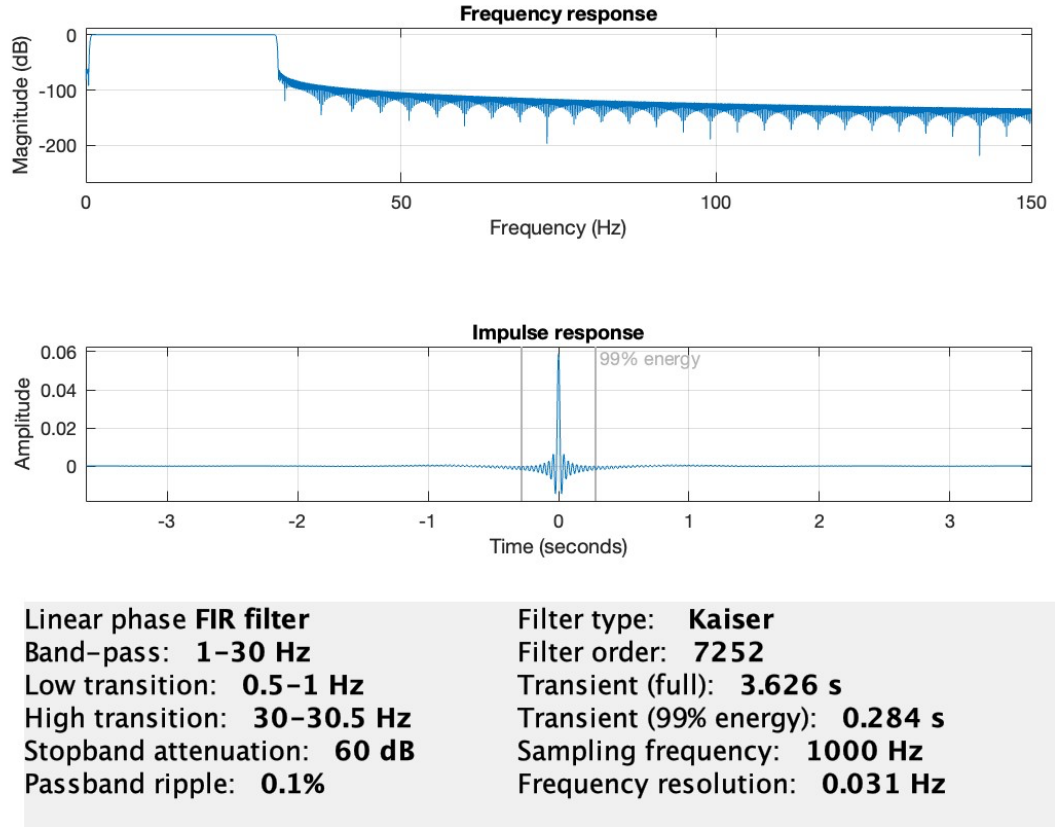
Toplanan EEG verileri ilk olarak göz ile kontrol edilmiş ve 1 kayıt aşırı gürültü sebebi ile çalışmadan çıkartılmıştır. Kalan 34 kayıt için ilk olarak, EEG sinyallerinden

fizyolojik ve çevresel gürültüleri uzaklaştırmak amacıyla 1–30 Hz aralığında band-pass filtreleme yapılmıştır (Şekil 3.5.).



Şekil 3. 5. Band-pass filtre uygulanmamış (üstte) ve uygulanmış sinyaller

Düşük frekanslı bileşenlerin ve yüksek frekanslı kas artefaktlarının temizlenmesi amacıyla uygulanan bu filtreleme, OİP analizinde sıklıkla tercih edilen bir standarttır (G. Zhang ve ark., 2023). Bu çalışmada kullanılan band-pass filtrenin stopband zayıflatma katsayısı 60 dB olarak belirlenmiştir. Şekil 3.6'da uygulanan filtrenin özellikleri sunulmuştur.



Şekil 3. 6. Band-pass filtresi (Brainstorm-filtre özellikleri)

Filtrelemenin ardından, EEG verileri belirli deneysel olaylara göre zamanlanarak epoklara ayrılmıştır (epoching). Her bir epok, hedef uyarıcının sunumundan 100 ms önce başlayıp 900 ms sonrasına kadar uzanacak şekilde tanımlanmıştır. Epoklama süreci, zamana bağlı OİP yanıtlarını ayrı ayrı incelemeye olanak sağlamaktadır. Çalışmamızda her cümle için son kelimesinden yaklaşık 400 ms ve 600 ms sonra ortaya çıkan N400 ve P600 potansiyelleri ölçülmek istendiğinden bu kelimelere atanan işaretleyicilerden (S13, S23, S33, S43) önce 100 ms ve sonrasındaki

900 ms bir epok olarak belirlenmiştir. Böylelikle her bir kayıt için 80 (40 uyumlu, 40 uyumsuz cümle) olmak üzere toplam 2720 (34 kayıttan) epok elde edilmiştir.

Ardından, bireyler arası potansiyel farklarını ve kayıttan kaynaklı ofsetleri ortadan kaldırmak için baseline düzeltmesi (baseline correction) uygulanmıştır. Bu işlemde, her epokun başlangıcındaki -100 ila -1 ms aralığı referans alınarak sinyallerin ortalama değeri sıfırlanmıştır. Bu adım, OİP bileşenlerinin genliğinin doğru şekilde hesaplanabilmesi için gereklidir.

Göz hareketleri ve göz kırpmalarından kaynaklanan oküler artefaktlar ise, kayıt sırasında frontal bölgeye yerleştirilen elektrookülografi (EOG) elektrotları yardımıyla tespit edilmiştir. Bu artefaktların sinyalden ayrıştırılması için Independent Component Analysis (ICA) yöntemi kullanılmıştır. ICA, EEG sinyalini birbirinden bağımsız kaynaklara ayırarak, göz kırpma, kalp atımı ve kas aktivitesi gibi fizyolojik gürültüleri tanımlayıp çıkarmaya olanak tanır (Jung ve ark., 2000). ICA bileşenleri görsel olarak incelenmiş, artefakt içeren bileşenler elenmiş ve böylece temiz sinyaller üzerinden OİP analizi gerçekleştirilmiştir.

3.7.2. Bireysel Ortalama ve Grup Ortalaması

Bireysel ortalama (Individual Averaging) her bir katılımcının belirli bir deneysel koşula maruz kaldığı tüm denemelerden elde edilen epokların bir araya getirilip zamana kilitli ortalama alınarak katılımcıya özgü OİP dalga şekillerinin oluşturulmasını ifade eder. Bu işlem, birey düzeyinde gürültüden arındırılmış, tekrarlanabilir OİP bileşenlerini elde edilmesini sağlar. Grup ortalaması (Grand Averaging) ise tüm katılımcıların bireysel OİP ortalamalarının ikinci kez ortalamasının alınmasıyla elde edilen grup düzeyinde OİP dalgasıdır. Bu yaklaşım OİP çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bir yöntem olup, bireysel varyanstan kaynaklanan gürültüyü azaltarak tutarlı bilişsel tepkileri öne çıkarır ve daha net bir OİP bileşeni görünürlüğü sağlar (Poli ve ark., 2010; Schlottfeldt ve ark., 2018).

N400 ve P600 bileşeni söz konusu olduğunda da, grup ortalamaları sıklıkla bileşenin karakteristik latansı ve genliği gibi parametreleri tanımlamak amacıyla kullanılır (Cagy ve ark., 2006). Ancak, grup ortalamasına dayalı analizler, özellikle bağlamsal faktörlere

duyarlı olan N400 ve P600 gibi bileşenlerde bireyler arası varyasyonları göz ardı etme riski taşır (Cagy ve ark., 2006). Nitekim yapılan çalışmalar, bireylerin beklenti düzeyi, bağlam algısı ve dilsel karmaşıklık gibi faktörlere göre N400 genliğinde belirgin değişiklikler gösterebildiğini ortaya koymuştur (Getzmann ve ark., 2015; Rahne ve ark., 2008). Bu durum, grup ortalamasına dayalı analizlerin tek başına yeterli olmayabileceğini ve bireysel farklılıkları dikkate alan ileri istatistiksel ve sinyal işleme tekniklerinin kullanımının gerekliliğini ortaya koymaktadır (Ouyang ve ark., 2011).

Bu tez çalışmasında katılımcılara 2 farklı kategoriden oluşan, 40 uyumlu kelime ile biten cümle, 40 uyumsuz kelime ile biten cümle (20 yapan kategorisinden uyumlu ve uyumsuz; 20 deneyimleyen kategorisinden uyumlu ve uyumsuz) görsel olarak sunulmuştur. Her cümlelerin son kelimesi uyaran olarak kabul edilmiş ve buna göre epoklar oluşturulmuştur. Bu epokların hem bireysel olarak ortalamaları alınmış hem de genel grup ortalamaları ve cinsiyete, yaşa göre grup ortalamaları alınıp latans ve genlik gibi parametreler tanımlanmıştır.

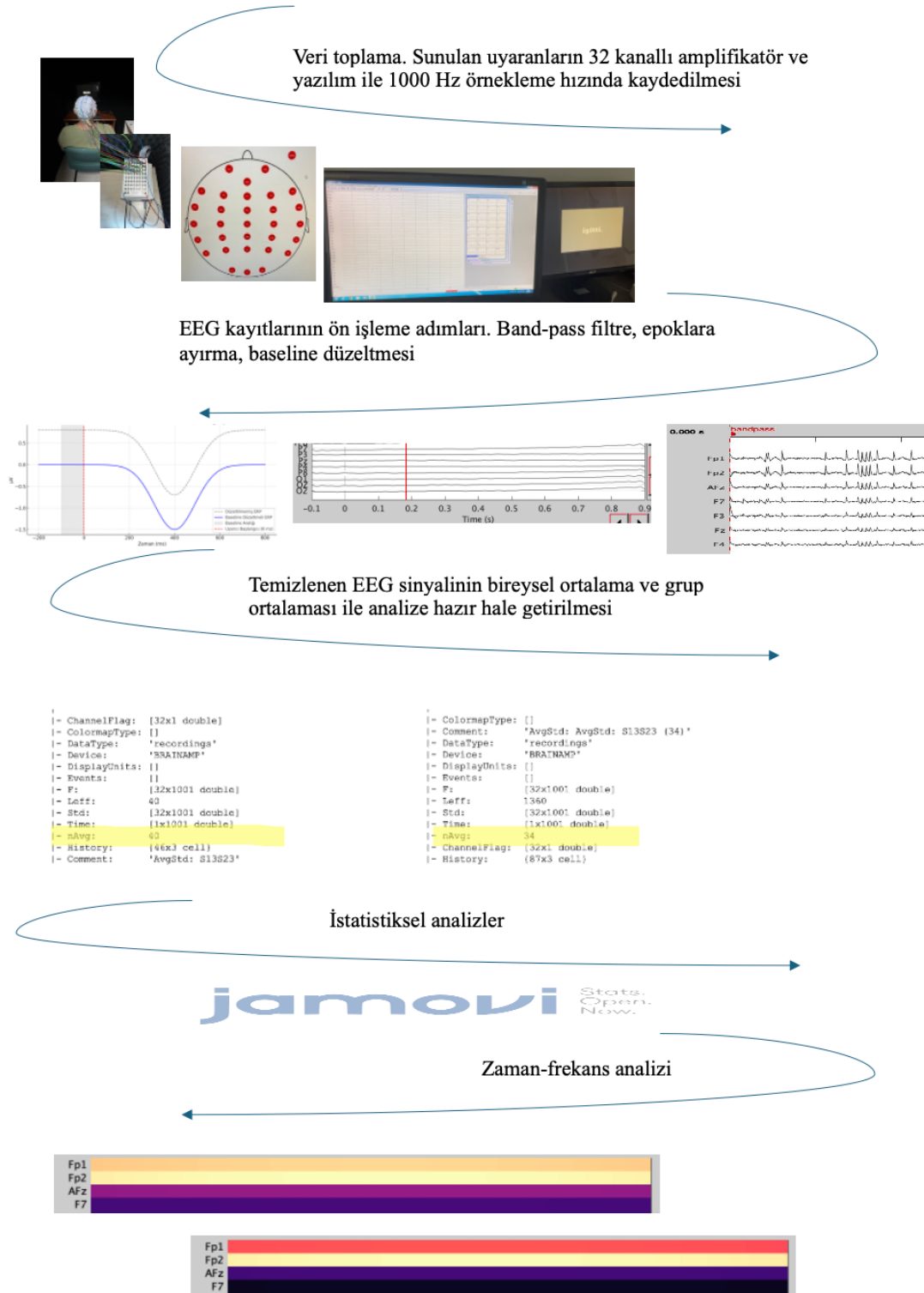
3.7.3. İstatistiksel Analizler

Çalışmada OİP verilerinden elde edilen genlik ve latans değerlerinin karşılaştırılmasında parametrik ve non-parametrik testler bir arada kullanılmıştır. Verilerin normallik dağılımı Shapiro–Wilk testi ile değerlendirilmiş ve normallik varsayımını karşılayan değişkenlerde parametrik testlere, karşılamayanlarda ise non-parametrik testlere başvurulmuştur. İki bağımlı değişken arasındaki farkları analiz etmek için normallik varsayımı sağlandığında paired-sample t testi uygulanmıştır. Normallik sağlanmayan durumlarda ise Wilcoxon işaretli sıralar testi tercih edilmiştir. İki bağımsız grup arasındaki karşılaştırmalar için normallik varsayımı geçerli olduğunda Student's t testi kullanılmıştır. Normallik varsayımı sağlanmadığında ise Mann–Whitney U testi ile analiz gerçekleştirilmiştir. İki'den fazla grup analizleri normallik varsayımı geçerli olduğunda One-Way Anova, normallik sağlanmayan durumlarda ise Kruskal Wallis testi ile, ikili grup karşılaştırmaları Tukey ve Dwass–Steel–Critchlow–Fligner ile yapılmıştır. Cümle anlamlılık düzeyi ile genlikler arasındaki korelasyona Spearman testi ile bakılmıştır. Tüm analizler 0.05 anlamlılık düzeyi ile değerlendirilmiştir.

3.7.4. Zaman-Frekans Analizi

Çalışmada OİP analizine ek olarak semantik işleme sırasında ortaya çıkan osilatuar beyin aktivitesini incelemek amacıyla zaman-frekans (time-frequency) analizi de gerçekleştirilmiştir. 1-100 Hz arası Band-pass filtre ile yeniden filtrelenen EEG sinyallerine Morlet dalgacıkları ile dönüşüm uygulanmış ve her bir zaman noktasındaki güç (power) değerleri hesaplanmıştır. Analiz Brainstorm yazılımı üzerinden gerçekleştirilmiş olup, frekans aralığı olarak 2–90 Hz seçilmiştir. Frekanslar, altı ayrı bantta gruplanmıştır: delta (2–4 Hz), teta (5–7 Hz), alfa (8–12 Hz), beta (15–29 Hz), gamma1 (30–59 Hz) ve gamma2 (60–90 Hz). Dalgacık çözümlemesinde merkez frekans değeri 3 Hz, zaman çözünürlüğü ise 1.5 s (FWHM) olarak belirlenmiştir. Analiz çıktıları mutlak güç (“power”) ölçümüne dayalıdır. Elde edilen zaman-frekans verileri daha sonra 300–500 ms ve 500–900 ms zaman aralıklarında ortalananak, uyumlu ve uyumsuz cümle koşulları karşılaştırılmıştır. Bu teknik yapılandırmalar sayesinde hem düşük hem de yüksek frekanslı osilasyonlarda zaman içinde değişen güç dağılımları hassas biçimde analiz edilebilmiştir. Elde edilen zaman-frekans haritaları, semantik uyumsuzluklara karşı beyin aktivitesinde meydana gelen değişimlerin farklı frekans bantlarında nasıl tezahür ettiğini ortaya koymaktadır.

Özetle, çalışmamızda öncelikle oluşturulan Türkçe paradigmanın sunumu ile EEG kaydı alınarak veri toplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından toplanan EEG sinyali gürültüden arındırma, filtreleme, epoklara ayırma gibi bir takım ön işleme adımlarına tabi tutulmuştur. Temizlenen EEG sinyallerinin bireysel ve grup ortalamalarının alınmasının ardından istatistiksel analizler ve zaman-frekans analizi gerçekleştirilmiştir. Aşağıda çalışmanın yöntemi özet şema olarak sunulmuştur (Şekil 3.7.):



Şekil 3. 7. Çalışmanın yöntem şeması

4. BULGULAR

4.1. Anket Sonuçları

Çalışma kapsamında bölüm 3.2’de bahsedilen kategorilerden toplam 200 cümle oluşturulmuştur. Bu cümlelerin anlamlılık/anlamsızlık derecesini ölçmek üzere çevrimiçi ve yüz yüze yapılan anketlerin sonucu aşağıdaki tabloda örneklerle birlikte verilmiştir (Tablo 4.1). Bu tez çalışmasında yapan ve deneyimleyen kategorilerindeki cümleler kullanılmış olup sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere diğer kategorilerdeki cümleler ve puanları elimizde mevcuttur.

Tablo 4. 1.Cümlelerin anlamlılık/anlamsızlık derecesi

Cümle Kategorisi	Minimum Puan	Maksimum Puan	Ortalama Puan
Yapan (Uyumlu)	1 Annem kumaşı kesti.	2.2 Tamirci pencereyi düşürdü.	1.3
Yapan (Uyumsuz)	4.7 Adam duvarı yedi.	5.8 Kaleci topu yudumladı.	5.4
Deneyimleyen (Uyumlu)	1 Babam maçta heyecanlandı.	1.9 Temizlikçi şifreyi hatırladı.	1.3
Deneyimleyen (Uyumsuz)	4 Saksı toprağı kıskandı.	5.7 Araba yola heyecanlandı.	5.3
Etkilenen (Uyumlu)	1.1 İsimler deftere yazıldı.	2.3 Öğretmenler okulda aşılandı.	1.5
Etkilenen (Uyumsuz)	5 Bana yemek çizildi.	5.9 Kitap dolaba ekildi.	5.5
Alıcı (Uyumlu)	1.1 Çocuklara şeker dağıtıldı.	2.5 Camiye yardım bırakıldı.	1.5

Alıcı (Uyumsuz)	4.9 Yemeğe tuz devredildi.	5.9 Odaya elektrik alkışlandı.	5.5
Aracı (Uyumlu)	1.1 Cam elimi kesti.	2.9 Silah adamı öldürdü.	1.7
Aracı (Uyumsuz)	4.4 Kamyon kumu aydınlattı.	5.8 Ütü elbiseyi dikti.	5.4

Elde edilen bulgular, cümlelerin anlamlılık/anlamsızlık derecesinin kişiden kişiye değiştiğini, dolayısıyla N400 potansiyelinde gecikme ve genlik farklılıklarının olabileceğini göstermektedir. Örneğin “Traktör tarlayı boyadı.” cümlesini puanlayan 39 kişiden 21’i 6 puan verirken (cümle tamamen anlamsız); 3 kişi 5, 5 kişi 4, 3 kişi 3, 3 kişi 2 ve 2 kişi 1 puan (cümle tamamen anlamlı) vermiştir. Bu kişisel farklılıkların N400 ve P600 genliğini nasıl etkilediği ileriki bölümlerde sunulacaktır.

4.2. Edinburgh El Kullanım Testi

Katılımcıların el tercihi, Edinburgh El Tercihi Envanteri kullanılarak değerlendirilmiştir. On farklı günlük aktivitede sağ veya sol el kullanımı belirtilmiş ve tercihler doğrultusunda bir lateralizasyon katsayısı (LQ) aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır. Pozitif skorlar sağ el baskınlığını, negatif skorlar sol el baskınlığını, sıfıra yakın skorlar ise iki elin eşit kullanımını ifade etmektedir.

$$LQ = \left(\frac{\text{sağ el puanları} - \text{sol el puanları}}{\text{toplam puan}} \right) \times 100$$

Puanlar 35 katılımcı için hesaplanmış ve 33 katılımcının laterizasyon katsayısı 100, yani tam sağ el ve diğer iki katılımcının %80 ve %53 sağ el baskın olduğu tespit edilmiştir.

4.3. Davranışsal Tepkilerin Değerlendirilmesi

Deney sırasında, katılımcıların verdiği davranışsal tepkiler — yani doğruluk (doğru/yanlış) ve tepki süresi (ms cinsinden) — E-Prime tarafından, yüksek zaman hassasiyetiyle otomatik olarak kaydedilmiştir. Kaydedilen bu yanıtlar, uyumlu ve

uyumsuz cümle koşulları arasında karşılaştırmalı analiz yapılmasına olanak tanımış; bu sayede semantik işleme sürecine ilişkin davranışsal düzeyde de ölçümler elde edilmiştir.

Genel olarak, tüm katılımcıların ortalama tepki süresi 603 ms olarak bulunmuştur ($N = 34$, $SD = 122$). Tepki süresi dağılımı, medyan = 568 ms, minimum = 374 ms ve maksimum = 895 ms aralığında değişmiştir. Bu değerler, tepki süresi değişkeninin orta derecede bir varyasyon sergilediğini göstermektedir.

Cinsiyet grupları arasında yapılan karşılaştırmada, kadın katılımcıların ortalama tepki süresi 639 ± 141 ms, erkek katılımcıların ise 552 ± 59 ms olarak hesaplanmıştır. Student t-testi ile yapılan analizde bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p = 0.03$). Bu sonuç, kadın katılımcıların erkeklere kıyasla anlamlı derecede daha uzun tepki süresi sergilediğini göstermektedir.

Katılımcılar yaşlarına göre dört kategoriye ayrılmıştır: 18–25 yaş (genç yetişkin), 26–35 yaş (erken yetişkin), 36–50 yaş (orta yaş) ve 50 yaş üstü (ileri yaş). Bu grupların ortalama tepki süreleri sırasıyla:

- 18–25 yaş: 556 ± 74.5 ms ($N = 9$)
- 26–35 yaş: 627 ± 158.2 ms ($N = 12$)
- 36–50 yaş: 596 ± 146.8 ms ($N = 6$)
- 51+ yaş: 627 ± 69.3 ms ($N = 7$)

Tepki süresi açısından yaş grupları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını test etmek amacıyla yapılan tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) sonucunda, yaşın tepki süresi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür ($F(3, 14.4) = 1.36$, $p = .30$). Bu bulgu, yaş grupları arasında gözlenen tepki süresi farklılıklarının istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir.

Katılımcıların doğru yanıt sayıları cinsiyet gruplarına göre karşılaştırıldığında, kadın katılımcılar için medyan doğru cevap sayısı 75.0 olarak bulunmuştur (çeyrekler arası aralık: 65.8–79.0), erkek katılımcılar için ise bu değer 75.5 olup, çeyrekler arası

aralık 60.3–78.5) olarak hesaplanmıştır. Mann–Whitney U testi ile yapılan karşılaştırma sonucunda, cinsiyet grupları arasında doğru yanıt sayıları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p = 0.60$).

Katılımcıların doğru yanıt sayıları yaş gruplarına göre incelendiğinde, medyan değerler sırasıyla şu şekildedir:

- 18–25 yaş (Genç Yetişkin): 72 (çeyrekler arası aralık: 52–75)
- 26–35 yaş (Erken Yetişkin): 78.5 (76.5–79)
- 36–50 yaş (Orta Yaş): 77.5 (64.8–79)
- 51+ yaş (İleri Yaş): 60 (46.5–70.5)

Gruplar arasında doğru yanıt sayıları açısından fark olup olmadığını değerlendirmek amacıyla yapılan Kruskal–Wallis testi anlamlı bir fark ortaya koymuştur ($X^2(3) = 9.62, p = 0.02$). Bu farkın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek üzere uygulanan Dwass–Steel–Critchlow–Fligner çoklu karşılaştırma testi sonucunda, yalnızca 18–25 yaş grubu ile 26–35 yaş grubu arasında fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p = 0.02$); diğer grup karşılaştırmalarında anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p > 0.05$).

Katılımcıların uyumlu cümlelere verdikleri ortalama yanıt süresi 616 ± 126 ms, uyumsuz cümlelere verdikleri ortalama yanıt süresi ise 587 ± 138 ms olarak hesaplanmıştır. Yapılan paired samples t-test sonucunda bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p = 0.10$). Ancak ortalama değerler dikkate alındığında, katılımcıların uyumsuz cümlelere daha hızlı tepki verdiği görülmektedir.

Katılımcıların cinsiyetlerine göre semantik olarak uyumlu ve uyumsuz cümlelere verdikleri tepki süreleri karşılaştırıldığında, her iki koşulda da kadın katılımcıların erkeklere kıyasla daha uzun yanıt sürelerine sahip olduğu görülmüştür.

Uyumlu cümlelerde, kadınların ortalama tepki süresi 656 ± 138 ms, erkeklerin ise 560 ± 79.4 ms olarak hesaplanmıştır. Bu fark Student's t-testi ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p = 0.02$), bu da kadın katılımcıların semantik uyumlu uyarılara anlamlı biçimde daha geç tepki verdiğini göstermektedir.

Uyumsuz cümlelerde, kadınların ortalama tepki süresi 622 ± 164 ms, erkeklerin ise 536 ± 67.9 ms olarak gözlemlenmiştir. Bu fark ise sınırda anlamlılık göstermiş olup, istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p = 0.07$). Ancak, ortalama değerler incelendiğinde benzer bir eğilimin sürdüğü ve kadın katılımcıların semantik uyumsuzluk koşulunda da daha uzun tepki sürelerine sahip oldukları dikkat çekmektedir.

Katılımcıların yaş gruplarına göre de, uyumlu ve uyumsuz cümlelere verdikleri tepki süreleri tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) ile karşılaştırılmıştır. Her iki durumda da cümlelere verilen tepki süreleri arasında yaş grupları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0.05$).

Katılımcılara sunulan 40 uyumlu, 40 uyumsuz cümleye verdikleri tepkilerin doğruluk oranları ve tepki süreleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (Tablo 4.2.)

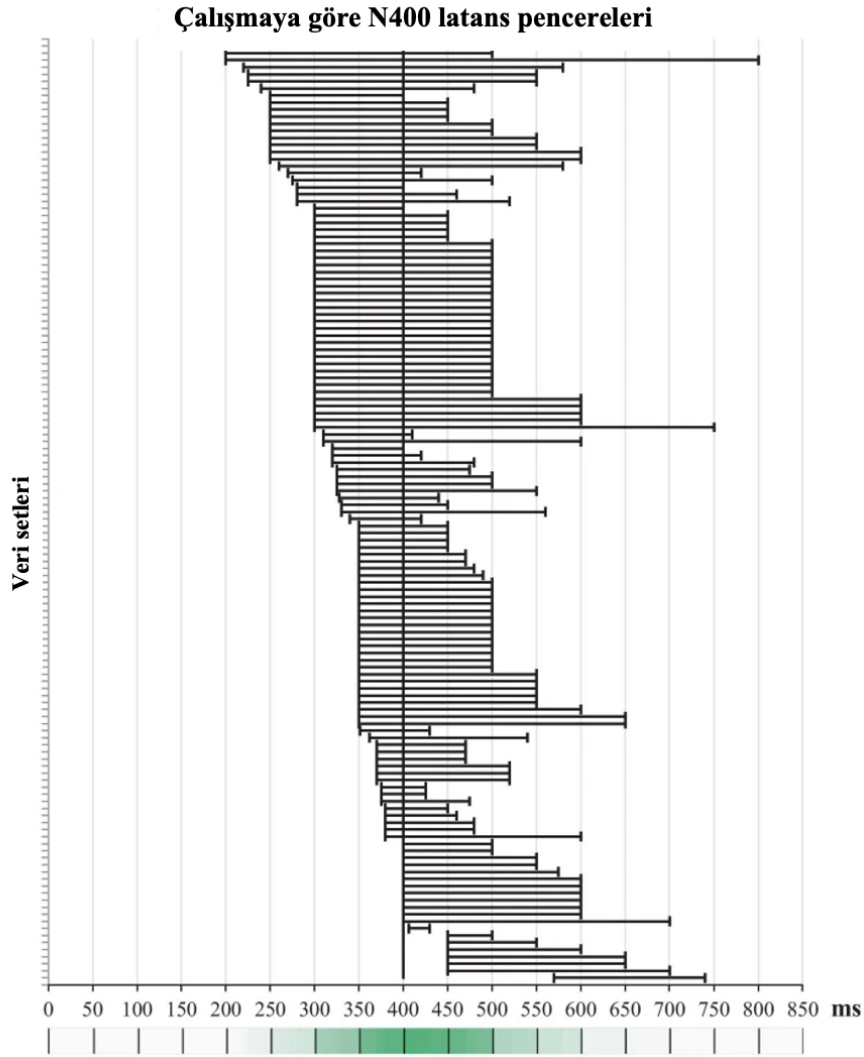
Tablo 4. 2. Davranışsal tepki

Grup	Tepki süresi (ms)	P değeri	Uyumlu cümlelere verilen tepki süresi (ms)	P değeri	Uyumsuz cümlelere verilen tepki süresi (ms)	P değeri	Doğru sayısı (n)	P değeri
Kadın	639 ± 141	0.03	656 ± 138	0.02	622 ± 164	0.07	75.0 (65.8-79.0)	0.6
Erkek	552 ± 59		560 ± 79.4		536 ± 67.9		75.5 (60.3-78.5)	
Genç yetişkin 18-25	556 ± 74.5	0.3	571 ± 84.9	0.5	543 ± 92.4	0.4	72 (52-75)	0.02**
Yetişkin 26-35	627 ± 158.2		630 ± 156		624 ± 170		78.5 (76.5-79)	
Orta Yaş 36-50	596 ± 146.8		608 ± 139		584 ± 170		77.5 (64.8-79)	
İleri yaş 50+	627 ± 69.3		658 ± 106		581 ± 103		60 (46.5-70.5)	

*Normal dağılım gösteren değişkenler için ortalama $\pm$ standart sapma, göstermeyenler için ortanca (1.-3. Çeyreklik) değerleri kullanılmıştır. **Kruskal Wallis testi sonucudur.

4.4. N400 Olaya İlişkin Potansiyeli Analizi Sonuçları

N400 olaya ilişkin potansiyelini analiz etmek için ölçüm penceresi seçimlerine yönelik literatürde çok çeşitli zaman penceresi olduğu görülmüştür. Örneğin Wlotko ve arkadaşları 250-400 ms aralığını almışken Kappenman ve arkadaşları 350-500 ms aralığını N400 için ölçüm penceresi olarak belirlemiştir (Kappenman ve ark., 2021; Wlotko ve Federmeier, 2013). Fakat yapılan geniş çaplı bir literatür analizinde, 300–500 ms aralığının N400 potansiyelinin ölçümü için en sık kullanılan ve literatür tarafından en çok desteklenen zaman penceresi olduğu bulunmuştur (Šoškić ve ark., 2022). 0–850 ms arasındaki zaman noktaları baz alınarak yapılan değerlendirmede, 300 ms sonrasında ölçüm sıklığında belirgin bir artış gözlenmiş, 500 ms sonrasında ise ani bir düşüş saptanmıştır. Şekil 4.1’de yapılan literatür çalışmasında incelenen 133 makalede kullanılan zaman pencereleri verilmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, tez çalışmamızda N400 analizi için 300–500 ms aralığı kullanılmıştır.



Şekil 4. 1. Literatürde N400 potansiyeli analizi için kullanılan zaman pencereleri (Šoškić ve ark., 2022)

4.4.1. Uyumlu ve Uyumsuz Cümle Koşulları Arasında Kanal Bazlı N400 OİP Genlik Karşılaştırması

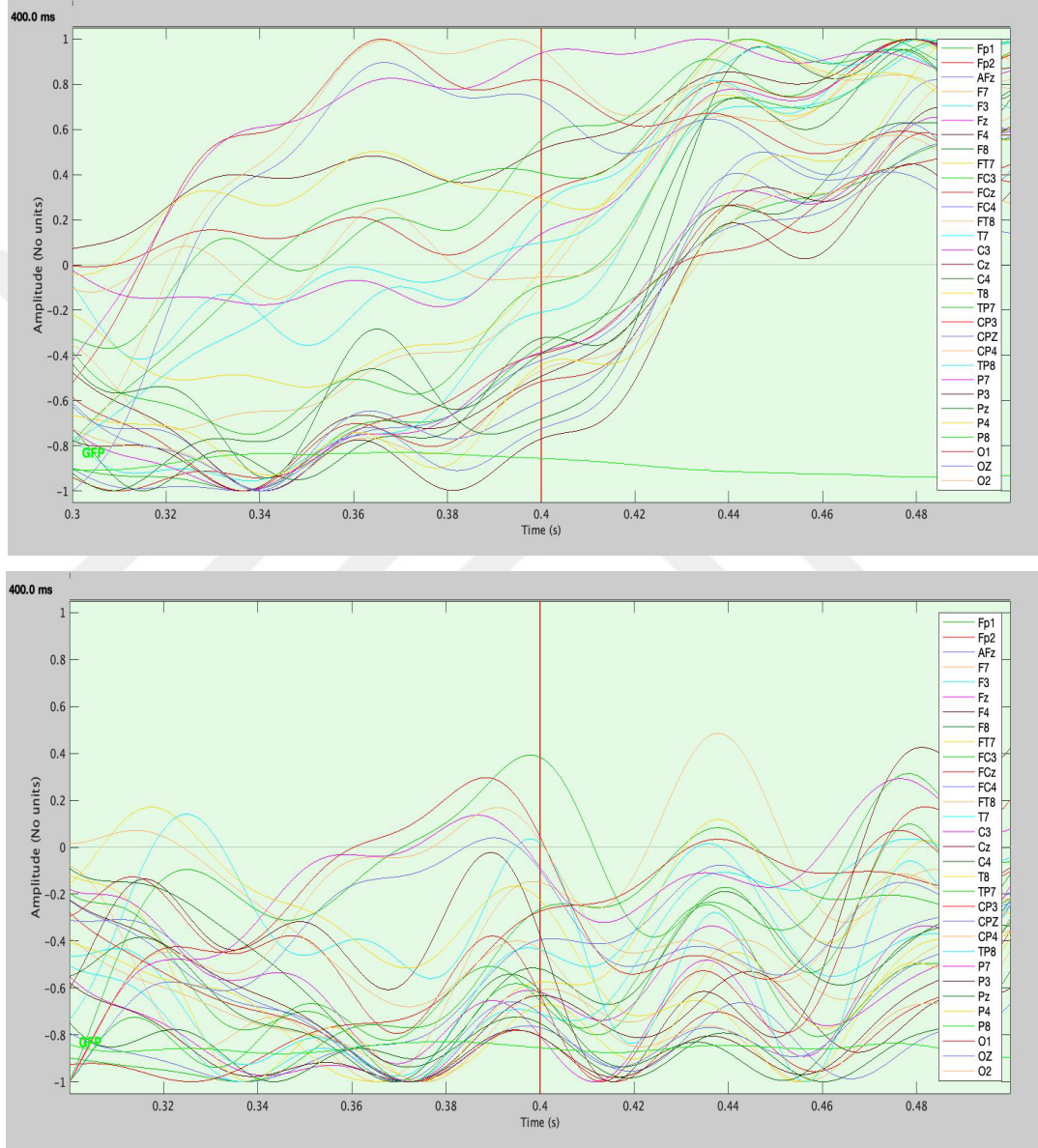
Bu bölümde, katılımcılardan elde edilen EEG verileri üzerinden, uyumlu ve uyumsuz cümle sonlarına karşılık gelen N400 OİP yanıtları kanal bazında karşılaştırılmıştır. Her bir kanal için 300–500 ms zaman aralığında hesaplanan ortalama genlik değerleri analiz edilmiş; semantik uyum durumunun beyin tepkileri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Verilerin dağılım özelliklerine göre parametrik (eşleştirilmiş örneklem t-testi) ve parametrik olmayan (Wilcoxon işaretli sıra testi) istatistiksel karşılaştırmalar uygulanmıştır.

Yapılan analizler sonucunda, Fc3, Fcz, Fc4, T7, C3, Cz, C4, Tp7, Cp3, Cpz, Cp4, P7, P3, Pz, P4, O1, Oz ve O2 elektrotlarında uyumlu ve uyumsuz koşullar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar ($p < 0,05$) gözlemlenmiştir (Tablo 4.3.). Bu sonuç, semantik uyumsuzluğun özellikle frontal, santral ve parietal bölgelerde belirgin bir nörofizyolojik karşılık oluşturduğunu göstermektedir.

Tablo 4. 3. Kanal bazlı N400 potansiyeli karşılaştırması

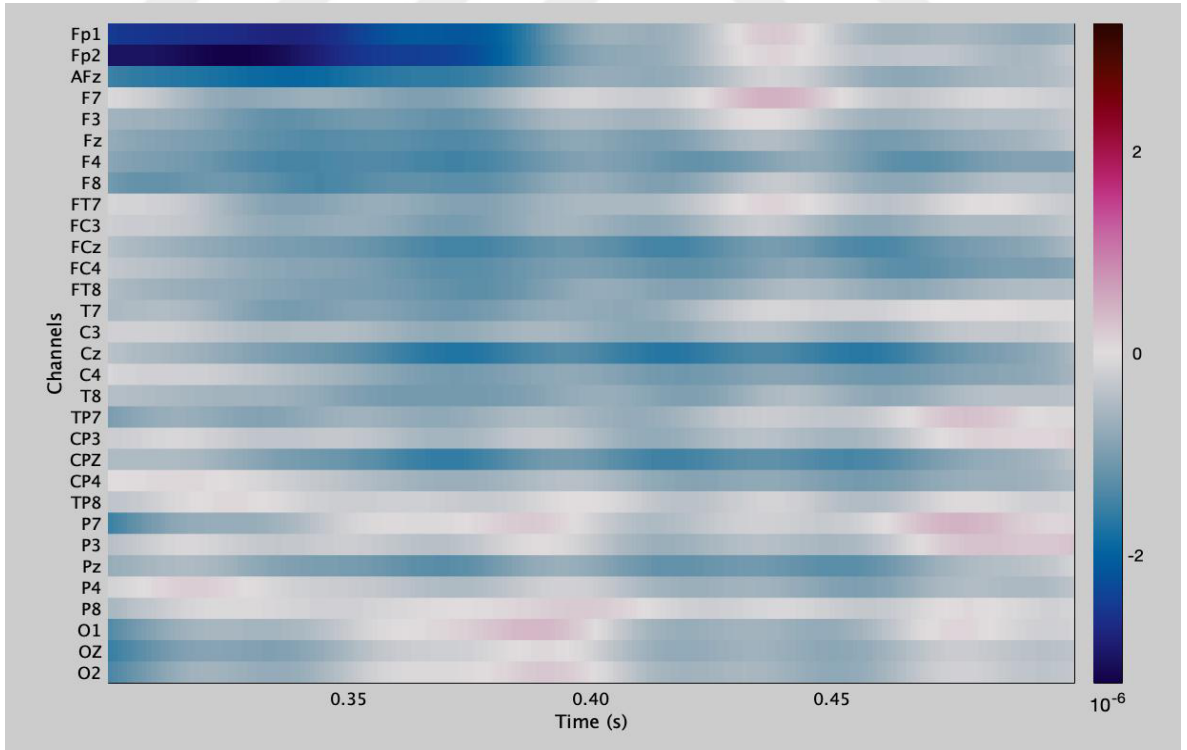
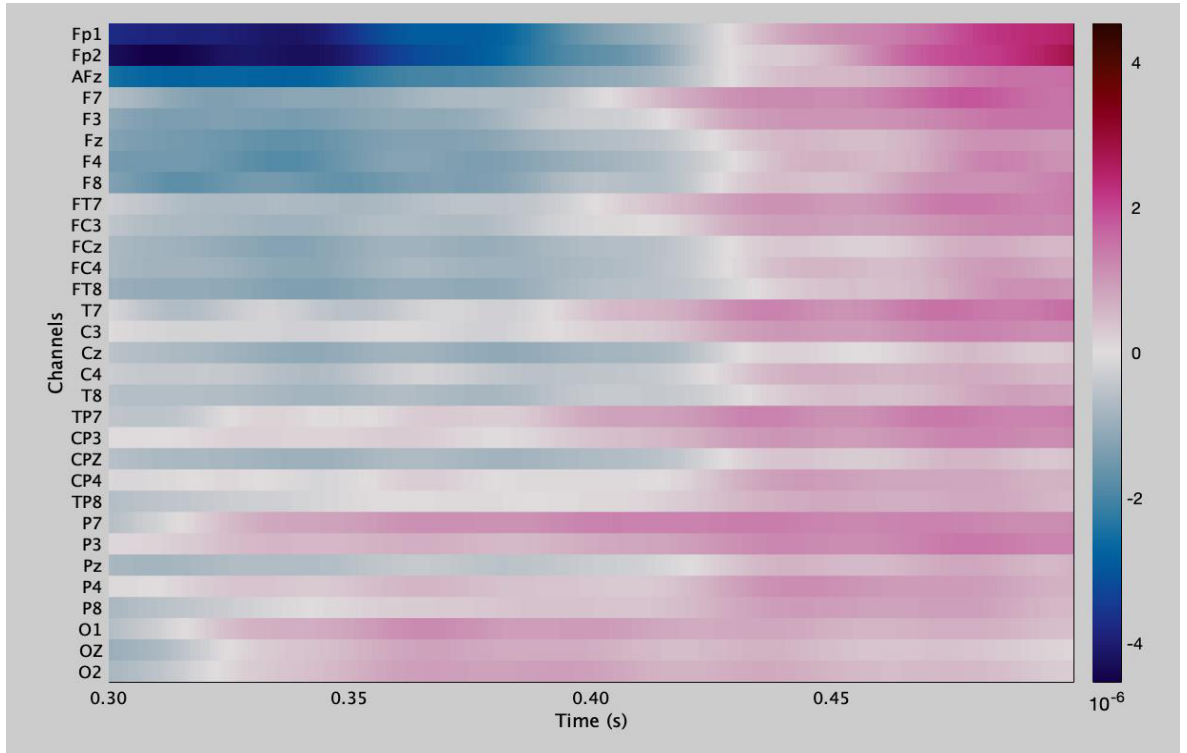
Kanal	Uyumlu koşul (μV)	Uyumsuz koşul (μV)	p değeri
FC3	0.034 $\pm$ 2.33	-0.63 $\pm$ 2.04	0.01
FCZ	-0.39 $\pm$ 2.42	-1.12 $\pm$ 2.21	$p < 0.001$
FC4	-0.26 $\pm$ 2.56	-0.99 $\pm$ 1.97	0.01
T7	0.3(-0.66-1.46)	-2.26(-3.54--1.3)	0.02
C3	0.37 $\pm$ 1.96	-0.53 $\pm$ 1.66	$p < 0.001$
CZ	-0.47 $\pm$ 2.1	-1.27 $\pm$ 1.93	$p < 0.001$
C4	0.42(-0.81-1.05)	-0.68(-1.72-0.33)	$p < 0.001$
TP7	0.62(-0.34-1.49)	-0.37(-0.97-0.85)	$p < 0.001$
CP3	0.43(-0.71-1.5)	-0.6(-1.11-0.41)	$p < 0.001$
CPZ	-0.32 $\pm$ 1.93	-1.1 $\pm$ 1.73	$p < 0.001$
CP4	0.42(-0.81-1.05)	-0.68(-1.72-0.33)	$p < 0.001$
P7	1.01(-0.156-2.21)	0.07(-0.75-1.61)	$p < 0.001$
P3	0.85(-0.469-1.85)	-0.28(-1.25-0.48)	$p < 0.001$
PZ	-0.17(-1.16-0.96)	-1.02(-2.05-0.01)	$p < 0.001$
P4	0.49(-0.83-1.49)	-0.45(-1.68-0.36)	$p < 0.001$
O1	0.64(-0.59-1.68)	-0.32(-1.17-1.3)	$p < 0.001$
Oz	0.12(-0.66-0.98)	-0.59(-1.25-0.68)	0.01
O2	0.11(-0.63-1.45)	-0.39(-1.25-1.04)	$p < 0.001$

Şekil 4.2. tüm katılımcıların 300–500 ms zaman aralığında uyumlu cümlelere verdikleri N400 olaya ilişkin potansiyelini ve aynı zaman aralığında uyumsuz cümlelere verdikleri N400 yanıtını, Şekil 4.3. ise ısı haritalarını göstermektedir.



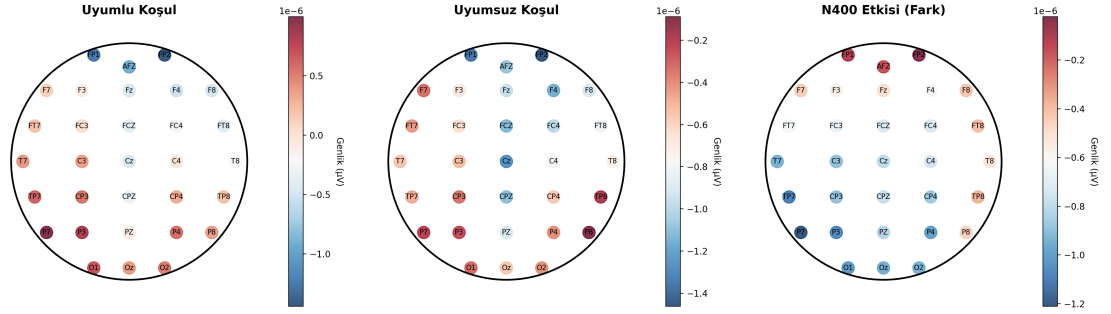
Şekil 4. 2. Uyumlu (üstte) ve uyumsuz cümleler için ortalama N400 OİP

Uyumlu ve uyumsuz cümlelere uyarandan sonra 300-500 ms aralığında verilen beyin tepkileri için yapılan ısı haritalarında da fark açıkça gözükmemektedir (Şekil 4.3.)



Şekil 4. 3. Uyumlu (üstte) ve uyumsuz cümleler için N400 ısı haritası

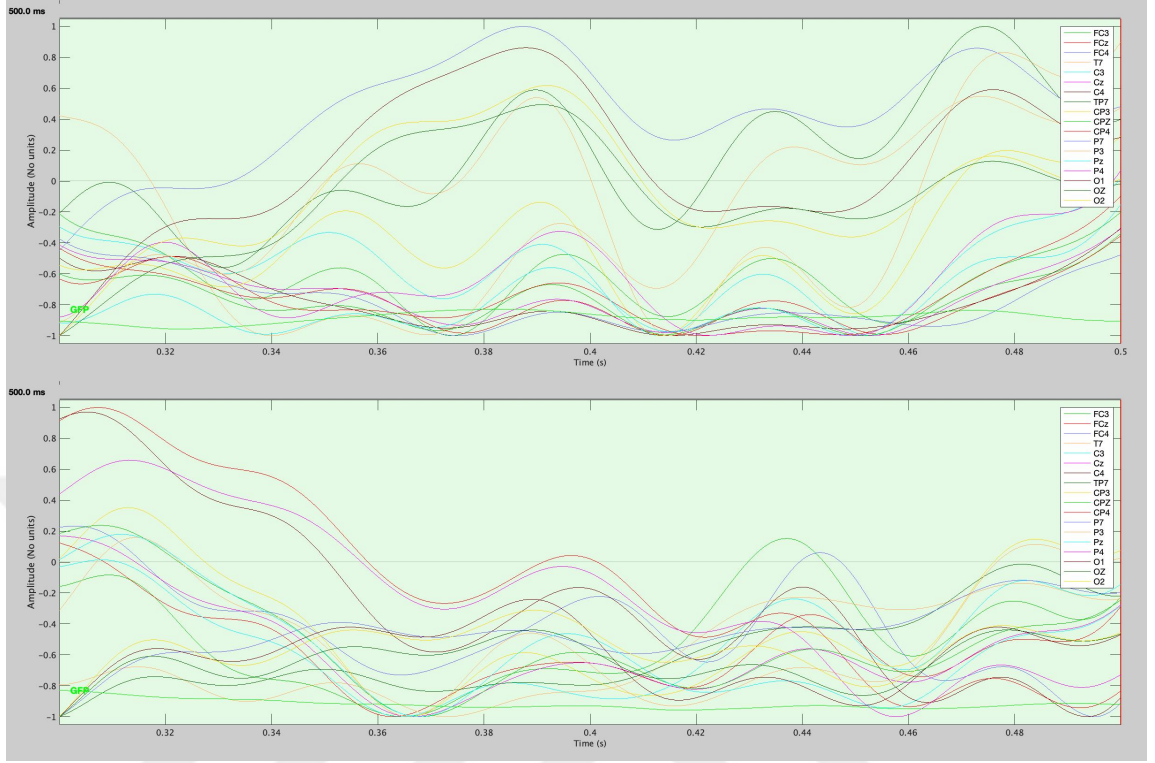
Her iki koşul arasındaki fark Şekil 4.4'teki topografik haritada gösterilmiştir.



Şekil 4. 4. Uyumlu ve uyumsuz cümle koşullarında N400 etkisi

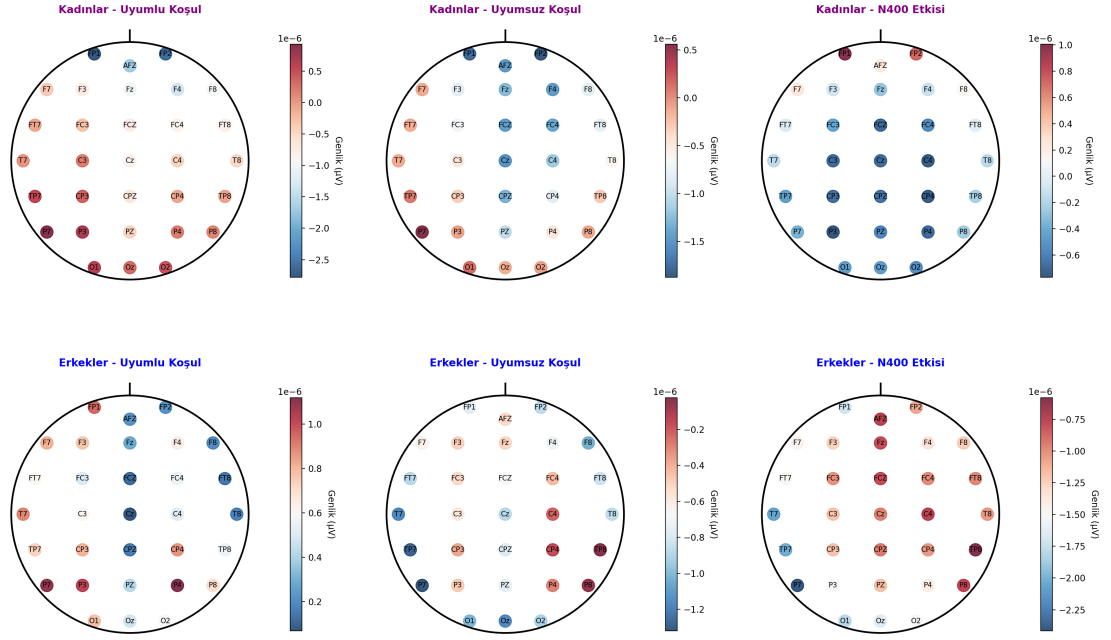
4.4.2. Cinsiyetler Arası N400 Genlik Farkı

Çalışmada, 300–500 ms zaman aralığında gözlemlenen N400 potansiyelinin cinsiyet değişkenine göre farklılık gösterip göstermediği incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda kadın ve erkek katılımcılar arasında, her ne kadar N400 genlikleri arasında farklılıklar olsa da (örn: TP7, k: $-1.92e^{-6}(-2.76e^{-6}--9.73e^{-7})$; e: $-3.21e^{-6}(-3.98e^{-6}--1.91e^{-6})$) istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Bu sonuç, N400 potansiyelinin cinsiyet değişkeninden bağımsız olarak benzer bir nörofizyolojik yanıt verdiğini göstermektedir (Şekil 4.5.).



Şekil 4. 5. Kadın (üstte) ve erkek katılımcıların uyumsuz cümlelere verdiği yanıt

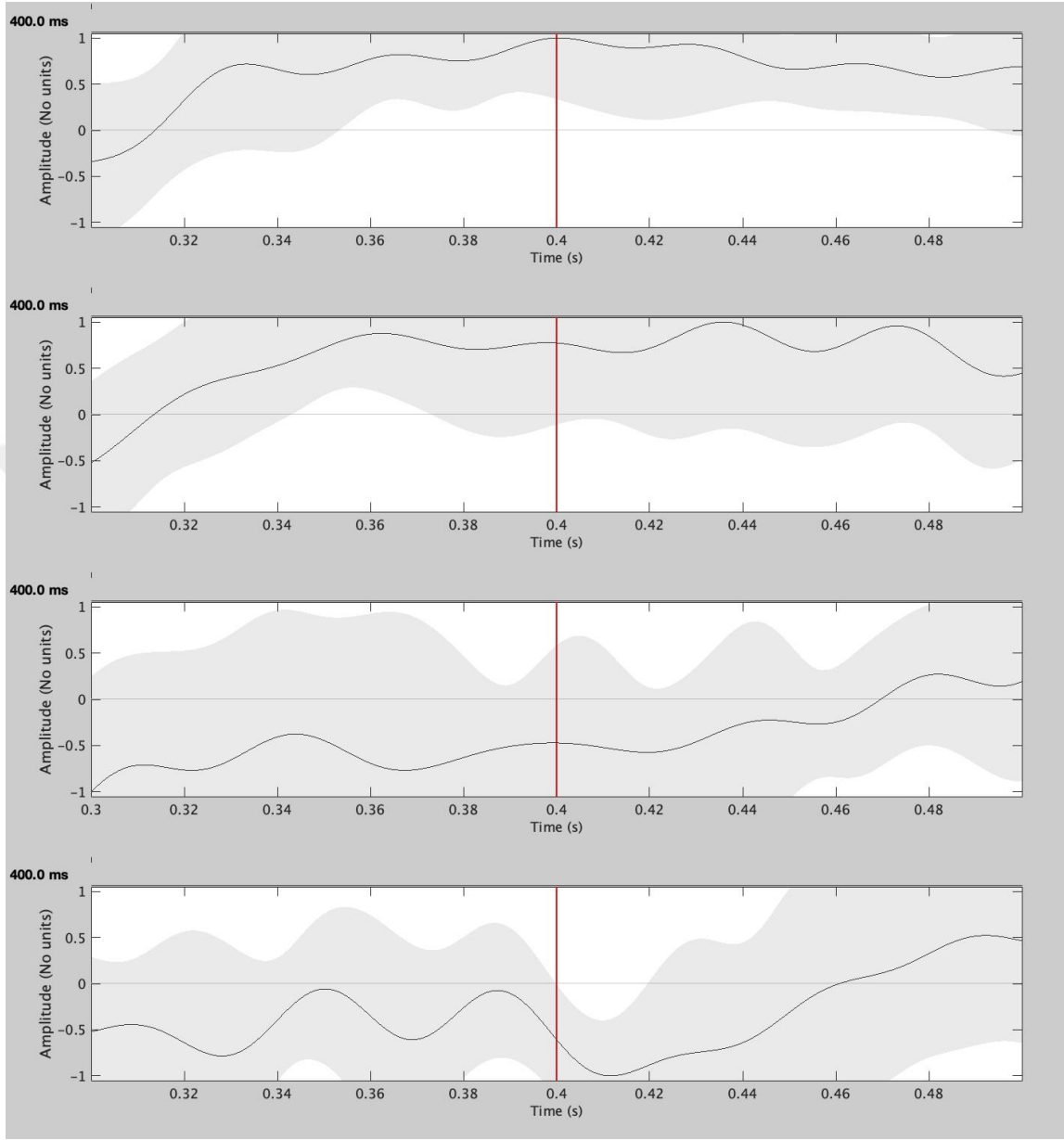
Kadın ve erkek katılımcıların uyumlu ve uyumsuz cümlelere verdikleri tepkiler sonucu oluşan N400 etkisi Şekil 4.6'da sunulmuştur.



Şekil 4. 6. Cinsiyete göre N400 etkisi

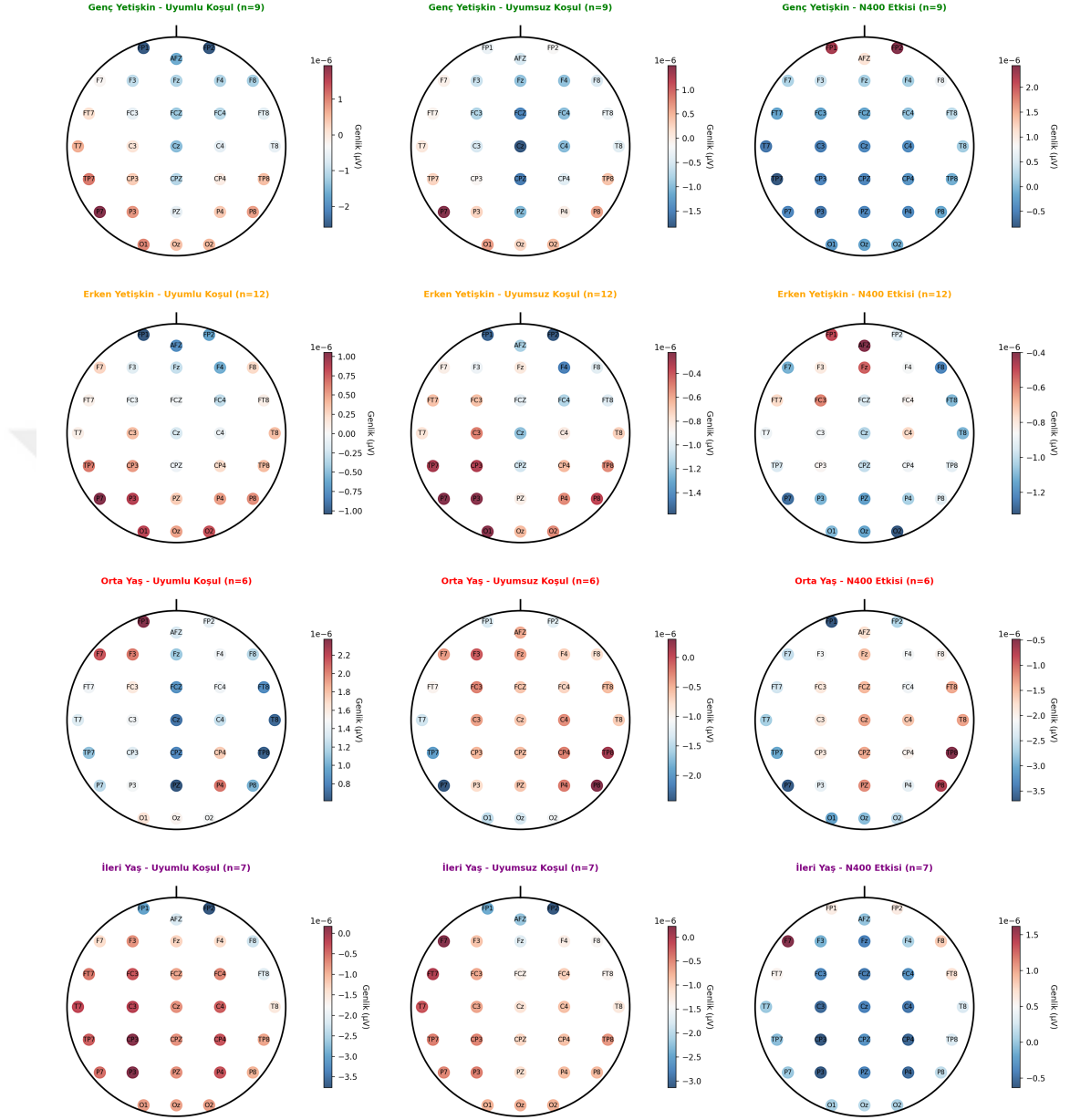
4.4.3. Yaş Grupları Arası N400 Genlik Farkı

N400 potansiyelinin yaş gruplarına göre farklılık gösterip göstermediğini incelemek amacıyla tek yönlü ANOVA (Welch's ANOVA) uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, P7 kanalında hem uyumlu cümleler ($F(3, 12.2) = 6.80, p = 0.006$) hem de uyumsuz cümleler ($F(3, 12.5) = 5.58, p = 0.012$) için yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (Şekil 4.7.) İstatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilen P7 kanalında, uyumlu cümleler için yapılan Tukey post-hoc testi, özellikle 18-25 yaş (Mean = 1.94, SD = 1.14) ile 50 yaş üstü (Mean = -0.50, SD = 0.95) arasında anlamlı fark olduğunu ortaya koymuştur ($p = 0.019$). Uyumsuz cümle koşulunda ise gruplar arası karşılaştırmalar anlamlı düzeye ulaşmamıştır ($p > 0.05$).



Şekil 4. 7. 18-25 yaş ve 50 yaş üstü katılımcıların 300-500 ms arası uyumlu ve uyumsuz uyarılar için P7 kanalı N400 genlikleri (yukarıdan aşağıya, 18-25 yaş uyumlu, uyumsuz, 50 yaş üstü uyumlu, uyumsuz)

Yaş değişkenine göre N400 etkisindeki farklılıklar Şekil 4.8'deki topografik haritada detaylı olarak sunulmuştur.

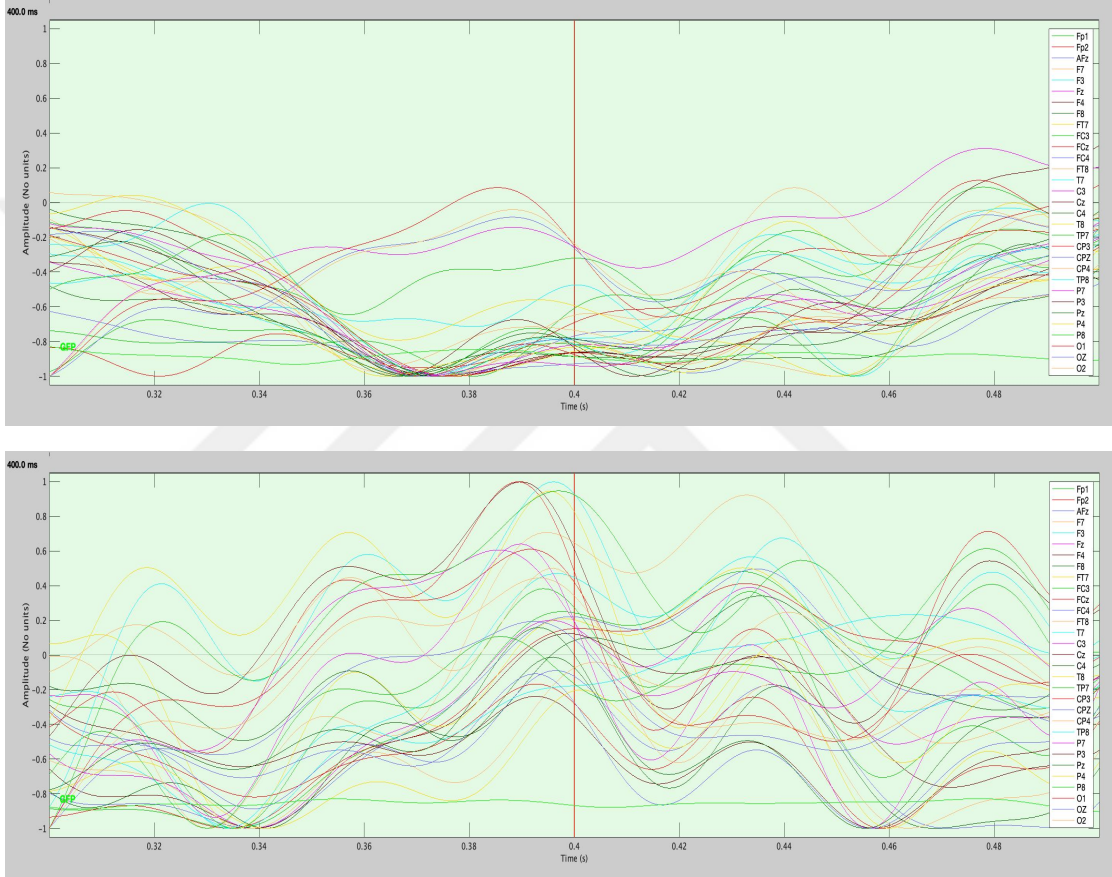


Şekil 4. 8. Yaşa göre N400 etkisi

4.4.4. Cümle Kategorileri Arasındaki N400 Genlik Farkları

Çalışmada, semantik olarak uyumlu ve uyumsuz olan cümlelerde yapan ve deneyimleyen anlam kategorileri arasında N400 genlikleri açısından farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla paired samples t-test uygulanmıştır. Analizler sonucunda uyumlu cümlelerde iki kategori arasında hiçbir kanalda farklılık gözlenmezken uyumsuz cümlelerde Fp1, Fp2, F8, O1, Oz ve O2

dışındaki tüm elektrot bölgelerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu ortaya koyulmuştur ($p < 0.05$). Bu bulgu, semantik uyumsuzluk koşullarında, anlam kategorisinin (eylemi gerçekleştiren vs. deneyimleyen özne) beyin yanıtı üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu göstermektedir (Şekil 4.9.).



Şekil 4. 9. Yapan (üstte) ve deneyimleyen cümle kategorilerine ait genlikler

4.4.5. Cümlelerin Anlam Düzeyi ile N400 arasındaki Korelasyon

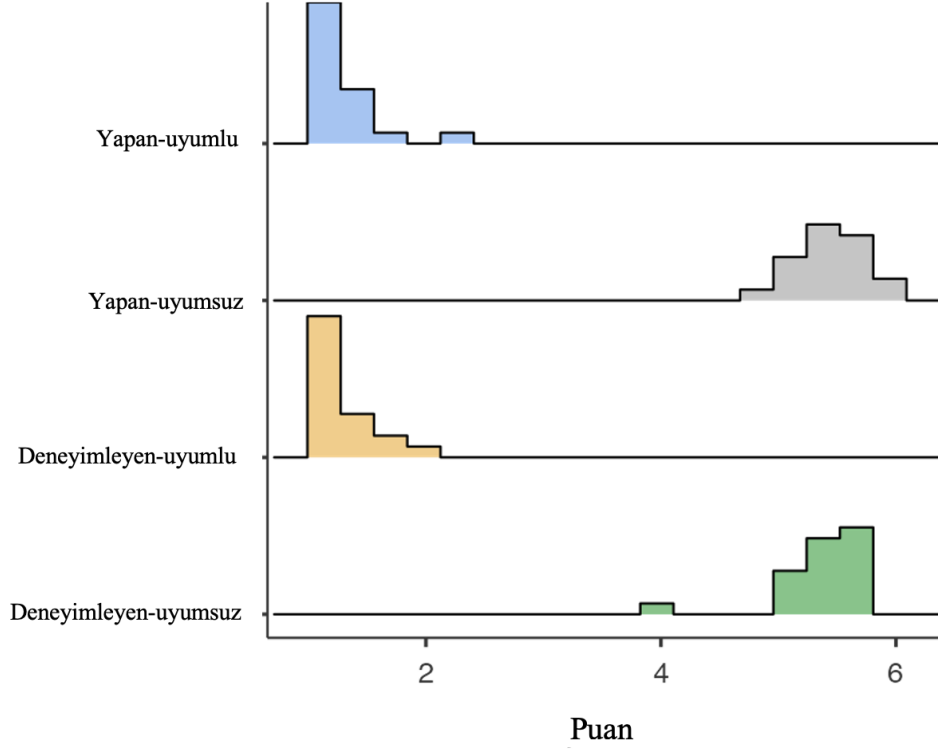
Cümlelerin algılanan anlamsızlık düzeyleri ile bu cümlelere karşılık gelen N400 genlikleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla Spearman korelasyon analizi yapılmıştır. Her bir cümle için, daha önce anket uygulaması ile elde edilen 1 ile 6 arasındaki anlamlılık puanları (1 = çok anlamlı, 6 = hiç anlamlı değil) bağımsız değişken olarak alınmış; 31 farklı elektrot kanalına ait N400 genlik ortalamaları (300–500 ms zaman aralığında) ile korelasyonları hesaplanmıştır.

Yapılan analiz sonucunda, anlamlılık puanı ile N400 genliği arasında bazı kanallarda istatistiksel olarak anlamlı negatif korelasyonlar bulunmuştur (Tablo 4.4.). Bu durum, cümlelerin daha anlamsız algılanmasının, beyin yanıtlarında daha belirgin (daha negatif) N400 genliği ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. 4. Cümlelerin anlam düzeyi ile N400 kanalların genlikleri arasındaki ilişki

Kanal	P değeri	Korelasyon katsayısı
F3	0.039	-0.231
FT7	0.043	-0.227
FC3	0.003	-0.328
FCz	0.003	-0.330
FC4	0.003	-0.327
T7	0.024	-0.252
C3	p<0.001	-0.414
Cz	0.001	-0.355
C4	0.004	-0.319
TP7	0.023	-0.255
CP3	0.001	-0.373
CPZ	0.002	-0.339
CP4	0.004	-0.322
P3	p<0.001	-0.407
Pz	0.005	-0.310
P4	0.006	-0.307

Kategorilerin kendi içinde cümle anlamlılık puanları farklı olsa da (Şekil 4.10.) istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.



Şekil 4. 10. Farklı kategorilere ait cümlelerin anlamlılık puanı dağılımı

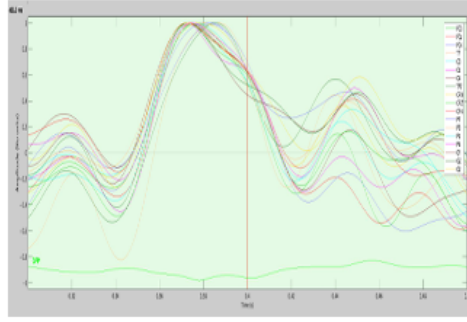
Fakat yine de aşağıda farklı puan alan bazı cümlelere ait katılımcıların verdiği tepkilerin ortalama genlikleri karşılaştırılıp sunulmuştur (Tablo 4.5.).

Tablo 4. 5. Aynı kategoride farklı puan alan cümlelerin genlikleri

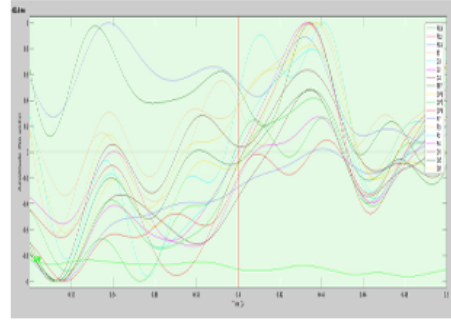
Cümle	Kategori	Puan	Genlik (μV) [*]	P değeri ^{**}
Çiftçi buğdayı biçti	Yapan-uyumlu	1.2	0.74 $\pm$ 0.51	p<0.001
Tamirci pencereyi düşürdü	Yapan-uyumlu	2.2	-0.30 $\pm$ 0.83	
Adam duvarı yedi	Yapan-uyumsuz	4.7	0.69 $\pm$ 0.55	p<0.001
Kaleci topu yudumladı	Yapan-uyumsuz	5.8	-1.41 $\pm$ 1.13	
Babam maçta heyecanlandı	Deneyimleyen-uyumlu	1	0.77 $\pm$ 0.8	p<0.001
Temizlikçi şifreyi hatırladı	Deneyimleyen-uyumlu	1.9	-0.37 $\pm$ 0.91	
Saksı toprağı kışkandı	Deneyimleyen-uyumsuz	4	-0.28 $\pm$ 0.57	p<0.001
Kitap masadan panikledi	Deneyimleyen-uyumsuz	5.7	-1.97 $\pm$ 0.55	

*Genlikler bölüm 4.4.1’de istatistiksel olarak anlamlı fark bulunan kanalların ortalaması alınarak hesaplanmıştır

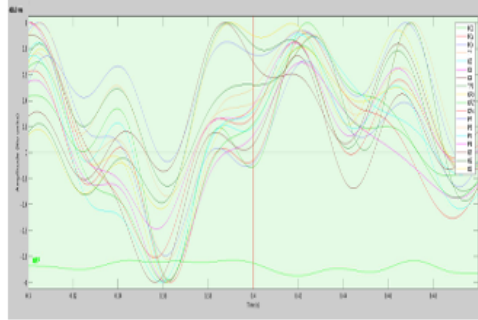
**Aynı kategorideki cümlelerin genlik farkını göstermek için paired sample t test yapılmıştır.



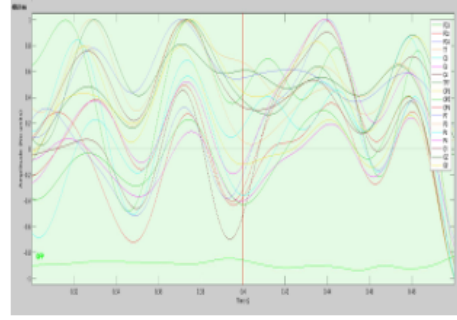
Çiftçi buğdayı biçti



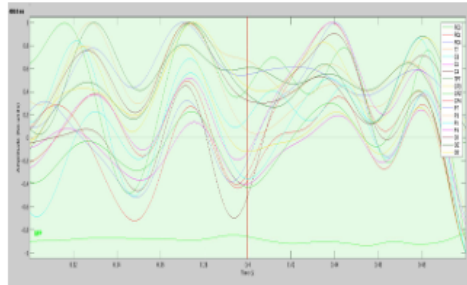
Tamirci pencereyi düşürdü



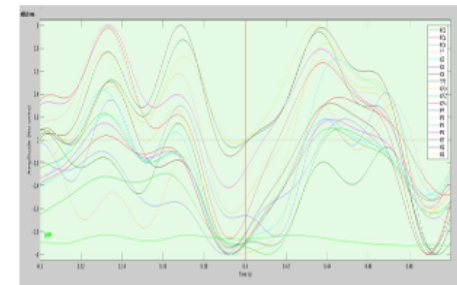
Adam duvarı yedi



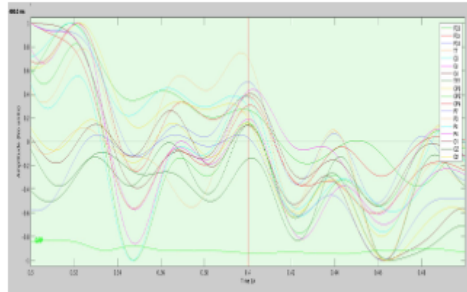
Kaleci topu yudumladı



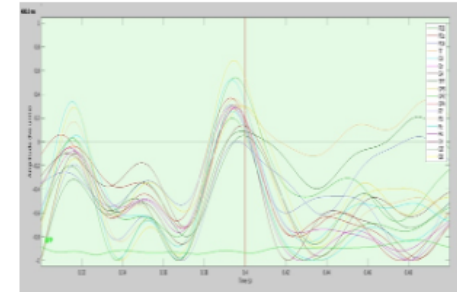
Babam maça heyecanlandı



Temizlikçi şifreyi hatırladı



Saksı toprağı kışkıandı



Kitap masadan panikledi

Şekil 4. 11. Aynı kategoride farklı puanlara sahip cümlelere ait N400 genlikleri

4.5. P600 Olaya İlişkin Potansiyeli Analizi Sonuçları

Tez kapsamında P600 bileşeninin analizi için 500–900 ms zaman aralığı temel alınmıştır. Bu karar, hem literatürde sıkça başvurulmuş ortalama zaman pencereleriyle uyumlu olması hem de çalışmada kullanılan uyarıların süresi ve bilişsel işlem yüküne bağlı olarak P600'ün beklendiği zaman aralığını kapsamaması açısından gerekçelidir (Bohan ve ark.. 2012; Regel ve ark.. 2014). Bu bölümde, 500–900 ms aralığında elde edilen ortalama OİP genlikleri, semantik olarak uyumlu ve uyumsuz cümle koşulları açısından karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.

4.5.1. Uyumlu ve Uyumsuz Cümle Koşulları Arasında Kanal Bazlı P600 OİP Genlik Karşılaştırması

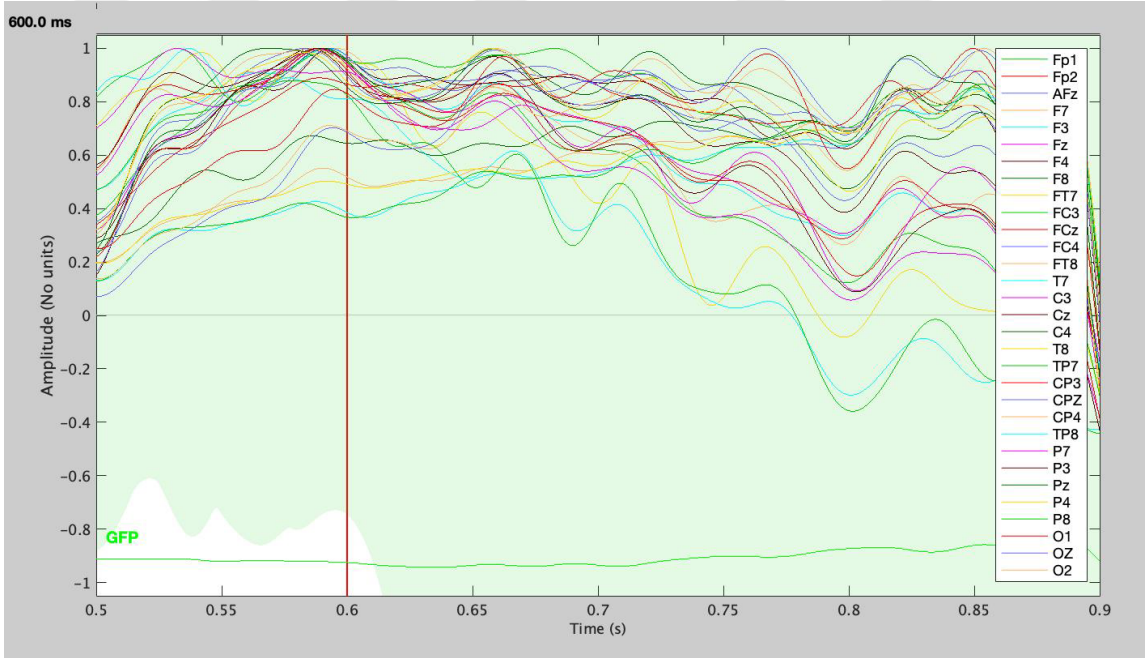
Bu bölümde, katılımcılardan elde edilen EEG verileri üzerinden, uyumlu ve uyumsuz cümle sonlarına karşılık gelen P600 OİP yanıtları kanal bazında karşılaştırılmıştır. Her bir kanal için 500-900 ms zaman aralığında hesaplanan ortalama genlik değerleri analiz edilmiş; semantik uyum durumunun beyin tepkileri üzerindeki etkisi P600 potansiyeli açısından değerlendirilmiştir. Verilerin dağılım özelliklerine göre parametrik (eşleştirilmiş örneklem t-testi) ve parametrik olmayan (Wilcoxon işaretli sıra testi) istatistiksel karşılaştırmalar uygulanmıştır.

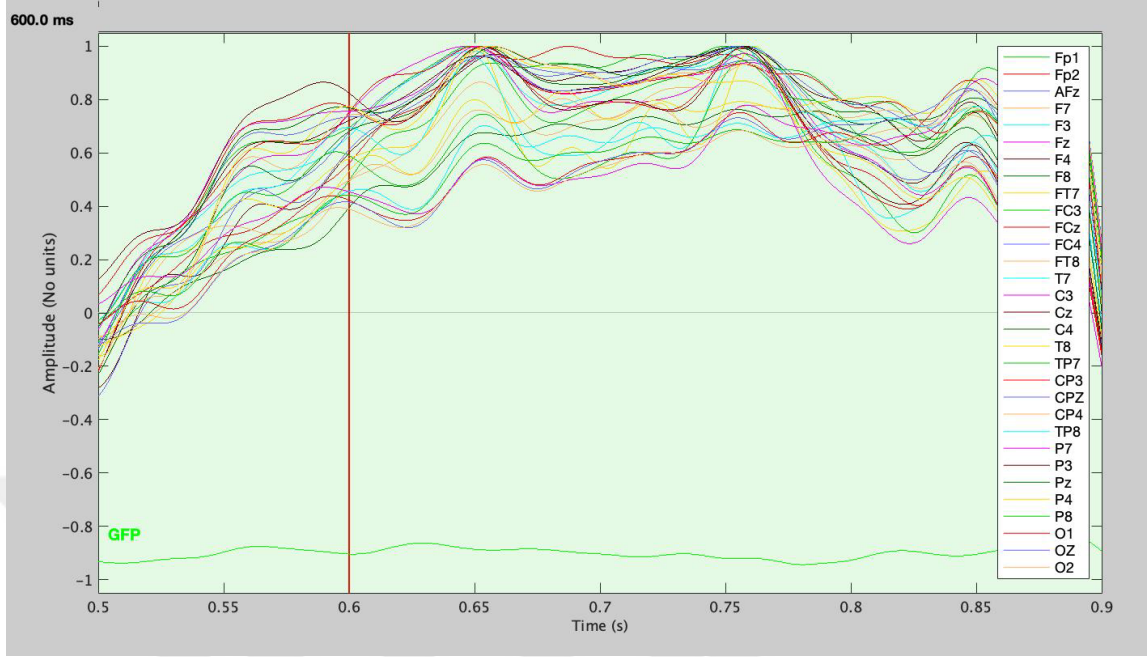
Yapılan analizler sonucunda Tp7, Cp3, P7, P3, Pz ve P4 elektrotlarında uyumlu ve uyumsuz koşullar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar ($p < 0.05$) gözlemlenmiştir (Tablo 4.6.). Bu sonuç, semantik uyumsuzluğun özellikle frontal, santral ve parietal bölgelerde belirgin bir nörofizyolojik karşılık oluşturduğunu göstermektedir.

Tablo 4. 6. Kanal bazlı P600 potansiyeli karşılaştırması

Kanal	Uyumlu cümle (μV)	Uyumsuz cümle (μV)	P değeri
TP7	0.74(-0.13-1.86)	1.22(0.58-2.2)	0.02
CP3	1.09(0.64-1.97)	1.69(0.99-2.43)	0.01
P7	0.93(0.3-1.98)	1.71(0.5-2.49)	0.01
P3	1.16(0.4-2.08)	1.79(0.65-2.74)	0.01
PZ	2.08(0.79-2.75)	2.1(0.92-3.36)	0.04
P4	1.25(0.64-2.57)	1.84(0.87-3.16)	0.02

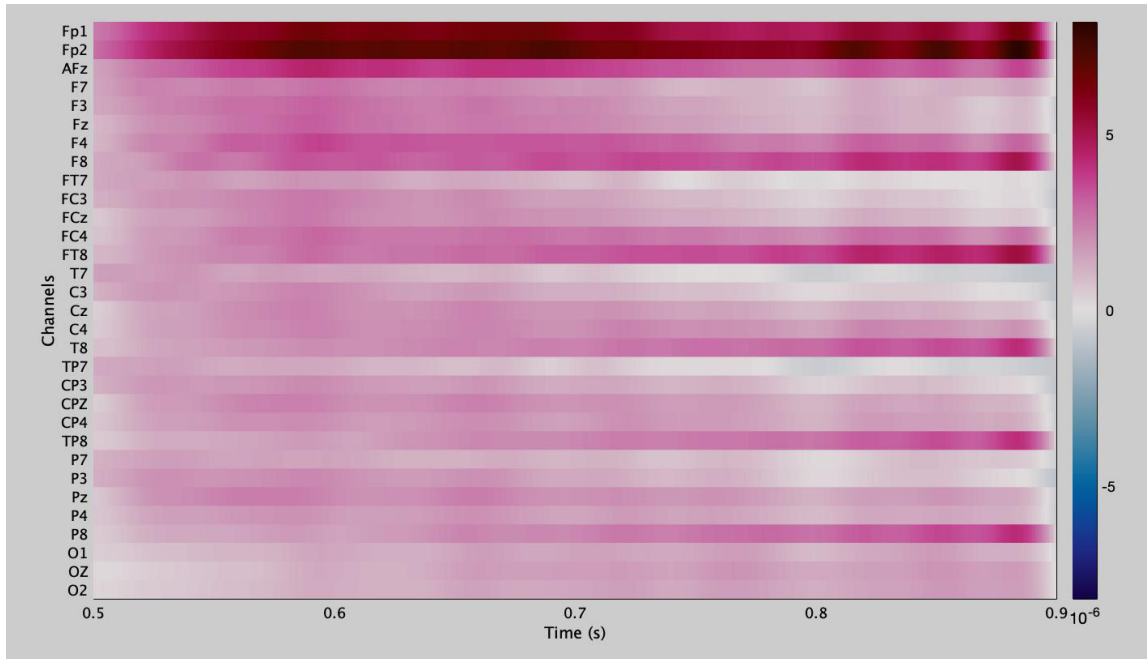
Şekil 4.12. tüm katılımcıların 500–900 ms zaman aralığında uyumlu cümlelere verdikleri P600 olaya ilişkin potansiyelini ve aynı zaman aralığında uyumsuz cümlelere verdikleri P600 yanıtını göstermektedir.

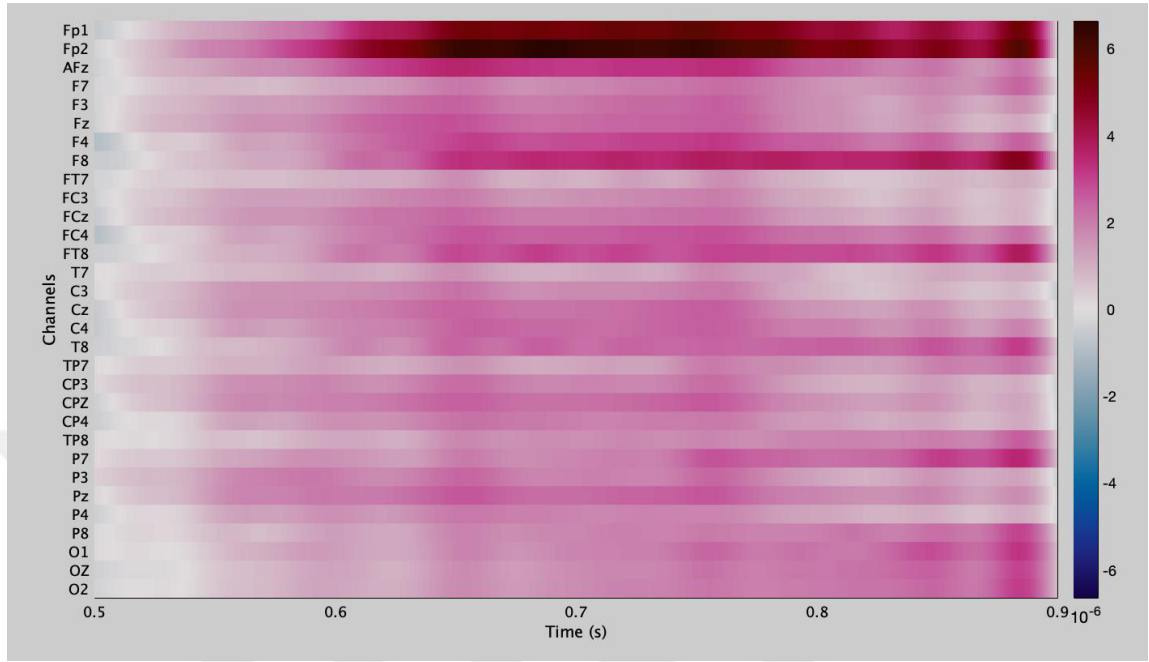




Şekil 4. 12. Uyumlu (üstte) ve uyumsuz cümlelere verilen ortalama P600 yanıtı

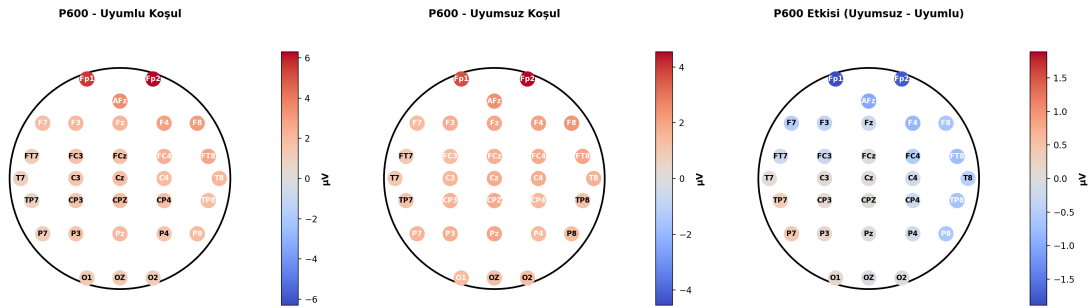
Uyumlu ve uyumsuz cümlelere uyarandan sonra 500-900 ms aralığında verilen beyin tepkileri için yapılan ısı haritalarında da ilgili kanallardaki fark gözükmemektedir (Şekil 4.13).





Şekil 4. 13. Uyumlu (üstte) ve uyumsuz cümleler için P600 ısı haritası

Her iki koşul arasındaki fark Şekil 4.14’teki topografik haritada gösterilmiştir.



Şekil 4. 14. Uyumlu ve uyumsuz cümle koşullarında P600 etkisi

4.5.2. Cinsiyetler Arası P600 Genlik Farkı

Çalışmada, 500–900 ms zaman aralığında gözlemlenen P600 potansiyelinin cinsiyet değişkenine göre farklılık gösterip göstermediği incelenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, kadın ve erkek katılımcılar arasında P600 genlikleri bakımından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Bu sonuç, P600 potansiyelinin cinsiyet değişkeninden bağımsız olarak benzer bir nörofizyolojik yanıt verdiğini göstermektedir.

4.5.3. Yaş Grupları Arası P600 Genlik Farkı

P600 potansiyelinin yaş gruplarına göre farklılık gösterip göstermediğini incelemek amacıyla yapılan analiz sonuçlarına göre gruplar arası karşılaştırmalar anlamlı düzeye ulaşmamıştır ($p > 0.05$).

4.5.4. Cümle Kategorileri Arasındaki P600 Genlik Farkları

Çalışmada, semantik olarak uyumlu ve uyumsuz olan cümlelerde yapan ve deneyimleyen anlam kategorileri arasında P600 genlikleri açısından farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla paired samples t-test uygulanmıştır. Analizler sonucunda hem uyumlu cümlelerde hem de uyumsuz cümlelerde iki kategori arasında hiçbir kanalda farklılık gözlenmemiştir ($p > 0.05$).

4.5.5. Cümlelerin Anlam Düzeyi ile P600 arasındaki Korelasyon

Cümlelerin algılanan anlamsızlık düzeyleri ile bu cümlelere karşılık gelen P600 genlikleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla Spearman korelasyon analizi yapılmıştır. Her bir cümle için, daha önce anket uygulaması ile elde edilen 1 ile 6 arasındaki anlamlılık puanları (1 = çok anlamlı, 6 = hiç anlamlı değil) bağımsız değişken olarak alınmış; 31 farklı elektrot kanalına ait P600 genlik ortalamaları ile korelasyonları hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonucunda, anlamlılık puanı ile P600 genliği arasında hiçbir kanalda istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

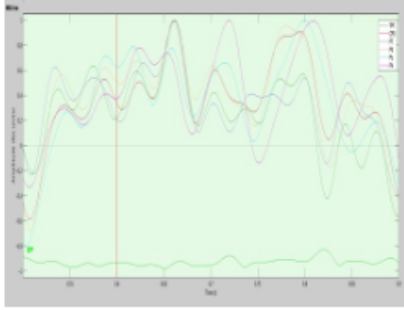
N400 olaya ilişkin potansiyel bulgularında bahsedildiği gibi, P600 potansiyeli için de aynı kategoriden bazı cümleler için karşılaştırmalar yapıp görselleştirilmiştir.

Tablo 4. 7. Aynı kategoride farklı puan alan cümlelerin P600 genlikleri

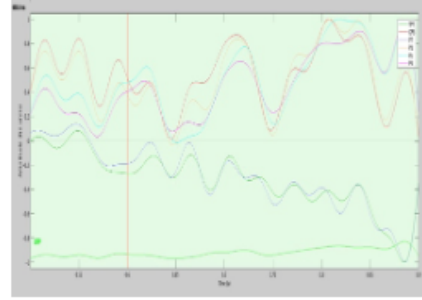
Cümle	Kategori	Puan	Genlik (μV)*	P değeri**
Çiftçi buğdayı biçti	Yapan-uyumlu	1.2	1.18±0.16	0.96
Tamirci pencereyi düşürdü	Yapan-uyumlu	2.2	1.25±2.66	
Adam duvarı yedi	Yapan-uyumsuz	4.7	1.32 ±1.07	0.14
Kaleci topu yudumladı	Yapan-uyumsuz	5.8	1.86 ±0.74	
Babam maça heyecanlandı	Deneyimleyen-uyumlu	1	1.41±0.84	0.39
Temizlikçi şifreyi hatırladı	Deneyimleyen-uyumlu	1.9	1.02±0.99	
Saksı toprağı kışkandı	Deneyimleyen-uyumsuz	4	-0.42±0.7	0.01
Kitap masadan panikledi	Deneyimleyen-uyumsuz	5.7	2.27±1.22	

*Genlikler bölüm X'te istatistiksel olarak anlamlı fark bulunan kanalların ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

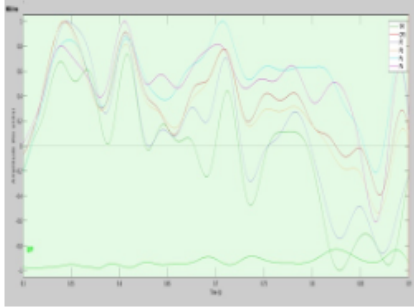
**Aynı kategorideki cümlelerin genlik farkını değerlendirmek için paired sample t test yapılmıştır.



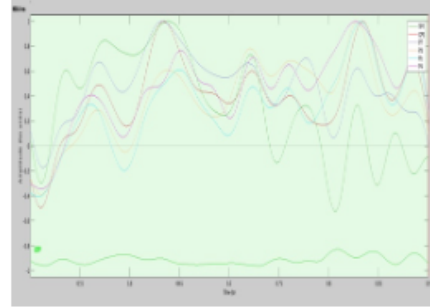
Çiftçi buğdayı biçti



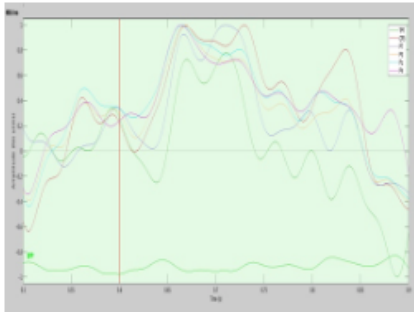
Tamirci pencereyi düşürdü



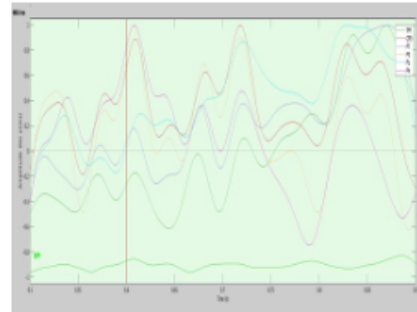
Adam duvarı yedi



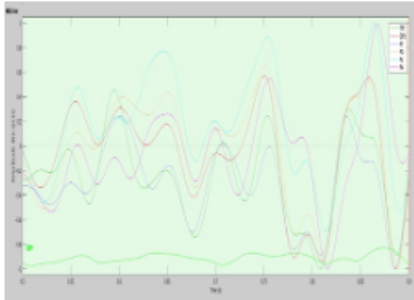
Kaleci topu yudumladı



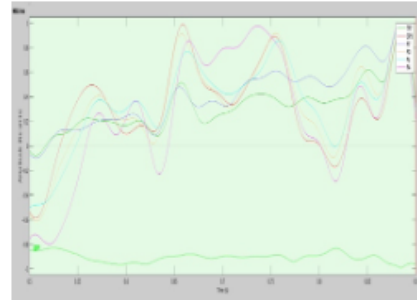
Babam maça heyecanlandı



Temizlikçi şifreyi hatırladı



Saksı toprağı kıskandı



Kitap masadan panikledi

Şekil 4. 15. Aynı kategoride farklı puanlara sahip cümlelere ait P600 genlikleri

4.6. N400 OİP Zaman-Frekans Analizi Sonuçları

Bu bölümde, semantik uyumlu ve uyumsuz cümle koşullarına ilişkin EEG yanıtlarının frekans bileşenleri üzerinden incelendiği zaman-frekans analizine ait bulgular sunulmaktadır. Morlet dalgacığı yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen analizde, delta (2–4 Hz), teta (5–7 Hz), alfa (8–12 Hz), beta (15–29 Hz), gamma1 (30–59 Hz) ve gamma2 (60–90 Hz) frekans bantlarında güç (power) değerleri elde edilmiştir. Böylece, klasik OİP analizlerinin ötesinde, bilişsel işleme süreçlerinin zamansal ve frekanssal özelliklerine dair daha ayrıntılı bilgi sağlanması hedeflenmiştir.

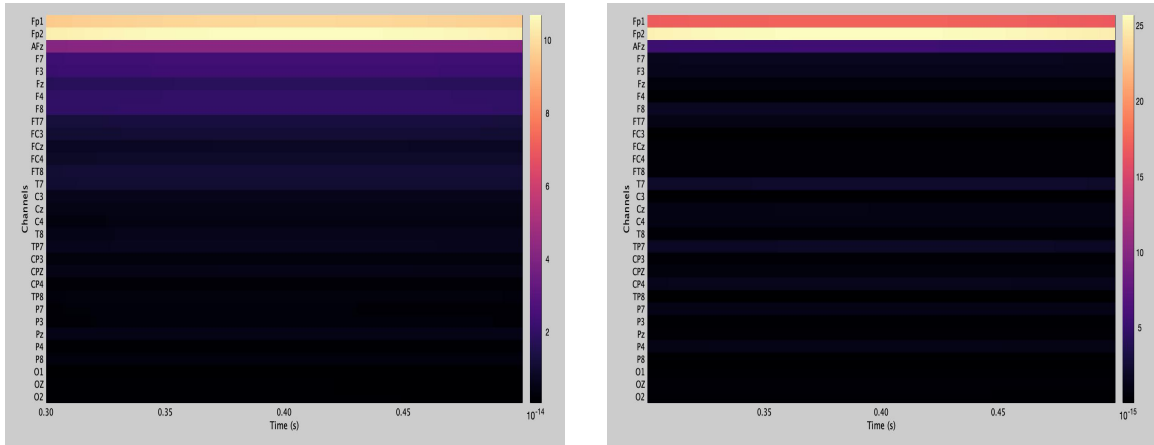
4.6.1. 300-500 ms Aralığında Delta Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması

Zaman-frekans analizinde, 300–500 ms aralığında delta bandı (2–4 Hz) güç değerleri bakımından uyumlu ve uyumsuz cümle koşulları karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı farklar birçok elektrot bölgesinde gözlenmiştir (Tablo 4.8.). Özellikle ön-orta (FCz, $p = 0.008$), santral (C3, Cz, C4; $p < 0.01$) ve parietal bölgelerdeki (CP3, CPz, CP4, P3, Pz, P4; $p < 0.01$) delta güç düzeyleri, uyumsuz cümlelerde uyumlu cümlelere kıyasla anlamlı biçimde artış göstermiştir (Tablo 4.8.). Delta bandındaki bu artış, uyumsuz cümlelerin işlenmesinde daha yoğun bilişsel kaynak gereksinimi ve artan dikkatsel yük ile ilişkilendirilebilir. Ayrıca CPz ve Pz gibi orta-parietal bölgelerde gözlenen delta gücü farkları, N400 bileşeninin zamansal penceresiyle örtüşmekte ve semantik işleme süreçlerinin sadece klasik OİP dalga formlarıyla değil, aynı zamanda frekans-temelli göstergelerle de desteklenebileceğini göstermektedir.

Tablo 4. 8. 300–500 ms Zaman Aralığında Delta Bandı Güç Değerlerinin Uyumlu ve Uyumsuz Cümle Koşullarına Göre Kanal Bazında Karşılaştırılması

Kanal	Uyumlu koşul (W)	Uyumsuz koşul (W)	P değeri
FCz	$2.52e^{-13}(1.81e^{-13}-3.32e^{-13})$	$3.61e^{-13}(2.59e^{-13}-5.66e^{-13})$	0.008
C3	$1.63e^{-13}(1.08e^{-13}-2.45e^{-13})$	$2.14e^{-13}(1.49e^{-13}-4.05e^{-13})$	0.002
Cz	$2.41e^{-13}(1.77e^{-13}-3.47e^{-13})$	$3.22e^{-13}(2.37e^{-13}-5.21e^{-13})$	0.005
C4	$2.17e^{-13}(1.28e^{-13}-2.99e^{-13})$	$2.82e^{-13}(1.72e^{-13}-4.40e^{-13})$	0.01
CP3	$1.46e^{-13}(9.45e^{-14}-2.43e^{-13})$	$2.06e^{-13}(1.40e^{-13}-3.00e^{-13})$	0.001
CPz	$2.27e^{-13}(1.49e^{-13}-2.95e^{-13})$	$2.61e^{-13}(1.98e^{-13}-4.21e^{-13})$	0.009
CP4	$1.78e^{-13}(1.20e^{-13}-2.76e^{-13})$	$2.09e^{-13}(1.28e^{-13}-3.70e^{-13})$	0.001
P3	$1.51e^{-13}(1.02e^{-13}-2.55e^{-13})$	$1.98e^{-13}(1.34e^{-13}-3.15e^{-13})$	0.008
Pz	$1.87e^{-13}(1.24e^{-13}-2.66e^{-13})$	$2.34e^{-13}(1.85e^{-13}-3.23e^{-13})$	0.003
P4	$1.96e^{-13}(1.06e^{-13}-2.45e^{-13})$	$1.93e^{-13}(1.22e^{-13}-3.78e^{-13})$	0.003

Aşağıda, 300–500 ms zaman aralığında delta frekans bandında uyumlu ve uyumsuz (Şekil 4.16) cümleler için EEG kanallarında ortalama güç dağılımı sunulmuştur.



Şekil 4. 16. Delta bandı- uyumlu (solda) ve uyumsuz cümleler için güç dağılımı

4.6.2. 300-500 ms Aralığında Delta Bandı Cinsiyet Karşılaştırması

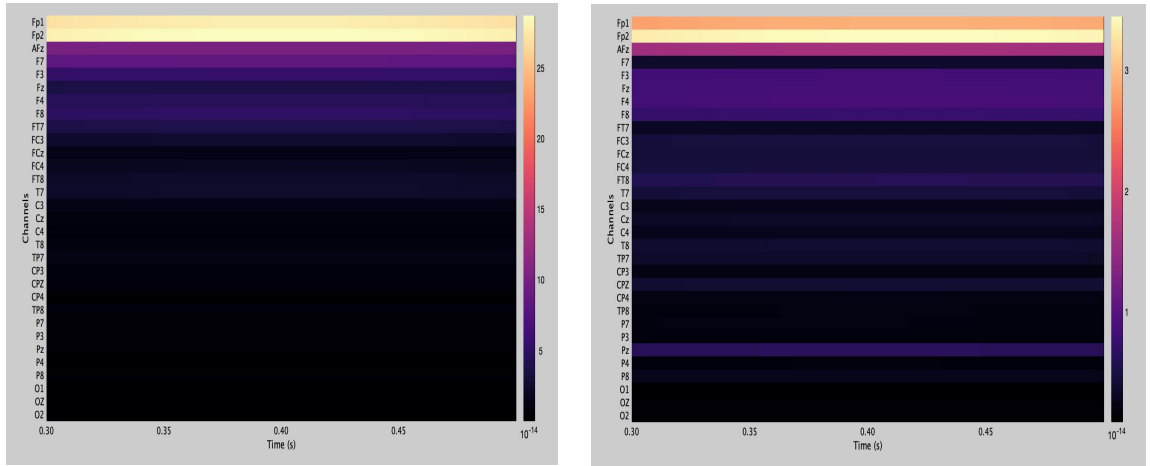
Bu çalışmada, 300–500 ms zaman aralığında delta frekans bandında kadın ve erkek katılımcılar arasında anlamlı farklar gözlenmiştir. Özellikle uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda, erkeklerin kadınlara kıyasla birçok elektrot bölgesinde daha yüksek delta bandı gücü sergilediği saptanmıştır. Örneğin, TP8 kanalında erkeklerin ortalama gücü 2.19×10^{-13} W iken, kadınların ortalama gücü 1.01×10^{-13} W olup bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p = 0.01$). Benzer şekilde, FT8 ($p=0.02$), FT7 ($p=0.007$), F8 ($p=0.01$) ve F7 ($p=0.006$) kanallarında da erkek katılımcılar anlamlı düzeyde daha yüksek delta aktivitesi göstermiştir. Uyumlu cümleler için yapılan analizlerde de benzer bir eğilim izlenmiş, FT7 ($p=0.03$), F8 ($p=0.01$) ve F7 ($p=0.02$) kanallarında erkeklerin delta bandı gücünün kadınlara göre anlamlı biçimde yüksek olduğu bulunmuştur (Tablo 4.9.).

Bu bulgular, özellikle frontal ve temporo-frontal bölgelerde erkek katılımcıların dil işleme sırasında daha güçlü delta aktivitesi gösterdiğine işaret etmektedir. Bu durum, cinsiyetin dilsel bilişsel süreçlerdeki nöral dinamiklere etkisini ortaya koymakta ve delta bandının semantik işlemeye katkısını cinsiyet bağlamında da desteklemektedir.

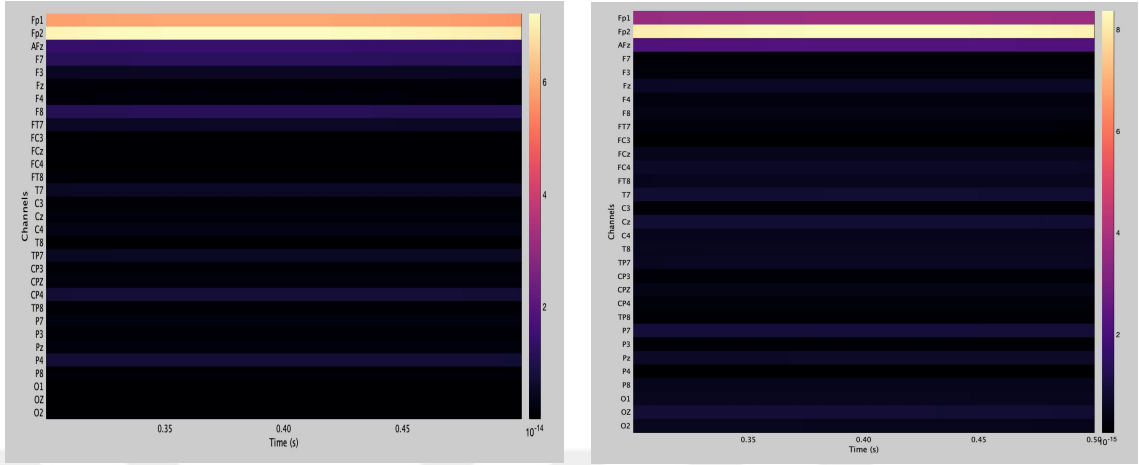
Tablo 4. 9. 300–500 ms zaman aralığında delta frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması

	Kanal	Erkek (W)	Kadın (W)	P değeri
uyumsuz	TP8	$2.19e^{-13}(1.14e^{-13}-4.21e^{-13})$	$1.01e^{-13}(5.40e^{-14}-1.70e^{-13})$	0.01
	FT8	$3.74e^{-13}(1.81e^{-13}-7.58e^{-13})$	$1.46e^{-13}(8.47e^{-14}-2.52e^{-13})$	0.02
	FT7	$4.02e^{-13}(1.42e^{-13}-6.74e^{-13})$	$1.28e^{-13}(8.82e^{-14}-1.89e^{-13})$	0.007
	F8	$5.78e^{-13}(2.74e^{-13}-1.16e^{-12})$	$1.50e^{-13}(1.16e^{-13}-3.56e^{-13})$	0.01
	F7	$6.43e^{-13}(2.28e^{-13}-2.51e^{-12})$	$2.01e^{-13}(1.16e^{-13}-3.20e^{-13})$	0.006
uyumlu	FT7	$3.41e^{-13}(2.32e^{-13}-6.13e^{-13})$	$1.38e^{-13}(9.15e^{-14}-2.33e^{-13})$	0.03
	F8	$5.03e^{-13}(2.12e^{-13}-1.35e^{-12})$	$1.58e^{-13}(1.19e^{-13}-4.03e^{-13})$	0.01
	F7	$6.95e^{-13}(2.22e^{-13}-1.16e^{-12})$	$2.03e^{-13}(1.43e^{-13}-4.97e^{-13})$	0.02

Şekil 4.17. ve Şekil 4.18’de 300–500 ms zaman aralığında delta frekans bandında erkek ve kadın katılımcıların uyumlu ve uyumsuz cümleler için EEG kanallarında ortalama güç dağılımı sunulmuştur.



Şekil 4. 17. Delta bandı- erkek (solda) ve kadın katılımcıların uyumlu cümleler için güç dağılımı



Şekil 4. 18. Delta bandı- erkek (solda) ve kadın katılımcıların uyumsuz cümleler için güç dağılımı

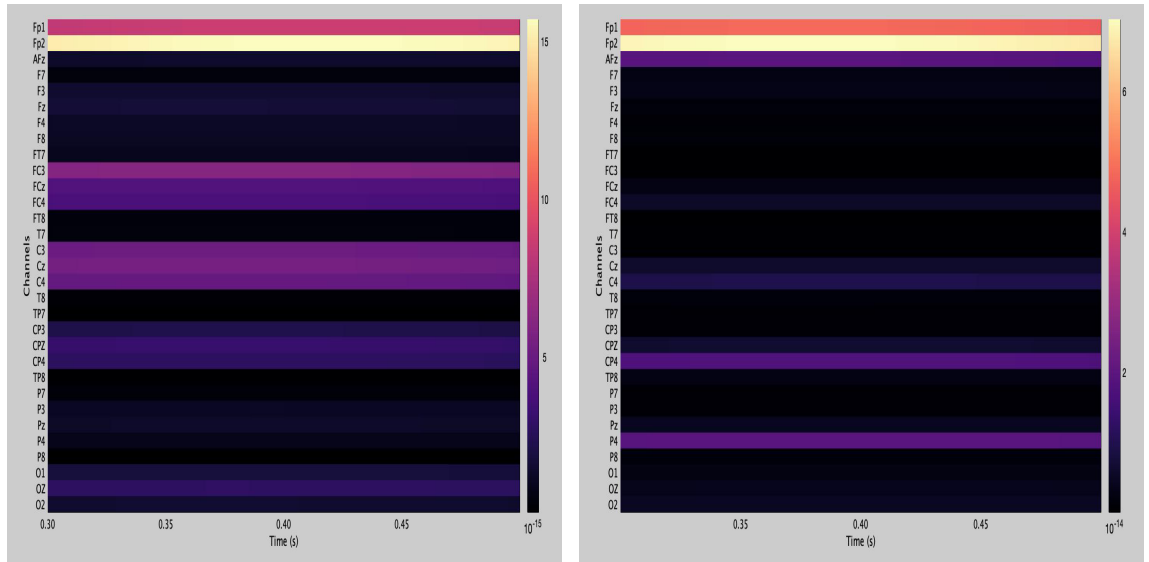
4.6.3. 300-500 ms Aralığında Delta Bandı Yaş Karşılaştırması

Delta bandında yaş gruplarına göre farklılıkları incelemek amacıyla 300–500 ms zaman aralığında Kruskal-Wallis testi uygulanmıştır. Analiz sonucunda, bazı kanallarda yaş grupları arasında yalnızca uyumsuz cümlelerde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Bu farklılıkların hangi yaş grupları arasında olduğunu belirlemek üzere yapılan Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (DSCF) çoklu karşılaştırma testi, özellikle 25–35 yaş grubu ile 36–50 yaş grubu arasında anlamlı farklar olduğunu ortaya koymuştur. Örneğin, FC4, C4, P4 ve CP4 kanallarında 36–50 yaş grubunun ortalama delta gücü, 25–35 yaş grubuna kıyasla belirgin şekilde daha yüksektir. Bu sonuç, yaşa bağlı olarak delta bandı aktivitesinde artış olabileceğini düşündürmektedir.

Tablo 4. 10. 300–500 ms zaman aralığında delta frekans bandında uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda yaşa göre ortalama güç (W) karşılaştırması

	Kanal	18-25 yaş (W)	26-35 yaş (W)	36-50 yaş (W)	50 üstü (W)	P değeri
uyumsuz	Fz	$3.54e^{-13}(2.96e^{-13}-5.10e^{-13})$	$3.31e^{-13}(2.76e^{-13}-4.95e^{-13})$	$1.16e^{-12}(9.53e^{-13}-1.22e^{-12})$	$4.40e^{-13}(1.95e^{-13}-5.53e^{-13})$	0.03
	FC4	$2.88e^{-13}(1.79e^{-13}-3.77e^{-13})$	$4.05e^{-13}(2.16e^{-13}-4.95e^{-13})$	$7.41e^{-13}(6.18e^{-13}-9.52e^{-13})$	$2.12e^{-13}(1.54e^{-13}-4.00e^{-13})$	0.02
	C4	$2.76e^{-13}(1.47e^{-13}-3.78e^{-13})$	$2.15e^{-13}(1.76e^{-13}-3.50e^{-13})$	$4.95e^{-13}(4.68e^{-13}-5.67e^{-13})$	$1.92e^{-13}(1.33e^{-13}-2.55e^{-13})$	0.02
	P4	$1.85e^{-13}(8.93e^{-14}-3.46e^{-13})$	$1.80e^{-13}(1.57e^{-13}-3.10e^{-13})$	$4.70e^{-13}(4.02e^{-13}-5.80e^{-13})$	$1.36e^{-13}(7.70e^{-14}-1.95e^{-13})$	0.04
	P3	$1.93e^{-13}(6.73e^{-14}-3.17e^{-13})$	$1.98e^{-13}(1.64e^{-13}-2.31e^{-13})$	$3.37e^{-13}(3.20e^{-13}-5.34e^{-13})$	$1.32e^{-13}(1.06e^{-13}-1.45e^{-13})$	0.02
	CP4	$1.88e^{-13}(1.24e^{-13}-3.14e^{-13})$	$2.00e^{-13}(1.61e^{-13}-2.71e^{-13})$	$4.43e^{-13}(4.07e^{-13}-4.82e^{-13})$	$1.71e^{-13}(8.87e^{-14}-2.13e^{-13})$	0.02
	CP3	$1.39e^{-13}(8.06e^{-14}-2.65e^{-13})$	$2.10e^{-13}(1.66e^{-13}-2.57e^{-13})$	$3.65e^{-13}(2.91e^{-13}-5.36e^{-13})$	$1.43e^{-13}(1.19e^{-13}-1.75e^{-13})$	0.02

Şekil 4.19’da 300–500 ms zaman aralığında delta frekans bandında 26-35 yaş ve 36-45 yaş katılımcıların uyumsuz cümleler için güç dağılımı sunulmuştur.



Şekil 4. 19. Delta bandı- 26-35 yaş (solda) ve 36-50 yaş katılımcıların uyumsuz cümleler için güç dağılımı

4.6.4. 300-500 ms Aralığında Teta Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması

300–500 ms zaman aralığında gerçekleştirilen analizde, teta bandında uyumlu ve uyumsuz cümleler karşılaştırıldığında anlamlı bir fark saptanmamıştır.

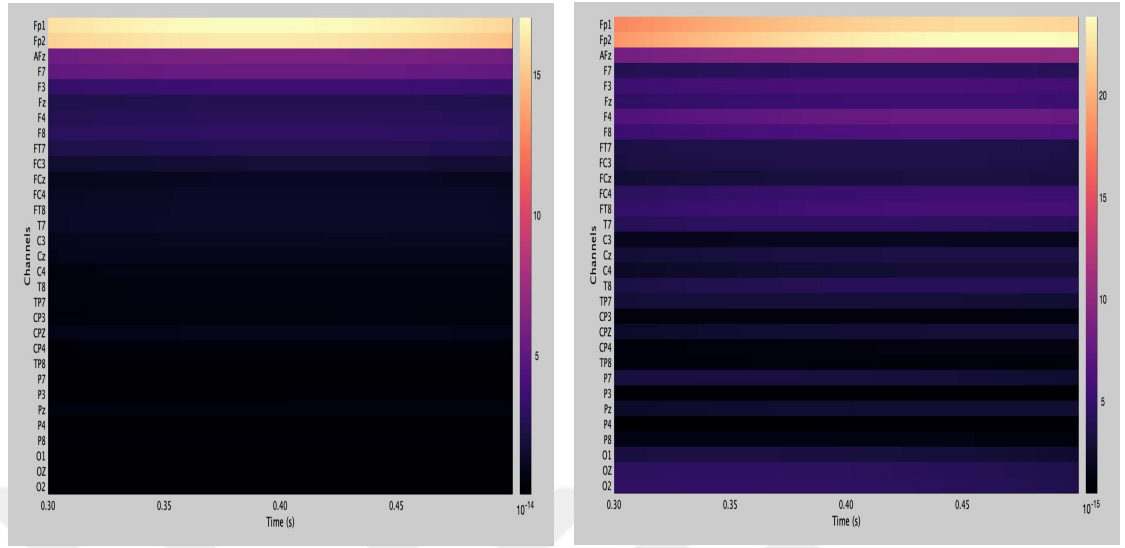
4.6.5. 300-500 ms Aralığında Teta Bandı Cinsiyet Karşılaştırması

300–500 ms zaman aralığında teta bandı gücü açısından cinsiyet farklılıkları incelendiğinde, belirli elektrotlarda istatistiksel olarak anlamlı farklar gözlenmiştir. Özellikle F7, F8, FT7, TP8 ve P8 elektrotlarında uyumlu cümleler sunulurken erkek katılımcılarda kadınlara kıyasla daha yüksek teta gücü değerleri elde edilmiştir ($p < 0.05$). Ek olarak, F7 elektrodunda uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda da erkeklerde teta gücünün anlamlı şekilde daha yüksek olduğu görülmüştür ($p = 0.03$). Bu bulgular, erkeklerde özellikle frontal ve temporo-parietal bölgelerde semantik işlemeye eşlik eden teta aktivitesinin daha belirgin olabileceğine işaret etmektedir.

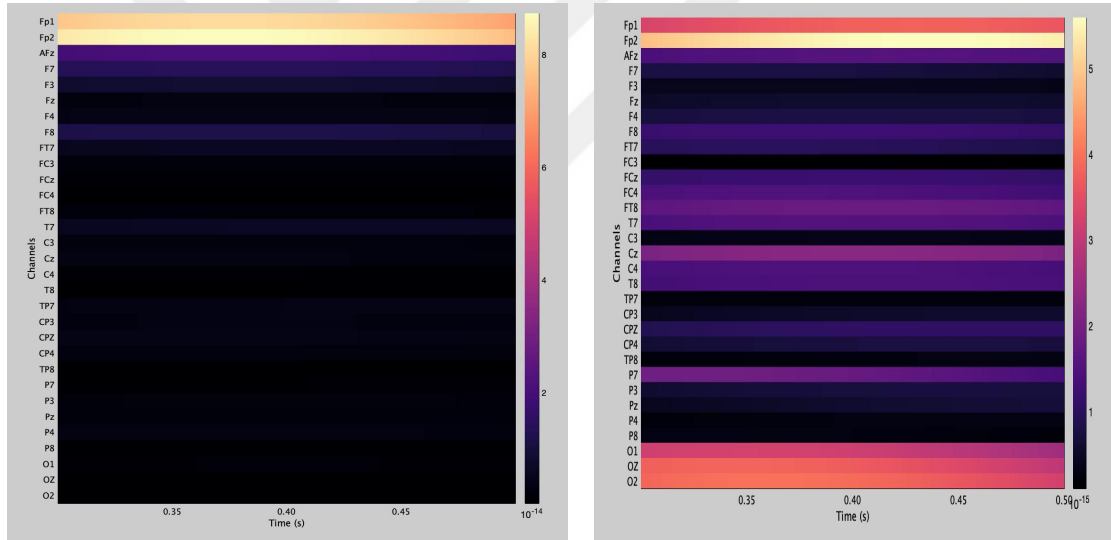
Tablo 4. 11. 300–500 ms zaman aralığında teta frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması

	Kanal	Erkek (W)	Kadın (W)	P değeri
uyumlu	F7	$8.31e^{-14}(5.50e^{-14}-2.15e^{-13})$	$5.16e^{-14}(2.70e^{-14}-8.00e^{-14})$	0.03
	F8	$1.47e^{-13}(3.08e^{-14}-1.94e^{-13})$	$3.32e^{-14}(1.94e^{-14}-5.97e^{-14})$	0.02
	FT7	$7.16e^{-14}(4.29e^{-14}-1.04e^{-13})$	$3.67e^{-14}(2.37e^{-14}-5.62e^{-14})$	0.02
	TP8	$5.06e^{-14}(3.24e^{-14}-1.05e^{-13})$	$2.97e^{-14}(1.69e^{-14}-3.91e^{-14})$	0.04
	P8	$7.96e^{-14}(3.24e^{-14}-1.09e^{-13})$	$3.96e^{-14}(2.33e^{-14}-5.34e^{-14})$	0.03
uyumsuz	F7	$1.45e^{-13}(5.28e^{-14}-3.70e^{-13})$	$5.39e^{-14}(3.59e^{-14}-8.17e^{-14})$	0.03

Şekil 4.20. ve Şekil 4.21’de 300–500 ms zaman aralığında teta frekans bandında erkek ve kadın katılımcıların uyumlu ve uyumsuz cümleler için EEG kanallarında ortalama güç dağılımı sunulmuştur.



Şekil 4. 20. Teta bandı- erkek (solda) ve kadın katılımcıların uyumlu cümleler için güç dağılımı



Şekil 4. 21. Teta bandı- erkek (solda) ve kadın katılımcıların uyumsuz cümleler için güç dağılımı

4.6.6. 300-500 ms Aralığında Teta Bandı Yaş Karşılaştırması

300–500 ms zaman aralığında teta bandında elde edilen veriler incelendiğinde, birçok elektrot bölgesinde yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Özellikle frontal (F3, Fz), santral (FC3, FCz, Cz), parietal (CP3, CPz, P3, P4) ve oksipital (Oz, O1, O2) bölgelerde bu farkların gözlemlenmesi dikkat çekicidir. Uyumlu ve uyumsuz cümle koşullarında tüm yaş gruplarında en düşük teta gücü genellikle 26–35 yaş grubunda, en yüksek değerler ise 50 yaş üstü grupta raporlanmıştır. Ancak, bu farklılıklara rağmen post-hoc olarak uygulanan DSCF testi sonucunda çift gruplar arası anlamlı fark saptanmamıştır. Bu durum, genel farkın

dağılım içinde yayılmış olabileceğini ve spesifik yaş grubu çiftleri arasında güçlü ayrışmaların olmadığını düşündürmektedir.

Tablo 4. 12. 300–500 ms zaman aralığında teta frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda yaşa göre ortalama güç (W) karşılaştırması

	Kanal	18-25 yaş (W)	26-35 yaş (W)	36-50 yaş (W)	50 üstü (W)	P değeri
uyumlu	F3	1.45e ⁻¹³ (1.06e ⁻¹³ -1.63e ⁻¹³)	8.18e ⁻¹⁴ (4.79e ⁻¹⁴ -1.34e ⁻¹³)	1.42e ⁻¹³ (1.14e ⁻¹³ -1.63e ⁻¹³)	5.19e ⁻¹⁴ (3.75e ⁻¹⁴ -1.04e ⁻¹³)	0.03
	CP3	5.06e ⁻¹⁴ (3.81e ⁻¹⁴ -7.67e ⁻¹⁴)	4.88e ⁻¹⁴ (2.48e ⁻¹⁴ -7.44e ⁻¹⁴)	1.24e ⁻¹³ (7.49e ⁻¹⁴ -1.63e ⁻¹³)	3.89e ⁻¹⁴ (1.79e ⁻¹⁴ -4.36e ⁻¹⁴)	0.04
	P3	5.35e ⁻¹⁴ (2.80e ⁻¹⁴ -1.08e ⁻¹³)	4.12e ⁻¹⁴ (2.20e ⁻¹⁴ -6.80e ⁻¹⁴)	1.26e ⁻¹³ (8.63e ⁻¹⁴ -1.32e ⁻¹³)	2.72e ⁻¹⁴ (1.72e ⁻¹⁴ -4.69e ⁻¹⁴)	0.02
	Pz	7.34e ⁻¹⁴ (5.12e ⁻¹⁴ -7.78e ⁻¹⁴)	5.91e ⁻¹⁴ (4.02e ⁻¹⁴ -8.75e ⁻¹⁴)	1.32e ⁻¹³ (8.46e ⁻¹⁴ -1.88e ⁻¹³)	2.94e ⁻¹⁴ (2.44e ⁻¹⁴ -4.41e ⁻¹⁴)	0.03
	P4	6.66e ⁻¹⁴ (6.52e ⁻¹⁴ -8.18e ⁻¹⁴)	4.98e ⁻¹⁴ (2.57e ⁻¹⁴ -7.22e ⁻¹⁴)	1.10e ⁻¹³ (9.07e ⁻¹⁴ -1.46e ⁻¹³)	3.40e ⁻¹⁴ (2.09e ⁻¹⁴ -4.75e ⁻¹⁴)	0.01
	O1	8.43e ⁻¹⁴ (5.37e ⁻¹⁴ -1.09e ⁻¹³)	2.42e ⁻¹⁴ (1.70e ⁻¹⁴ -4.32e ⁻¹⁴)	8.79e ⁻¹⁴ (3.51e ⁻¹⁴ -1.44e ⁻¹³)	6.36e ⁻¹⁴ (2.16e ⁻¹⁴ -8.25e ⁻¹⁴)	0.03
	OZ	8.57e ⁻¹⁴ (4.73e ⁻¹⁴ -1.04e ⁻¹³)	3.77e ⁻¹⁴ (1.70e ⁻¹⁴ -4.28e ⁻¹⁴)	8.61e ⁻¹⁴ (5.46e ⁻¹⁴ -1.36e ⁻¹³)	6.63e ⁻¹⁴ (2.19e ⁻¹⁴ -6.87e ⁻¹⁴)	0.05
	O2	8.50e ⁻¹⁴ (5.05e ⁻¹⁴ -9.48e ⁻¹⁴)	3.69e ⁻¹⁴ (1.49e ⁻¹⁴ -5.85e ⁻¹⁴)	9.08e ⁻¹⁴ (6.73e ⁻¹⁴ -1.24e ⁻¹³)	6.34e ⁻¹⁴ (2.23e ⁻¹⁴ -7.22e ⁻¹⁴)	0.03
uyumsuz	F3	2.03e ⁻¹³ (1.78e ⁻¹³ -2.77e ⁻¹³)	9.46e ⁻¹⁴ (5.86e ⁻¹⁴ -1.61e ⁻¹³)	2.85e ⁻¹³ (1.72e ⁻¹³ -3.20e ⁻¹³)	5.53e ⁻¹⁴ (4.52e ⁻¹⁴ -1.13e ⁻¹³)	0.02
	Fz	3.07e ⁻¹³ (1.73e ⁻¹³ -3.24e ⁻¹³)	9.74e ⁻¹⁴ (6.27e ⁻¹⁴ -1.56e ⁻¹³)	2.84e ⁻¹³ (2.00e ⁻¹³ -3.27e ⁻¹³)	7.85e ⁻¹⁴ (4.76e ⁻¹⁴ -1.20e ⁻¹³)	0.008
	FC3	1.81e ⁻¹³ (8.30e ⁻¹⁴ -2.10e ⁻¹³)	5.91e ⁻¹⁴ (4.14e ⁻¹⁴ -1.41e ⁻¹³)	1.92e ⁻¹³ (1.42e ⁻¹³ -2.40e ⁻¹³)	4.83e ⁻¹⁴ (4.16e ⁻¹⁴ -8.26e ⁻¹⁴)	0.01
	FCz	2.91e ⁻¹³ (1.39e ⁻¹³ -3.35e ⁻¹³)	9.00e ⁻¹⁴ (5.47e ⁻¹⁴ -1.19e ⁻¹³)	2.03e ⁻¹³ (1.16e ⁻¹³ -2.64e ⁻¹³)	5.99e ⁻¹⁴ (4.02e ⁻¹⁴ -8.07e ⁻¹⁴)	0.009
	Cz	1.89e ⁻¹³ (9.19e ⁻¹⁴ -2.35e ⁻¹³)	6.93e ⁻¹⁴ (5.69e ⁻¹⁴ -1.07e ⁻¹³)	1.31e ⁻¹³ (1.06e ⁻¹³ -2.22e ⁻¹³)	4.49e ⁻¹⁴ (3.43e ⁻¹⁴ -7.17e ⁻¹⁴)	0.006
	CP3	4.89e ⁻¹⁴ (2.52e ⁻¹⁴ -1.17e ⁻¹³)	6.05e ⁻¹⁴ (4.56e ⁻¹⁴ -7.89e ⁻¹⁴)	1.28e ⁻¹³ (6.47e ⁻¹⁴ -1.85e ⁻¹³)	3.68e ⁻¹⁴ (1.70e ⁻¹⁴ -4.46e ⁻¹⁴)	0.02
	CPZ	10.00e ⁻¹⁴ (9.09e ⁻¹⁴ -1.83e ⁻¹³)	8.09e ⁻¹⁴ (6.06e ⁻¹⁴ -1.32e ⁻¹³)	1.25e ⁻¹³ (8.24e ⁻¹⁴ -1.99e ⁻¹³)	4.10e ⁻¹⁴ (2.70e ⁻¹⁴ -5.38e ⁻¹⁴)	0.02

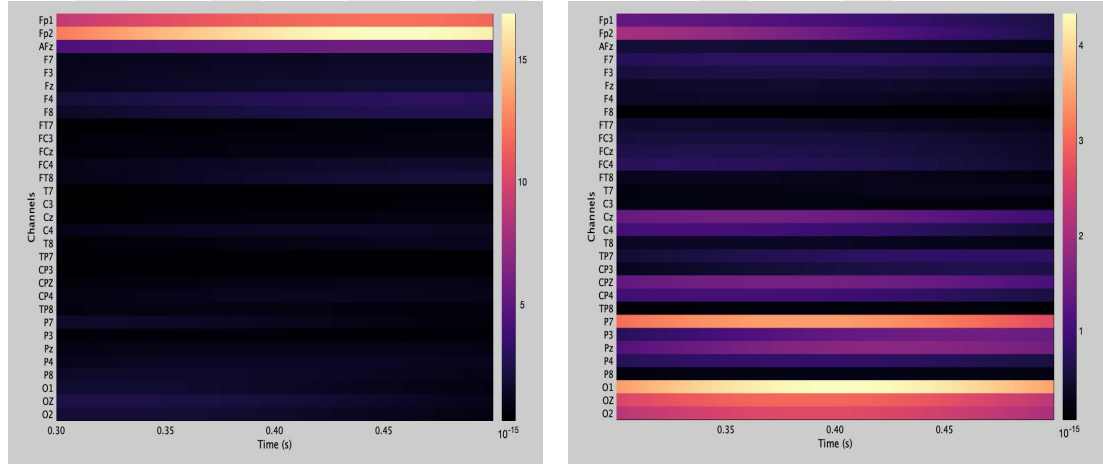
4.6.7. 300-500 ms Aralığında Alfa Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması

Alfa bandındaki aktiviteye ilişkin analiz sonuçları 300–500 ms zaman aralığında, CPz ve Pz elektrotlarında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir. Her iki elektrot bölgesinde de uyumsuz cümleler için ortalama güç değerleri, uyumlu cümlelere kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur ($p = 0.01$ ve $p = 0.02$).

Tablo 4. 13. 300–500 ms Zaman Aralığında Alfa Bandı Güç Değerlerinin Uyumlu ve Uyumsuz Cümle Koşullarına Göre Kanal Bazında Karşılaştırılması

Kanal	Uyumlu koşul (W)	Uyumsuz koşul (W)	P değeri
CPZ	$3.77e^{-14}(2.40e^{-14}-6.45e^{-14})$	$4.55e^{-14}(2.85e^{-14}-1.06e^{-13})$	0.01
PZ	$4.09e^{-14}(2.48e^{-14}-8.36e^{-14})$	$4.71e^{-14}(2.72e^{-14}-1.35e^{-13})$	0.02

Aşağıda, 300–500 ms zaman aralığında alfa frekans bandında uyumlu ve uyumsuz (Şekil 4.22.) cümleler için EEG kanallarında ortalama güç dağılımı sunulmuştur.



Şekil 4. 22. Alfa bandı- uyumlu (solda) ve uyumsuz cümleler için güç dağılımı

4.6.8. 300-500 ms Aralığında Alfa Bandı Cinsiyet Karşılaştırması

300–500 ms aralığında alfa bandı güç değerleri, cinsiyet değişkenine göre incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$). Kadın ve erkek katılımcılar arasında uyumlu ve uyumsuz cümle işlenmesi sırasında alfa bandı aktivitesinde anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir. Bu durum, semantik işleme

sürecinde alfa bandı ile ilişkili cinsiyete özgü farklılıkların belirgin olmadığını göstermektedir.

4.6.9. 300-500 ms Aralığında Alfa Bandı Yaş Karşılaştırması

300–500 ms zaman aralığında alfa bandı güç değerleri yaş gruplarına göre karşılaştırıldığında, yalnızca uyumsuz cümle koşulunda AFz, F3, Fz, C3, Pz ve P4 elektrotlarında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($p < 0.05$). Ancak bu farklılıkların hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek üzere yapılan DSCF çoklu karşılaştırma testi sonucunda, yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Tablo 4. 14. 300–500 ms zaman aralığında teta frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda yaşa göre ortalama güç (W) karşılaştırması

	Kanal	18-25 yaş (W)	26-35 yaş (W)	36-50 yaş (W)	50 üstü (W)	P değeri
uyumsuz	AFz	$6.48e^{-14}(2.74e^{-14}-8.07e^{-14})$	$3.73e^{-14}(2.95e^{-14}-6.49e^{-14})$	$4.77e^{-14}(4.11e^{-14}-6.46e^{-14})$	$1.63e^{-14}(1.20e^{-14}-2.24e^{-14})$	0.02
	F3	$6.50e^{-14}(2.07e^{-14}-7.72e^{-14})$	$3.68e^{-14}(2.52e^{-14}-7.09e^{-14})$	$4.57e^{-14}(3.60e^{-14}-5.12e^{-14})$	$1.75e^{-14}(1.19e^{-14}-1.91e^{-14})$	0.03
	Fz	$6.98e^{-14}(2.66e^{-14}-1.26e^{-13})$	$4.09e^{-14}(2.95e^{-14}-7.60e^{-14})$	$4.08e^{-14}(3.69e^{-14}-6.26e^{-14})$	$1.83e^{-14}(1.08e^{-14}-2.80e^{-14})$	0.04
	C3	$5.37e^{-14}(2.39e^{-14}-9.72e^{-14})$	$2.81e^{-14}(1.88e^{-14}-5.51e^{-14})$	$5.27e^{-14}(4.25e^{-14}-5.91e^{-14})$	$1.92e^{-14}(1.37e^{-14}-2.11e^{-14})$	0.02
	Pz	$1.38e^{-13}(4.84e^{-14}-2.54e^{-13})$	$5.38e^{-14}(2.96e^{-14}-1.32e^{-13})$	$4.95e^{-14}(2.87e^{-14}-7.77e^{-14})$	$2.72e^{-14}(1.97e^{-14}-3.47e^{-14})$	0.04
	P4	$1.10e^{-13}(5.58e^{-14}-1.99e^{-13})$	$4.27e^{-14}(2.19e^{-14}-7.48e^{-14})$	$6.10e^{-14}(4.79e^{-14}-7.63e^{-14})$	$2.00e^{-14}(1.59e^{-14}-3.13e^{-14})$	0.02

4.6.10. 300-500 ms Aralığında Beta Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması

Beta frekans bandında (15–29 Hz), 300–500 ms zaman aralığında uyumlu ve uyumsuz cümleler karşılaştırıldığında, hiçbir elektrot kanalında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0.05$). Bu sonuç, beta bandı osilasyonlarının semantik

uyumsuzluklara duyarlılığının düşük olabileceğini ya da bu zaman penceresinde belirgin bir ayırım yaratmadığını düşündürmektedir.

4.6.11. 300-500 ms Aralığında Beta Bandı Cinsiyet Karşılaştırması

300–500 ms zaman aralığında beta bandı gücü açısından kadın ve erkek katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0.05$). Bu sonuç, beta bandı aktivitesinin bu zaman aralığında cinsiyet faktörüne duyarsız olduğunu göstermektedir.

4.6.12. 300-500 ms Aralığında Beta Bandı Yaş Karşılaştırması

Beta bandı gücü açısından yaş grupları arasında 300–500 ms zaman aralığında anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir ($p>0.05$). Kruskal-Wallis testi sonucunda anlamlı bir fark tespit edilmediğinden, post-hoc analizlere gerek duyulmamıştır. Bu sonuç, yaşı beta bandı etkinliği üzerinde belirgin bir etkisi olmadığını düşündürmektedir.

4.6.13. 300-500 ms Aralığında Gamma 1 Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması

300–500 ms zaman aralığında gamma 1 bandı (30–59 Hz) gücü açısından uyumlu ve uyumsuz cümleler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Bu sonuç, gamma 1 osilasyonlarının semantik uyumsuzluklara karşı duyarlılık göstermediğini ve bu frekans bandının N400 zaman penceresinde ayrılmayı yansıtmadığını düşündürmektedir.

4.6.14. 300-500 ms Aralığında Gamma 1 Bandı Cinsiyet Karşılaştırması

Gamma 1 bandı (30–59 Hz) gücü açısından 300–500 ms zaman aralığında kadın ve erkek katılımcılar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Cinsiyetin bu yüksek frekanslı osilasyonlar üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olmaması, gamma 1 aktivitesinin semantik işlemlerde cinsiyetler arasında farklılık göstermediğini düşündürmektedir.

4.6.15. 300-500 ms Aralığında Gamma1 Bandı Yaş Karşılaştırması

Gamma 1 bandı gücü açısından 300–500 ms zaman aralığında farklı yaş grupları arasında anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir ($p>0.05$). Bu sonuç, gamma 1

osilasyonlarının semantik işleme sürecinde yaşla ilişkili belirgin bir değişim göstermediğini, yaş grupları arasında benzer nöral yanıtların ortaya çıktığını göstermektedir.

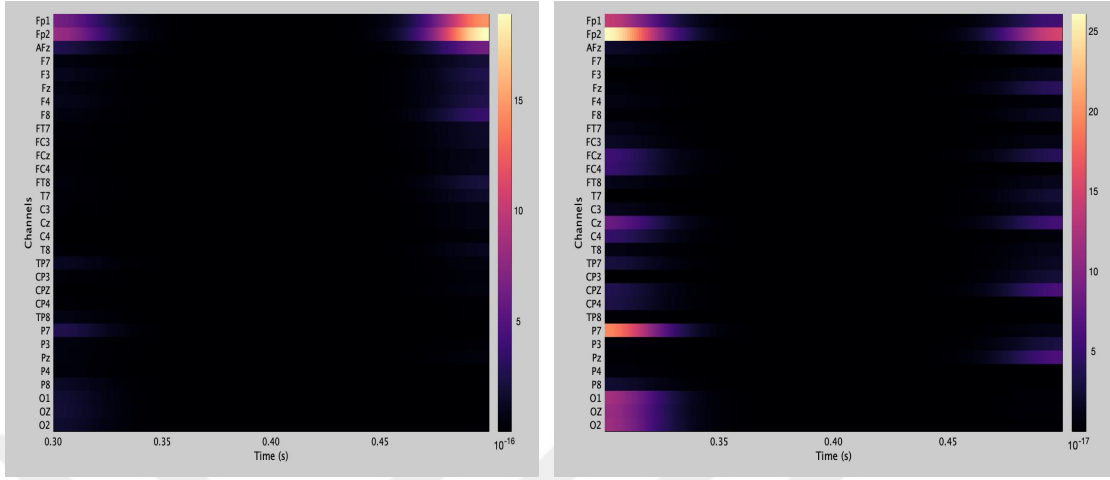
4.6.16. 300-500 ms Aralığında Gamma 2 Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması

Gamma 2 bandında (60–90 Hz), 300–500 ms zaman aralığında uyumlu ve uyumsuz cümleler karşılaştırıldığında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. Özellikle FP1 ($p = 0.01$), FP2 ($p = 0.02$), AFz ($p = 0.04$), F8 ($p = 0.008$), FT8 ($p = 0.008$) ve T8 ($p = 0.02$) elektrotlarında uyumsuz cümlelerin daha düşük güç değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu bulgular, gamma 2 bandındaki osilasyonların frontal ve temporal bölgelerde semantik uyumsuzluklara duyarlılık gösterdiğini ve dilsel işlemlenin yüksek frekanslı nöral senkronizasyonla ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Tablo 4. 15. 300–500 ms Zaman Aralığında Gamma 2 Bandı Güç Değerlerinin Uyumlu ve Uyumsuz Cümle Koşullarına Göre Kanal Bazında Karşılaştırılması

Kanal	Uyumlu koşul (W)	Uyumsuz koşul (W)	P değeri
FP1	$3.80e^{-19}(1.26e^{-19}-2.39e^{-18})$	$3.47e^{-19}(1.21e^{-19}-1.27e^{-18})$	0.01
FP2	$6.09e^{-19}(2.02e^{-19}-2.50e^{-18})$	$3.52e^{-19}(1.35e^{-19}-1.21e^{-18})$	0.02
AFZ	$3.03e^{-19}(1.45e^{-19}-8.28e^{-19})$	$2.70e^{-19}(1.34e^{-19}-5.51e^{-19})$	0.04
F8	$1.44e^{-19}(7.99e^{-20}-6.10e^{-19})$	$1.29e^{-19}(6.49e^{-20}-3.50e^{-19})$	0.008
FT8	$1.21e^{-19}(7.01e^{-20}-4.60e^{-19})$	$1.04e^{-19}(5.31e^{-20}-2.29e^{-19})$	0.008
T8	$1.05e^{-19}(5.65e^{-20}-2.40e^{-19})$	$7.92e^{-20}(4.13e^{-20}-1.76e^{-19})$	0.02

Aşağıda, 300–500 ms zaman aralığında gamma2 frekans bandında uyumlu ve uyumsuz (Şekil 4.23.) cümleler için EEG kanallarında ortalama güç dağılımı sunulmuştur.



Şekil 4. 23. Gamma 2 bandı- uyumlu (solda) ve uyumsuz cümleler için güç dağılımı

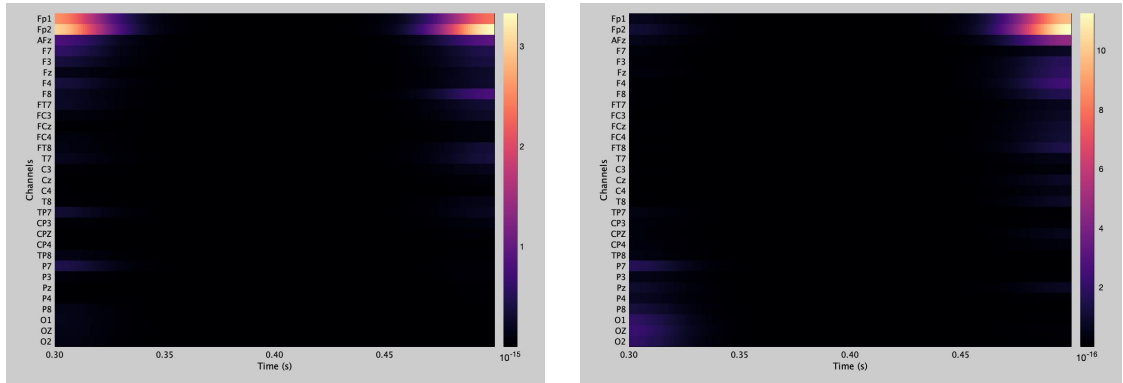
4.6.17. 300-500 ms Aralığında Gamma 2 Bandı Cinsiyet Karşılaştırması

Gamma 2 bandında (60–90 Hz) 300–500 ms zaman aralığında yapılan cinsiyet karşılaştırması, uyumlu cümle koşulunda çeşitli elektrot bölgelerinde anlamlı farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. F8 ($p = 0.01$), FT7 ($p = 0.02$), TP7 ($p = 0.03$), TP8 ($p = 0.009$), P7 ($p = 0.02$), P8 ($p = 0.02$), O1 ($p = 0.01$) ve O2 ($p = 0.02$) elektrotlarında erkek katılımcıların güç değerlerinin kadınlara kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgu, dilsel işleme sırasında cinsiyete bağlı nörofizyolojik farklılıkların gamma bandında da izlenebileceğini göstermektedir.

Tablo 4. 16. 300–500 ms zaman aralığında gamma 2 frekans bandında uyumlu cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması

	Kanal	Erkek (W)	Kadın (W)	P değeri
uyumlu	F8	$5.42e^{-19}(1.42e^{-19}-9.91e^{-19})$	$1.24e^{-19}(7.22e^{-20}-2.93e^{-19})$	0.01
	FT7	$2.67e^{-19}(7.54e^{-20}-4.54e^{-19})$	$1.19e^{-19}(5.66e^{-20}-1.53e^{-19})$	0.02
	TP7	$1.61e^{-19}(8.61e^{-20}-2.63e^{-19})$	$4.98e^{-20}(2.83e^{-20}-1.57e^{-19})$	0.03
	TP8	$1.80e^{-19}(7.13e^{-20}-6.06e^{-19})$	$6.45e^{-20}(3.31e^{-20}-1.36e^{-19})$	0.009
	P7	$2.18e^{-19}(1.11e^{-19}-5.19e^{-19})$	$9.28e^{-20}(3.51e^{-20}-1.88e^{-19})$	0.02
	P8	$1.74e^{-19}(8.80e^{-20}-5.65e^{-19})$	$7.28e^{-20}(3.10e^{-20}-1.22e^{-19})$	0.01
	O1	$1.56e^{-19}(8.20e^{-20}-3.78e^{-19})$	$6.66e^{-20}(3.78e^{-20}-1.08e^{-19})$	0.01
	O2	$1.38e^{-19}(9.57e^{-20}-3.62e^{-19})$	$5.64e^{-20}(3.41e^{-20}-1.07e^{-19})$	0.02

Şekil 4.24’te 300–500 ms zaman aralığında gamma 2 frekans bandında erkek ve kadın katılımcıların uyumlu cümleler için EEG kanallarında ortalama güç dağılımı sunulmuştur.



Şekil 4. 24. Gamma 2 bandı- erkek (solda) ve kadın katılımcıların uyumlu cümleler için güç dağılımı

4.6.18. 300-500 ms Aralığında Gamma 2 Bandı Yaş Karşılaştırması

Gamma 2 bandında hem uyumlu hem de uyumsuz cümle koşullarında yaş grupları arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($p < 0.05$). Uyumlu ve uyumsuz cümle koşullarına göre 18–25, 26–35, 36–50 ve 50 yaş üzeri gruplar arasında fark olup

olmadığını değerlendirmek için Kruskal–Wallis testi uygulanmış, ardından anlamlı sonuçlar için DSCF çoklu karşılaştırma testi yürütölmüştür. Uyumlu cümle koşulunda, özellikle FC3 ve P3 elektrotlarında 18–25 yaş grubu ile 50 yaş üstü grup arasında anlamlı farklılıklar saptanmıştır ($p<0.05$). Bu sonuç, genç bireylerde bu bölgelerde daha yüksek gamma 2 bandı gücü olabileceğini ve yaşla birlikte bu aktivitenin azaldığını düşündürmektedir. Uyumsuz cümle koşulunda ise FT7, FC3, Cz ve C4 elektrotlarında 36–50 yaş grubu ile 50 yaş üzeri grup arasında anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$). Bu bulgu, özellikle semantik uyumsuzluk içeren dil işlemlerinde orta yaş ve ileri yaş grupları arasında bilişsel işlev farklılıklarının gamma frekanslarında yansıma bulunduğunu göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar, gamma 2 bandındaki yaşa bağlı değişimlerin hem semantik uygunluk düzeyine hem de bölgesel beyin aktivitesine göre değişkenlik gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Bu durum, yaşlanma sürecinde nöral osilasyonların dinamik doğasını ve cümle işleme bağlamında gamma frekanslarının duyarlılığını vurgulamaktadır.

Tablo 4. 17. 300–500 ms zaman aralığında gamma 2 frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda yaşa göre ortalama güç (W) karşılaştırması

	Kanal	18-25 yaş (W)	26-35 yaş (W)	36-50 yaş (W)	50 üstü (W)	P değeri
uyumlu	F3	2.88e ⁻¹⁹ (1.69e ⁻¹⁹ -3.75e ⁻¹⁹)	2.49e ⁻¹⁹ (1.26e ⁻¹⁹ -4.18e ⁻¹⁹)	6.12e ⁻¹⁹ (1.57e ⁻¹⁹ -1.10e ⁻¹⁸)	9.40e ⁻²⁰ (5.58e ⁻²⁰ -1.08e ⁻¹⁹)	0.03
	FC3	2.35e ⁻¹⁹ (1.66e ⁻¹⁹ -3.80e ⁻¹⁹)	1.43e ⁻¹⁹ (8.07e ⁻²⁰ -3.20e ⁻¹⁹)	5.51e ⁻¹⁹ (1.30e ⁻¹⁹ -1.00e ⁻¹⁸)	6.65e ⁻²⁰ (3.71e ⁻²⁰ -7.78e ⁻²⁰)	0.006
	FC	1.99e ⁻¹⁹ (1.51e ⁻¹⁹ -5.66e ⁻¹⁹)	1.64e ⁻¹⁹ (9.67e ⁻²⁰ -2.61e ⁻¹⁹)	4.40e ⁻¹⁹ (1.80e ⁻¹⁹ -6.41e ⁻¹⁹)	5.88e ⁻²⁰ (4.61e ⁻²⁰ -1.01e ⁻¹⁹)	0.03
	FC4	2.75e ⁻¹⁹ (1.82e ⁻¹⁹ -5.65e ⁻¹⁹)	1.65e ⁻¹⁹ (8.84e ⁻²⁰ -2.64e ⁻¹⁹)	6.56e ⁻¹⁹ (2.28e ⁻¹⁹ -1.24e ⁻¹⁸)	6.08e ⁻²⁰ (3.69e ⁻²⁰ -1.80e ⁻¹⁹)	0.03
	T7	1.69e ⁻¹⁹ (1.10e ⁻¹⁹ -2.94e ⁻¹⁹)	1.39e ⁻¹⁹ (6.38e ⁻²⁰ -1.77e ⁻¹⁹)	5.06e ⁻¹⁹ (1.55e ⁻¹⁹ -8.83e ⁻¹⁹)	3.23e ⁻²⁰ (2.24e ⁻²⁰ -5.44e ⁻²⁰)	0.01
	CZ	1.97e ⁻¹⁹ (1.21e ⁻¹⁹ -5.40e ⁻¹⁹)	9.74e ⁻²⁰ (6.56e ⁻²⁰ -1.78e ⁻¹⁹)	3.14e ⁻¹⁹ (1.44e ⁻¹⁹ -5.02e ⁻¹⁹)	5.45e ⁻²⁰ (3.96e ⁻²⁰ -6.16e ⁻²⁰)	0.03
	C4	1.41e ⁻¹⁹ (1.29e ⁻¹⁹ -2.09e ⁻¹⁹)	7.67e ⁻²⁰ (4.79e ⁻²⁰ -1.97e ⁻¹⁹)	5.42e ⁻¹⁹ (1.84e ⁻¹⁹ -9.43e ⁻¹⁹)	6.35e ⁻²⁰ (2.58e ⁻²⁰ -8.51e ⁻²⁰)	0.01
	TP7	1.80e ⁻¹⁹ (9.62e ⁻²⁰ -2.33e ⁻¹⁹)	7.67e ⁻²⁰ (3.97e ⁻²⁰ -1.54e ⁻¹⁹)	3.97e ⁻¹⁹ (1.38e ⁻¹⁹ -7.32e ⁻¹⁹)	4.12e ⁻²⁰ (1.65e ⁻²⁰ -7.86e ⁻²⁰)	0.04
	CPZ	1.99e ⁻¹⁹ (1.14e ⁻¹⁹ -2.41e ⁻¹⁹)	1.00e ⁻¹⁹ (5.63e ⁻²⁰ -1.39e ⁻¹⁹)	2.91e ⁻¹⁹ (1.23e ⁻¹⁹ -4.81e ⁻¹⁹)	4.93e ⁻²⁰ (3.41e ⁻²⁰ -5.58e ⁻²⁰)	0.02
	CP4	1.34e ⁻¹⁹ (9.52e ⁻²⁰ -1.56e ⁻¹⁹)	7.72e ⁻²⁰ (5.09e ⁻²⁰ -1.41e ⁻¹⁹)	4.19e ⁻¹⁹ (1.26e ⁻¹⁹ -9.17e ⁻¹⁹)	6.01e ⁻²⁰ (2.74e ⁻²⁰ -6.69e ⁻²⁰)	0.04
	P3	2.21e ⁻¹⁹ (1.40e ⁻¹⁹ -2.55e ⁻¹⁹)	9.39e ⁻²⁰ (3.49e ⁻²⁰ -1.79e ⁻¹⁹)	2.85e ⁻¹⁹ (8.19e ⁻²⁰ -5.18e ⁻¹⁹)	4.57e ⁻²⁰ (3.27e ⁻²⁰ -6.21e ⁻²⁰)	0.03
	PZ	1.13e ⁻¹⁹ (9.26e ⁻²⁰ -2.38e ⁻¹⁹)	1.05e ⁻¹⁹ (6.03e ⁻²⁰ -1.44e ⁻¹⁹)	3.16e ⁻¹⁹ (1.40e ⁻¹⁹ -5.34e ⁻¹⁹)	4.61e ⁻²⁰ (2.82e ⁻²⁰ -6.83e ⁻²⁰)	0.02
	P4	1.51e ⁻¹⁹ (1.00e ⁻¹⁹ -2.07e ⁻¹⁹)	7.11e ⁻²⁰ (5.07e ⁻²⁰ -2.00e ⁻¹⁹)	5.41e ⁻¹⁹ (1.24e ⁻¹⁹ -9.57e ⁻¹⁹)	5.43e ⁻²⁰ (3.70e ⁻²⁰ -6.98e ⁻²⁰)	0.04
uyumsuz	F3	2.94e ⁻¹⁹ (1.48e ⁻¹⁹ -5.51e ⁻¹⁹)	2.44e ⁻¹⁹ (1.57e ⁻¹⁹ -3.13e ⁻¹⁹)	2.73e ⁻¹⁹ (1.95e ⁻¹⁹ -4.39e ⁻¹⁹)	6.67e ⁻²⁰ (4.64e ⁻²⁰ -1.41e ⁻¹⁹)	0.02
	FZ	3.99e ⁻¹⁹ (1.65e ⁻¹⁹ -4.70e ⁻¹⁹)	1.90e ⁻¹⁹ (9.06e ⁻²⁰ -2.58e ⁻¹⁹)	4.85e ⁻¹⁹ (3.81e ⁻¹⁹ -5.46e ⁻¹⁹)	9.94e ⁻²⁰ (6.22e ⁻²⁰ -1.89e ⁻¹⁹)	0.02
	FT7	8.78e ⁻²⁰ (8.07e ⁻²⁰ -2.97e ⁻¹⁹)	1.15e ⁻¹⁹ (9.68e ⁻²⁰ -1.80e ⁻¹⁹)	2.18e ⁻¹⁹ (1.22e ⁻¹⁹ -3.32e ⁻¹⁹)	4.41e ⁻²⁰ (3.55e ⁻²⁰ -5.35e ⁻²⁰)	0.02

FC3	$2.23e^{-19}(1.81e^{-19}-4.84e^{-19})$	$1.47e^{-19}(1.08e^{-19}-1.80e^{-19})$	$1.86e^{-19}(1.70e^{-19}-2.46e^{-19})$	$6.37e^{-20}(3.90e^{-20}-1.03e^{-19})$	0.006
FC4	$3.11e^{-19}(1.95e^{-19}-3.84e^{-19})$	$1.42e^{-19}(9.58e^{-20}-2.04e^{-19})$	$3.09e^{-19}(2.60e^{-19}-3.60e^{-19})$	$8.60e^{-20}(3.48e^{-20}-1.47e^{-19})$	0.02
C3	$2.03e^{-19}(1.37e^{-19}-3.38e^{-19})$	$8.59e^{-20}(7.16e^{-20}-1.31e^{-19})$	$1.23e^{-19}(1.17e^{-19}-1.42e^{-19})$	$3.07e^{-20}(2.66e^{-20}-8.96e^{-20})$	0.02
CZ	$3.46e^{-19}(1.34e^{-19}-4.60e^{-19})$	$1.18e^{-19}(8.32e^{-20}-1.59e^{-19})$	$2.37e^{-19}(1.98e^{-19}-3.01e^{-19})$	$4.30e^{-20}(2.88e^{-20}-1.09e^{-19})$	0.004
C4	$2.16e^{-19}(1.15e^{-19}-4.12e^{-19})$	$9.09e^{-20}(5.67e^{-20}-1.43e^{-19})$	$2.10e^{-19}(2.02e^{-19}-3.01e^{-19})$	$8.74e^{-20}(3.32e^{-20}-1.29e^{-19})$	0.003
CPZ	$2.78e^{-19}(1.96e^{-19}-3.50e^{-19})$	$1.08e^{-19}(8.16e^{-20}-1.47e^{-19})$	$2.18e^{-19}(1.86e^{-19}-2.37e^{-19})$	$5.26e^{-20}(2.88e^{-20}-1.13e^{-19})$	0.005
CP4	$1.19e^{-19}(8.04e^{-20}-2.93e^{-19})$	$7.46e^{-20}(5.17e^{-20}-1.04e^{-19})$	$2.29e^{-19}(1.57e^{-19}-2.84e^{-19})$	$8.52e^{-20}(5.15e^{-20}-1.31e^{-19})$	0.004
PZ	$2.16e^{-19}(1.33e^{-19}-3.47e^{-19})$	$1.04e^{-19}(7.20e^{-20}-1.57e^{-19})$	$1.96e^{-19}(1.75e^{-19}-2.07e^{-19})$	$5.53e^{-20}(2.85e^{-20}-1.45e^{-19})$	0.002
P4	$2.30e^{-19}(7.23e^{-20}-3.09e^{-19})$	$7.38e^{-20}(5.67e^{-20}-1.03e^{-19})$	$2.51e^{-19}(1.57e^{-19}-3.34e^{-19})$	$7.44e^{-20}(5.68e^{-20}-1.17e^{-19})$	0.004

4.7. P600 Olaya İlişkin Potansiyeli Zaman-Frekans Analizi Sonuçları

4.7.1. 500-900 ms Aralığında Delta Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması

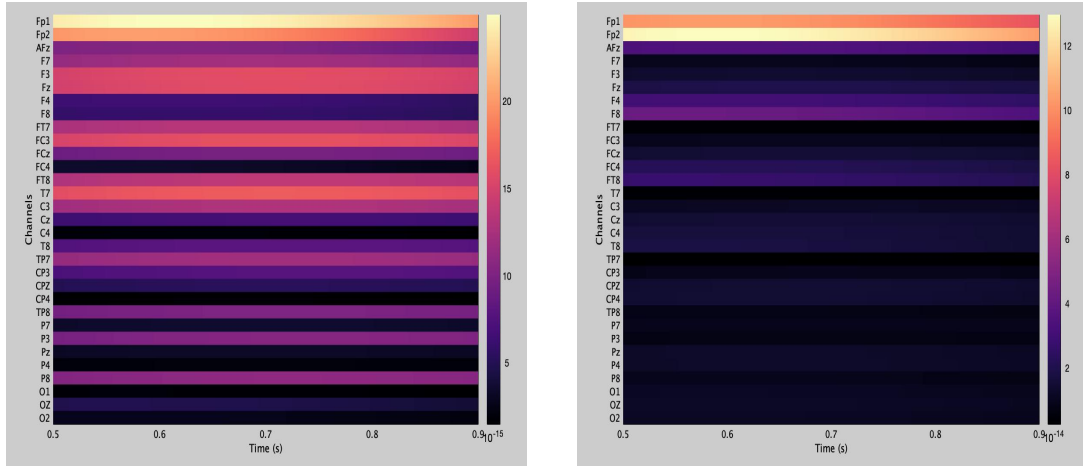
Zaman-frekans analizi sonuçları, 500–900 ms aralığında delta bandındaki sinirsel etkinliğin semantik uyum koşuluna göre anlamlı şekilde farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Özellikle FCz, C3, Cz, C4, CP3, CPz, CP4, P3, Pz ve P4 elektrotlarında anlamlı farklar saptanmıştır ($p < 0.05$). Bu farklar çoğunlukla uyumsuz cümle koşullarında artan delta bandı gücü yönünde gözlenmiştir. Örneğin, FCz kanalında ortalama delta gücü uyumlu cümlelerde 2.27×10^{-13} W (1.54×10^{-13} – 3.18×10^{-13}), uyumsuz cümlelerde ise 3.36×10^{-13} W (2.04×10^{-13} – 4.92×10^{-13}) olarak ölçülmüş ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p = 0.008$). Benzer şekilde, CPz kanalında da uyumlu koşulda 1.91×10^{-13} W (1.07×10^{-13} – 2.48×10^{-13}), uyumsuz koşulda ise 2.29×10^{-13} W (1.62×10^{-13} – 3.53×10^{-13}) değerleri elde edilmiş ve anlamlı fark gözlenmiştir.

($p<0.001$). Bu bulgular, geç dönem delta etkinliğinin semantik bütünlüğün ihlali durumlarında daha belirgin olduğunu göstermektedir. Uyumlu ve uyumsuz cümlelerin ayırımına yönelik bu nöral farklılık, P600 zaman penceresi ile örtüşen bir delta artışıyla ilişkilendirilebilir ve semantik yeniden değerlendirme süreçleriyle bağlantılı olabilir.

Tablo 4. 18. 500-900 ms Zaman Aralığında Delta Bandı Güç Değerlerinin Uyumlu ve Uyumsuz Cümle Koşullarına Göre Kanal Bazında Karşılaştırılması

Kanal	Uyumlu koşul (W)	Uyumsuz koşul (W)	P değeri
FCZ	$2.27e^{-13}(1.54e^{-13}-3.18e^{-13})$	$3.36e^{-13}(2.04e^{-13}-4.92e^{-13})$	0.008
C3	$1.33e^{-13}(8.56e^{-14}-2.36e^{-13})$	$1.86e^{-13}(1.47e^{-13}-3.63e^{-13})$	<0.001
Cz	$2.27e^{-13}(1.47e^{-13}-2.73e^{-13})$	$2.99e^{-13}(1.93e^{-13}-3.98e^{-13})$	0.004
C4	$1.85e^{-13}(1.08e^{-13}-2.71e^{-13})$	$2.33e^{-13}(1.48e^{-13}-3.86e^{-13})$	0.009
CP3	$1.24e^{-13}(7.32e^{-14}-2.00e^{-13})$	$1.69e^{-13}(1.19e^{-13}-2.81e^{-13})$	0.001
CPZ	$1.91e^{-13}(1.07e^{-13}-2.48e^{-13})$	$2.29e^{-13}(1.62e^{-13}-3.53e^{-13})$	<0.001
CP4	$1.42e^{-13}(9.10e^{-14}-2.37e^{-13})$	$2.10e^{-13}(1.26e^{-13}-3.23e^{-13})$	0.001
P3	$1.67e^{-13}(1.20e^{-13}-2.83e^{-13})$	$1.30e^{-13}(7.71e^{-14}-1.95e^{-13})$	0.003
Pz	$1.67e^{-13}(1.02e^{-13}-2.25e^{-13})$	$2.19e^{-13}(1.46e^{-13}-2.94e^{-13})$	0.002
P4	$1.53e^{-13}(8.63e^{-14}-2.20e^{-13})$	$1.85e^{-13}(1.01e^{-13}-3.31e^{-13})$	0.001

Aşağıda, 300–500 ms zaman aralığında delta frekans bandında uyumlu ve uyumsuz (Şekil 4.25.) cümleler için EEG kanallarında ortalama güç dağılımı sunulmuştur.



Şekil 4. 25. Delta bandı- uyumlu (solda) ve uyumsuz cümleler için güç dağılımı

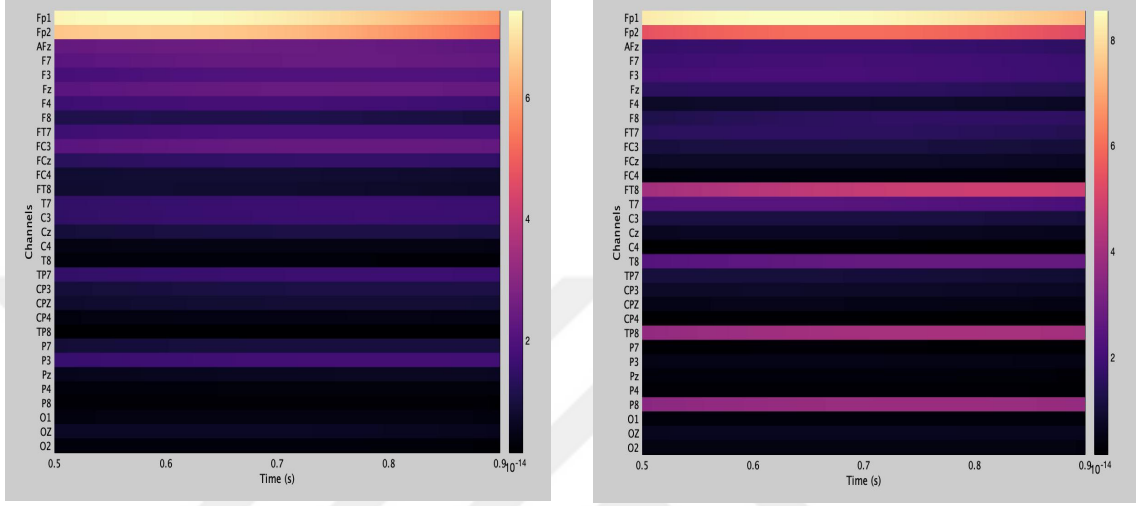
4.7.2. 500-900 ms Aralığında Delta Bandı Cinsiyet Karşılaştırması

500–900 ms zaman aralığında delta bandı gücünün cinsiyet açısından karşılaştırılması sonucunda, hem uyumlu hem de uyumsuz cümle koşullarında bazı frontal ve temporal elektrotlarda anlamlı farklar saptanmıştır. Her iki koşulda da, erkek katılımcıların kadın katılımcılara kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek delta bandı gücüne sahip olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar, cinsiyetin delta bandı osilasyonel yanıtları etkileyebileceğini ortaya koymaktadır.

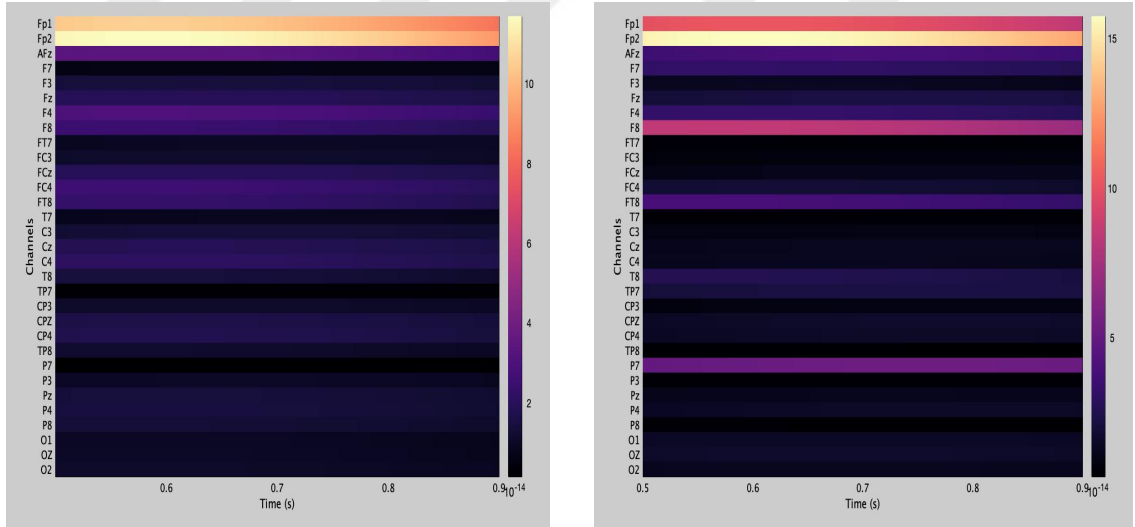
Tablo 4. 19. 500–900 ms zaman aralığında delta frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması

	Kanal	Kadın (W)	Erkek (W)	p değeri
uyumlu	F7	$1.79e^{-13}(1.28e^{-13}-4.19e^{-13})$	$6.21e^{-13}(2.17e^{-13}-1.30e^{-12})$	0.02
	F8	$1.60e^{-13}(1.11e^{-13}-4.27e^{-13})$	$4.82e^{-13}(2.03e^{-13}-1.42e^{-12})$	0.03
	FT7	$1.22e^{-13}(6.46e^{-14}-2.08e^{-13})$	$3.06e^{-13}(2.04e^{-13}-5.67e^{-13})$	0.01
	T7	$8.15e^{-14}(4.30e^{-14}-1.52e^{-13})$	$2.35e^{-13}(8.70e^{-14}-5.98e^{-13})$	0.04
	P7	$9.60e^{-14}(4.57e^{-14}-1.56e^{-13})$	$2.99e^{-13}(8.79e^{-14}-9.34e^{-13})$	0.04
uyumsuz	F7	$1.56e^{-13}(1.06e^{-13}-3.36e^{-13})$	$6.11e^{-13}(2.29e^{-13}-2.64e^{-12})$	0.01
	F8	$1.65e^{-13}(1.02e^{-13}-3.51e^{-13})$	$5.87e^{-13}(2.70e^{-13}-1.18e^{-12})$	0.005
	FT7	$1.12e^{-13}(6.70e^{-14}-1.64e^{-13})$	$4.15e^{-13}(1.33e^{-13}-6.65e^{-13})$	0.005
	FT8	$1.55e^{-13}(8.49e^{-14}-2.15e^{-13})$	$3.70e^{-13}(1.70e^{-13}-8.47e^{-13})$	0.03
	TP7	$6.69e^{-14}(4.67e^{-14}-1.17e^{-13})$	$1.50e^{-13}(7.48e^{-14}-3.80e^{-13})$	0.04
	TP8	$1.02e^{-13}(4.64e^{-14}-1.41e^{-13})$	$2.09e^{-13}(9.71e^{-14}-4.12e^{-13})$	0.01
	P7	$9.98e^{-14}(6.19e^{-14}-2.22e^{-13})$	$2.77e^{-13}(1.10e^{-13}-4.82e^{-13})$	0.03

Şekil 4.26 ve Şekil 4.27’de 500–900 ms zaman aralığında delta frekans bandında erkek ve kadın katılımcıların uyumlu ve uyumsuz cümleler için EEG kanallarında ortalama güç dağılımı sunulmuştur.



Şekil 4. 26. Delta bandı- kadın (solda) ve erkek katılımcıların uyumlu cümleler için güç dağılımı



Şekil 4. 27. Delta bandı- kadın (solda) ve erkek katılımcıların uyumsuz cümleler için güç dağılımı

4.7.3. 500-900 ms Aralığında Delta Bandı Yaş Karşılaştırması

500–900 ms zaman aralığında delta bandı gücüne ilişkin yaş grupları arasındaki farklılıklar incelendiğinde, yalnızca uyumsuz cümle koşulunda bazı elektrotlarda istatistiksel olarak anlamlı farklar gözlemlenmiştir. Kruskal-Wallis testi sonucunda anlamlı fark saptanan bu kanallar için DSCF çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. DSCF sonucuna göre anlamlı farkların tamamı 26–35 yaş grubu ile 36–50 yaş

grubu arasında ortaya çıkmıştır. Spesifik olarak, Fz, FC4, C4, T8, CP4 ve P4 elektrotlarında 36–50 yaş grubundaki bireylerde delta bandı gücünün, 26–35 yaş grubuna kıyasla belirgin şekilde yüksek olduğu bulunmuştur. Örneğin, Fz kanalında 26–35 yaş grubunda ortalama delta gücü 3.17×10^{-13} iken, 36–50 yaş grubunda bu değer 1.11×10^{-12} düzeyine ulaşmıştır.

Tablo 4. 20. 500–900 ms zaman aralığında delta frekans bandında uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda yaşa göre ortalama güç (W) karşılaştırması

		18-25 yaş (W)	26-35 yaş (W)	36-50 yaş (W)	50 üstü (W)	P değeri
uyumsuz	Fz	$3.06e^{-13}$ ($2.25e^{-13}$ - $3.97e^{-13}$)	$3.17e^{-13}$ ($2.13e^{-13}$ - $4.05e^{-13}$)	$1.11e^{-12}$ ($9.93e^{-13}$ - $1.14e^{-12}$)	$4.00e^{-13}$ ($1.79e^{-13}$ - $4.85e^{-13}$)	0.02
	FC4	$2.77e^{-13}$ ($1.91e^{-13}$ - $3.09e^{-13}$)	$3.32e^{-13}$ ($2.06e^{-13}$ - $4.40e^{-13}$)	$6.98e^{-13}$ ($5.17e^{-13}$ - $9.33e^{-13}$)	$1.87e^{-13}$ ($1.10e^{-13}$ - $3.81e^{-13}$)	0.03
	C4	$2.26e^{-13}$ ($1.12e^{-13}$ - $3.85e^{-13}$)	$1.99e^{-13}$ ($1.50e^{-13}$ - $3.00e^{-13}$)	$4.32e^{-13}$ ($4.16e^{-13}$ - $5.30e^{-13}$)	$1.58e^{-13}$ ($1.07e^{-13}$ - $2.42e^{-13}$)	0.02
	T8	$9.24e^{-14}$ ($5.61e^{-14}$ - $1.48e^{-13}$)	$1.44e^{-13}$ ($9.66e^{-14}$ - $1.78e^{-13}$)	$3.03e^{-13}$ ($2.21e^{-13}$ - $1.31e^{-12}$)	$1.36e^{-13}$ ($9.68e^{-14}$ - $2.73e^{-13}$)	0.04
	CP4	$2.12e^{-13}$ ($1.04e^{-13}$ - $3.15e^{-13}$)	$1.78e^{-13}$ ($1.31e^{-13}$ - $2.36e^{-13}$)	$3.90e^{-13}$ ($3.49e^{-13}$ - $4.33e^{-13}$)	$1.56e^{-13}$ ($6.91e^{-14}$ - $2.17e^{-13}$)	0.02
	P4	$1.66e^{-13}$ ($7.23e^{-14}$ - $3.35e^{-13}$)	$1.59e^{-13}$ ($1.21e^{-13}$ - $2.73e^{-13}$)	$4.06e^{-13}$ ($3.64e^{-13}$ - $4.99e^{-13}$)	$1.31e^{-13}$ ($6.03e^{-14}$ - $2.01e^{-13}$)	0.03

4.7.4. 500-900 ms Aralığında Teta Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması

500–900 ms zaman aralığında teta bandı gücü açısından uyumlu ve uyumsuz cümleler arasında yapılan karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Bu sonuç, semantik işlemlenin geç dönemlerine karşılık gelen bu zaman diliminde teta bandı osilasyonlarının, cümle sonundaki semantik uyumsuzluklara duyarlılığının sınırlı olabileceğini göstermektedir.

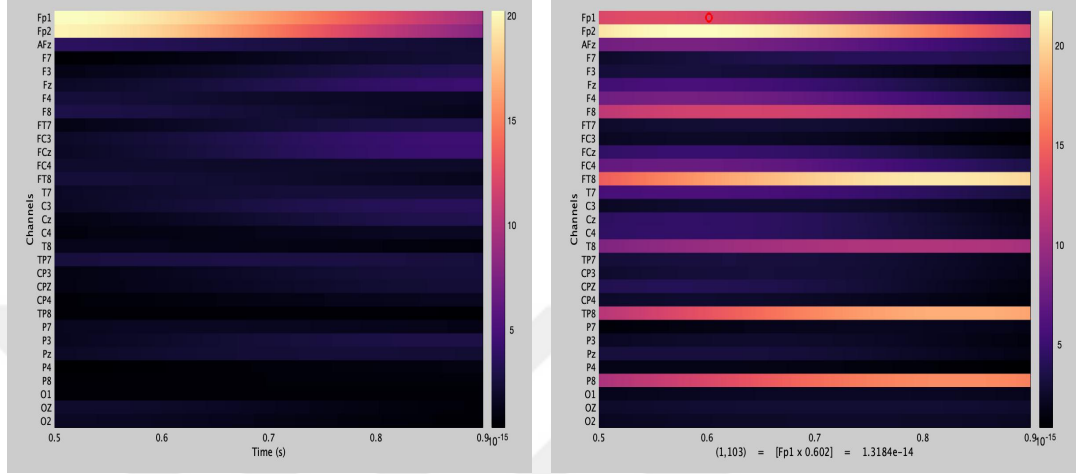
4.7.5. 500-900 ms Aralığında Teta Bandı Cinsiyet Karşılaştırması

Kadın ve erkek katılımcılar 500–900 ms zaman aralığında teta bandı gücü açısından karşılaştırıldığında, uyumsuz cümle koşulunda hiçbir kanalda istatistiksel fark bulunmazken uyumlu cümle koşulunda F8, FT8, T7 ve P7 elektrotlarında erkek katılımcıların anlamlı düzeyde daha yüksek teta gücüne sahip olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Her dört kanalda da erkeklerde teta gücünün yaklaşık 3–5 kat daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu bulgu, geç dönem semantik işlemeyle karşılık gelen zaman aralığında erkeklerin frontal-temporal bölgelerinde daha belirgin teta osilasyonları sergileyebileceğini düşündürmektedir. Teta gücündeki bu cinsiyet farklılığı, erkeklerin semantik süreçlerde farklı bilişsel stratejiler veya dikkat düzeyleri kullanabileceğine işaret edebilir. Ancak, bu sonuçların daha büyük örneklemelerle ve çoklu paradigmalarda desteklenmesi gerekmektedir.

Tablo 4. 21. 500–900 ms zaman aralığında teta frekans bandında uyumlu cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması

	Kanal	Kadın (W)	Erkek (W)	P değeri
uyumlu	F8	$2.64e^{-14}(1.19e^{-14}-7.93e^{-14})$	$9.91e^{-14}(3.14e^{-14}-1.93e^{-13})$	0.03
	FT8	$2.85e^{-14}(1.15e^{-14}-4.97e^{-14})$	$6.08e^{-14}(2.86e^{-14}-1.49e^{-13})$	0.03
	T7	$1.94e^{-14}(8.50e^{-15}-4.27e^{-14})$	$6.36e^{-14}(2.38e^{-14}-8.50e^{-14})$	0.03
	P7	$1.97e^{-14}(1.04e^{-14}-3.70e^{-14})$	$1.03e^{-13}(2.58e^{-14}-2.37e^{-13})$	0.006

Şekil 4.28’de 500–900 ms zaman aralığında delta frekans bandında erkek ve kadın katılımcıların uyumlu ve uyumsuz cümleler için EEG kanallarında ortalama güç dağılımı sunulmuştur.



Şekil 4. 28. Teta bandı- kadın (solda) ve erkek katılımcıların uyumlu cümleler için güç dağılımı

4.7.6. 500-900 ms Aralığında Teta Bandı Yaş Karşılaştırması

500–900 ms zaman aralığında teta bandı gücü bakımından yaş grupları arasında bazı kanallarda anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir ($p < 0.05$). Özellikle F3, FC3, FCz ve P3 elektrotlarında 18–25 yaş grubunun, diğer yaş gruplarına kıyasla daha yüksek teta bandı gücü sergilediği dikkat çekmektedir. Örneğin F3 kanalında 18–25 yaş grubunun ortalaması $9.32e^{-14}$ iken, 26–35 yaş grubunda bu değer $3.20e^{-14}$ ’e düşmüştür. Benzer şekilde, FC3 kanalında genç bireylerde $7.48e^{-14}$ olan değer, 50 yaş üstü bireylerde $4.46e^{-14}$ ’e gerilemiştir.

Uyumsuz cümle koşulunda ise Fp2, F3, Fz, FC3, FCz ve T8 elektrotlarında yaş grupları arasında farklılıklar saptanmıştır. Özellikle Fp2 kanalında 36–50 yaş grubunun ortalama teta gücü ($1.52e^{-12}$), tüm diğer gruplardan yüksek bulunmuştur. Ancak, Kruskal-Wallis testinde anlamlı fark saptanan bu kanallar için yapılan DSCF çoklu karşılaştırma testinde istatistiksel olarak anlamlı bir çift grup farkı tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). Bu durum, gözlemlenen varyasyonların genel eğilimleri ortaya koysa da, ikili grup düzeyinde istatistiksel olarak güçlü bir ayrışmanın olmadığını göstermektedir. Bulgular, yaşa bağlı teta aktivitesindeki değişimlerin olabileceğine işaret etmekle birlikte, bu farkların belirgin ve tutarlı olmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 4. 22. 500–900 ms zaman aralığında teta frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda yaşa göre ortalama güç (W) karşılaştırması

	Kanal	18-25 yaş (W)	26-35 yaş (W)	36-50 yaş (W)	50 üstü (W)	P değeri
uyumlu	F3	9.32e ⁻¹⁴ (8.27e ⁻¹⁴ -1.73e ⁻¹³)	3.20e ⁻¹⁴ (2.55e ⁻¹⁴ -1.02e ⁻¹³)	1.21e ⁻¹³ (7.25e ⁻¹⁴ -1.78e ⁻¹³)	4.77e ⁻¹⁴ (2.41e ⁻¹⁴ -7.79e ⁻¹⁴)	0.04
	FC3	7.48e ⁻¹⁴ (7.27e ⁻¹⁴ -8.26e ⁻¹⁴)	2.89e ⁻¹⁴ (1.99e ⁻¹⁴ -8.07e ⁻¹⁴)	1.09e ⁻¹³ (7.31e ⁻¹⁴ -1.42e ⁻¹³)	4.46e ⁻¹⁴ (2.05e ⁻¹⁴ -4.68e ⁻¹⁴)	0.02
	FCz	9.19e ⁻¹⁴ (7.99e ⁻¹⁴ -1.37e ⁻¹³)	4.77e ⁻¹⁴ (3.80e ⁻¹⁴ -8.75e ⁻¹⁴)	9.08e ⁻¹⁴ (6.82e ⁻¹⁴ -1.35e ⁻¹³)	3.85e ⁻¹⁴ (2.62e ⁻¹⁴ -7.08e ⁻¹⁴)	0.03
	P3	7.45e ⁻¹⁴ (2.24e ⁻¹⁴ -9.89e ⁻¹⁴)	2.71e ⁻¹⁴ (1.53e ⁻¹⁴ -4.41e ⁻¹⁴)	5.25e ⁻¹⁴ (5.04e ⁻¹⁴ -8.03e ⁻¹⁴)	2.03e ⁻¹⁴ (1.24e ⁻¹⁴ -3.63e ⁻¹⁴)	0.04
uyumsuz	Fp2	1.51e ⁻¹³ (9.78e ⁻¹⁴ -2.69e ⁻¹³)	1.06e ⁻¹³ (5.57e ⁻¹⁴ -5.80e ⁻¹³)	1.52e ⁻¹² (5.77e ⁻¹³ -2.29e ⁻¹²)	2.68e ⁻¹³ (4.53e ⁻¹⁴ -5.33e ⁻¹³)	0.03
	F3	9.11e ⁻¹⁴ (8.40e ⁻¹⁴ -2.28e ⁻¹³)	8.15e ⁻¹⁴ (5.19e ⁻¹⁴ -1.32e ⁻¹³)	2.94e ⁻¹³ (1.34e ⁻¹³ -3.90e ⁻¹³)	4.27e ⁻¹⁴ (2.61e ⁻¹⁴ -8.72e ⁻¹⁴)	0.04
	Fz	1.09e ⁻¹³ (8.93e ⁻¹⁴ -1.84e ⁻¹³)	6.65e ⁻¹⁴ (5.76e ⁻¹⁴ -1.14e ⁻¹³)	2.92e ⁻¹³ (2.23e ⁻¹³ -4.76e ⁻¹³)	5.26e ⁻¹⁴ (3.55e ⁻¹⁴ -8.64e ⁻¹⁴)	0.006
	FC3	8.41e ⁻¹⁴ (4.92e ⁻¹⁴ -2.00e ⁻¹³)	5.83e ⁻¹⁴ (3.42e ⁻¹⁴ -8.87e ⁻¹⁴)	1.89e ⁻¹³ (9.72e ⁻¹⁴ -3.31e ⁻¹³)	3.40e ⁻¹⁴ (2.47e ⁻¹⁴ -5.91e ⁻¹⁴)	0.04
	FCz	9.57e ⁻¹⁴ (6.92e ⁻¹⁴ -1.92e ⁻¹³)	5.70e ⁻¹⁴ (3.77e ⁻¹⁴ -7.15e ⁻¹⁴)	2.00e ⁻¹³ (9.80e ⁻¹⁴ -3.09e ⁻¹³)	5.00e ⁻¹⁴ (2.78e ⁻¹⁴ -6.42e ⁻¹⁴)	0.04
	T8	1.61e ⁻¹⁴ (1.25e ⁻¹⁴ -3.58e ⁻¹⁴)	3.36e ⁻¹⁴ (1.81e ⁻¹⁴ -6.34e ⁻¹⁴)	9.32e ⁻¹⁴ (5.63e ⁻¹⁴ -2.60e ⁻¹³)	3.76e ⁻¹⁴ (1.52e ⁻¹⁴ -1.32e ⁻¹³)	0.04

4.7.7. 500-900 ms Aralığında Alfa Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması

Alfa frekans bandında 500–900 ms zaman aralığında, uyumlu ve uyumsuz cümle koşulları arasında yapılan karşılaştırmada her iki koşulda da hiçbir kanalda anlamlı bir fark saptanmamıştır.

4.7.8. 500-900 ms Aralığında Alfa Bandı Cinsiyet Karşılaştırması

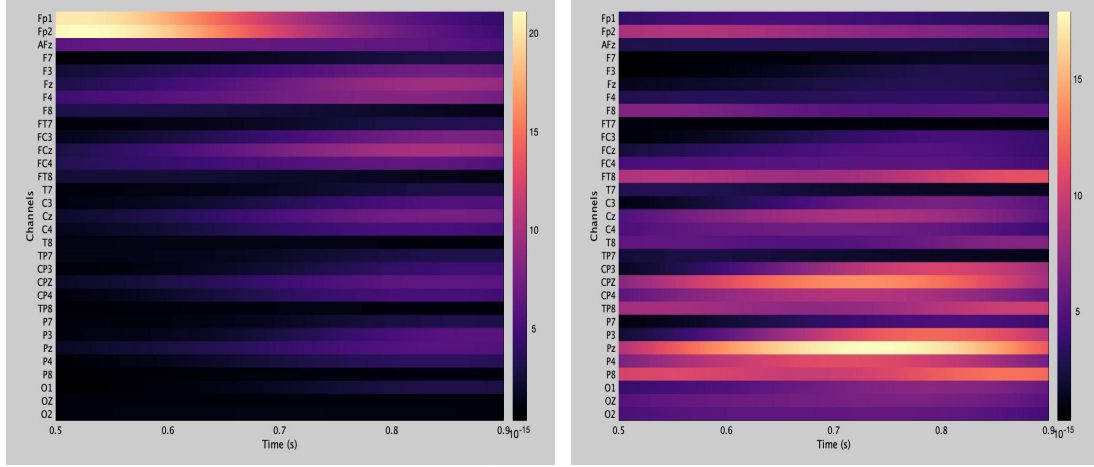
500–900 ms zaman aralığında alfa bandında kadın ve erkek katılımcılar arasında anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir. Uyumlu cümle koşulunda F7, F3, FT7, T7, TP7, P7, O1 ve Oz elektrotlarında erkeklerde alfa bandı gücünün kadınlara kıyasla anlamlı düzeyde

yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Benzer şekilde, uyumsuz cümle koşulunda da Fp1, Fp2, F7, F8, FT8 ve Oz elektrotlarında erkek grubun alfa bandı gücünün kadınlara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, özellikle ön (frontal) ve oksipital bölgelerde cinsiyetler arası osilatuvlar farklılıkların belirginleştiğini düşündürmektedir.

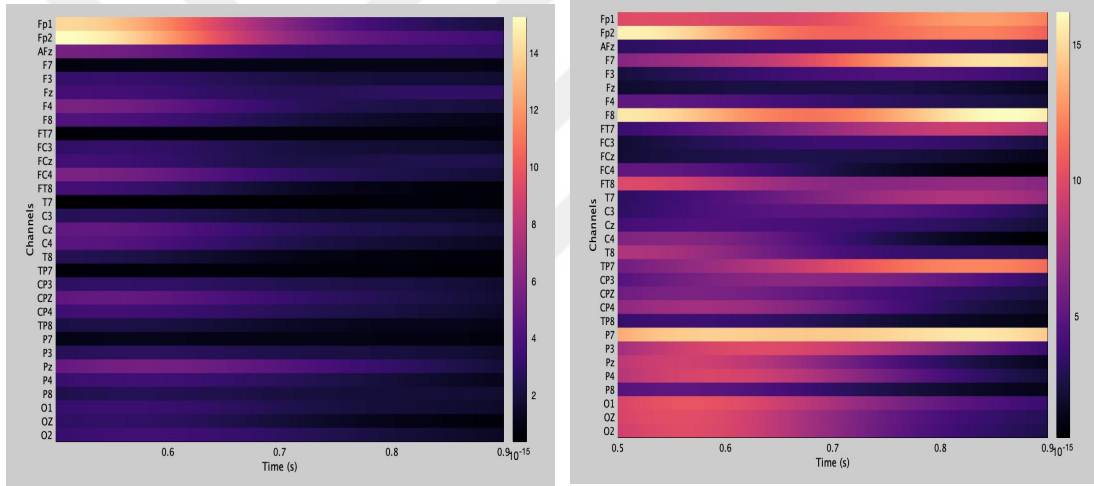
Tablo 4. 23. 500–900 ms zaman aralığında alfa frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması

	Kanal	Kadın (W)	Erkek (W)	P değeri
uyumlu	F7	$1.46e^{-14}(8.92e^{-15}-2.54e^{-14})$	$3.35e^{-14}(1.54e^{-14}-6.61e^{-14})$	0.03
	F3	$2.28e^{-14}(1.19e^{-14}-3.36e^{-14})$	$4.80e^{-14}(2.88e^{-14}-5.40e^{-14})$	0.02
	FT7	$1.43e^{-14}(7.30e^{-15}-2.13e^{-14})$	$3.33e^{-14}(1.26e^{-14}-4.58e^{-14})$	0.04
	T7	$1.10e^{-14}(8.22e^{-15}-1.66e^{-14})$	$3.77e^{-14}(1.51e^{-14}-6.71e^{-14})$	0.006
	TP7	$1.07e^{-14}(5.53e^{-15}-1.76e^{-14})$	$3.79e^{-14}(2.04e^{-14}-9.75e^{-14})$	0.01
	P7	$1.06e^{-14}(5.28e^{-15}-1.85e^{-14})$	$7.69e^{-14}(2.79e^{-14}-1.42e^{-13})$	0.001
	O1	$1.41e^{-14}(1.03e^{-14}-3.13e^{-14})$	$5.40e^{-14}(1.89e^{-14}-1.35e^{-13})$	0.02
	OZ	$1.45e^{-14}(9.81e^{-15}-3.32e^{-14})$	$4.85e^{-14}(1.50e^{-14}-1.19e^{-13})$	0.04
uyumsuz	Fp1	$2.80e^{-14}(1.67e^{-14}-6.22e^{-14})$	$1.53e^{-13}(7.54e^{-14}-2.35e^{-13})$	0.003
	Fp2	$4.50e^{-14}(2.67e^{-14}-1.07e^{-13})$	$1.35e^{-13}(7.86e^{-14}-3.31e^{-13})$	0.006
	F7	$1.25e^{-14}(6.06e^{-15}-3.07e^{-14})$	$3.47e^{-14}(2.52e^{-14}-1.78e^{-13})$	0.03
	F8	$1.61e^{-14}(1.16e^{-14}-2.53e^{-14})$	$4.73e^{-14}(2.56e^{-14}-6.87e^{-14})$	0.003
	FT8	$1.27e^{-14}(8.27e^{-15}-2.29e^{-14})$	$2.52e^{-14}(1.54e^{-14}-7.13e^{-14})$	0.02
	OZ	$1.45e^{-14}(9.89e^{-15}-2.43e^{-14})$	$3.16e^{-14}(1.66e^{-14}-9.35e^{-14})$	0.02

Şekil 4.29 ve Şekil 4.30’da 500–900 ms zaman aralığında alfa frekans bandında erkek ve kadın katılımcıların uyumlu ve uyumsuz cümleler için EEG kanallarında ortalama güç dağılımı sunulmuştur.



Şekil 4. 29. Alfa bandı- kadın (solda) ve erkek katılımcıların uyumlu cümleler için güç dağılımı



Şekil 4. 30. Alfa bandı- kadın (solda) ve erkek katılımcıların uyumsuz cümleler için güç dağılımı

4.7.9. 500-900 ms Aralığında Alfa Bandı Yaş Karşılaştırması

500–900 ms zaman aralığında alfa frekans bandında yaş grupları arasında yapılan karşılaştırmalar sonucunda anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$). Bu bulgu, yaşın bu zaman dilimindeki alfa osilasyonları üzerinde belirgin bir etkisi olmadığını göstermektedir.

4.7.10. 500-900 ms Aralığında Beta Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması

500–900 ms zaman aralığında beta frekans bandı (15–29 Hz) için yapılan analizlerde, semantik olarak uyumlu ve uyumsuz cümleler arasında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0.05$).

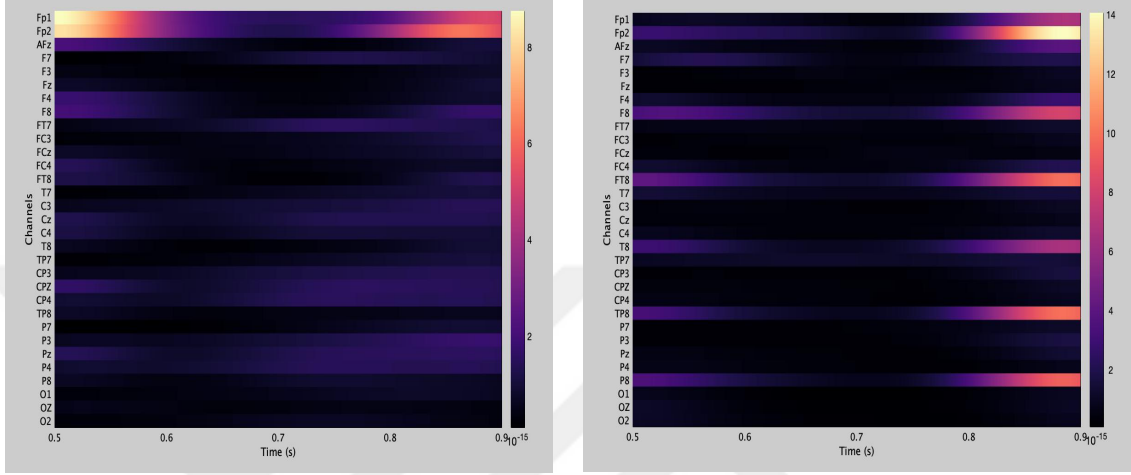
4.7.11. 500-900 ms Aralığında Beta Bandı Cinsiyet Karşılaştırması

500–900 ms zaman aralığında beta bandı aktivitesi açısından yapılan cinsiyet karşılaştırmasında birçok elektrot bölgesinde anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir. Kadın katılımcılara kıyasla erkek katılımcıların, özellikle sol frontal (FT7: $p=0.03$), temporal (T7: $p<0.001$), posterior temporal (TP7: $p<0.001$), parietal (P7: $p<0.001$) ve oksipital (O1: $p=0.004$, OZ: $p=0.008$, O2: $p=0.002$) bölgelerde daha yüksek beta gücü gösterdiği bulunmuştur. Aynı zamanda uyumsuz koşula ait analizlerde de FT8 ($p=0.04$), T8 ($p=0.02$) ve TP7 ($p=0.04$) kanallarında erkeklerde anlamlı olarak daha yüksek beta gücü gözlenmiştir.

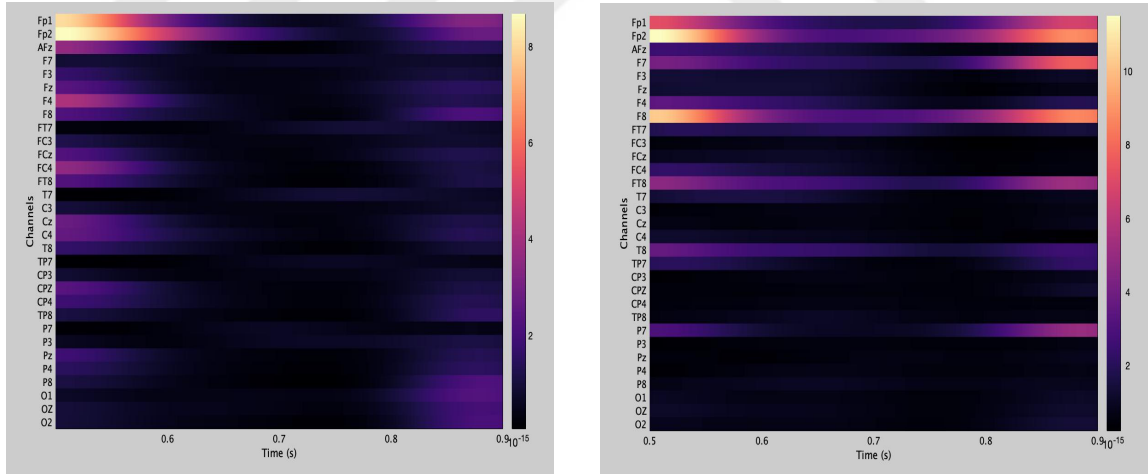
Tablo 4. 24. 500–900 ms zaman aralığında beta frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması

	Kanal	Kadın (W)	Erkek (W)	P değeri
uyumlu	FT7	$8.01e^{-15}(4.81e^{-15}-1.00e^{-14})$	$1.62e^{-14}(6.12e^{-15}-1.98e^{-14})$	0.03
	T7	$6.72e^{-15}(3.73e^{-15}-8.72e^{-15})$	$1.68e^{-14}(1.22e^{-14}-1.90e^{-14})$	<0.001
	T8	$6.55e^{-15}(4.51e^{-15}-10.00e^{-15})$	$1.12e^{-14}(7.65e^{-15}-2.32e^{-14})$	0.02
	TP7	$4.59e^{-15}(3.76e^{-15}-7.65e^{-15})$	$1.89e^{-14}(8.02e^{-15}-2.83e^{-14})$	<0.001
	P7	$5.14e^{-15}(3.67e^{-15}-6.96e^{-15})$	$1.93e^{-14}(1.08e^{-14}-3.55e^{-14})$	<0.001
	O1	$5.10e^{-15}(3.99e^{-15}-7.57e^{-15})$	$1.76e^{-14}(8.31e^{-15}-2.56e^{-14})$	0.004
	OZ	$5.46e^{-15}(3.48e^{-15}-8.06e^{-15})$	$1.12e^{-14}(6.90e^{-15}-2.53e^{-14})$	0.008
	O2	$5.18e^{-15}(3.62e^{-15}-7.84e^{-15})$	$1.19e^{-14}(7.17e^{-15}-2.55e^{-14})$	0.002
uyumsuz	FT8	$6.55e^{-15}(3.91e^{-15}-1.08e^{-14})$	$1.11e^{-14}(6.56e^{-15}-2.69e^{-14})$	0.04
	T8	$6.19e^{-15}(4.02e^{-15}-1.01e^{-14})$	$1.29e^{-14}(6.92e^{-15}-2.07e^{-14})$	0.02
	TP7	$5.69e^{-15}(3.16e^{-15}-7.18e^{-15})$	$9.22e^{-15}(6.04e^{-15}-2.27e^{-14})$	0.04

Şekil 4.31. ve Şekil 4.32’de 500–900 ms zaman aralığında deta frekans bandında kadın ve erkek katılımcıların uyumlu ve uyumsuz cümleler için EEG kanallarında ortalama güç dağılımı sunulmuştur.



Şekil 4. 31. Beta bandı- kadın (solda) ve erkek katılımcıların uyumlu cümleler için güç dağılımı



Şekil 4. 32. Beta bandı- kadın (solda) ve erkek katılımcıların uyumsuz cümleler için güç dağılımı

4.7.12. 500-900 ms Aralığında Beta Bandı Yaş Karşılaştırması

Yaş grupları arasında 500–900 ms zaman aralığında beta bandı güç değerlerinin karşılaştırıldığı analizlerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$). Bu sonuç, geç dönem bilişsel işleme sürecine karşılık gelen beta osilasyonlarının yaş grupları arasında homojen dağılım gösterdiğini ve yaş değişkeninin bu frekans bandındaki aktivite üzerinde belirleyici bir etkisi olmadığını göstermektedir.

4.7.13. 500-900 ms Aralığında Gamma 1 Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması

500–900 ms zaman aralığında gamma 1 bandı (30–59 Hz) güç değerleri açısından uyumlu ve uyumsuz cümleler karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Bu sonuç, geç dönem semantik işleme sürecinde gamma 1 osilasyonlarının cümle anlam bütünlüğüne duyarlı olarak farklılaşmadığını göstermektedir.

4.7.14. 500-900 ms Aralığında Gamma 1 Bandı Cinsiyet Karşılaştırması

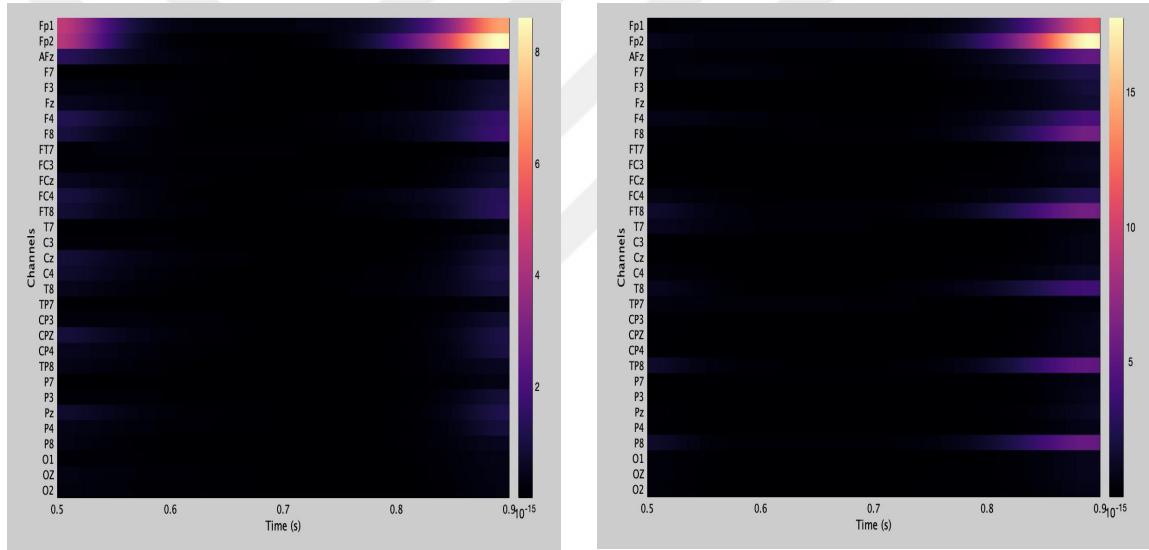
Gamma 1 frekans bandında 500–900 ms zaman aralığında kadın ve erkek katılımcılar karşılaştırıldığında birçok elektrot bölgesinde anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. Özellikle uyumlu cümle koşulunda F7, FT7, TP7, CP3, P3, Pz, P4, P8, O1, Oz ve O2 elektrotlarında erkek katılımcılarda anlamlı düzeyde daha yüksek gamma 1 bandı gücü elde edilmiştir ($p<0.05$). Uyumlu koşulda anlamlı fark gösteren bölgeler genellikle frontal, parietal ve oksipital alanlarda yoğunlaşmıştır. Uyumsuz cümle koşulunda da benzer şekilde erkeklerde daha yüksek güç değerleri saptanmış ve FT7, FT8, T7, T8, TP7, CP4, TP8, P7, P3, Pz, P4, P8, Oz ve O2 elektrotlarında anlamlı farklılıklar ortaya çıkmıştır ($p<0.05$). Bu bulgular, geç dönem gamma 1 osilasyonlarının cinsiyetle ilişkili olarak farklılık gösterdiğini ve bu etkinin hem semantik uyumlu hem de uyumsuz dil işleme sırasında yaygın kortikal bölgeleri kapsadığını göstermektedir.

Tablo 4. 25. 500–900 ms zaman aralığında gamma 1 frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması

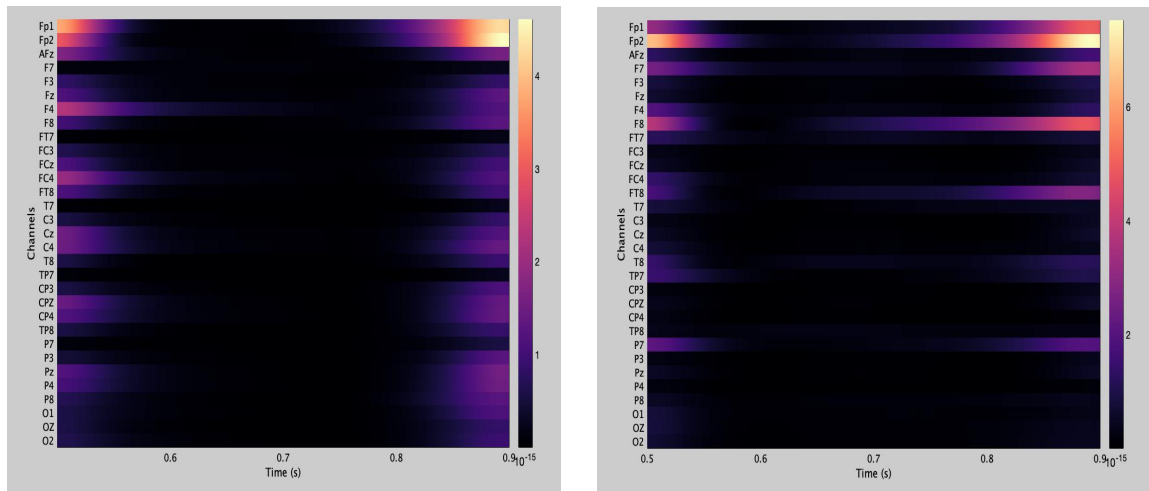
	Kanal	Kadın (W)	Erkek (W)	P değeri
uyumlu	F7	$9.18e^{-16}(6.19e^{-16}-2.07e^{-15})$	$2.08e^{-15}(1.02e^{-15}-4.31e^{-15})$	0.04
	FT7	$6.68e^{-16}(4.19e^{-16}-1.20e^{-15})$	$1.51e^{-15}(7.68e^{-16}-3.51e^{-15})$	0.02
	TP7	$4.46e^{-16}(3.14e^{-16}-7.37e^{-16})$	$2.27e^{-15}(6.28e^{-16}-4.23e^{-15})$	0.004
	CP3	$3.32e^{-16}(2.16e^{-16}-6.90e^{-16})$	$9.06e^{-16}(4.70e^{-16}-1.19e^{-15})$	0.02
	TP8	$6.30e^{-16}(2.38e^{-16}-8.70e^{-16})$	$1.02e^{-15}(6.62e^{-16}-5.12e^{-15})$	0.03
	P7	$5.74e^{-16}(3.91e^{-16}-7.39e^{-16})$	$3.29e^{-15}(9.34e^{-16}-6.96e^{-15})$	<0.001
	P3	$4.63e^{-16}(2.54e^{-16}-8.48e^{-16})$	$9.84e^{-16}(5.67e^{-16}-1.29e^{-15})$	0.02
	Pz	$3.85e^{-16}(1.51e^{-16}-8.55e^{-16})$	$7.41e^{-16}(5.29e^{-16}-1.44e^{-15})$	0.04
	P4	$4.83e^{-16}(2.33e^{-16}-1.02e^{-15})$	$8.58e^{-16}(5.90e^{-16}-2.09e^{-15})$	0.05
	P8	$4.70e^{-16}(2.70e^{-16}-8.69e^{-16})$	$1.75e^{-15}(7.21e^{-16}-6.50e^{-15})$	0.002
	O1	$5.04e^{-16}(3.03e^{-16}-7.15e^{-16})$	$2.06e^{-15}(6.86e^{-16}-4.14e^{-15})$	0.003
	OZ	$5.11e^{-16}(2.28e^{-16}-7.40e^{-16})$	$1.74e^{-15}(7.57e^{-16}-4.49e^{-15})$	0.003
	O2	$4.35e^{-16}(3.12e^{-16}-7.26e^{-16})$	$2.44e^{-15}(7.54e^{-16}-4.94e^{-15})$	0.002
uyumsuz	F8	$1.06e^{-15}(4.85e^{-16}-2.68e^{-15})$	$2.68e^{-15}(1.70e^{-15}-5.57e^{-15})$	0.03
	FT7	$6.92e^{-16}(3.39e^{-16}-1.13e^{-15})$	$1.52e^{-15}(7.34e^{-16}-2.46e^{-15})$	0.01
	FT8	$1.01e^{-15}(3.87e^{-16}-2.37e^{-15})$	$1.98e^{-15}(1.13e^{-15}-7.74e^{-15})$	0.02
	T7	$4.85e^{-16}(2.84e^{-16}-7.75e^{-16})$	$1.24e^{-15}(6.15e^{-16}-3.02e^{-15})$	0.008
	T8	$8.30e^{-16}(2.99e^{-16}-1.58e^{-15})$	$1.75e^{-15}(9.42e^{-16}-3.73e^{-15})$	0.02
	TP7	$5.85e^{-16}(2.17e^{-16}-1.07e^{-15})$	$2.23e^{-15}(6.24e^{-16}-3.15e^{-15})$	0.02
	CP4	$5.36e^{-16}(2.95e^{-16}-9.67e^{-16})$	$1.28e^{-15}(5.17e^{-16}-1.98e^{-15})$	0.04
	TP8	$5.06e^{-16}(2.47e^{-16}-1.01e^{-15})$	$1.70e^{-15}(8.54e^{-16}-3.40e^{-15})$	0.008
	P7	$5.44e^{-16}(3.29e^{-16}-1.03e^{-15})$	$1.64e^{-15}(6.01e^{-16}-3.57e^{-15})$	0.02
	P3	$5.40e^{-16}(3.04e^{-16}-7.81e^{-16})$	$8.83e^{-16}(5.44e^{-16}-1.99e^{-15})$	0.02
	Pz	$4.89e^{-16}(2.93e^{-16}-9.09e^{-16})$	$9.99e^{-16}(5.91e^{-16}-1.82e^{-15})$	0.02

P4	$5.39e^{-16}(2.74e^{-16}-8.42e^{-16})$	$1.22e^{-15}(8.82e^{-16}-1.81e^{-15})$	0.007
P8	$4.84e^{-16}(2.65e^{-16}-1.06e^{-15})$	$1.73e^{-15}(1.03e^{-15}-4.38e^{-15})$	0.01
OZ	$4.99e^{-16}(3.46e^{-16}-8.54e^{-16})$	$1.79e^{-15}(8.39e^{-16}-3.02e^{-15})$	0.004
O2	$5.42e^{-16}(3.13e^{-16}-1.04e^{-15})$	$2.01e^{-15}(9.49e^{-16}-3.00e^{-15})$	0.009

Şekil 4.33 ve Şekil 4.34'te 500–900 ms zaman aralığında gamma 1 frekans bandında kadın ve erkek katılımcıların uyumlu ve uyumsuz cümleler için EEG kanallarında ortalama güç dağılımı sunulmuştur.



Şekil 4. 33. Gamma 1 bandı- kadın (solda) ve erkek katılımcıların uyumlu cümleler için güç dağılımı



Şekil 4. 34. Gamma 1 bandı- kadın (solda) ve erkek katılımcıların uyumsuz cümleler için güç dağılımı

4.7.15. 500-900 ms Aralığında Gamma 1 Bandı Yaş Karşılaştırması

Gamma 1 frekans bandında (30–59 Hz), 500–900 ms zaman aralığında farklı yaş grupları arasında yapılan karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p>0.05$). Bu sonuç, geç dönem gamma 1 osilasyonlarının yaş grupları arasında benzer bir dağılım gösterdiğini ve yaşın bu zaman aralığında gamma 1 aktivitesi üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

4.7.16. 500-900 ms Aralığında Gamma 2 Bandı Uyumlu ve Uyumsuz Cümleler Karşılaştırması

Gamma 2 frekans bandında (60–90 Hz), 500–900 ms zaman aralığında uyumlu ve uyumsuz cümle koşulları arasında yapılan karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Bu bulgu, geç dönem gamma 2 osilasyonlarının semantik uyum farklılıklarına duyarlı olmadığını ve gamma 2 bandındaki aktivitenin bu zaman penceresinde cümle türlerinden bağımsız şekilde seyrettiğini göstermektedir.

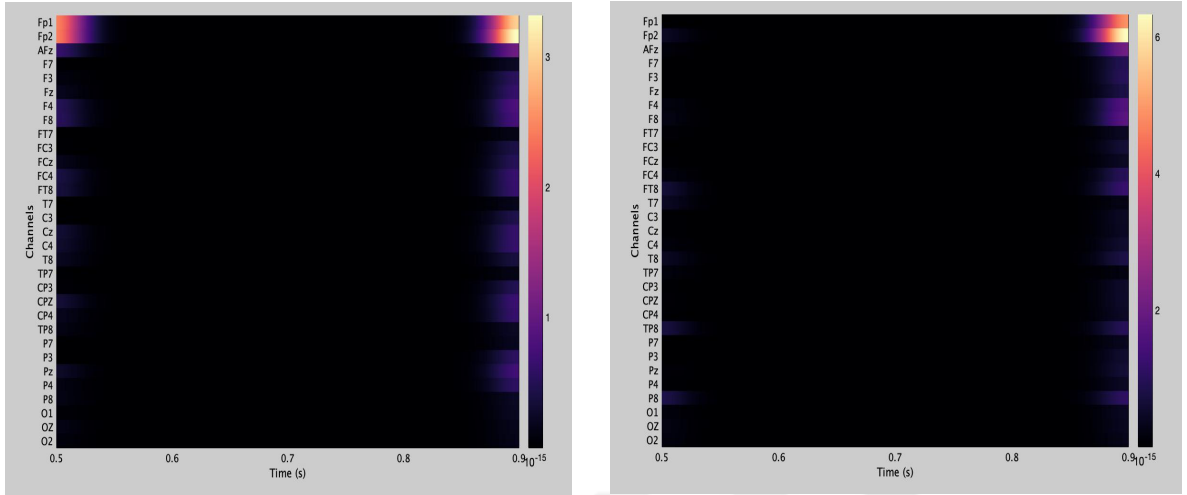
4.7.17. 500-900 ms Aralığında Gamma 2 Bandı Cinsiyet Karşılaştırması

Gamma 2 bandında 500–900 ms zaman aralığında yapılan analizlerde, cinsiyetler arasında özellikle uyumlu cümle koşulunda belirgin farklılıklar gözlenmiştir. Bu farklılıklar frontal, temporal, parietal ve oksipital bölgelerde yaygın olarak görülmüş ve erkek katılımcıların gamma 2 gücü anlamlı şekilde daha yüksek çıkmıştır ($p<0.05$). Uyumsuz cümle koşulunda ise yalnızca bazı frontal ve temporal bölgelerde cinsiyete bağlı anlamlı farklar gözlemlenmiştir. Bu durum, geç dönem gamma 2 aktivitesinin cinsiyete bağlı olarak özellikle semantik bütünlük içeren cümlelerde daha güçlü bir şekilde ortaya çıktığını göstermektedir.

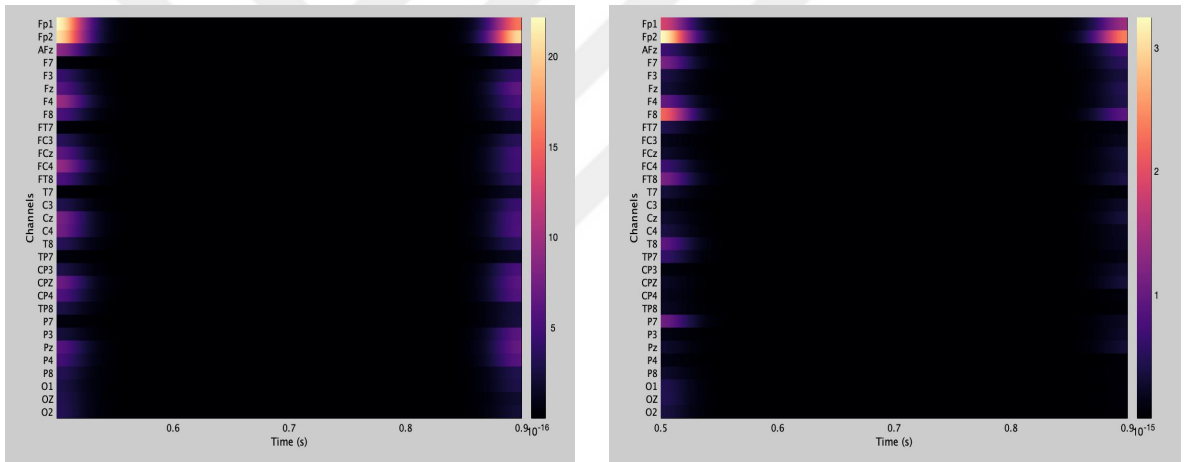
Tablo 4. 26. 500–900 ms zaman aralığında gamma 2 frekans bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelere verilen yanıtlarda cinsiyete göre ortalama güç (W) karşılaştırması

	Kanal	Kadın (W)	Erkek (W)	P değeri
uyumlu	Fp1	$2.72e^{-17}(1.50e^{-17}-8.75e^{-17})$	$1.43e^{-16}(3.98e^{-17}-4.53e^{-16})$	0.03
	F7	$9.34e^{-18}(3.07e^{-18}-1.96e^{-17})$	$2.29e^{-17}(1.37e^{-17}-8.74e^{-17})$	0.04
	F4	$1.37e^{-17}(6.59e^{-18}-2.44e^{-17})$	$5.10e^{-17}(2.07e^{-17}-7.85e^{-17})$	0.03
	F8	$1.09e^{-17}(5.77e^{-18}-3.19e^{-17})$	$6.89e^{-17}(2.53e^{-17}-1.70e^{-16})$	0.005
	FT7	$6.10e^{-18}(1.75e^{-18}-1.28e^{-17})$	$2.85e^{-17}(7.59e^{-18}-6.23e^{-17})$	0.01
	FT8	$1.13e^{-17}(3.18e^{-18}-2.92e^{-17})$	$4.98e^{-17}(5.10e^{-18}-1.29e^{-16})$	0.02
	T7	$4.69e^{-18}(1.93e^{-18}-1.25e^{-17})$	$3.91e^{-17}(7.37e^{-18}-6.44e^{-17})$	0.01
	T8	$6.22e^{-18}(2.48e^{-18}-1.85e^{-17})$	$4.04e^{-17}(5.28e^{-18}-1.03e^{-16})$	0.02
	TP7	$5.51e^{-18}(1.43e^{-18}-1.55e^{-17})$	$2.96e^{-17}(7.83e^{-18}-9.32e^{-17})$	0.007
	TP8	$5.71e^{-18}(1.14e^{-18}-7.91e^{-18})$	$2.98e^{-17}(9.44e^{-18}-1.07e^{-16})$	<0.001
	P7	$5.22e^{-18}(2.09e^{-18}-1.22e^{-17})$	$5.77e^{-17}(1.28e^{-17}-1.46e^{-16})$	0.01
	P8	$4.16e^{-18}(1.39e^{-18}-8.83e^{-18})$	$3.81e^{-17}(1.17e^{-17}-1.11e^{-16})$	<0.001
	O1	$6.18e^{-18}(2.09e^{-18}-9.53e^{-18})$	$4.09e^{-17}(7.68e^{-18}-9.52e^{-17})$	0.004
	OZ	$3.21e^{-18}(1.94e^{-18}-7.91e^{-18})$	$2.18e^{-17}(6.31e^{-18}-9.72e^{-17})$	0.002
	O2	$2.59e^{-18}(1.62e^{-18}-6.53e^{-18})$	$1.74e^{-17}(7.26e^{-18}-1.04e^{-16})$	0.001
uyumsuz	FT8	$8.57e^{-18}(1.73e^{-18}-1.51e^{-17})$	$1.91e^{-17}(1.11e^{-17}-1.00e^{-16})$	0.02
	T7	$3.83e^{-18}(1.18e^{-18}-1.29e^{-17})$	$1.29e^{-17}(4.82e^{-18}-3.21e^{-17})$	0.04
	TP8	$4.81e^{-18}(1.92e^{-18}-9.79e^{-18})$	$1.29e^{-17}(5.27e^{-18}-7.02e^{-17})$	0.02
	P7	$5.05e^{-18}(2.84e^{-18}-1.41e^{-17})$	$1.58e^{-17}(6.45e^{-18}-5.29e^{-17})$	0.02

Şekil 4.35 ve Şekil 4.36’da 500–900 ms zaman aralığında gamma 2 frekans bandında kadın ve erkek katılımcıların uyumlu ve uyumsuz cümleler için EEG kanallarında ortalama güç dağılımı sunulmuştur.



Şekil 4. 35. Gamma 2 bandı- kadın (solda) ve erkek katılımcıların uyumlu cümleler için güç dağılımı



Şekil 4. 36. Gamma 2 bandı- kadın (solda) ve erkek katılımcıların uyumsuz cümleler için güç dağılımı

4.7.18. 500-900 ms Aralığında Gamma 2 Bandı Yaş Karşılaştırması

Gamma 2 bandı için 500–900 ms zaman aralığında yapılan yaş grubu karşılaştırmalarında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$). Kruskal–Wallis testi sonucunda elde edilen bulgular, yaşın geç dönem gamma 2 gücü üzerinde belirgin bir etkisi olmadığını göstermektedir.

5. TARTIŞMA

Türkçede dil işleme süreçlerini elektrofizyolojik olarak inceleyen sözel olaya ilişkin potansiyel çalışmaları, diğer dillerle karşılaştırıldığında oldukça sınırlıdır. Türkçeye özgü yapısal özellikleri dikkate alan, tekrarlanabilir ve standartlaştırılmış bir paradigma henüz gelişmemiştir. Bu eksiklik, Türkçede yürütülecek OİP araştırmalarının metodolojik olarak tutarlı bir zemine oturmasını engellemektedir. Bu bağlamda sunulan çalışma, semantik düzleme odaklanan nadir araştırmalardan biri olmasının yanı sıra, sonraki çalışmalarda yeniden uygulanabilecek bir paradigma önererek literatüre özgün bir katkı sağlamaktadır. Çalışmanın bir başka ayırt edici yönü ise zaman-frekans analizlerinin de dahil edilmesiyle, semantik işlemlemeye ilişkin OİP yanıtlarının hem zamansal hem de spektral düzlemde değerlendirilmiş olmasıdır. Çalışma bu yönüyle uluslararası düzeyde nadir, ulusal düzeyde ise tek çalışmadır.

Ayrıca, diğer çalışmalardan farklı olarak bu tezde semantik uyumsuzluklara verilen P600 yanıtları da analiz edilmiş ve bu bileşenin yalnızca sentaktik işleme değil, anlam ihlali sonrasında yapılan semantik onarımla da ilişkili olabileceği yönündeki güncel görüşlerle (Aurnhammer ve ark., 2021; Brothers ve ark., 2020; Delogu ve ark., 2019a; Kuperberg ve ark., 2020) paralel bulgular sunulmuştur. Bu yönüyle çalışma, semantik işlemlemede P600'ün rolü üzerine Türkçe paradigma ile yapılmış özgün bir katkıdır.

Çalışmamız, anlamlılık derecelendirme puanları ile N400 ve P600 genliği arasındaki korelasyonu da analiz ederek, yalnızca OİP genliği açısından değil, semantik yük ile ilişkili bireysel yargıların nörofizyolojik yansımalarını da incelemesi açısından özgündür.

Türkçe dili ile yapılan OİP çalışmalarından biri, Türkçede, bir cümledeki ezgi, ton, vurgu gibi bileşenlerini kapsayan bürün (prosodi) ve sözdiziminin beyindeki etkileşimini nörofizyolojik yöntemlerle inceleyen bir tez çalışmasıdır. Yazar bu çalışmada hem bürünsel hem de sentaktik bozulmalar sonrasında P600 potansiyelinin, beyin tarafından düzeltme ve yeniden yorumlama çabasını yansıtan bir bulgu olarak ortaya çıktığını bulmuştur (Bekar, 2016).

Başka bir çalışmada Aygüneş, Türkçede fiil çekiminde yer alan kişi ve sayı uyum özelliklerinin bilişsel işlemlerinde bir fark olup olmadığını incelemiştir. Çalışmada, OİP yöntemi kullanılarak, kişi uyumsuzluklarının sayı uyumsuzluklarına göre daha belirgin bir N400 yanıtını tetiklediği bulunmuştur (Aygüneş, 2021).

Konuyla ilgili ulaşılabilen en kapsamlı çalışma Cedden ve arkadaşları tarafından 2022 yılında yapılan dil işlemesi sırasında beyin aktivitesini ölçen OİP sinyallerinin, özellikle Türkçede nasıl bir desen sergilediğini inceleyen çalışmadır. Türkçenin, biçimbilimsel ve sözdizimsel açıdan karmaşık bir dil olduğunu vurgulayan yazarlar, Türkçede yalın, kanonik cümlelerde çekimli fiillerin işlenmesinin incelenmesinin, dil işlemede yer alan bilişsel süreçlerin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayabileceğini varsaymışlardır. Bu doğrultuda, bu çalışma; yalnızca fiil kökünün semantik ihlali, yalnızca eklerin sentaktik ihlali ve her ikisinin birlikte ihlal edildiği durumlarda, Türkçedeki kanonik cümleler okunurken elde edilen OİP yanıtlarını inceleyerek, dil işlemenin nöral mimarisi üzerine yürütülen tartışmalara katkı sunmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada, Türkçe sonlu fiillerdeki anlamsal, sözdizimsel ve birleşik ihlal koşullarına karşılık olarak elde edilen OİP yanıtları, topografya ve tepe genliği bakımından benzerlik gösteren üç fazlı bir örüntü (P200/N400/P600) ortaya koymuştur. Yazarlar, bu örüntünün yalnızca dilsel değil, aynı zamanda bilişsel süreçleri yansıttığını öne sürmektedir. Özellikle P200 bileşeni, yazılı kelime formundan anlamın çıkarılması sürecini yansıtan bir işaret olarak yorumlanırken; N400, bu çıkarımın dağıtılmış uzun süreli bellek (LTM) üzerinden hesaplanması ile ilişkilendirilmektedir. P600 bileşeni ise, önceki aşamalarda aktive olan nöral örüntülerin bağlama uygun şekilde yeniden örgütlenmesini ve uyarlanmasını yansıtan bir süreç olarak ele alınmıştır. Yazarlar, Türkçedeki karmaşık morfosentaktik yapıların bu üçlü örüntüyü etkilediğini ve dil tipolojisinin beyindeki cümle işleme mekanizmaları üzerinde belirleyici bir rol oynayabileceğini ileri sürmektedir. (Cedden ve ark., 2022).

Bu tez çalışması, Türkçede dilsel ihlallere verilen nörofizyolojik yanıtların karakterizasyonuna yönelik erişilebilen tek çalışma olan Cedden ve arkadaşlarının çalışması ile belirli açılardan örtüşmekte, bazı yönlerden ise ayrılmaktadır. Her iki çalışmada da semantik ve/veya sözdizimsel ihlallere karşılık gelen N400 ve P600

bileşenleri temel inceleme konusu olmuştur. Diğer çalışmada ek olarak uyarının başlamasından yaklaşık 200 ms sonra zirveye ulaşan, erken pozitif bir dalga olan P200 potansiyeli de incelenmiştir. Bileşenlerin üç fazlı olarak ele alındığı çalışmada OİP yanıtları daha çok uzun süreli bellekteki nöral örüntüler, bağlamsal entegrasyon gibi bilişsel süreçlerle ilişkilendirilirken bizim çalışmamızda OİP yanıtları semantik ihlaller sonucu ortaya çıkan EEG sinyallerinin göstergesi olarak ele alınmıştır. Ayrıca bizim çalışmamızda bu bileşenler yaş, cinsiyet, semantik uyumsuzluk kategorisi ve seviyesi gibi değişkenler ile de incelenmiştir. Çalışmamızda klasik OİP analizlerine ek olarak zaman-frekans analizi de yapılmış olması bu tez çalışmasını ilgili makaleden belirgin bir şekilde ayırmaktadır. Cedden ve arkadaşları çalışmalarında 13 denekten 9 EEG kanalı ile kayıt almıştır. Bizim çalışmamızda ise 34 denekten 31 EEG kanalı ile kayıt alınmış, böylelikle daha kapsamlı bulgular elde edilmiştir.

Sonuç olarak, bu tez; Türkçede yürütülen OİP araştırmaları içerisinde hem deneysel paradigma tasarımı, hem kapsamlı veri analizi yöntemleri, hem de semantik işleme ile ilişkili bilişsel mekanizmaları bütünsel biçimde ele alması açısından alana önemli bir katkı sunmakta ve önceki çalışmalardan net biçimde ayrılmaktadır.

Mevcut çalışmada elde edilen bulgular, semantik uyumsuzluğun N400 bileşeni üzerindeki klasik etkisini doğrulamaktadır. Fc3, Fcz, Fc4, T7, C3, Cz, C4, Tp7, Cp3, Cpz, Cp4, P7, P3, Pz, P4, O1, Oz ve O2 elektrotlarında gözlemlenen anlamlı genlik farklılıkları, N400 bileşeninin semantik işleme süreçlerindeki kritik rolünü desteklemektedir. Bu sonuçlar, Kutas ve Hillyard'ın öncü çalışmasıyla tutarlılık göstermektedir. Kutas ve Hillyard, semantik olarak uyumsuz kelimelerin 400 ms civarında negatif bir OİP bileşeni oluşturduğunu ilk kez göstermiş ve bu bileşeni N400 olarak adlandırmışlardır (Kutas ve Hillyard, 1980c). Benzer şekilde, Federmeier ve Kutas tarafından yapılan çalışma, N400 genliğinin semantik beklenti ihlalleriyle doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymuştur (Federmeier ve Kutas, 1999).

Frontal, santral ve parietal bölgelerde gözlemlenen yaygın aktivasyon paterni, semantik işlemenin dağıtık bir nöral ağ tarafından gerçekleştirildiğini göstermektedir. Lau ve arkadaşları, N400'ün sadece temporal bölgelerle sınırlı olmadığını, frontal ve parietal korteksin de semantik entegrasyon süreçlerine aktif katılım gösterdiğini bildirmişlerdir

(Lau ve ark., 2008). Bu bulgu, mevcut çalışmada elde edilen geniş dağılımlı aktivasyon paternini desteklemektedir.

Özellikle merkezi elektrotlarda (Cz, C3, C4) gözlemlenen anlamlı farklılıklar, Van Petten ve Luka'nın çalışmasıyla uyumludur. Bu çalışma, N400 etkisinin en güçlü şekilde merkezi-parietal bölgelerde gözlemlendiğini, ancak frontal bölgelerde de tutarlı aktivasyon gösterdiğini rapor etmiştir (Van Petten ve Luka, 2012).

Temporal bölgelerdeki (T7, Tp7) anlamlı aktivasyon, semantik bellek süreçlerinin sol hemisfer temporal korteksindeki organizasyonu ile ilişkilendirilebilir. Binder ve Desai, semantik bilginin temporal kortekste depolandığını ve işlendiğini öne sürmüşlerdir (Binder ve Desai, 2011).

N400 bileşeninin en yüksek genliğe sahip olduğu bölgenin santral-parietal elektrotlar olduğu ve bu bileşenin semantik entegrasyonun kolaylığına duyarlı olduğu, Kutas ve Federmeier tarafından açıkça ortaya konmuştur (Kutas ve Federmeier, 2011). Bu bulgu, mevcut çalışmada gözlemlenen santral ve parietal bölgelerdeki anlamlı N400 genlik farklılıklarını desteklemektedir. Özellikle, semantik olarak uyumsuz cümlelerin işlenmesi sırasında bu bölgelerde daha büyük N400 yanıtlarının ortaya çıkması, kelime anlamının bağlama entegrasyonunun zorlaştığı durumlarda beyin aktivitesinin arttığını göstermektedir. Dolayısıyla, elde edilen sonuçlar, N400'ün semantik entegrasyon süreçlerinin nörofizyolojik bir göstergesi olduğu yönündeki literatürle tam bir uyum içindedir.

Tez kapsamında elde edilen bulgular, N400 zaman aralığında oksipital bölgelerde de (O1, OZ, O2) anlamlı farkların gözlemlendiğini ortaya koymuştur. Bu durum, semantik işleme süreçlerinin yalnızca dilsel bilgiyle sınırlı olmayıp, görsel işleme alanlarıyla da etkileşimli şekilde gerçekleşebileceğini düşündürmektedir. Nitekim Mori ve arkadaşlarının yürüttüğü bir çalışmada, doğal duygusal seslerle eşleştirilmiş dinamik yüz ifadelerinin işlendiği görev sırasında, anlamlılıkla ilişkili N400 yanıtının oksipital bölgelerde ortaya çıktığı bildirilmiştir (Mori ve ark., 2021). Bu bulgular, semantik süreçlerin duyu modalitesine özgü kortikal alanları da kapsayacak şekilde yayılabildiğini göstermektedir. Benzer şekilde, Ortiz ve arkadaşlarının görme engelli çocuklar üzerinde

gerçekleştirdikleri çalışmada, doğuştan görsel deneyimi olmayan bireylerde dahi semantik uyumsuzluklara karşılık gelen N400 bileşeninin oksipital bölgelerde ortaya çıktığı görülmüştür (Ortiz ve ark., 2019). Bu durum, oksipital korteksin yalnızca görsel işleme değil, aynı zamanda dilsel-semantik işleme süreçlerinde de görev alabildiğini ve kortikal plastisitenin bu süreçte önemli rol oynayabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda cinsiyet ve yaş değişkeni açısından yapılan karşılaştırmalarda N400 genliklerinde anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bu bulgu, bizim çalışmamızın benzeri olan, İngilizce dili için yapılan çalışmayla örtüşmektedir (Valderrama ve ark., 2021). Fakat bunun gibi bazı çalışmalar kadın ve erkeklerin çeşitli semantik işleme görevlerinde benzer N400 tepkileri gösterdiğini öne sürerken, diğerleri belirli koşullar altında cinsiyete bağlı farklılıklar ortaya koymaktadır. Örneğin, Wirth ve arkadaşları, semantik işleme ile ilişkili olan sol inferior frontal girusun cinsiyete bağlı farklılıklar gösterebileceğini ve bunun da N400 etkilerinin ortaya çıkmasında farklılıklara yol açabileceğini bildirmiştir (Wirth ve ark., 2007).

Çalışmada N400'ün yanı sıra P600 bileşeni de analiz edilmiştir. Geleneksel olarak, N400 bileşeni semantik uyumsuzluklarla, P600 ise sentaktik ihlallerle ilişkilendirilmiştir. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalar bu ayrımı sorgulamaya başlamıştır (Kuperberg, 2007). Bazı araştırmalar, P600 bileşeninin yalnızca sentaktik işlemlemeyi değil, aynı zamanda semantik bütünleştirme veya yeniden yorumlama süreçlerini de yansıtabileceğini öne sürmektedir (Delogu ve ark., 2019). Örneğin, Shen ve arkadaşlarının yürüttüğü çalışmada, “anlamsal P600” bileşeninin işlevsel anlamı, sözdizimsel işlemlemeye odaklanılmış bir anlamsal ihlal paradigması kullanılarak araştırılmıştır. Araştırmacılar, kaynak lokalizasyonu analizi ile P600'ün işlevine ilişkin üç alternatif hipotezi test etmişlerdir: (i) sözdizimsel işlev, (ii) yönetici işlev ve (iii) anlamsal/bütünleştirici işlev. Bu işlevlerin her birinin farklı nöral bölgeler tarafından üretileceği varsayılmıştır. Buna göre, sözdizimsel bileşenlerin sol inferior frontal girusta; anlamsal bileşenlerin sol superior temporal girus ile sağ anterior prefrontal kortekste; yürütücü işlevlerin ise anterior singulat kortekste yer alması beklenmiştir. Bu hipotezler doğrultusunda, toplam 17 dipolden oluşan ve 14'ü bu üç bölgesel ilgi alanına (sözdizimsel, yürütücü, anlamsal) yerleştirilmiş bir dipol modeli tanımlanmıştır. Elde

edilen sonuçlar, P600 etkisinin anterior singulat kortekste istatistiksel olarak anlamlı, sağ anterior prefrontal kortekste ise sınırdan anlamlı düzeyde olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgu, P600 bileşeninin yalnızca sözdizimsel bir yeniden analiz sürecini değil, aynı zamanda uzun süreli bellekten dünya bilgisinin yeniden çağrılmasını içeren daha genel çatışma izleme ve anlamsal yeniden yorumlama mekanizmalarını da yansıttığını düşündürmektedir (W. Shen ve ark., 2016). Bununla birlikte, bazı araştırmacılar P600'ün P3b bileşeninin bir varyantı olabileceğini savunmaktadır (Leckey ve Federmeier. 2020).

Bu bağlamda, bu tez çalışmasında kullanılan Türkçe semantik cümle paradigması ile hem N400 hem de P600 potansiyelleri analiz edilmiş, özellikle semantik uyumsuzluk içeren cümlelerde P600'ün de devreye girdiği gözlemlenmiştir. Bu bulgular, P600'ün yalnızca sentaktik değil, semantik düzeydeki ihlallere karşı da hassasiyet gösterebildiği yönündeki güncel literatürle uyumludur.

Klasik OİP analizleri, zamana kilitli genlik ve latans değişimlerini ortaya koymakla birlikte, bilişsel süreçlerin frekans bileşenleri üzerindeki etkilerini doğrudan yansıtmaz. Bu nedenle, çalışmamızda yalnızca geleneksel OİP bileşenlerine (N400, P600) odaklanmakla yetinilmeyip, bu bileşenlerle ilişkili osilatuar dinamikleri de değerlendirmek amacıyla zaman-frekans çözümlemeleri gerçekleştirilmiştir. Daha önceki çalışmalarda, semantik anomalilerin 1–5 Hz bandında senkronizasyon, 8–30 Hz aralığında ise desenkronizasyon ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Kielar ve ark., 2014). Bu sonuçlar, zaman-frekans analizinin OİP bulgularından bağımsız olarak bilişsel yük, görev talepleri ve dil yeterliliği gibi değişkenlere duyarlı frekans-temelli nöral yanıtları ortaya koyabildiğini göstermektedir.

Çalışmamızda 300-500 ms arası delta bandı gücü incelendiğinde uyumsuz cümlelerin uyumlu cümlelere göre özellikle santral ve parietal bölgelerde daha yüksek güç sergilediği gözlemlenmiştir. Bu bulgumuz semantik anomalilere yanıt olarak delta/teta gücünde bir artış bildiren Kielar ve arkadaşlarının 2014 yılı çalışmalarıyla uyumludur (Kielar ve ark., 2014). Benzer şekilde Metzner ve arkadaşları da, doğal okuma sırasında dünya bilgisi ihlallerinin delta gücünde artışa yol açtığını gözlemlemişlerdir (Metzner ve ark., 2015).

Öte yandan, gamma-2 bandında (30–50 Hz) frontal ve temporal bölgelerde uyumsuz cümlelere karşılık gelen güç düzeylerinin anlamlı olarak daha düşük olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, Penolazzi ve arkadaşları tarafından yürütülen bir EEG çalışmasında da gamma frekans aralığında anlamlı etkiler gözlenmiş ve iyi biçimlendirilmiş cümlelerin, semantik ihlal içeren cümlelere kıyasla daha yüksek gamma gücü oluşturduğu raporlanmıştır (Penolazzi ve ark., 2009). Bu sonuçlar, gamma bandı aktivitesinin semantik bütünlüğün korunmasıyla ilişkili olduğunu ve klasik OİP analizlerine ek olarak cümle işleme süreçlerine dair önemli bilgiler sunduğunu ortaya koymaktadır.

Bu tez kapsamında elde edilen bulgular, Türkçede semantik uyumsuzluklara verilen N400 ve P600 yanıtlarının hem zaman hem de frekans boyutunda sistematik biçimde ortaya konmasını sağlamıştır. Elde edilen bulgular, yalnızca dilin bilişsel işlenişine dair temel bilimsel katkılar sunmakla kalmamakta, aynı zamanda bu EEG bileşenlerinin klinik değerlendirme süreçlerinde de kullanılabileceğine işaret etmektedir. Örneğin afazi en yaygın nörolojik sendromlardan biridir ve inme sonrası hastaların %35'i afaziden etkilenmektedir. Afazi, yazılı ve/veya sözlü dili formüle etme, ifade etme ve/veya anlama yeteneğinde bir bozulma olarak tanımlanabilmektedir. Başlangıçtan sonraki ilk 3-6 ay boyunca, dilsel yeteneklerde kendiliğinden bir iyileşme gözlenebilse de daha sonra kendiliğinden iyileşme olasılığı çok düşüktür (Khachatryan ve ark., 2017).

Diğer dillerde yapılan çalışmalarda olaya ilişkin potansiyellerin, özellikle N400 ve P600'un, afazinin tanı ve tedavi etkinliğindeki rolü nörogörüntüleme ve lezyon çalışmalarına kıyasla az olsa da sıkça tartışılmaktadır. Meechan ve arkadaşları tarafından 2021 yılında yapılan afazide N400 ve P600 potansiyellerinin incelendiği literatür çalışmasında, çalışmaya dahil edilen 30 makalenin %36'sı Hollandaca, %26'sı İngilizce ve %20'si Almanca, %8 diğer dillerde (İtalyanca ve Fince) gerçekleştirildiği görülmektedir. Çalışmaların üçünün ise Doğu Asya'dan bir dilde, Japonca (%7) ve Çince (%3) gerçekleştirildiği bildirilmiştir (Meechan ve ark., 2021). Bu alanda yapılan Türkçe çalışmaya rastlanmamıştır.

Afazili hastalarda N400 bileşenine ilişkin genlik değişimleri detaylı biçimde karakterize edilmiştir; özellikle ağır derecede anlama bozukluğu gösteren bireylerde, N400

genliğinde belirgin azalmalar ya da bazı durumlarda bu bileşenin tamamen kaybolduğu rapor edilmiştir (Formisano ve ark., 2019). Sağlıklı yetişkinlerde ve afazili bireylerde argüman yapısı ihlallerine karşı elektrofizyolojik tepkilerin ölçüldüğü çalışmada semantik ihlallerin, hem genç hem de yaşlı kontrol grubunda N400 etkisi oluşturduğu, aksine afazili bireylerde, semantik ihlallere karşı gecikmeli ve zayıf bir N400 yanıtı gözlemlendiği bildirilmiştir. Çalışmada ayrıca özne-tümleç yapısı ihlalleri, kontrol grubunda iki evreli bir N400-P600 paternini tetiklerken afazili bireyler, özne-tümleç yapısı ihlallerine karşı normal iki evreli yanıtlar göstermemiştir (Kielar ve ark., 2012).

Graessner ve arkadaşları inme sonrası afazili bireylerden oluşan bir grupta temel anlamsal bileşimin elektrofizyolojik dinamiklerini aydınlatmayı amaçlamışlardır. Çalışmaya ortalama yaşı 58 olan 20 afazili birey ve 20 sağlıklı kontrol birey dahil edilmiş ve katılımcılardan, anlamlı (“kaygılı at”), anlamsız (“kaygılı odun”) ya da ismi sahte bir sözcükle değiştirilmiş (“kaygılı gufel”) iki sözcüklü ifadelerle yönelik geçerlilik yargısı yapmaları istenmiş ve bu sırada OİP yanıtları kaydedilmiştir. Anlamsız ifadeler ile anlamlı ifadeler arasındaki N400 etkisi her iki grupta da benzer bulunmuştur. Buna karşılık, kontrol grubunun aksine, afazili bireyler sahte sözcük ile anlamlı ifadeler arasında bir N400 etkisi göstermemiştir. Ayrıca, her iki grup da sahte sözcüklü ifadelerle karşı parietal bölgelerde bir P600 etkisi sergilemiş, ancak afazili bireylerde buna ek olarak frontal elektrotlarda da bir P600 etkisi gözlemlenmiştir. Son olarak, afazili bireyler N400 ve P600 etkilerinin büyüklüğü arasında ters bir korelasyon göstermiştir: Anlamsız ve sahte sözcüklü ifadelerle yönelik olarak N400 etkisi göstermeyen ya da tersine dönmüş N400 etkisi sergileyen afazili bireylerde, daha güçlü bir P600 etkisi gözlenmiştir (Graessner ve ark., 2023).

N400 ve P600 bileşenlerinin klinikte yalnızca afazi durumunda değil daha pek çok alanda çalışma konusu olarak yer bulduğu bilinmektedir. Örneğin Geiger ve arkadaşları N400 olaya ilişkin potansiyelinin Alzheimer hastalığı biyobelirteçleri ile ilişkisini karakterize etmeyi amaçlamıştır. Çalışmada Alzheimer hastalığına sahip olan grupta N400 etkisinin daha küçük ve daha geç ortaya çıktığı bulunmuştur (Geiger ve ark., 2025).

Bir başka çalışmada ise şizofreni hastalığında N400 potansiyeli değerlendirilmiş ve bu hastalığa sahip bireylerde daha geç ve daha negatif N400 genliği saptanmıştır. Bu bulgu, şizofreni hastalarının dilin semantik işlenmesinde önemli eksikliklere sahip olduğunu ve uyumsuz bir kelimeyi bağlama oturtmada daha fazla zorluk yaşadıklarını göstermektedir (Siddiqui ve ark., 2021).

Otizm spektrum bozukluğu (OSB) olan çocuklarda ve gelişimi tipik olan çocuklarda beynin bağlamsal bilgiyi nasıl işlediğini ve bunun OSB'de nasıl farklı olduğunu araştırmak için, görsel ve işitsel uyumlu ve uyumsuz bilgileri işlemeye yanıt olarak olayla ilişkili potansiyellerin karşılaştırıldığı bir çalışmada N400 ve P600 potansiyelleri incelenmiştir. Bulgular, OSB olan çocukların, tepki süreleri ve doğru deneme sayıları kontrol grubundan anlamlı olarak farklı olmasa bile, nöral tepkilerinde kontrol grubuna göre anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir. Bu çalışmadan elde edilen bir diğer sonuç ise OSB olan çocukların uyumlu ve uyumsuz uyaranlara verdikleri tepkiler arasında fark olmamasıdır (Márquez-García ve ark., 2022).

Görüldüğü üzere, N400 ve P600 OİP bileşenleri; afazi, şizofreni, Alzheimer hastalığı ve otizm spektrum bozukluğu gibi çeşitli nörolojik ve psikiyatrik durumlarda tanı, izlem ve tedavi süreçlerinde kullanılan nörofizyolojik göstergelerdendir. Çalışmamız gelecekte klinik çalışmalarda kullanılabilecek Türkçe bir paradigma önermesi bakımından oldukça önemlidir.

Sonuç olarak, bu tez kapsamında elde edilen bulgular, Türkçe dilinde semantik işlemlenin nörofizyolojik karşılıklarının klasik N400 penceresinde gözlenebileceğini, P600'ün ise semantik bütünlük süreçlerine duyarlı olabileceğini göstermektedir. Bu çalışma nörobilimsel araştırmalar açısından Türkçede yürütülen OİP çalışmalarına katkı sunmakta ve ileride nörolojik bozuklukların değerlendirilmesinde kullanılabilecek potansiyel göstergeler sunmaktadır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, Türkçe dilinde oluşturulan semantik olarak uyumlu ve uyumsuz cümlelerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan olaya ilişkin potansiyel (OİP) yanıtları incelenmiş; özellikle N400 ve P600 OİP bileşenlerinin bu sürece nasıl yansıdığı değerlendirilmiştir.

Tez kapsamında elde edilen bulgular aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir. Bulgular, davranışsal tepki ölçümleri, N400 ve P600 OİP analizleri ve zaman-frekans analizlerine dayalı olarak yapılandırılmıştır.

Davranışsal tepki ölçümleri:

- Tüm katılımcıların tepki süreleri ölçülmüş ve katılımcılar arasında tepki süresinin orta derecede bir varyasyon sergilediği bulunmuştur.
- Kadın katılımcılar erkek katılımcılara kıyasla anlamlı derecede daha uzun tepki süresi sergilemiştir.
- Yaş değişkenin tepki süresi üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.
- Cinsiyet grupları arasında doğru yanıt sayıları açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır.
- 18-25 yaş ile 26-35 yaş grubu arasında doğru sayısı açısından anlamlı fark olup 26-35 yaş grubunun daha fazla doğru yanıt verdiği tespit edilmiştir.
- Katılımcıların uyumlu ve uyumsuz cümlelere verdikleri tepki süresi arasında anlamlı fark bulunmasa da ortalamalar incelendiğinde uyumsuz cümlelere daha hızlı tepki verdikleri görülmüştür.
- Uyumlu cümlelerde kadınların erkeklere göre anlamlı şekilde daha geç tepki verdiği görülmüştür.
- Uyumsuz cümlelerde cinsiyet grupları arasında anlamlı fark gözlemlenmese de ortalamalar incelendiğinde kadın katılımcıların semantik uyumsuzluk koşulunda da daha uzun tepki sürelerine sahip oldukları görülmüştür.

N400 OİP analizi:

- N400 potansiyeli incelendiğinde uyumlu ve uyumsuz koşullar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir.
- Semantik uyumsuzluğun özellikle frontal, santral ve parietal bölgelerde belirgin bir negatif yönlü EEG dalgası oluşturduğu tespit edilmiştir.
- Kadın ve erkek katılımcılar arasında N400 genlikleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır
- Yaş grupları karşılaştırıldığında P7 kanalında hem uyumlu cümleler hem de uyumsuz cümleler için istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Bu farklılıkların uyumlu cümleler için 18-25 yaş ile 50 yaş üstü katılımcılar arasında olduğu bulunmuştur.
- Cümle kategorileri arasındaki N400 genlik farkları incelendiğinde uyumlu cümlelerde iki kategori arasında hiçbir kanalda farklılık gözlenmemiştir.
- Uyumsuz cümlelerde ise frontal ve oksipital bölgeler dışında tüm kanallarda cümle kategorileri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Yapan kategorisindeki cümlelerin genlikleri deneyimleyen kategorisindeki cümlelerin genliklerine göre daha negatif çıkmıştır.
- Cümlelerin anlam düzeyi ile N400 arasında anlamlı düzeyde bir korelasyon tespit edilmiştir.
- Cümlelerin daha anlamsız algılanmasının beyin yanıtlarında daha belirgin N400 genliği ile ilişkili olduğu görülmüştür.

P600 OİP analizi:

- P600 olaya ilişkin potansiyeli incelendiğinde uyumlu ve uyumsuz cümle koşulları arasında TP7, CP3, P7, P3, PZ ve P4 elektrotlarında istatistiksel olarak anlamlı farklar gözlemlenmiştir.
- Cinsiyet grupları arasında P600 potansiyeli açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır.
- Yaş grupları arasında P600 potansiyeli açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır.

- Cümle kategorileri değerlendirildiğinde hem uyumlu cümlelerde hem de uyumsuz cümlelerde iki kategori arasında hiçbir kanalda farklılık gözlenmemiştir.
- Cümlelerin anlam düzeyi ile P600 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

N400 OİP için zaman-frekans analizi:

- 300-500 ms aralığında delta bandında uyumlu ve uyumsuz cümlelerin gücü karşılaştırıldığında özellikle santral ve parietal bölgelerde uyumsuz cümlelerde anlamlı biçimde artış görülmüştür.
- Erkeklerin kadınlara kıyasla birçok elektrot bölgesinde daha yüksek delta gücü sergilediği saptanmıştır.
- Yaş grupları arasında yalnızca uyumsuz cümlelerde anlamlı farklar tespit edilmiştir. 36-50 yaş grubunun ortalama delta gücü 25-35 yaş grubuna kıyasla anlamlı şekilde daha yüksektir.
- Teta bandında uyumlu ve uyumsuz cümleler arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Fakat erkeklerde ve 50 yaş üstünde diğer gruplara göre daha yüksek teta gücü gözlenmiştir.
- Alfa bandında CPZ ve PZ elektrot kanallarında uyumsuz cümleler için ortalama güç değeri uyumlu cümlelere kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek çıkmıştır.
- Cinsiyet ve yaş açısından ise anlamlı bir farklılık çıkmamıştır
- Beta ve gamma 1 bandı güç değerleri incelendiğinde uyumlu ve uyumsuz cümleler arasında ve cinsiyet ile yaş grupları açısından bir farklılık tespit edilmemiştir
- Gamma 2 bandında frontal ve temporal bölgelerde uyumlu cümlelerin oluşturduğu güç değerleri uyumsuz cümlelere göre anlamlı şekilde daha yüksek olarak gözlenmiştir.
- Erkekler uyumlu cümlelere yanıt verirken kadınlara göre daha yüksek gamma 2 gücü sergilemiştir.
- Yaş grupları arasında gamma 2 gücü açısından fark tespit edilmemiştir.

P600 OİP için zaman-frekans analizi:

- 500-900 ms aralığında özellikle santral ve parietal bölgede uyumlu cümlelere kıyasla uyumsuz cümlelerde artan delta bandı gücü gözlenmiştir.
- Erkek katılımcıların kadın katılımcılara kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek delta bandı gücüne sahip olduğu bulunmuştur.
- Yaş grupları delta bandı gücü açısından karşılaştırılmış ve 36-50 yaş grubunun 25-36 yaş grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek delta gücüne sahip olduğu görülmüştür.
- Teta bandında uyumlu ve uyumsuz cümle koşullarında güç farkı görülmemiştir.
- Erkeklerin teta bandı gücü kadınlara kıyasla özellikle frontal bölgede anlamlı düzeyde daha yüksek çıkmıştır.
- 18-25 yaş grubu katılımcılar diğer yaş gruplarına kıyasla daha yüksek teta bandı güç değerine sahiptir.
- Alfa bandında uyumlu ve uyumsuz cümle koşulları arasında fark tespit edilmemiştir.
- Erkekler kadınlara kıyasla özellikle frontal ve oksipital korteks alanlarında anlamlı düzeyde daha yüksek alfa bandı gücü sergilemiştir.
- Alfa bandında yaş grupları arasında fark yoktur.
- Beta bandı güç değerleri karşılaştırıldığında uyumlu ve uyumsuz cümle koşulları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.
- Kadın katılımcılara kıyasla erkek katılımcıların daha yüksek beta gücü gösterdiği bulunmuştur.
- Beta bandında yaş grupları arasında anlamlı fark saptanmamıştır.
- Gamma 1 bandında güç değerleri karşılaştırıldığında uyumlu ve uyumsuz cümle koşulları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.
- Erkek katılımcıların gamma 1 bandı gücünün kadın katılımcılara kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
- Yaş grupları arasında gamma bir bandı gücü açısından fark yoktur.
- Gamma 2 bandında da uyumlu ve uyumsuz cümle koşullarında farklılık tespit edilmemiştir.

- Özellikle uyumlu cümlelerde erkeklerin gamma 2 bandı gücü kadınlara kıyasla anlamlı derecede daha yüksek çıkmıştır.
- Yaş grupları arasında gamma 2 bandı güç değerlerinde de istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Araştırmaya katılan sağlıklı yetişkin bireylerin EEG verileri üzerinden yapılan analizlerde, semantik uyumsuzlukların N400 genliğinde anlamlı artışlara neden olduğu, bu durumun ise semantik bütünlüğün bozulduğu durumlarda daha yoğun bir işleme sürecini yansıttığı görülmüştür. Benzer şekilde, P600 bileşeninde gözlenen pozitif genlik artışları, semantik ihlallerin yalnızca erken semantik düzeyde değil, aynı zamanda geç dönemde yeniden yapılandırma süreçlerini de tetiklediğine işaret etmektedir.

Zaman-frekans analizleri, N400 zaman aralığında uyumsuz cümlelerin özellikle delta ve alfa bantlarında belirgin güç değişimlerine neden olduğunu göstermiştir. P600 bileşeni süresince de delta bandında anlamlı güç artışları saptanmış, ancak diğer frekans bantlarında anlamlı farklılıklar gözlenmemiştir. Cinsiyet ve yaş gibi demografik değişkenler ise OİP yanıtları üzerinde anlamlı bir etki göstermemiştir.

Bu tez çalışmasında, Türkçe dilinde oluşturulan semantik olarak uyumlu ve uyumsuz cümlelerin işlenmesine yönelik elektrofizyolojik yanıtlar incelenerek, N400 ve P600 bileşenleri üzerinden değerlendirilebilecek geçerli ve uygulanabilir bir paradigma geliştirilmesi amaçlanmıştır. Uygulanan deneysel yöntemler ve elde edilen bulgular doğrultusunda, bu amaca ulaşılmış; oluşturulan paradigma ile dilsel uyarıların bilişsel yansımaları ortaya koyan özgün ve tekrarlanabilir bir yöntem önerisi sunulmuştur. Bu kapsamda gelecek çalışmalar için önerilerimiz:

- Farklı bilişsel profillere sahip bireyler dahil edilerek, semantik işlemlenin sadece sağlıklı bireylerdeki işleyişi değil, aynı zamanda klinik bağlamdaki yansımaları da kapsamlı biçimde değerlendirilebilir.
- N400 ve P600 gibi OİP bileşenleri; afazi rehabilitasyonu sürecinde değerlendirme aracı olarak kullanılabileceği gibi, Alzheimer hastalığı, şizofreni,

otizm ve depresyon gibi nörolojik ve psikiyatrik bozukluklarda tanı, tedavi ve izlem süreçlerinde de nörofizyolojik birer biyobelirteç olarak katkı sunabilir.

- Kullanılan paradigmada, görsel sunumun yanı sıra işitsel uyaranlar da eklenerek, dil işleme modalitelerinin karşılaştırılması mümkün hale getirilebilir.
- Rol ve Referans Dilbilgisi kuramı çerçevesinde tanımlanan diğer cümle yapılarına da deneysel tasarımda yer verilerek, Türkçenin farklı sözdizimsel ve anlamsal örüntülerine ilişkin OİP bileşenlerinin karakteristikleri daha kapsamlı biçimde tanımlanabilir.
- N400 ve P600'ün dışındaki diğer OİP bileşenleri (örn. LAN, P200) de dikkate alınarak çok bileşenli analizler ile daha kapsamlı bir bilişsel profil elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- Abhang, P. A., Gawali, B. W., ve Mehrotra, S. C. (2016). Technical Aspects of Brain Rhythms and Speech Parameters. İçinde Introduction to EEG- and Speech-Based Emotion Recognition (ss. 51-79). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804490-2.00003-8>
- Acharya, J. N., Hani, A., Cheek, J., Thirumala, P., ve Tsuchida, T. N. (2016). American Clinical Neurophysiology Society Guideline 2: Guidelines for Standard Electrode Position Nomenclature. Journal of Clinical Neurophysiology, 33(4), 308-311. <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000316>
- Arjoonsingh, A., Jamal, B. C., ve Ganti, L. (2024). History and Evolution of the Electroencephalogram. Cureus. <https://doi.org/10.7759/cureus.66385>
- Aurnhammer, C., Delogu, F., Schulz, M., Brouwer, H., ve Crocker, M. W. (2021). Retrieval (N400) and integration (P600) in expectation-based comprehension. PLOS ONE, 16(9), e0257430. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257430>
- Aygüneş, M. (2021). Processing of Person and Number features in Turkish: An Event Related Potentials Study. Dilbilim Araştırmaları Dergisi, 32(1), 31-52. <https://doi.org/10.18492/dad.779572>
- Balconi, M., ve Pozzoli, U. (2005). Comprehending Semantic and Grammatical Violations in Italian. N400 and P600 Comparison with Visual and Auditory Stimuli. Journal of Psycholinguistic Research, 34(1), 71-98. <https://doi.org/10.1007/s10936-005-3633-6>
- Bekar, İ. P. (2016). Türkçede Eylem-Sonu Konumunda Bürün-Sözdizim Etkileşimi Üzerine Elektrofizyolojik Bir İnceleme [Doktora]. Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Beniczky, S., ve Schomer, D. L. (2020). Electroencephalography: basic biophysical and technological aspects important for clinical applications. Epileptic Disorders, 22(6), 697-715. <https://doi.org/10.1684/epd.2020.1217>
- Bentin, S., McCarthy, G., ve Wood, C. C. (1985). Event-related potentials, lexical decision and semantic priming. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 60(4), 343-355. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(85\)90008-2](https://doi.org/10.1016/0013-4694(85)90008-2)
- Berger, H. (1929). Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, 87(1), 527-570. <https://doi.org/10.1007/BF01797193>

- Biasiucci, A., Franceschiello, B., ve Murray, M. M. (2019). Electroencephalography. *Current Biology*, 29(3), R80-R85. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.11.052>
- Binder, J. R., ve Desai, R. H. (2011). The neurobiology of semantic memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(11), 527-536. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.10.001>
- Blackwood, D. H. R., ve Muir, W. J. (1990). Cognitive brain potentials and their application. *İçinde British Journal of Psychiatry (C. 157, Sayı DEC. SUPPL. 9, ss. 96-101)*. <https://doi.org/10.1192/s0007125000291897>
- Bohan, J., Leuthold, H., Hijikata, Y., ve Sanford, A. J. (2012). The processing of good-fit semantic anomalies: An ERP investigation. *Neuropsychologia*, 50(14), 3174-3184. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.09.008>
- Brothers, T., Wlotko, E. W., Warnke, L., ve Kuperberg, G. R. (2020). Going the Extra Mile: Effects of Discourse Context on Two Late Positivities During Language Comprehension. *Neurobiology of Language*, 1(1), 135-160. https://doi.org/10.1162/nol_a_00006
- Bulut, T., Cheng, S.-K., Xu, K.-Y., Hung, D. L., ve Wu, D. H. (2018). Is There a Processing Preference for Object Relative Clauses in Chinese? Evidence From ERPs. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00995>
- Cagy, M., Infantosi, A. F. C., França, A. I., ve Lemle, M. (2006). Statistical analysis of event-related potential elicited by verb-complement merge in Brazilian Portuguese. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 39(11), 1465-1474. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2006001100010>
- Cedden, G., Eken, A., ve Çakar, T. (2022). Extracting, computing, coordination: what does a triphasic ERP pattern say about language processing? *Language, Cognition and Neuroscience*, 37(4), 403-419. <https://doi.org/10.1080/23273798.2021.2006726>
- Choi, K. M., Choi, S.-H., Lee, S. M., Jang, K.-I., ve Chae, J.-H. (2019). Three Weeks of rTMS Treatment Maintains Clinical Improvement But Not Electrophysiological Changes in Patients With Depression: A 6-Week Follow-Up Pilot Study. *Frontiers in Psychiatry*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00351>
- Contier, F., Wartenburger, I., Weymar, M., ve Rabovsky, M. (2024). Are the <scp>P600</scp> and <scp>P3 ERP</scp> components linked to the task-evoked pupillary response as a correlate of norepinephrine activity? *Psychophysiology*, 61(7). <https://doi.org/10.1111/psyp.14565>

- Coulson, S., King, J. W., ve Kutas, M. (1998). Expect the Unexpected: Event-related Brain Response to Morphosyntactic Violations. *Language and Cognitive Processes*, 13(1), 21-58. <https://doi.org/10.1080/016909698386582>
- Delogu, F., Brouwer, H., ve Crocker, M. W. (2019a). Event-related potentials index lexical retrieval (N400) and integration (P600) during language comprehension. *Brain and Cognition*, 135, 103569. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.05.007>
- Delogu, F., Brouwer, H., ve Crocker, M. W. (2019b). Event-related potentials index lexical retrieval (N400) and integration (P600) during language comprehension. *Brain and Cognition*, 135, 103569. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.05.007>
- Dinteren, R., Arns, M., Jongsma, M. L. A., ve Kessels, R. P. C. (2014). P300 development across the lifespan: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, 9(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087347>
- Ditthaporn, A., Banluesombatkul, N., Kettrat, S., Chuangsuwanich, E., ve Wilaiprasitporn, T. (2019). Universal Joint Feature Extraction for P300 EEG Classification Using Multi-Task Autoencoder. *IEEE Access*, 7, 68415-68428. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2919143>
- Du, X., Choa, F. Sen, Summerfelt, A., Rowland, L. M., Chiappelli, J., Kochunov, P., ve Hong, L. E. (2017). N100 as a generic cortical electrophysiological marker based on decomposition of TMS-evoked potentials across five anatomic locations. *Experimental Brain Research*, 235(1), 69-81. <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4773-7>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., ve Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175-191.
- Federmeier, K. D., ve Kutas, M. (1999). A Rose by Any Other Name: Long-Term Memory Structure and Sentence Processing. *Journal of Memory and Language*, 41(4), 469-495. <https://doi.org/10.1006/jmla.1999.2660>
- Feroz, F. S., Salman, A. R., Mat Ali, M. H., Ismail, A. I., Devi, S. I., ve Subramaniam, S. K. (2021). Attentional bias during public speaking anxiety revealed using event-related potentials. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 24(1), 253. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v24.i1.pp253-259>
- Fischler, I. (1985). Brain potentials during sentence verification: Automatic aspects of comprehension. *Biological Psychology*, 21(2), 83-105. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(85\)90008-0](https://doi.org/10.1016/0301-0511(85)90008-0)

- Fischler, I., Bloom, P. A., Childers, D. G., Arroyo, A. A., ve Perry, N. W. (1984). Brain potentials during sentence verification: Late negativity and long-term memory strength. *Neuropsychologia*, 22(5), 559-568. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(84\)90020-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(84)90020-4)
- Fischler, I., Bloom, P. A., Childers, D. G., Roucos, S. E., ve Perry, N. W. (1983). Brain Potentials Related to Stages of Sentence Verification. *Psychophysiology*, 20(4), 400-409. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1983.tb00920.x>
- Formisano, R., Toppi, J., Risetti, M., Aloisi, M., Contrada, M., Ciurli, P. M., Falletta Caravasso, C., Luccichenti, G., Astolfi, L., Cincotti, F., ve Mattia, D. (2019). Language-Related Brain Potentials in Patients With Disorders of Consciousness: A Follow-up Study to Detect “Covert” Language Disorders. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 33(7), 513-522. <https://doi.org/10.1177/1545968319846123>
- Freeman, W. J. (1986). W.G. Walter: The Living Brain. İçinde Brain Theory (ss. 237-238). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-70911-1_17
- Gabriele, A., Alemán Bañón, J., Hoffman, L., Covey, L., Rossomondo, A., ve Fiorentino, R. (2021). Examining variability in the processing of agreement in novice learners: Evidence from event-related potentials. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 47(7), 1106-1140. <https://doi.org/10.1037/xlm0000983>
- Galigani, M., Ronga, I., Bruno, V., Castellani, N., Rossi Sebastiano, A., Fossataro, C., ve Garbarini, F. (2021). Face-like configurations modulate electrophysiological mismatch responses. *European Journal of Neuroscience*, 53(6), 1869-1884. <https://doi.org/10.1111/ejn.15088>
- Gao, P., Huang, Y., He, F., ve Qi, H. (2021). Improve P300-speller performance by online tuning stimulus onset asynchrony (SOA). *Journal of Neural Engineering*, 18(5), 056067. <https://doi.org/10.1088/1741-2552/ac2f04>
- Geiger, A. R., Euler, M. J., Guevara, J. E., Vehar, J., King, J. B., Duff, K., ve Hoffman, J. M. (2025). Biomarker and neuropsychological correlates of the N400 event-related potential in Alzheimer’s disease. *International Journal of Psychophysiology*, 207, 112464. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2024.112464>
- Getzmann, S., Hanenberg, C., Lewald, J., Falkenstein, M., ve Wascher, E. (2015). Effects of age on electrophysiological correlates of speech processing in a dynamic “cocktail-party” situation. *Frontiers in Neuroscience*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00341>

- Goto, N., Lim, X. L., Shee, D., Hatano, A., Khong, K. W., Buratto, L. G., Watabe, M., ve Schaefer, A. (2019). Can Brain Waves Really Tell If a Product Will Be Purchased? Inferring Consumer Preferences From Single-Item Brain Potentials. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnint.2019.00019>
- Gouvea, A. C., Phillips, C., Kazanina, N., ve Poeppel, D. (2010). The linguistic processes underlying the P600. *Language and Cognitive Processes*, 25(2), 149-188. <https://doi.org/10.1080/01690960902965951>
- Graessner, A., Duchow, C., Zaccarella, E., Friederici, A. D., Obrig, H., ve Hartwigsen, G. (2023). Electrophysiological correlates of basic semantic composition in people with aphasia. *NeuroImage: Clinical*, 40, 103516. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2023.103516>
- Green, D. L., Payne, L., Polikar, R., Moberg, P. J., Wolk, D. A., ve Kounios, J. (2015). P50: A candidate ERP biomarker of prodromal Alzheimer's disease. *Brain Research*, 1624, 390-397. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2015.07.054>
- Haider, A., ve Fazel-Rezai, R. (2017). Event-Related Potentials and Evoked Potentials (P. Sittiprapaporn, Ed.). *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/65183>
- Harris, C. R., Millman, K. J., van der Walt, S. J., Gommers, R., Virtanen, P., Cournapeau, D., Wieser, E., Taylor, J., Berg, S., Smith, N. J., Kern, R., Picus, M., Hoyer, S., van Kerkwijk, M. H., Brett, M., Haldane, A., del Río, J. F., Wiebe, M., Peterson, P., ... Oliphant, T. E. (2020). Array programming with NumPy. *Nature*, 585(7825), 357-362. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>
- Hernandez Fustes, O. J., Kay, C. S. K., Lorenzoni, P. J., Ducci, R. D.-P., Werneck, L. C., ve Scola, R. H. (2021). Visual Evoked Potentials in Neuromyelitis Optica Spectrum Disorders. *Journal of Central Nervous System Disease*, 13. <https://doi.org/10.1177/11795735211057315>
- Hillyard, S. A., ve Kutas, M. (1983). Electrophysiology of Cognitive Processing. *Annual Review of Psychology*, 34(1), 33-61. <https://doi.org/10.1146/annurev.ps.34.020183.000341>
- Humble, G., Geddes, H., Baell, O., Payne, J. E., Hill, A. T., Chung, S. W., Emonson, M., Osborn, M., Caldwell, B., Fitzgerald, P. B., Cash, R., ve Bailey, N. W. (2023). TMS-EEG shows mindfulness meditation is associated with an altered excitation/inhibition balance in the dorsolateral prefrontal cortex. <https://doi.org/10.1101/2023.10.27.564494>
- Hunter, J. D. (2007). Matplotlib: A 2D Graphics Environment. *Computing in Science ve Engineering*, 9(3), 90-95. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>

- Jończyk, R., Kremer, G. E., Siddique, Z., ve van Hell, J. G. (2020). Engineering creativity: Prior experience modulates electrophysiological responses to novel metaphors. *Psychophysiology*, 57(10). <https://doi.org/10.1111/psyp.13630>
- Jung, T. P., Makeig, S., Humphries, C., Lee, T. W., McKeown, M. J., Iragui, V., ve Sejnowski, T. J. (2000). Removing electroencephalographic artifacts by blind source separation. *Psychophysiology*, 37(2), 163-178.
- Kappenman, E. S., Farrens, J. L., Zhang, W., Stewart, A. X., ve Luck, S. J. (2021). ERP CORE: An open resource for human event-related potential research. *NeuroImage*, 225, 117465. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117465>
- Khachatryan, E., De Letter, M., Vanhoof, G., Goeleven, A., ve Van Hulle, M. M. (2017). Sentence Context Prevails Over Word Association in Aphasia Patients with Spared Comprehension: Evidence from N400 Event-Related Potential. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00684>
- Kiang, M., ve Gerritsen, C. J. (2019). The N400 event-related brain potential response: A window on deficits in predicting meaning in schizophrenia. İçinde *International Journal of Psychophysiology* (C. 145, ss. 65-69). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2019.04.005>
- Kielar, A., Meltzer, J. A., Moreno, S., Alain, C., ve Bialystok, E. (2014). Oscillatory Responses to Semantic and Syntactic Violations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 26(12), 2840-2862. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00670
- Kielar, A., Meltzer-Asscher, A., ve Thompson, C. K. (2012). Electrophysiological responses to argument structure violations in healthy adults and individuals with agrammatic aphasia. *Neuropsychologia*, 50(14), 3320-3337. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.09.013>
- Kuperberg, G. R. (2007). Neural mechanisms of language comprehension: Challenges to syntax. *Brain Research*, 1146, 23-49. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.12.063>
- Kuperberg, G. R., Brothers, T., ve Wlotko, E. W. (2020). A Tale of Two Positivities and the N400: Distinct Neural Signatures Are Evoked by Confirmed and Violated Predictions at Different Levels of Representation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 32(1), 12-35. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01465
- Kutas, M., ve Federmeier, K. D. (2011). Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62(1), 621-647. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123>

- Kutas, M., ve Hillyard, S. A. (1980a). Event-related brain potentials to semantically inappropriate and surprisingly large words. *Biological Psychology*, 11(2), 99-116. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0301-0511\(80\)90046-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0301-0511(80)90046-0)
- Kutas, M., ve Hillyard, S. A. (1980b). Reading between the lines: Event-related brain potentials during natural sentence processing. *Brain and Language*, 11(2), 354-373. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0093-934X\(80\)90133-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0093-934X(80)90133-9)
- Kutas, M., ve Hillyard, S. A. (1980c). Reading Senseless Sentences: Brain Potentials Reflect Semantic Incongruity. *Science*, 207(4427), 203-205. <https://doi.org/10.1126/science.7350657>
- Kutas, M., ve Hillyard, S. A. (1983). Event-related brain potentials to grammatical errors and semantic anomalies. *Memory ve Cognition*, 11(5), 539-550. <https://doi.org/10.3758/BF03196991>
- Kutas, M., ve Hillyard, S. A. (1984a). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, 307(5947), 161-163. <https://doi.org/10.1038/307161a0>
- Kutas, M., ve Hillyard, S. A. (1984b). Event-Related Brain Potentials (ERPs) Elicited by Novel Stimuli during Sentence Processing ^a. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 425(1), 236-241. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1984.tb23540.x>
- Lau, E. F., Phillips, C., ve Poeppel, D. (2008). A cortical network for semantics: (de)constructing the N400. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(12), 920-933. <https://doi.org/10.1038/nrn2532>
- Leckey, M., ve Federmeier, K. D. (2020). The P3b and P600(s): Positive contributions to language comprehension. *Psychophysiology*, 57(7). <https://doi.org/10.1111/psyp.13351>
- Liu, M., König, P., ve Mueller, J. L. (2019). Novel ERP Evidence for Processing Differences Between Negative and Positive Polarity Items in German. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00376>
- Liu, X., Liu, S., Ren, R., Wang, X., Han, C., ve Liu, Z. (2024). A cross-sectional study exploring the relationship between symptoms of anxiety/depression and P50 sensory gating in adult patients diagnosed with chronic fatigue syndrome/myalgic encephalomyelitis. *Frontiers in Neuroscience*, 17. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1286340>
- Livint Popa, L., Dragos, H., Pantelemon, C., Verisezan Rosu, O., ve Strilciuc, S. (2020). The Role of Quantitative EEG in the Diagnosis of Neuropsychiatric Disorders. *Journal of Medicine and Life*, 13(1), 8-15. <https://doi.org/10.25122/jml-2019-0085>

- Ma, X., Shen, J., Sun, J., Wang, L., Wang, W., He, K., Chen, X., Zhang, Q., Jin, Y., Gao, D., Duan, M., Yang, J., Chen, J., ve He, J. (2023). P300 Event-Related Potential Predicts Cognitive Dysfunction in Patients with Vestibular Disorders. *Biomedicines*, 11(9), 2365. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11092365>
- Maestrini, I., Rocchi, L., Puledda, F., Viganò, A., Giuliani, G., Jannini, T. B., Celletti, C., Altieri, M., Camerota, F., Toscano, M., ve Di Piero, V. (2023). Habituation deficit of visual evoked potentials in migraine patients with hypermobile Ehlers-Danlos syndrome. *Frontiers in Neurology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1072785>
- Márquez-García, A. V., Vakorin, V. A., Kozhemiako, N., Magnuson, J. R., Iarocci, G., Ribary, U., Moreno, S., ve Doesburg, S. M. (2022). Children with autism spectrum disorder show atypical electroencephalographic response to processing contextual incongruencies. *Scientific Reports*, 12(1), 8948. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12475-z>
- MATLAB (24.2.0.2806996 (R2024b) Update 3). (2024). The MathWorks Inc. <https://www.mathworks.com>.
- Meechan, R. J. H., McCann, C. M., ve Purdy, S. C. (2021). The electrophysiology of aphasia: A scoping review. *Clinical Neurophysiology*, 132(12), 3025-3034. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2021.08.023>
- Menkes, M. W., Andrews, C. M., Suzuki, T., Chun, J., O'Donnell, L., Grove, T., Deng, W., McInnis, M. G., Deldin, P. J., ve Tso, I. F. (2022). Event-related potential correlates of affective response inhibition in bipolar I disorder: Comparison with schizophrenia. *Journal of Affective Disorders*, 309, 131-140. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2022.04.118>
- Metzner, P., von der Malsburg, T., Vasisht, S., ve Rösler, F. (2015). Brain Responses to World Knowledge Violations: A Comparison of Stimulus- and Fixation-triggered Event-related Potentials and Neural Oscillations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 27(5), 1017-1028. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00731
- Moffa, A. H., Nikolin, S., Martin, D., Loo, C., ve Boonstra, T. W. (2022). Reliability of transcranial magnetic stimulation evoked potentials to detect the effects of theta-burst stimulation of the prefrontal cortex. *Neuroimage: Reports*, 2(3), 100115. <https://doi.org/10.1016/j.ynirp.2022.100115>
- Mori, K., Tanaka, A., Kawabata, H., ve Arao, H. (2021). The N400 and late occipital positivity in processing dynamic facial expressions with natural emotional voice. *NeuroReport*, 32(10), 858-863. <https://doi.org/10.1097/WNR.0000000000001669>

- Nidal, K., ve Malik, A. S. (2014). EEG/ERP Analysis. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b17605>
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4)
- Olejniczak, P. (2006). Neurophysiologic Basis of EEG. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 23(3), 186-189. <https://doi.org/10.1097/01.wnp.0000220079.61973.6c>
- Onitsuka, T., Oribe, N., ve Kanba, S. (2013). Neurophysiological findings in patients with bipolar disorder (ss. 197-206). <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-5307-8.00013-2>
- Ortiz, T., Ortiz-Teran, L., Turrero, A., Poch-Broto, J., ve de Erausquin, G. A. (2019). A N400 ERP Study in letter recognition after passive tactile stimulation training in blind children and sighted controls. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 37(3), 197-206. <https://doi.org/10.3233/RNN-180838>
- Ouyang, G., Herzmann, G., Zhou, C., ve Sommer, W. (2011). Residue iteration decomposition (RIDE): A new method to separate ERP components on the basis of latency variability in single trials. *Psychophysiology*, 48(12), 1631-1647. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2011.01269.x>
- Penolazzi, B., Angrilli, A., ve Job, R. (2009). Gamma EEG activity induced by semantic violation during sentence reading. *Neuroscience Letters*, 465(1), 74-78. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.08.065>
- Poli, R., Cinel, C., Citi, L., ve Sepulveda, F. (2010). Reaction-time binning: A simple method for increasing the resolving power of ERP averages. *Psychophysiology*, 47(3), 467-485. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00959.x>
- Psychology Software Tools, Inc. [E-Prime 3.0]. (2016). Retrieved from <https://support.pstnet.com/>.
- Qiao, Z., Pan, D., Hoid, D., van Winkel, R., ve Li, X. (2022). When the approaching threat is uncertain: Dynamics of defensive motivation and attention in trait anxiety. *Psychophysiology*, 59(9). <https://doi.org/10.1111/psyp.14049>
- Rahne, T., von Specht, H., ve Mühler, R. (2008). Sorted averaging—application to auditory event-related responses. *Journal of Neuroscience Methods*, 172(1), 74-78. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2008.04.006>

- Regel, S., Meyer, L., ve Gunter, T. C. (2014). Distinguishing Neurocognitive Processes Reflected by P600 Effects: Evidence from ERPs and Neural Oscillations. *PLoS ONE*, 9(5), e96840. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096840>
- Rossini, P. M., Cole, J., Paulus, W., Ziemann, U., ve Chen, R. (2025). 1924–2024: First centennial of EEG. *Clinical Neurophysiology*, 170, 132-135. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2024.11.021>
- Rugg, M. D., Lines, C. R., ve Milner, A. D. (1984). Visual evoked potentials to lateralized visual stimuli and the measurement of interhemispheric transmission time. *Neuropsychologia*, 22(2), 215-225. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(84\)90064-2](https://doi.org/10.1016/0028-3932(84)90064-2)
- Rugg, M. D., Pearl, S., Walker, P., Roberts, R. C., ve Holdstock, J. S. (1994). Word repetition effects on event-related potentials in healthy young and old subjects, and in patients with alzheimer-type dementia. *Neuropsychologia*, 32(4), 381-398. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(94\)90085-X](https://doi.org/10.1016/0028-3932(94)90085-X)
- Santopetro, N. J., Brush, C. J., Bruchnak, A., Klawohn, J., ve Hajcak, G. (2021). A reduced P300 prospectively predicts increased depressive severity in adults with clinical depression. *Psychophysiology*, 58(4). <https://doi.org/10.1111/psyp.13767>
- Schlottfeldt, C. G., Mansur-Alves, M., Flores-Mendoza, C., ve Tierra-Criollo, C. J. (2018). Event-related potentials and intelligence among Brazilian schoolchildren: An exploratory study. *Psychology ve Neuroscience*, 11(2), 155-167. <https://doi.org/10.1037/pne0000095>
- Shen, C.-L., Chou, T.-L., Lai, W.-S., Hsieh, M. H., Liu, C.-C., Liu, C.-M., ve Hwu, H.-G. (2020). P50, N100, and P200 Auditory Sensory Gating Deficits in Schizophrenia Patients. *Frontiers in Psychiatry*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2020.00868>
- Shen, W., Fiori-Duharcourt, N., ve Isel, F. (2016). Functional significance of the semantic P600. *NeuroReport*, 27(7), 548-558. <https://doi.org/10.1097/WNR.0000000000000583>
- Siddiqui, S. V., Nizamie, S. H., Siddiqui, M. A., Jahan, M., Garg, S., Tikka, S. K., ve Shreekantiah, U. (2021). Evaluation of N-400 Evoked Response Potential in schizophrenia: An endophenotype or a disease marker? *Psychiatry Research*, 300, 113907. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2021.113907>
- Slapø, N., Jørgensen, K., Nerland, S., Mørch-Johnsen, L. E., Pettersen, J., Roelfs, D., Parker, N., Valstad, M., Pentz, A., Timpe, C., Richard, G., Beck, D., Werner, M., Lagerberg, T., Melle, I., Agartz, I., Westlye, L. T., Steen, N. E., Norbom, L., ... Jönsson, E. (2024). Relationship between N100 amplitude and

T1w/T2w-ratio in the auditory cortex in schizophrenia spectrum disorders.
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3906183/v1>

Šoškić, A., Jovanović, V., Styles, S. J., Kappenman, E. S., ve Ković, V. (2022). How to do Better N400 Studies: Reproducibility, Consistency and Adherence to Research Standards in the Existing Literature. *Neuropsychology Review*, 32(3), 577-600. <https://doi.org/10.1007/s11065-021-09513-4>

Stuss, D. T., Benson, D. F., Weir, W. S., Naeser, M. A., Lieberman, I., ve Ferrill, D. (1983). The involvement of orbitofrontal cerebrum in cognitive tasks. *Neuropsychologia*, 21(3), 235-248. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(83\)90040-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(83)90040-4)

Stuss, D. T., Sarazin, F. F., Leech, E. E., ve Picton, T. W. (1983). Event-related potentials during naming and mental rotation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 56(2), 133-146. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(83\)90068-8](https://doi.org/10.1016/0013-4694(83)90068-8)

Subedi, P., Limbu, N., Maskey, R., ve Baral, D. D. (2022). Visual Evoked Potentials (VEPs) in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Kathmandu University Medical Journal*, 20(1), 70-73. <https://doi.org/10.3126/kumj.v20i1.49942>

Sur, S., ve Sinha, V. (2009). Event-related potential: An overview. *Industrial Psychiatry Journal*, 18(1), 70. <https://doi.org/10.4103/0972-6748.57865>

Tadel, F., Baillet, S., Mosher, J. C., Pantazis, D., ve Leahy, R. M. (2011). Brainstorm: A User-Friendly Application for MEG/EEG Analysis. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2011, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2011/879716>

Tarawneh, H. Y., Mulders, W. H. A. M., Sohrabi, H. R., Martins, R. N., ve Jayakody, D. M. P. (2021). Investigating auditory electrophysiological measures of participants with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: A systematic review and meta-analysis of event-related potential studies. *Alzheimer's ve Dementia*, 17(S5). <https://doi.org/10.1002/alz.058497>

Teplan, M. (2002). Fundamental of EEG Measurement FUNDAMENTALS OF EEG MEASUREMENT. İçinde MEASUREMENT SCIENCE REVIEW (C. 2, Sayı 2). <https://www.researchgate.net/publication/228599963>

The Jamovi Project (2.6.26.0). (2025). Retrieved from <https://www.jamovi.org>.

Tivadar, R. I., ve Murray, M. M. (2019). A Primer on Electroencephalography and Event-Related Potentials for Organizational Neuroscience. *Organizational Research Methods*, 22(1), 69-94. <https://doi.org/10.1177/1094428118804657>

- Valderrama, J. T., Beach, E. F., Sharma, M., Appaiah-Konganda, S., ve Schmidt, E. (2021). Design and evaluation of the effectiveness of a corpus of congruent and incongruent English sentences for the study of event related potentials. *International Journal of Audiology*, 60(2), 96-103. <https://doi.org/10.1080/14992027.2020.1798518>
- Van Petten, C., ve Luka, B. J. (2012). Prediction during language comprehension: Benefits, costs, and ERP components. *International Journal of Psychophysiology*, 83(2), 176-190. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.09.015>
- Van Valin, R. D. (2001). Semantic macroroles in Role and Reference Grammar.
- Wakode, S., Hulke, S., Wakode, N. S., Pathak, T., Shrivastava, R., Thakare, A., ve Malhotra, V. (2022). Assessing Neurocognition (P300) and Correlating Them to Depression Rating Scales in Patients With Major Depressive Disorder. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.31084>
- Wang, Y., Jiang, M., Huang, Y., ve Qiu, P. (2021). An ERP Study on the Role of Phonological Processing in Reading Two-Character Compound Chinese Words of High and Low Frequency. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.637238>
- Wang, Y., Wang, H., Cui, L., Tian, S., ve Zhang, Y. (2002). The N270 component of the event-related potential reflects supramodal conflict processing in humans. *Neuroscience Letters*, 332(1), 25-28. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(02\)00906-0](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(02)00906-0)
- Weimer, N. R., Clark, S. L., ve Freitas, A. L. (2019). Distinct neural responses to social and semantic violations: An N400 study. *International Journal of Psychophysiology*, 137, 72-81. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2018.12.006>
- Wirth, M., Horn, H., Koenig, T., Stein, M., Federspiel, A., Meier, B., Michel, C., ve Strik, W. (2007). Sex Differences in Semantic Processing: Event-Related Brain Potentials Distinguish between Lower and Higher Order Semantic Analysis during Word Reading. *Cerebral Cortex*, 17(9), 1987-1997. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhl121>
- Wlotko, E. W., ve Federmeier, K. D. (2013). Two Sides of Meaning: The Scalp-Recorded N400 Reflects Distinct Contributions from the Cerebral Hemispheres. *Frontiers in Psychology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00181>
- Wynn, J. K., Lee, J., Horan, W. P., ve Green, M. F. (2008). Using event related potentials to explore stages of facial affect recognition deficits in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 34(4), 679-687. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbn047>

- Yang, S., Cai, Y., Xie, W., ve Jiang, M. (2021). Semantic and Syntactic Processing During Comprehension: ERP Evidence From Chinese QING Structure. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.701923>
- Yano, M., Suzuki, Y., ve Koizumi, M. (2018a). The Effect of Emotional State on the Processing of Morphosyntactic and Semantic Reversal Anomalies in Japanese: Evidence from Event-Related Brain Potentials. *Journal of Psycholinguistic Research*, 47(1), 261-277. <https://doi.org/10.1007/s10936-017-9528-5>
- Yano, M., Suzuki, Y., ve Koizumi, M. (2018b). The Effect of Emotional State on the Processing of Morphosyntactic and Semantic Reversal Anomalies in Japanese: Evidence from Event-Related Brain Potentials. *Journal of Psycholinguistic Research*, 47(1), 261-277. <https://doi.org/10.1007/s10936-017-9528-5>
- Zhang, G., Garrett, D. R., ve Luck, S. J. (2023). Optimal Filters for ERP Research I: A General Approach for Selecting Filter Settings. <https://doi.org/10.1101/2023.05.25.542359>
- Zhang, H., Zhou, Q.-Q., Chen, H., Hu, X.-Q., Li, W.-G., Bai, Y., Han, J.-X., Wang, Y., Liang, Z.-H., Chen, D., Cong, F.-Y., Yan, J.-Q., ve Li, X.-L. (2023). The applied principles of EEG analysis methods in neuroscience and clinical neurology. *Military Medical Research*, 10(1), 67. <https://doi.org/10.1186/s40779-023-00502-7>
- Zhang, Y., Xie, M., Chen, Y., Xiong, R., Yue, C., Wu, S., Ji, F., ve Wang, Q. (2022). Interactions of stimulus quality and semantic context on N400 in visual word recognition. *Applied Psycholinguistics*, 43(2), 389-410. <https://doi.org/10.1017/S0142716421000564>
- Zhao, F., Yang, C., ve Zheng, Y. (2020). The N270 in Facial S1-S2 Paradigm as a Biomarker for Children With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *IEEE Access*, 8, 88969-88976. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2993058>
- Zhong, R., Li, M., Chen, Q., Li, J., Li, G., ve Lin, W. (2019). The p300 event-related potential component and cognitive impairment in epilepsy: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Neurology*, 10(AUG). <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00943>

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	HAZAL	Uyruğu	T.C
Soyadı	TAŞ	Tel no	
Doğum tarihi		e-posta	

Eğitim Bilgileri

Mezun olduğu kurum		Mezuniyet yılı
Lise	Serik Lisesi	2008
Lisans	Ankara Üniversitesi	2013
Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi	2019
Doktora	Akdeniz Üniversitesi	Devam ediyor

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (yıl-yıl)
Araştırma Görevlisi	Akdeniz Üniversitesi	2017-halen

Yabancı Dilleri	Sınav türü	Puanı
İngilizce	YÖKDİL	75

Burslar-Ödüller: XI. Ulusal Tıp Bilişimi Kongresi En İyi Sözlü Bildiri Ödülü

Yayınlar ve Bildiriler:

Taş, H., Yardımcı, A., Uysal, H., ve Bilge, U. (2024). Classification of hemiplegia through gait analysis and machine learning methods. Marmara Medical Journal, 37(1), 5-10. <https://doi.org/10.5472/marumj.1379890>

Taş,H., Zayım N. (2024) Türkiye’de Tıp Bilişimi Alanında Üretilen Tezlerin Analizi. 15. Tıp Bilişimi Kongresi Bildiriler Kitabı, Trabzon.

Özbey G., Yardimsever A.M., Öz P., Taş H. (2020). Akdeniz Üniversitesi Hastanesinde 2014-2018 Yılları Arasındaki Selektif Serotonin Geri Alım İnhibitörleri/Serotonin ve Noradrenalin Geri Alım İnhibitörleri Reçetelerinin Retrospektif Olarak Değerlendirilmesi. Akdeniz Tıp Dergisi, cilt.6, ss.268-276.

Taş, H., Bilge, U.,ve Yardimci, A., (2018). Classification of Hemiplegic Gait with Wavelet Transform and Machine Learning Methods . XI. Medical Informatics Congress with International Participation, Ankara, Turkey

EKLER

EK 1:

El Kullanım Testi

Sağ veya sol elinizi hangi işlemlerde kullandığınızı bilmek istiyoruz. Lütfen her işlemde kullandığınız ele göre “sol” veya “sağ” hanesini işaretleyin. Mesela yazı yazarken genellikle sağ ama ara sıra sol elinizi kullanıyorsanız, “sağ” hanesine bir X yapın. Daima sağ elinizi kullanıyorsanız XX yapın. Diğer işlemleri aynı şekilde işaretleyin.

		Sağ	Sol
1	Yazmak		
2	Çizmek		
3	Taş atmak		
4	Makas kullanmak		
5	Diş fırçası kullanmak		
6	Bıçak kullanmak		
7	Kaşık kullanmak		
8	Süpürge kullanmak (üstteki el)		
9	Kibrit çakmak		
10	Kutunun kapağını açmak		

Ailenizde solak olan var mı?

Anne		Kız kardeş	
Baba		Erkek kardeş	
Büyükanne/Büyükbaba		Çocuğunuz	
Emin değilim			

EK 2:

Gönüllünün / katılımcının Adı- Soyadı:

Yaş ve Cinsiyeti:

İmzası:

Adresi (varsa telefon ve/veya fax numarası):

.....
.....

Tarih:

Velayet ya da vesayet altında bulunanlar için;

Veli ya da Vasinin Adı- Soyadı:

İmzası:

Adresi (varsa telefon ve/veya fax numarası):

.....
.....

Tarih:

Açıklamaları Yapan Araştırmacının Adı- Soyadı:

İmzası:

Tarih:

Onam alma işlemine başından sonuna kadar tanıklık eden kuruluş görevlisinin

Adı- Soyadı:

İmzası:

Görevi:

Tarih:

EK 3:

Sayın katılımcı,

Deneye katıldığınız için teşekkür ederiz. Aşağıda deney ile alakalı sorular var, lütfen cevaplayınız.

1. Deneyin süresi

Normal

Çok uzun

2. Sunum hızı

Yavaş

Normal

Hızlı

3. Deney sırasında değişik bir şeyler algıladınız mı? Gözünüze çarpan bir şey oldu mu?

4. Soruları cevaplarken veya cümleleri okurken kullandığınız bir strateji var mıydı?

5. Bu deneyde neleri araştırdığımıza dair bir fikriniz oluştu mu?

6. Diğer düşünceler: