



T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
İKTİSAT TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN TARIMSAL ÜRETİM ÜZERİNDEKİ ASİMETRİK
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİBEL İBİŞ

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. MUHAMMED BENLİ

BİLECİK, 2026

10800407

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
İKTİSAT TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN TARIMSAL ÜRETİM ÜZERİNDEKİ ASİMETRİK
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİBEL İBİŞ

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. MUHAMMED BENLİ

BİLECİK, 2026

10800407

BEYAN

‘Çevresel Faktörlerin Tarımsal Üretim Üzerindeki Asimetrik Etkisi’ adlı yüksek lisans hazırlık ve yazım aşamasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, [Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Faaliyetlerinde Üretken Yapay Zeka Kullanımına Dair Etik Rehberine](#) uygun olarak tezimi hazırladığımı, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel etik kurallarına uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, çalışmamın herhangi bir kısmının başka bir tez/dönem projesi olarak sunulmadığını, aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Sibel İBİŞ

Tarih

.....

İmza

.....

ÖN SÖZ

Bu tez süreci, benim için akademik bir çalışmanın sınırlarını aşarak karşılaşılan güçlüklerle baş etmeyi, istikrarlı biçimde ilerlemeyi ve her aşamada yeni şeyler öğrenmeyi mümkün kılan değerli bir deneyime dönüşmüştür. Yüksek lisans eğitimime başladığım süreçte eş zamanlı olarak ikinci üniversite eğitimime devam etmem ve aynı anda iki farklı işte aktif olarak çalışmam, bu yolculuğu daha yoğun ve zorlu bir hale getirmiştir. Ancak tüm bu sorumluluklara rağmen akademik çalışmalarımı aksatmadan sürdürmek ve tez sürecimi disiplinli bir şekilde yönetmek, bana emeğin, istikrarın ve inancın ne denli kıymetli olduğunu öğretmiştir.

Yüksek lisans yolculuğumun başında bana rehberlik eden, değerli yönlendirmeleri ve motivasyonu ile yol gösteren İktisat Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Aykut Ekinci'ye içten teşekkürlerimi sunarım. Kıymetli desteği, bu süreçte doğru adımları atmamda ve motivasyonumu yüksek tutmamda önemli bir rol oynamıştır.

Bu yolculuk boyunca, düşünsel ve metodolojik açıdan gelişimime büyük katkı sağlayan, engin bilgi birikimi, titiz yaklaşımı ve yapıcı eleştirileriyle her aşamada yanımda olan değerli tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Muhammed Benli'ye en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın şekillenmesinde, olgunlaşmasında ve bilimsel niteliğe ulaşmasında katkıları son derece belirleyici olmuş, sabrı, anlayışı ve yol göstericiliği süreci benim için çok daha anlamlı ve verimli kılmıştır.

Ayrıca, lisansüstü eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşarak akademik gelişimime katkı sağlayan tüm kıymetli hocalarıma şükranlarımı sunarım.

Bu yoğun ve zaman zaman zorlayıcı süreçte yanımda olan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve motivasyonumu güçlü tutmamda büyük rol oynayan değerli arkadaşlarıma içtenlikle teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde olduğu gibi, bu süreçte de sabırları, sevgi dolu anlayışları ve koşulsuz destekleriyle bana güç veren, inançlarını her zaman hissettiren sevgili aileme en derin minnettarlığımı sunarım. Onların varlığı, bu yolculuğun en güçlü dayanağı olmuştur.

Bu tez çalışmasının, iktisat alanına katkı sağlamasını ve ileride yapılacak çalışmalara ışık tutmasını temenni ederim.

Sibel İBİŞ

2026

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye’de tarımsal verim dinamiklerini iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergeleri ve teknolojik kapasite çerçevesinde 1961-2024 dönemine ait yıllık verilerle incelemektedir. Tarımsal verim göstergesi olarak buğday, mısır, arpa, pamuk, şeker pancarı ve patates için hektar başına üretim miktarları kullanılmıştır. Çevresel baskı, kişi başına CO₂ emisyonu ve kişi başına ekolojik ayak izi göstergeleriyle temsil edilmiştir. Böylece çevresel baskının hem dar hem de geniş boyutları karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir.

Analizde ARDL ve doğrusal olmayan ARDL (NARDL) sınır testi yaklaşımları kullanılmıştır. Bulgular, çoğu üründe değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi bulunduğunu göstermektedir. Ancak uzun dönem verim dinamiklerini belirleyen unsurlar ürünlere göre değişmektedir. Bazı ürünlerde makineleşme belirleyici olurken, bazı ürünlerde çevresel baskı göstergeleri daha güçlü etkiler ortaya koymaktadır. Ayrıca çevresel baskının üretim üzerindeki etkisinin kullanılan göstergeye göre farklılaştığı görülmektedir.

NARDL sonuçları, iklim, çevresel baskı ve teknolojik faktörlerdeki artış ve azalışların üretimi simetrik biçimde etkilemediğini göstermektedir. Bu durum, tarımsal üretim sürecinin doğrusal olmayan ve yön-bağımlı bir uyum yapısına sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Genel olarak bulgular, Türkiye’de tarımsal verimin iklim koşulları, çevresel baskı ve teknolojik uyum kapasitesinin etkileşimiyle şekillendiğini göstermekte ve tarım politikalarında ürün-spesifik, sürdürülebilirlik odaklı ve esnek stratejilerin gerekliliğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal verim, İklim değişikliği, Ekolojik ayak izi, CO₂ emisyonları, ARDL, NARDL, Asimetrik etkiler.

ABSTRACT

This study examines the dynamics of agricultural productivity in Türkiye within the framework of climate variables, environmental pressure indicators, and technological capacity, using annual data for the 1961-2024 period. Agricultural productivity is measured by yield per hectare for wheat, maize, barley, cotton, sugar beet, and potatoes. Environmental pressure is represented by two indicators, namely per capita CO₂ emissions and per capita ecological footprint, allowing for a comparative assessment of both the narrow and broader dimensions of environmental stress.

The analysis employs ARDL and nonlinear ARDL (NARDL) bounds testing approaches. The findings show that a long-run cointegration relationship exists for most crops. However, the main determinants of long-run productivity differ across products. While mechanization emerges as a key factor for some crops, environmental pressure indicators play a more pronounced role for others. The results also suggest that the impact of environmental pressure on production varies depending on the indicator used.

The NARDL results reveal that positive and negative changes in climate conditions, environmental pressure, and technological factors do not affect production symmetrically. This indicates that agricultural production follows a nonlinear and direction-dependent adjustment process. Overall, the findings suggest that agricultural productivity in Türkiye is shaped by the interaction of climate conditions, environmental pressure, and technological adaptation capacity, highlighting the importance of product-specific, sustainability-oriented, and flexible agricultural policies.

Keywords: Agricultural productivity, Climate change, Ecological footprint, CO₂ emissions, ARDL, NARDL, Asymmetric effects.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖN SÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	5
3. VERİLER VE METODOLOJİ.....	9
3.1. Veriler.....	9
3.2. Metodoloji.....	11
4. ÖNCÜL ANALİZLER.....	15
5. AMPİRİK BULGULAR.....	18
5.1. Buğday (WHT).....	18
5.1.1. ARDL Bulguları (CO ₂ Spesifikasyonu).....	18
5.1.2. NARDL Bulguları (CO ₂ Spesifikasyonu).....	20
5.1.3. Dinamik Çarpan Analizi (CO ₂ Spesifikasyonu).....	23
5.1.4. ARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Buğday).....	24
5.1.5. NARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Buğday).....	27
5.1.6. Dinamik Çarpan Analizi (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Buğday).....	29
5.1.7. CO ₂ ve Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi.....	31
5.2. Mısır (MZ).....	32
5.2.1. ARDL Bulguları (CO ₂ Spesifikasyonu).....	32
5.2.2. NARDL Bulguları (CO ₂ Spesifikasyonu - Mısır).....	34

5.2.3. Dinamik Çarpan Analizi (CO ₂ Spesifikasyonu - Mısır)	37
5.2.4. ARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Mısır).....	39
5.2.5. NARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Mısır).....	41
5.2.6. Dinamik Çarpan Analizi (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Mısır)	44
5.2.7. CO ₂ ve Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi (Mısır)	47
5.3. Arpa (BRL)	48
5.3.1. ARDL Bulguları (CO ₂ Spesifikasyonu)	48
5.3.2. NARDL Bulguları (CO ₂ Spesifikasyonu - Arpa)	50
5.3.3. Dinamik Çarpan Analizi (CO ₂ Spesifikasyonu - Arpa).....	52
5.3.4. ARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Arpa)	54
5.3.5. NARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Arpa)	56
5.3.6. Dinamik Çarpan Analizi (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Arpa).....	59
5.3.7. CO ₂ ve Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi (Arpa).....	61
5.4. Patates (PTO).....	62
5.4.1. ARDL Bulguları (CO ₂ Spesifikasyonu - Patates).....	62
5.4.2. NARDL Bulguları - Patates (CO ₂ Spesifikasyonu).....	64
5.4.3. Dinamik Çarpan Analizi (CO ₂ Spesifikasyonu - Patates)	67
5.4.4. ARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Patates).....	69
5.4.5. NARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Patates).....	71
5.4.6. Dinamik Çarpan Analizi (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Patates)	73
5.4.7. CO ₂ ve Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi (Patates)	75
5.5. Pamuk (CTN).....	76
5.5.1. ARDL Bulguları - Pamuk (CO ₂ Spesifikasyonu).....	76
5.5.3. Dinamik Çarpan Analizi (CO ₂ Spesifikasyonu - Pamuk)	82
5.5.4. ARDL Bulguları - Pamuk (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu).....	84

5.5.5. NARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Pamuk)	86
5.5.6. Dinamik Çarpan Analizi (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Pamuk)	89
5.5.7. CO ₂ ve Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi - Pamuk.....	92
5.6. Şeker Pancarı (SGR)	93
5.6.1. ARDL Bulguları - Şeker Pancarı (CO ₂ Spesifikasyonu).....	93
5.6.2. NARDL Bulguları - Şeker Pancarı (CO ₂ Spesifikasyonu)	95
5.6.3. Dinamik Çarpan Analizi (CO ₂ Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)	98
5.6.4. ARDL Bulguları - Şeker Pancarı (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu)	100
5.6.5. NARDL Bulguları - Şeker Pancarı (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu)	102
5.6.6. Dinamik Çarpan Analizi (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)	105
5.6.7. CO ₂ ve Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi - Şeker Pancarı.....	108
5.7. Ürünler Arası Sonuçların Karşılaştırmalı Sentezi	109
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	113
KAYNAKÇA	118

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Tanımlayıcı İstatistikler.....	11
Tablo 4.1. Birim Kök Testlerine İlişkin Sonuçlar	16
Tablo 5.1. ARDL-ECM Sonuçları (CO ₂ Spesifikasyonu - Buğday).....	19
Tablo 5.2. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler	20
Tablo 5.3. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (CO ₂ Spesifikasyonu - Buğday)	21
Tablo 5.4. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO ₂ Spesifikasyonu - Buğday)	22
Tablo 5.5. ARDL-ECM Sonuçları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Buğday)	25
Tablo 5.6. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Buğday) ..	26
Tablo 5.7. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Buğday)	28
Tablo 5.8. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Buğday).....	29
Tablo 5.9. ARDL-ECM Sonuçları (CO ₂ Spesifikasyonu - Mısır).....	33
Tablo 5.10. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO ₂ Spesifikasyonu - Mısır).....	34
Tablo 5.11. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (CO ₂ Spesifikasyonu - Mısır)	35
Tablo 5.12. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO ₂ Spesifikasyonu - Mısır).....	37
Tablo 5.13. ARDL-ECM Sonuçları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Mısır).....	40
Tablo 5.14. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Mısır)	41
Tablo 5.15. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Mısır).....	42
Tablo 5.16. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Mısır).....	43
Tablo 5.17. ARDL-ECM Sonuçları (CO ₂ Spesifikasyonu - Arpa)	48
Tablo 5.18. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO ₂ Spesifikasyonu - Arpa).....	49
Tablo 5.19. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (CO ₂ Spesifikasyonu - Arpa)	51
Tablo 5.20. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO ₂ Spesifikasyonu - Arpa).....	52
Tablo 5.21. ARDL-ECM Sonuçları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Arpa).....	55
Tablo 5.22. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Arpa).....	56

Tablo 5.23. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Arpa)	57
Tablo 5.24. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Arpa)	58
Tablo 5.25. ARDL-ECM Sonuçları (CO ₂ Spesifikasyonu - Patates)	63
Tablo 5.26. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO ₂ Spesifikasyonu - Patates)	64
Tablo 5.27. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (CO ₂ Spesifikasyonu - Patates).....	65
Tablo 5.28. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO ₂ Spesifikasyonu - Patates)	67
Tablo 5.29. ARDL-ECM Sonuçları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Patates)	70
Tablo 5.30. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Patates) .	71
Tablo 5.31. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Patates)	72
Tablo 5.32. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Patates).....	73
Tablo 5.33. ARDL-ECM Sonuçları (CO ₂ Spesifikasyonu - Pamuk)	77
Tablo 5.34. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO ₂ Spesifikasyonu - Pamuk)	78
Tablo 5.35. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (CO ₂ Spesifikasyonu - Pamuk)	80
Tablo 5.36. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO ₂ Spesifikasyonu - Pamuk).....	81
Tablo 5.37. ARDL-ECM Sonuçları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Pamuk)	85
Tablo 5.38. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Pamuk)..	86
Tablo 5.39. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Pamuk)	87
Tablo 5.40. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Pamuk)	88
Tablo 5.41. ARDL-ECM Sonuçları (CO ₂ Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)	94
Tablo 5.42. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO ₂ Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)	95
Tablo 5.43. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (CO ₂ Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)	96
Tablo 5.44. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO ₂ Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)	97
Tablo 5.45. ARDL-ECM Sonuçları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Şeker Pancarı) ...	101

Tablo 5.46. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)	102
Tablo 5.47. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)	104
Tablo 5.48. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)	105
Tablo 5.49. ARDL Uzun Dönem Sonuçlarının Ürün Bazlı Özeti	110
Tablo 5.50. Asimetri Sonuçları (NARDL - Şok Yönüne Bağlı Etkiler)	110
Tablo 5.51. Çevresel Baskı Ölçümünün Karşılaştırılması (CO ₂ vs Ekolojik Ayak İzi).....	111

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 5.1. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (CO ₂ Spesifikasyonu - Buğday).....	23
Şekil 5.2. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Buğday).....	30
Şekil 5.3. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (CO ₂ Spesifikasyonu - Mısır)	38
Şekil 5.4. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (Ekolojik Ayak İzi - Mısır)	46
Şekil 5.5. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (CO ₂ Spesifikasyonu - Arpa)	53
Şekil 5.6. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Arpa)	60
Şekil 5.7. NARDL Dinamik Çarpan Sonuçları - Patates (CO ₂ Spesifikasyonu)	68
Şekil 5.8. NARDL Dinamik Çarpan Sonuçları - Patates (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu)	74
Şekil 5.9. <i>NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (CO₂ Spesifikasyonu - Pamuk)</i>	82
Şekil 5.10. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Pamuk)	90
Şekil 5.11. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (CO ₂ Spesifikasyonu - Şeker Pancarı) ...	99
Şekil 5.12. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)	106

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

α : Alfa

β : Beta

ϵ : Epsilon

ϕ : Fi (phi)

θ : Tita (theta)

ρ : Ro (rho)

Δ : Delta

γ : Gama

ADF: Genişletilmiş Dickey-Fuller (Augmented DickeyFuller)

ARDL: Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (Autoregressive Distributed Lag)

CO₂: Karbondioksit

ECM: Hata Düzeltme Modeli (Error Correction Model)

FAO: Gıda Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)

LM: Lagrange Çarpanı (Lagrange Multiplier)

NARDL: Doğrusal Olmayan Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (Nonlinear Autoregressive Distributed Lag)

PP: Phillips-Perron

RESET: Regresyon Denklemi Spesifikasyon Hatası Testi (Regression Equation Specification Error Test)

USDA: ABD Tarım Bakanlığı (U.S. Department of Agriculture)

vd.: ve diğerleri

1. GİRİŞ

İklim değişikliği, tarımsal üretim sistemlerini yalnızca ortalama sıcaklık artışı veya yağış değişimleri üzerinden etkileyen bir süreç değildir. Aksine, üretim fonksiyonunun biyofiziksel parametrelerini, doğal kaynak kullanımını ve teknolojik etkinliği eşanlı biçimde dönüştüren çok boyutlu bir yapısal dönüşüm sürecidir. Artan sıcaklıklar bitki gelişim süresini kısaltarak potansiyel verimi baskılayabilmekte, yağış rejimindeki düzensizlikler ise su stresi ve toprak nem dengesizliği yoluyla üretim oynaklığını artırabilmektedir. Buna karşılık atmosferik CO₂ yoğunluğundaki artış belirli koşullar altında fotosentez etkinliğini artırarak üretim üzerinde destekleyici bir etki yaratabilmektedir. Bununla birlikte süreç temelli modelleme çalışmaları, CO₂ gübreleme etkisinin su ve besin kısıtları altında sınırlanabileceğini ve sıcaklık stresinin belirli eşiklerin aşılması durumunda verim kayıplarını hızlandırabileceğini göstermektedir (Aggarwal ve Mall, 2002; Alexandrov ve Hoogenboom, 2000; Asseng vd., 2004). Bu bulgular, iklim ve tarım arasındaki ilişkinin doğrusal ve tek yönlü bir mekanizma olarak ele alınamayacağını ortaya koymaktadır.

Gözleme dayalı ampirik literatür de bu karmaşık yapıyı doğrulamaktadır. Tarihsel veriler üzerinden gerçekleştirilen çalışmalar, özellikle yüksek sıcaklık eşiklerinin aşılması durumunda tarımsal verim kayıplarının hızlandığını ve sıcaklık-verim ilişkisinin doğrusal olmadığını göstermektedir (Lobell vd., 2007; Schlenker ve Roberts, 2008). Benzer biçimde meta-analiz ve sentez çalışmaları, iklim değişikliğinin tarımsal verim üzerindeki etkilerinin ürün türüne, bölgesel koşullara ve kullanılan modelleme yaklaşımına bağlı olarak önemli ölçüde farklılaşabildiğini ortaya koymaktadır (Roudier vd., 2011; Zhao vd., 2017; Makowski vd., 2020). Bu heterojenlik, tek bir ortalama etki katsayısına dayalı değerlendirmelerin politika tasarımı açısından sınırlı kalabileceğini göstermektedir.

Bununla birlikte mevcut literatürde bazı önemli boşluklar devam etmektedir. İlk olarak, çevresel baskı çoğu ampirik çalışmada yalnızca CO₂ emisyonları ile temsil edilmektedir. Oysa CO₂ eğilimi bazı durumlarda ekonomik büyüme ve teknolojik ilerleme ile birlikte hareket edebilmekte ve bu durum nedensel ayrıştırmayı zorlaştırabilmektedir (Attavanich ve McCarl, 2014; Lobell ve Field, 2008). Ayrıca karbon yoğunluğu, üretim-çevre etkileşiminin yalnızca bir boyutunu yansıtmakta ve arazi kullanımı, enerji tüketimi ve doğal sermaye aşınması gibi daha geniş sürdürülebilirlik boyutlarını kapsamamaktadır. İkinci olarak, birçok çalışmada iklim değişkenlerindeki artış ve azalışların verim üzerinde simetrik etkiler yarattığı varsayılmaktadır. Oysa tarımsal üretim sistemleri eşik değerler, stres birikimi ve uyum kapasitesi gibi faktörlere bağlı olarak doğrusal olmayan tepki mekanizmaları

sergileyebilmektedir. Bu nedenle negatif şokların maliyeti pozitif şokların getirisinden farklı olabilmektedir. Üçüncü olarak, Türkiye bağlamında uzun dönemli ve çok ürünlü zaman serisi analizleri sınırlı sayıdadır. Mevcut çalışmalar genellikle tek ürün veya dar dönem analizleri ile sınırlı kalmakta ve yön-bağımlı etkileri sistematik biçimde incelememektedir (Ozkan ve Akcaoz, 2002; Tatar, 2016; Doğan ve Kan, 2019).

Bu tez, söz konusu boşlukları eşanlı olarak ele almayı amaçlamaktadır. Çalışma, Türkiye’de 1961-2024 döneminde buğday, mısır, arpa, pamuk, şeker pancarı ve patates olmak üzere altı temel ürünün hektar başına verimini sıcaklık, yağış, çevresel baskı ve teknolojik kapasite göstergeleri çerçevesinde analiz etmektedir. Çevresel baskı iki alternatif gösterge ile temsil edilmektedir: kişi başına CO₂ emisyonları ve kişi başına ekolojik ayak izi. Bu yaklaşım, çevresel baskının dar karbon yoğunluğu perspektifi ile daha geniş kaynak kullanımı perspektifi arasında karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılmasına imkan sağlamaktadır. Bu yönüyle çalışma, çevresel baskının ölçüm biçiminin ampirik sonuçları nasıl etkilediğini test ederek literatüre kavramsal bir katkı sunmaktadır.

Çalışmanın ikinci katkısı, doğrusal simetri varsayımını sistematik biçimde sorgulamasıdır. Pozitif ve negatif şokların etkilerini ayrı ayrı inceleyen doğrusal olmayan ekonometrik yöntemler kullanılarak, yön-bağımlı etki mekanizmalarının varlığı analiz edilmektedir. Bu yaklaşım, literatürde sıklıkla ihmal edilen asimetric tepki yapılarının tarımsal üretim üzerindeki rolünü daha açık biçimde ortaya koymaktadır. Üçüncü olarak, altı temel ürünün aynı metodolojik çerçevede analiz edilmesi ürün bazlı heterojenliği görünür kılmakta ve ortalama tarımsal etki kavramının sınırlılıklarını ortaya koymaktadır. Bu yönleriyle tez, çevre-tarım-teknoloji etkileşimini kavramsal, metodolojik ve ampirik düzeylerde bütüncül biçimde ele almaktadır.

Çalışmanın kavramsal çerçevesi dört temel etkileşim kanalına dayanmaktadır. Birinci kanal iklim kanalıdır. Sıcaklık ve yağış değişimleri tarımsal üretimin biyofiziksel sınırlarını belirlemekte ve eşik davranışları içerebilmektedir. İkinci kanal çevresel baskı kanalıdır. Karbon yoğunluğu ile temsil edilen dar çevresel baskı ile ekolojik ayak izi ile temsil edilen geniş kaynak kullanım yükü üretim sürecini farklı mekanizmalar aracılığıyla etkileyebilmektedir. Üçüncü kanal teknoloji ve uyum kanalıdır. Mekanizasyon yalnızca doğrudan verim artışı sağlamakla kalmayıp aynı zamanda üretim sistemlerinin iklim şoklarına karşı dayanıklılığını artırabilmektedir. Dördüncü kanal ise asimetric şok kanalıdır. İklim ve çevresel değişkenlerdeki artış ve azalışlar üretim üzerinde eşit büyüklükte fakat ters işaretli

etkiler yaratmayabilir ve uyum süreci ürünler arasında farklılaşabilir. Bu kavramsal yapı, çalışmanın ampirik analiz stratejisinin temelini oluşturmaktadır.

Bu çerçevede tez şu temel hipotezleri test etmektedir: i. Türkiye’de iklim değişkenleri ile tarımsal verim arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin var olduğu varsayılmaktadır, ii. çevresel baskının CO₂ ile ölçülmesi ile ekolojik ayak izi ile ölçülmesi farklı uzun dönem katsayıları üretebilir, iii. mekanizasyon uzun dönemde tarımsal verimi artırmaktadır, iv. sıcaklık ve yağış değişkenlerindeki artış ve azalışların verim üzerindeki etkileri simetrik değildir, v. çevresel baskı şokları yön-bağımlı etkiler yaratmaktadır ve vi. şokların dinamik uyum süreci ürünler arasında farklılaşmaktadır.

Bu hipotezlerin sınanması, Türkiye’de iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki etkilerini daha kapsamlı ve politika açısından anlamlı bir çerçevede değerlendirmeye imkan sağlamaktadır.

Mevcut literatür iklim değişikliği ile tarımsal üretim arasındaki ilişkiye dair önemli bulgular ortaya koymakla birlikte, çevresel baskının ölçüm biçimi, iklim şoklarının doğrusal olmayan etkileri ve ürünler arasındaki heterojenlik konularında bazı önemli boşluklar barındırmaktadır. Özellikle Türkiye bağlamında uzun dönemli zaman serisi verileri kullanılarak birden fazla ürünün aynı analitik çerçevede incelendiği çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu nedenle tarımsal üretim sistemlerinin iklim, çevre ve teknoloji etkileşimi çerçevesinde nasıl şekillendiğini daha kapsamlı biçimde değerlendirmek önem taşımaktadır.

Bu çalışma söz konusu boşlukları dikkate alarak aşağıdaki temel araştırma sorularına odaklanmaktadır:

1. Türkiye’de iklim değişkenleri (sıcaklık ve yağış) ile tarımsal verim arasında uzun dönemli bir ilişki bulunmakta mıdır?
2. Çevresel baskının CO₂ emisyonları ile ölçülmesi ile ekolojik ayak izi ile ölçülmesi, tarımsal üretim üzerindeki tahmin edilen etkileri nasıl değiştirmektedir?
3. İklim ve çevresel baskı değişkenlerinde meydana gelen pozitif ve negatif şoklar tarımsal verim üzerinde simetrik mi yoksa yön-bağımlı etkiler mi üretmektedir?
4. Teknolojik kapasiteyi temsil eden mekanizasyon düzeyi, tarımsal verim dinamiklerinde uzun dönemli bir belirleyici rol oynamakta mıdır?
5. İklim, çevresel baskı ve teknoloji değişkenlerinin üretim üzerindeki etkileri farklı ürünler arasında nasıl farklılaşmaktadır?

Bu araştırma sorularına yanıt vermek amacıyla çalışma, Türkiye’de 1961-2024 dönemini kapsayan uzun dönemli yıllık veri seti kullanarak buğday, mısır, arpa, pamuk, şeker pancarı ve patates olmak üzere altı temel tarımsal ürünün verim dinamiklerini incelemektedir. Analiz sürecinde ARDL ve doğrusal olmayan ARDL (NARDL) sınır testi yaklaşımları kullanılarak hem uzun dönem denge ilişkileri hem de asimetrik kısa ve uzun dönem etkiler değerlendirilmiştir.

Çalışma literatüre üç temel açıdan katkı sunmaktadır. İlk olarak, çevresel baskının iki farklı gösterge ile (CO₂ emisyonları ve ekolojik ayak izi) ölçülmesi, üretim-çevre ilişkisini dar karbon perspektifi ile daha geniş kaynak kullanımı perspektifi arasında karşılaştırmalı biçimde inceleme imkanı sağlamaktadır. İkinci olarak, doğrusal olmayan NARDL yaklaşımının kullanılması, iklim ve çevresel değişkenlerdeki artış ve azalışların tarımsal üretim üzerindeki etkilerinin simetrik olup olmadığını test ederek literatürde sıklıkla göz ardı edilen yön-bağımlı etki mekanizmalarını ortaya koymaktadır. Üçüncü olarak, altı farklı ürünün aynı metodolojik çerçevede analiz edilmesi, tarımsal üretim sistemlerinin homojen olmadığını ve iklim-çevre-teknoloji etkileşiminin ürün bazında farklı mekanizmalar üzerinden işlediğini göstermektedir.

Bu yönleriyle çalışma, Türkiye’de tarımsal verim dinamiklerini iklim değişikliği, çevresel baskı ve teknolojik dönüşüm bağlamında bütüncül biçimde değerlendirmekte ve tarım politikalarının ürün-spesifik ve sürdürülebilirlik odaklı biçimde tasarlanması gerektiğine dair önemli çıkarımlar sunmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

İklim değişikliği ile tarımsal verim arasındaki ilişkiyi açıklayan literatür, temelde aynı olguyu iki tamamlayıcı perspektiften ele alır: biyofiziksel mekanizmaları görünür kılan süreç temelli simülasyon yaklaşımı ve tarihsel gerçekleştirmeler üzerinden etkiyi tanımlayan gözleme dayalı ekonometrik yaklaşım. Süreç temelli hat, iklim sinyalinin verime nasıl dönüştüğünü bitki fizyolojisi, su dengesi, fenoloji ve stres mekanizmaları üzerinden kurar. Bu damarda yer alan çalışmalar, özellikle sıcaklık artışlarının büyüme süresini kısaltması, kritik dönemlerde ısı stresini artırması ve yağış düzensizliğinin su stresi yoluyla verimi baskılaması gibi kanalların sistematik önemini vurgulamaktadır (Alexandrov ve Hoogenboom, 2000; Aggarwal ve Mall, 2002; Asseng vd., 2004). CO₂ artışı ise çoğu modelde potansiyel bir gübreleme etkisi olarak görünse de, bu etkinin su ve besin kısıtlarıyla koşula bağlı biçimde sınırlandığı, dolayısıyla iklim bileşenlerinin tek tek değil birlikte değerlendirilmesi gerektiği gösterilmektedir (Tubiello ve Ewert, 2002; Streck, 2005; Högy vd., 2013). Süreç temelli literatürün bir diğer kritik katkısı, iklim etkilerinin yönetim ve sistem bileşenlerine duyarlılığıdır. Toprak süreçleri, su dengesi ve yönetim kararları (örneğin sulama, ekim zamanı, çeşit seçimi) iklim şoklarının verime aktarımını dönüştürebilir ve bu nedenle su-toprak-bitki etkileşimini birlikte ele alan çerçeveler, özellikle kurak/yarı kurak koşullar için belirleyicidir (Savabi ve Stockle, 2001; Xiao vd., 2005; Yano vd., 2007). Bu yaklaşım, iklimin verim üzerindeki etkisinin ürünler arası heterojenliğini açıklamakta da güçlüdür. Çünkü aynı iklim sinyali farklı ürün fizyolojileri ve yetiştirme koşulları altında farklı çıktılar üretir (DaMatta vd., 2010; Bannayan vd., 2011; Zimmermann vd., 2017). Bu tez açısından süreç temelli hat iki net sonuç üretmektedir. Birincisi, tek ürün - tek katsayı yaklaşımı teorik olarak zayıftır. İkincisi, çevresel baskı ve iklim değişkenlerinin verim üzerindeki etkisi büyük ölçüde koşula bağlıdır. Bu nedenle tezin altı ürün üzerinden yürüttüğü karşılaştırmalı tasarım, mekanizma literatürünün işaret ettiği heterojenliği ülke ölçeğinde sistematik biçimde test etmeyi amaçlamaktadır.

Gözleme dayalı ekonometrik literatür, iklim-verim ilişkisinin “gerçekleşen” etkisini tarihsel veriler üzerinden tanımlamakta ve burada iki güçlü bulgu öne çıkmaktadır: doğrusal olmama/eşik davranışları ve ürün-bölge heterojenliği. Sıcaklık etkisinin belirli eşiklerden sonra hızlanan zarar fonksiyonları üretebildiğini gösteren katkılar, ortalama etkilerle yetinen modellerin riskleri olduğundan küçük gösterebileceğini ortaya koymaktadır (Schlenker ve Roberts, 2008). Küresel/çok ülke ölçekli gözlemsel analizler de iklim sinyalinin etkisinin ürünlere ve coğrafyalara göre ayrıştığını göstermektedir ki bu bulgular, tek tip bir iklim-verim

ilişkinin savunulamaz olduğunu güçlendirmektedir (Lobell vd., 2007; Lobell ve Field, 2007). Üstelik iklim riskinin yalnızca sıcaklık ve yağış ortalamalarıyla değil, birlikte gerçekleşen streslerin bileşik etkileriyle büyüdüğüne işaret eden literatür, tarımsal sistemlerin asimetrik tepki verebileceği fikrini daha da makul hale getirmektedir (Zscheischler vd., 2017). Bu çerçevede, tezin doğrusal olmayan dinamikleri ve yön-bağımlı etkileri test etmek üzere asimetrik otoregresif dağıtılmış gecikme modeli (Nonlinear Autoregressive Distributed Lag - NARDL) yaklaşımını kullanmasını metodolojik olarak gerekçelendirmektedir. Nitekim eşik davranışları ve bileşik riskler, artış ve azalış şoklarının aynı büyüklükte fakat ters işaretli etkiler doğurduğu varsayımıyla bağdaşmaz.

Literatürde ayrı bir gerilim hattı, çevresel baskının nasıl temsil edilmesi gerektiğidir. Çok sayıda çalışma, çevresel baskıyı CO₂ emisyonlarıyla ölçerek iklim-verim ilişkisini kurmaktadır. Ancak CO₂ serisinin uzun dönem trendinin teknoloji, verim artışları ve yapısal dönüşümlerle eşanlı hareket edebilmesi, CO₂ katsayısının yorumunu güçleştirmektedir. Bu nedenle CO₂'nin verim üzerindeki etkisini ayrıştırma sorunu, özellikle tarım ekonomisi literatüründe tanımlama meselesinin merkezine yerleşmiştir (Attavanich ve McCarl, 2014). Benzer şekilde CO₂ sinyalinin verim artış hızlarında yakalanmasına ilişkin tartışmalar, CO₂ etkisinin ürün ve ülke bazında farklılaştığını ve model varsayımlarına duyarlı olabildiğini göstermektedir (Lobell ve Field, 2008). Bu noktada literatürün önemli bir kısmı, çevresel baskının yalnızca karbon yoğunluğu olarak ele alınmasının kavramsal olarak eksik olduğuna (çünkü arazi kullanımı, tüketim kaynaklı kaynak baskısı ve doğal sermaye aşınmasını dışarıda bıraktığına) dolaylı biçimde işaret etmektedir. Nitekim CO₂ artışı ve iklim değişikliğinin, azot stresi gibi ek çevresel kısıtlarla birlikte verime yansımaları sistem yaklaşımıyla ele alan çalışmalar, çevresel baskının tek boyutlu bir değişken olarak ele alınamayacağını göstermektedir (Marcinkowski ve Piniewski, 2024). Bu tartışma, tezin çevresel baskıyı iki eksenle ele almasını stratejik olarak öne çıkarır: CO₂ ile temsil edilen dar yaklaşım ile ekolojik ayak izi ile temsil edilen geniş kaynak kullanım yükü yaklaşımının birlikte test edilmesi, hem ölçüm hassasiyetini hem de kavramsal kapsayıcılığı artırmaktadır.

Literatürde yöntem tartışması yalnızca “hangi değişkenler” sorusuyla sınırlı değildir. Aynı zamanda hangi çerçevenin uzun dönem - kısa dönem ayrımını güvenilir biçimde yakaladığı sorusunu içermektedir. Otoregresif dağıtılmış gecikme modeli (Autoregressive Distributed Lag - ARDL) yaklaşımı bu bağlamda, farklı bütünleşme derecelerine sahip serilerle çalışabilmesi ve kısa/uzun dönem dinamiklerini aynı model içinde ayrıştırabilmesi nedeniyle iklim-tarım çalışmalarında yaygın bir yer tutmaktadır. Bu hattı açık biçimde temsil

eden katkılar, ARDL ve sınır testi yaklaşımının iklim değişkenleri ile tarımsal üretim arasındaki uzun dönemli bağları incelemede işlevsel olduğunu göstermektedir (Demirhan, 2020).

Bununla birlikte, yalnızca doğrusal ARDL kullanımı, daha önce vurgulanan asimetri ve eşik davranışları tartışması karşısında sınırlı kalabilmektedir. Bu yüzden tezin NARDL kurgusu, literatürdeki doğrusal olmama bulgularını zaman serisi düzlemine sistematik biçimde taşımayı hedeflemektedir. Ayrıca tez metninde ekolojik ayak izi spesifikasyonunda şeker pancarı için pozitif ve negatif sıcaklık şoklarının uzun dönemde belirgin biçimde farklılaştığını raporlayan bulgular, bu metodolojik tercihin çalışmanın kendi bulgularıyla da tutarlı olduğunu göstermektedir.

Bu genel çerçevede içinde Türkiye literatürü, iklim-tarım ilişkisinin ülke içi çeşitlilik ve ürün bileşimi açısından genelleme yapmayı zorlaştırdığını hatırlatan bir konuma sahiptir. Türkiye üzerine erken dönem katkılar, iklim ve çevresel koşulların tarımsal performansla bağlantısını kuran ampirik bir zemin oluşturmakta ve sonraki çalışmalar ise bu hattı farklı yöntem ve ürünlerle genişletmektedir (Ozkan ve Akcaoz, 2002; Özdoğan, 2011; Doğan ve Kan, 2019; Tatar, 2016; Demirhan, 2020). Yakın dönem literatürde ARDL yaklaşımıyla Türkiye’de ürün bazlı iklim duyarlılığı tartışmasını somutlaştıran iki çalışma özellikle önemlidir: Benli ve Özdemir (2025) buğday, patates ve pirinç için 1981-2020 döneminde ARDL çerçevesinde kısa ve uzun dönem ayrımını kurmakta ve ayrıca iklim değişkenleri arasındaki etkileşimleri modele dahil ederek birleşik etkilerin önemini vurgulamaktadır. Benli (2025) ise aynı dönemde arpa ve bezelye üzerinden ARDL yaklaşımıyla ürün bazlı farklılaşmayı göstermekte, arpa için uzun dönem ilişki bulurken bezelyede uzun dönem bağın zayıf kaldığını raporlamaktadır. Bu iki çalışma, Türkiye’de ürün bazlı heterojenliği ve kısa/uzun dönem ayrımının önemini açık biçimde ortaya koyduğu için, bu tezin doğrudan başlangıç noktalarından biridir. Ancak mevcut tezin özgünlüğü, bu çalışmaların tekrarından değil, ölçeği ve kavramsal/methodolojik kapsamı genişleten bir sıçramadan gelir: örneklem döneminin 1961-2024’e uzatılması, ürün setinin altı temel ürünle genişletilmesi ve çevresel baskının yalnızca CO₂ ile değil ekolojik ayak izi ile de temsil edilmesi, Türkiye literatüründe henüz sistematik biçimde bir araya getirilmemiş bir çerçevede üretmektedir. Dahası, doğrusal ARDL’nin ötesine geçilerek asimetrik dinamiklerin test edilmesi, Türkiye için iklim şoklarının yön-bağımlı etkilerini doğrudan sınama imkanı sağlar ve bu, özellikle negatif şok maliyetinin pozitif şok getirisinden büyük olabileceği tartışmasını ülke ölçeğinde ürün bazlı olarak test etmeyi mümkün kılmaktadır.

Uluslararası literatür havuzu, tezin çok ürünlü ve uzun dönemli tasarımını ayrıca güçlendirmektedir. Çeşitli coğrafyalarda ürün verimlerinin iklim değişkenlerine verdiği tepkileri inceleyen çalışmalar, iklim etkilerinin ülke, ürün ve yöntem farklarına duyarlı olduğunu ve bu nedenle geniş veri setleri ve farklı ürün sınıflarının birlikte ele alınmasının bilgi üretiminde kritik olduğunu göstermektedir (Singh vd., 1998; Sen vd., 2012; Waha vd., 2013; Verón vd., 2015; Yang vd., 2014; Laux vd., 2010; Chandio vd., 2021; Mariem vd., 2021; Morel vd., 2021; Qin vd., 2023; Najafi vd., 2018). Özellikle belirsizliğin kaynaklarını tartışan ve sonuçların model seçimi/senaryo varsayımlarına duyarlılığını gösteren hat, tek bir tahminin evrensel doğruluk iddiası taşıyamayacağını hatırlatmaktadır (Roudier vd., 2011; Pirttioja vd., 2015). Bu noktada meta-analiz ve sentez literatürü, iki bulguyu kalıcı biçimde ortaya koymaktadır: iklim değişikliğinin başlıca ürünlerde verim kayıplarını tetikleme eğilimi ve etkilerin ürünler arasında önemli ölçüde heterojen olması (Wilcox ve Makowski, 2014; Makowski vd., 2015; Makowski vd., 2020; Zhao vd., 2017). Derleme çalışmaları da iklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkilerini mekanizma, gıda güvenliği ve uyum politikaları boyutuyla çerçeveleyerek, ampirik çalışmalarda değişken seçimi ve model tasarımının teorik temellerini güçlendirmektedir (Fuhrer, 2003; Kang vd., 2009; Hatfield vd., 2011). Ayrıca daha erken dönem katkılar, iklimin üretim sistemleri üzerindeki etkisini geniş bir kaynak- arazi kullanımı ve sürdürülebilirlik tartışmasına bağlayan bir arka plan sunmaktadır (Nonhebel, 1996). Bu geniş literatür havuzu, tezin üç tasarım tercihinin doğrudan doğrulamaktadır. Ürün bazlı ayrıştırma zorunludur, çevresel baskı tek bir göstergıyla temsil edildiğinde kavramsal kör noktalar doğmaktadır, doğrusal simetri varsayımı, özellikle eşik ve bileşik risk bulguları karşısında savunulamaz hale gelmektedir.

Bu literatür haritası, tezin araştırma boşluğunu da netleştirmektedir. Türkiye’de iklim değişkenleri, çevresel baskı ve teknoloji göstergeleri ile tarımsal verim arasındaki ilişkileri 1961-2024 gibi uzun bir örneklemede, altı temel ürün için karşılaştırmalı biçimde ve çevresel baskıyı hem CO₂ hem ekolojik ayak izi üzerinden test ederek inceleyen ve ayrıca iklim/çevresel şokların artış ve azalış bileşenlerini ayrıştırıp asimetric etkileri sistematik olarak değerlendiren bir zaman serisi çerçevesi literatürde bulunmamaktadır. Bu nedenle tez, süreç-temelli literatürün mekanizma bilgisini, gözlemsel literatürün heterojenlik ve doğrusal olmama bulgularını ve Türkiye literatürünün ürün bazlı kanıtlarını tek bir bütünleşik ampirik tasarım içinde birleştirerek, iklim değişikliğinin tarımsal verim üzerindeki etkilerini daha yüksek çözünürlükte ve politika açısından daha anlamlı bir düzlemde ortaya koymayı hedeflemektedir.

3. VERİLER VE METODOLOJİ

3.1. Veriler

Bu çalışmada Türkiye için yıllık frekansta derlenen veri seti kullanılmakta, örneklem dönemi veri erişilebilirliğine bağlı olarak 1961-2024 aralığını kapsamaktadır. Tarımsal verim göstergeleri olarak buğday, mısır, arpa, pamuk, şeker pancarı ve patates ürünlerine ait hektar başına üretim miktarları kullanılmıştır. Tüm verim serileri ton/hektar cinsinden ölçülmekte, veri kaynağı Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) olup Our World in Data tarafından derlenmiş ve işlenmiştir.

Çalışmada çevresel baskı göstergeleri ve iklim değişkenleri birden fazla veri kaynağından elde edilmiştir. Kişi başına CO₂ emisyonları, fosil yakıt kullanımı ve endüstriyel süreçlerden kaynaklanan karbon dioksit emisyonlarını kapsamaktadır. Bu seri ulaştırma, elektrik üretimi ve ısınma kaynaklı emisyonları içermekte olup arazi kullanım değişikliklerinden kaynaklanan emisyonları kapsamamaktadır. Veri, Global Carbon Budget 2025 (Friedlingstein et al., 2025) çalışmasına dayanmakta olup nüfus serileri farklı kaynaklardan derlenerek Our World in Data tarafından işlenmiştir.

İklim değişkenleri kapsamında ortalama yıllık yüzey sıcaklığı ve toplam yıllık yağış serileri kullanılmıştır. Ortalama sıcaklık, yer yüzeyinden 2 metre yükseklikte ölçülen hava sıcaklığını ifade etmekte olup kara, deniz ve iç su yüzeylerini kapsamaktadır. Toplam yıllık yağış serisi ise günlük ortalama yağış değerlerinin toplamı olarak hesaplanan yıllık yağış derinliğini ifade etmekte ve yağmur ile kar yağışını kapsarken sis ve çığ oluşumlarını içermemektedir. Her iki değişken Copernicus Climate Change Service verilerine dayanmakta olup Our World in Data tarafından işlenmiştir.

Tarımsal üretimde teknoloji kullanımını temsil etmek amacıyla hektar başına düşen tarım makineleri serisi modele dahil edilmiştir. Bu değişken toplam tarım makinelerinin beygir gücü cinsinden ölçülmesi ve toplam tarım alanına bölünmesiyle elde edilmekte olup veri kaynağı Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı Ekonomik Araştırma Servisi (USDA Economic Research Service) olup Our World in Data tarafından derlenmiştir.

Çalışmada çevresel baskıyı temsil eden alternatif gösterge olarak kişi başına ekolojik ayak izi serisi de kullanılmıştır. Kişi başına ekolojik ayak izi, bir ülkenin toplam ekolojik ayak izinin nüfusuna bölünmesiyle elde edilmekte ve üretim ile tüketim faaliyetlerinin doğal kaynaklar üzerindeki toplam talebini yansıtan bileşik bir gösterge niteliği taşımaktadır. Ekolojik ayak izi serisi Global Footprint Network veri tabanından elde edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan değişkenler analizde teknik kolaylık sağlamak amacıyla kısa kodlarla ifade edilmektedir. Buna göre WHT, MZ, BRL, CTN, SGR ve PTO sırasıyla buğday, mısır, arpa, pamuk, şeker pancarı ve patates verimini temsil etmektedir. İklim değişkenleri TEMP (ortalama sıcaklık) ve PREC (yağış) ile gösterilirken, çevresel baskı göstergeleri CO₂ (kişi başı karbon emisyonu) ve FP (ekolojik ayak izi) şeklinde kısaltılmıştır. Tarımsal teknoloji düzeyini temsil eden kontrol değişkeni ise MACH (mekanizasyon) olarak ifade edilmektedir.

Model tahminlerinde değişkenlerin varyansını stabilize etmek ve katsayıların elastikiyet yorumu yapılabilmesini sağlamak amacıyla tarımsal verim serileri ile sürekli açıklayıcı değişkenlerin logaritmik dönüşümleri kullanılmaktadır. Bu dönüşüm aynı zamanda serilerdeki olası ölçek farklılıklarının model sonuçları üzerindeki etkisini azaltmayı ve parametre tahminlerinin yorumlanabilirliğini artırmayı amaçlamaktadır. Logaritmik değişkenler ln öneki ile gösterilmiştir. Örneğin lnWHT buğday veriminin logaritmik değerini, lnTEMP ortalama sıcaklığın logaritmasını ve lnCO₂ kişi başı karbon emisyonunun logaritmasını ifade etmektedir. NARDL yaklaşımı kapsamında iklim ve çevresel değişkenler pozitif ve negatif kısmi toplamlarına ayrıştırılmış olup bu bileşenler lnTEMP⁺ ve lnTEMP⁻ gibi gösterimlerle ifade edilmektedir.

Tablo 3.1, analizde kullanılan değişkenlerin hem düzeyde hem de logaritmik dönüşümlerinde tanımlayıcı istatistiklerini sunmaktadır. Düzey değerleri değişkenlerin ekonomik büyüklüklerinin yorumlanmasına imkan tanırken, logaritmik form model tahminlerinde kullanılan dağılım özelliklerini göstermektedir.

Tarımsal verim serileri incelendiğinde en yüksek ortalama ve varyasyonun şeker pancarı ve patates verimlerinde gözleendiği, buna karşılık iklim değişkenlerinin görece daha düşük oynaklık sergilediği görülmektedir. Çarpıklık ve basıklık değerleri genel olarak serilerin aşırı uç değerler içermediğini ve log dönüşüm sonrasında dağılımın daha simetrik bir yapıya yaklaştığını göstermektedir. Mekanizasyon değişkeninde daha belirgin asimetri bulunması ise bu serinin zaman içinde yapısal değişimlere daha duyarlı olduğunu düşündürmektedir.

Bu dağılım özellikleri, logaritmik dönüşümün varyans stabilizasyonu ve ölçek farklılıklarının azaltılması açısından uygun bir dönüşüm olduğunu desteklemektedir.

Tablo 3.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	N	Ortalama	Std. Sapma	Min	Max	Çarpıklık	Basıklık
<i>WHT</i>	63	2.010	0.566	0.909	3.220	-0.038	2.293
<i>lnWHT</i>	63	0.655	0.307	-0.095	1.169	-0.596	2.555
<i>MZ</i>	63	4.565	2.796	1.199	9.636	0.593	1.961
<i>lnMZ</i>	63	1.320	0.651	0.182	2.265	-0.038	1.705
<i>BRL</i>	63	2.052	0.501	1.058	2.936	-0.257	2.160
<i>lnBRL</i>	63	0.686	0.266	0.056	1.077	-0.666	2.453
<i>CTN</i>	63	2.987	1.257	0.914	5.205	0.336	1.808
<i>lnCTN</i>	63	1.000	0.450	-0.090	1.650	-0.298	2.329
<i>SGR</i>	63	40.926	12.103	21.689	69.355	0.661	2.556
<i>lnSGR</i>	63	3.670	0.290	3.077	4.239	0.109	2.467
<i>PTO</i>	63	22.485	8.207	9.558	37.767	0.109	1.818
<i>lnPTO</i>	63	3.041	0.394	2.257	3.631	-0.314	1.791
<i>MACH</i>	59	0.771	0.466	0.066	1.518	-0.140	1.730
<i>lnMACH</i>	59	-0.590	0.976	-2.718	0.418	-0.993	2.593
<i>CO2</i>	63	2.884	1.465	0.596	5.580	0.152	1.725
<i>lnCO2</i>	63	0.901	0.605	-0.518	1.719	-0.554	2.249
<i>FP</i>	63	2.581	0.575	1.629	3.579	0.133	1.795
<i>lnFP</i>	63	0.923	0.227	0.488	1.275	-0.154	1.932
<i>PREC</i>	63	717.512	82.003	541.094	910.157	0.214	2.386
<i>lnPREC</i>	63	6.569	0.114	6.294	6.814	-0.016	2.378
<i>TEMP</i>	63	11.296	0.874	9.256	13.329	0.324	2.695
<i>lnTEMP</i>	63	2.422	0.077	2.225	2.590	0.137	2.688

Kaynak: Yazar hesaplamaları

3.2. Metodoloji

Bu çalışmada Türkiye’de tarımsal verim ile iklimsel ve çevresel değişkenler arasındaki ilişkilerin doğrusal olmayan yapısını ortaya koymak amacıyla NARDL kullanılmaktadır. Ampirik analiz çerçevesi, Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen ARDL sınır testi yaklaşımı ile Shin vd. (2014) tarafından önerilen ve doğrusal olmayan uzantılı modelin bütünleştirilmesine dayanmaktadır.

ARDL yaklaşımı, değişkenlerin farklı bütünleşme derecelerine sahip olmasına izin vermesi bakımından klasik eşbütünleşme yöntemlerine kıyasla önemli bir esneklik sunmaktadır. Engle-Granger (1987) ve Johansen (1988) yaklaşımlarının aksine, ARDL yöntemi serilerin I(0) veya I(1) olması durumunda uygulanabilmekte, ancak I(2) süreçler içermemesi gerekmektedir. Bu özellik, iklimsel ve çevresel zaman serilerinin genellikle farklı durağanlık özellikleri sergilediği tarımsal üretim analizleri açısından yöntemi özellikle uygun kılmaktadır.

Bununla birlikte doğrusal ARDL modeli, açıklayıcı değişkenlerdeki artış ve azalışların bağımlı değişken üzerindeki etkilerinin simetrik olduğu varsayımına dayanır. Tarımsal üretim

süreçlerinde ise iklim şokları, çevresel baskı değişimleri veya teknolojik dönüşümler üretim üzerinde eşit büyüklükte fakat ters yönlü etkiler yaratmayabilir. Bu nedenle çalışmada doğrusal modelin bu kısıtını aşmak amacıyla NARDL yaklaşımı benimsenmiştir. NARDL modeli, açıklayıcı değişkenlerin pozitif ve negatif bileşenlerini ayrıştırarak hem kısa hem de uzun dönemde asimetrik etkilerin test edilmesine imkan tanımaktadır.

Analizde her bir ürün için bağımlı değişken, ilgili ürünün hektar başına veriminin doğal logaritması ($\ln Y_t$) olarak tanımlanmıştır. Açıklayıcı değişkenler ise sıcaklık ($\ln TEMP_t$), yağış ($\ln PREC_t$), çevresel baskı göstergesi ($\ln ENV_t$); CO2 emisyonu ($\ln CO2_t$) veya kişi başına ekolojik ayak izi ($\ln FP_t$) ve teknolojik kapasiteyi temsilen makineleşme göstergesi ($\ln MACH_t$) olarak modele dahil edilmiştir.

Genel NARDL(p, q_1, q_2, \dots, q_k) modeli aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$\Delta \ln Y_t = \alpha_0 + \rho \ln Y_{t-1} + \sum_{k=1}^K (\theta_k^+ X_{k,t-1}^+ + \theta_k^- X_{k,t-1}^-) + \sum_{i=1}^{p-1} \phi_i \Delta \ln Y_{t-i} + \sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^{q_k-1} (\gamma_{kj}^+ \Delta X_{k,t-j}^+ + \gamma_{kj}^- \Delta X_{k,t-j}^-) + \varepsilon_t \quad (D.1)$$

Burada $X_{k,t}^+$ ve $X_{k,t}^-$ ilgili açıklayıcı değişkenin sırasıyla pozitif ve negatif kısmi toplamlarını temsil etmektedir.

Her bir açıklayıcı değişken X_t için pozitif ve negatif kısmi toplamlar aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$X_t^+ = \sum_{j=1}^t \Delta X_j^+ = \sum_{j=1}^t \max(\Delta X_j, 0) \quad (D.2)$$

$$X_t^- = \sum_{j=1}^t \Delta X_j^- = \sum_{j=1}^t \min(\Delta X_j, 0) \quad (D.3)$$

Bu ayrıştırma, değişkenlerdeki artış ve azalışların üretim üzerindeki etkilerinin ayrı ayrı tahmin edilmesine imkan vermekte ve böylece doğrusal olmayan uyum dinamikleri yakalanabilmektedir.

Uzun dönem pozitif ve negatif etkiler aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$\beta_k^+ = -\frac{\theta_k^+}{\rho} \quad (D.4)$$

$$\beta_k^- = -\frac{\theta_k^-}{\rho} \quad (D.5)$$

Bu katsayılar, ilgili değişkende kalıcı bir artış veya azalışın tarımsal verim üzerindeki uzun dönem etkisini göstermektedir.

Modelde uzun dönemli ilişkinin varlığı öncelikle Pesaran vd. (2001) sınır testi ile değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra NARDL çerçevesinde Shin vd. (2014) tarafından önerilen iki istatistik kullanılmıştır. t_{BDM} istatistiği, hata düzeltme teriminin anlamlılığını test ederken F_{PSS} istatistiği, eşbütünleşmenin varlığını doğrular.

Test hipotezi $H_0: \rho = \theta_k^+ = \theta_k^- = 0$ şeklindedir. Test istatistiklerinin üst kritik değerleri aşması durumunda değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisi olduğu kabul edilmektedir.

Uzun dönem asimetrinin varlığı aşağıdaki Wald testi ile incelenmiştir:

$$H_0 = \beta_k^+ = \beta_k^- \quad (D.6)$$

Kısa dönem asimetri ise kısa dönem katsayılarının toplamlarının eşitliği test edilerek değerlendirilmiştir:

$$H_0: \sum_j \gamma_{kj}^+ = \sum_j \gamma_{kj}^- \quad (D.7)$$

Bu hipotezlerin reddedilmesi, ilgili değişkenin üretim üzerinde doğrusal olmayan bir etki yarattığını göstermektedir.

NARDL modelinin önemli bir avantajı, pozitif ve negatif şokların zamana bağlı etkilerinin dinamik çarpanlar aracılığıyla izlenebilmesidir. h dönemlik kümülatif dinamik çarpan aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$m_h^+ = \sum_{j=0}^h \frac{\partial \ln Y_{t+j}}{\partial X_t^+} \quad (D.8)$$

$$m_h^- = \sum_{j=0}^h \frac{\partial \ln Y_{t+j}}{\partial X_t^-} \quad (D.9)$$

Bu çarpanlar, şokların kısa dönemde nasıl yayıldığını ve uzun dönemde dengeye nasıl yakınsadığını göstermektedir.

Tahmin edilen modellerin ekonometrik varsayımlarının geçerliliğini değerlendirmek amacıyla çeşitli tanısal testler uygulanmıştır. Seri korelasyon problemi Breusch-Godfrey LM ve Portmanteau testleri ile, değişen varyans problemi Breusch-Pagan ve White testleri ile incelenmiştir. Model spesifikasyonunun doğruluğu Ramsey RESET testi ile değerlendirilmiş, hata terimlerinin normalliği ise Jarque-Bera testi ile sınanmıştır.

Bu metodolojik yaklaşım, tarımsal üretim sistemlerinde iklimsel ve çevresel şokların etkilerinin doğrusal olmadığını dikkate alarak, hem kısa hem uzun dönem dinamikleri ayrıntılı biçimde analiz etmeye olanak tanımaktadır. NARDL modeli sayesinde üretim süreçlerinin

yalnızca ortalama etkiler üzerinden değil, şokların yönüne bağlı olarak farklılaşan uyum mekanizmaları üzerinden değerlendirilmesi mümkün hale gelmektedir.

Bu çerçeve, çalışmanın temel araştırma sorusuna uygun olarak tarımsal verimin iklim değişkenleri ve çevresel baskı göstergelerine verdiği tepkilerin yapısal özelliklerini ortaya koyan tutarlı ve kapsamlı bir ampirik altyapı sunmaktadır.

4. ÖNCÜL ANALİZLER

Ekonometrik analizlere geçmeden önce zaman serisi özelliklerinin doğru biçimde belirlenmesi, elde edilecek uzun dönem ve kısa dönem katsayılarının güvenilirliği açısından zorunludur. Özellikle ARDL ve NARDL çerçevesinde yürütülen analizlerde değişkenlerin bütünleşme derecelerinin $I(0)$ veya $I(1)$ olması gerekmektedir. Sınır testi (bounds testing) yaklaşımı, farklı bütünleşme derecelerine sahip ($I(0)$ ve $I(1)$) serilerle çalışabilme esnekliği sağlamakla birlikte, $I(2)$ düzeyinde bütünleşik serilerin varlığı durumunda geçerliliğini yitirmektedir. Bunun temel nedeni, sınır testi için türetilen kritik değerlerin yalnızca $I(0)$ ve $I(1)$ süreçleri altında geçerli olmasıdır. $I(2)$ serilerin modele dahil edilmesi durumunda test istatistiklerinin dağılım özellikleri bozulmakta, bu da eşbütünleşme sonuçlarının yanıltıcı olmasına ve sahte regresyon riskinin artmasına yol açmaktadır (Pesaran ve Shin, 1999; Pesaran vd., 2001). Nitekim Kripfganz ve Schneider (2023), sınır testi yaklaşımının uygulanabilmesi için serilerin ikinci dereceden bütünleşik olmamasının ön koşul olduğunu açık biçimde vurgulamaktadır. Bu nedenle, eşbütünleşme analizine geçmeden önce tüm değişkenlerin bütünleşme derecelerinin ampirik olarak test edilmesi metodolojik bir zorunluluk teşkil etmektedir. Bu nedenle çalışmada kullanılan tüm değişkenler için durağanlık özellikleri sistematik olarak incelenmiştir. Birim kök testleri yalnızca teknik bir ön koşul değil, aynı zamanda serilerin uzun dönemli stokastik eğilim içerip içermediğini ve şoklara verdikleri tepkilerin kalıcılığını anlamak açısından da önem taşımaktadır.

Bu kapsamda, değişkenlerin seviyede ve birinci farkta durağanlık durumları hem sabitli hem de sabitli-trendli spesifikasyonlar altında test edilmiş ve böylece deterministik bileşenlerin sonuçlar üzerindeki etkisi de kontrol edilmiştir. Elde edilen bulgular, model spesifikasyonunun uygunluğunu ve sınır testi yaklaşımının uygulanabilirliğini doğrulamak amacıyla aşağıda ayrıntılı biçimde sunulmaktadır.

Tablo 4.1, çalışmada kullanılan tüm seriler için Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testlerinin sonuçlarını sunmaktadır. Testler hem sabit terim içeren hem de sabit ve trend içeren spesifikasyonlar altında, serilerin düzey ve birinci farkları için ayrı ayrı uygulanmıştır. Elde edilen bulgular, tarımsal verim değişkenlerinin büyük ölçüde düzeyde durağan olmadığını, ancak birinci farkları alındığında istatistiksel olarak anlamlı biçimde durağan hale geldiklerini göstermektedir. Bu sonuçlar, bağımlı değişkenlerin genel olarak $I(1)$ süreçler izlediğine işaret etmektedir.

İklim değişkenleri ve çevresel baskı göstergeleri açısından sonuçlar daha heterojen bir görünüm sunmaktadır. Yağış ve sıcaklık serilerinin çoğu test spesifikasyonunda durağan veya

sınırdır durağan olduğu, CO₂ ve ekolojik ayak izi değişkenlerinin ise ağırlıklı olarak birinci farkta durağan hale geldiği görülmektedir.

Hiçbir değişkende ikinci farkta durağanlık gerektiren bir yapı gözlenmemesi, seriler arasında I(2) bütünleşme derecesine sahip bir değişken bulunmadığını göstermektedir. Bu durum, değişkenlerin farklı entegrasyon derecelerine izin veren NARDL yaklaşımının uygulanabilirliğini metodolojik açıdan desteklemektedir.

Tablo 4.1. Birim Kök Testlerine İlişkin Sonuçlar

Değişken	Model	ADF	PP
<i>lnWHT</i>	Sabit	-1.744 (4)	-1.936 (4)
	Sabit + Trend	-2.092 (4)	-4.973 (4)***
$\Delta lnWHT$	Sabit	-4.174 (4)***	-15.525 (4)***
	Sabit + Trend	-4.212 (4)***	-15.646 (4)***
<i>lnMZ</i>	Sabit	-0.800 (4)	-0.562 (4)
	Sabit + Trend	-2.717 (4)	-2.930 (4)
$\Delta lnMZ$	Sabit	-3.809 (4)***	-7.664 (4)***
	Sabit + Trend	-3.790 (4)**	-7.637 (4)***
<i>lnBRL</i>	Sabit	-2.034 (4)	-2.567 (4)*
	Sabit + Trend	-1.873 (4)	-6.271 (4)***
$\Delta lnBRL$	Sabit	-5.407 (4)***	-17.476 (4)***
	Sabit + Trend	-5.681 (4)***	-17.783 (4)***
<i>lnCTN</i>	Sabit	-1.823 (4)	-2.988 (4)**
	Sabit + Trend	-2.396 (4)	-3.515 (4)**
$\Delta lnCTN$	Sabit	-3.181 (4)**	-9.466 (4)***
	Sabit + Trend	-3.348 (4)*	-10.096 (4)***
<i>lnSGR</i>	Sabit	-1.070 (4)	-1.144 (4)
	Sabit + Trend	-2.151 (4)	-3.646 (4)**
$\Delta lnSGR$	Sabit	-3.821 (4)***	-11.728 (4)***
	Sabit + Trend	-3.757 (4)**	-11.615 (4)***
<i>lnPTO</i>	Sabit	-0.921 (4)	-1.544 (4)
	Sabit + Trend	-1.604 (4)	-3.030 (4)
$\Delta lnPTO$	Sabit	-4.585 (4)***	-9.202 (4)***
	Sabit + Trend	-4.655 (4)***	-9.147 (4)***
<i>lnTEMP</i>	Sabit	-0.385 (4)	-4.790 (4)***
	Sabit + Trend	-1.915 (4)	-6.633 (4)***
$\Delta lnTEMP$	Sabit	-4.817 (4)***	-20.060 (4)***
	Sabit + Trend	-5.137 (4)***	-20.614 (4)***
<i>lnPREC</i>	Sabit	-2.716 (4)*	-7.340 (4)***
	Sabit + Trend	-3.650 (4)**	-8.043 (4)***
$\Delta lnPREC$	Sabit	-5.211 (4)***	-16.326 (4)***
	Sabit + Trend	-5.136 (4)***	-16.193 (4)***
<i>lnCO2</i>	Sabit	-2.457 (4)	-3.835 (4)***
	Sabit + Trend	-2.394 (4)	-3.193 (4)*

Tablo 4.1. Tablonun Devamı

$\Delta \ln CO_2$	Sabit	-3.135 (4)**	-8.146 (4)***
	Sabit + Trend	-3.512 (4)**	-8.819 (4)***
$\ln FP$	Sabit	-1.559 (4)	-1.195 (4)
	Sabit + Trend	-3.071 (4)	-5.058 (4)***
$\Delta \ln FP$	Sabit	-4.451 (4)***	-13.193 (4)***
	Sabit + Trend	-4.543 (4)***	-13.306 (4)***
$\ln MACH$	Sabit	-4.627 (4)***	-3.841 (4)***
	Sabit + Trend	-3.207 (4)*	-0.971 (4)
$\Delta \ln MACH$	Sabit	-1.697 (4)	-2.995 (4)**
	Sabit + Trend	-2.501 (4)	-4.596 (4)***

Not: ADF, Augmented Dickey-Fuller birim kök testini; PP, Phillips-Perron birim kök testini ifade etmektedir. Testler sabit ve sabit-trend olmak üzere iki farklı deterministik spesifikasyon altında uygulanmıştır. Δ işareti serilerin birinci farkını göstermektedir. Parantez içindeki değerler, testlerde kullanılan gecikme uzunluklarını ifade etmektedir. *, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Özetle, birim kök testlerinden elde edilen bulgular, çalışmada kullanılan değişkenlerin bütünleşme derecelerinin homojen olmadığını, ancak hiçbir değişkenin ikinci dereceden bütünleşik olmadığını göstermektedir. Bu karma bütünleşme yapısı, değişkenlerin aynı entegrasyon derecesine sahip olmasını gerektiren geleneksel eşbütünleşme yaklaşımlarının kullanımını sınırlamaktadır. Bu bağlamda, farklı bütünleşme derecelerine sahip değişkenlerin birlikte modellenmesine imkan tanıyan ve aynı zamanda uzun dönem asimetrik ilişkileri test etmeye olanak sağlayan NARDL uygun bir yöntem olarak tercih edilmiştir. NARDL yaklaşımı, değişkenlerin I(0) ve I(1) süreçler içermesine izin vermekte, kısa ve uzun dönem dinamiklerini eşanlı olarak tahmin edebilmekte ve pozitif ile negatif şokların etkilerini ayırıştırarak asimetrik tepki yapısını ortaya koyabilmektedir.

Dolayısıyla, veri setinin bütünleşme özellikleri ve çalışmanın asimetri odaklı araştırma soruları birlikte değerlendirildiğinde, NARDL modelinin ampirik analiz için metodolojik açıdan en tutarlı çerçeveyi sunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

5. AMPİRİK BULGULAR

5.1. Buğday (WHT)

5.1.1. ARDL Bulguları (CO₂ Spesifikasyonu)

Bu alt bölümde buğday verimi ile iklim koşulları, çevresel baskı ve teknolojik kapasite arasındaki uzun dönem ilişki ve kısa dönem uyum dinamikleri ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılarak incelenmiştir. ARDL-ECM tahmin sonuçları Tablo 5.1’de, eşbütünleşme ve model tanısallarına ilişkin bulgular ise Tablo 5.2’de sunulmaktadır.

Hata düzeltme teriminin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması, buğday verimi ile modelde yer alan açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin bulunduğunu göstermektedir (Tablo 5.1). Hata düzeltme katsayısının büyüklüğü, kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin yaklaşık %80’inin bir sonraki dönemde giderildiğini göstermekte ve sistemin uzun dönem denge patikasına görece hızlı bir yakınsama sergilediğine işaret etmektedir. Bu sonuç, buğday veriminin iklimsel ve üretim koşullarında meydana gelen geçici sapmalara rağmen uzun dönem denge seviyesine dönme eğiliminin güçlü olduğunu göstermektedir.

Uzun dönem katsayılar incelendiğinde, yağış değişkeninin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Logaritmik model yapısı dikkate alındığında, yağıştaki %1’lik bir artışın uzun dönemde buğday verimini yaklaşık %0.29 oranında artırdığı anlaşılmaktadır. Bu bulgu, su koşullarının buğday üretiminde önemli bir belirleyici olduğunu ve üretim performansının hidrolojik koşullara duyarlı bir yapı sergilediğini göstermektedir (Tablo 5.1). Benzer şekilde makineleşme değişkeninin pozitif ve yüksek derecede anlamlı katsayısı, teknolojik kapasitenin uzun dönem tarımsal verim üzerinde önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Makineleşmedeki %1’lik bir artışın buğday verimini yaklaşık %0.21 oranında artırması, teknolojik sermaye birikiminin üretim verimliliği üzerindeki olumlu etkisini desteklemektedir.

Buna karşılık sıcaklık ve CO₂ değişkenlerinin uzun dönem katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Bu durum, söz konusu değişkenlerin buğday verimi üzerindeki etkilerinin uzun dönem ortalama düzeylerden ziyade kısa dönemli dalgalanmalar veya doğrusal olmayan uyum mekanizmaları üzerinden ortaya çıkabileceğini düşündürmektedir. Nitekim kısa dönem dinamikleri incelendiğinde sıcaklık değişiminin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bu sonuç, sıcaklıktaki %1’lik bir artışın kısa dönemde buğday verimini yaklaşık %0.35 oranında azaltabildiğini göstermekte ve

sıcaklık artışlarının kısa vadede ısı stresi kanalıyla üretim üzerinde baskı yaratabileceğine işaret etmektedir. Dolayısıyla sıcaklık değişkeninin etkisinin uzun dönem seviyesel etkilerden ziyade kısa dönem uyum süreçleri üzerinden ortaya çıktığı söylenebilir.

Tablo 5.1. ARDL-ECM Sonuçları (CO₂ Spesifikasyonu - Buğday)

Panel A - Hata Düzeltme ve Uzun Dönem Katsayılar				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ECT(-1)</i>	-0.798***	0.119	-6.700	0.000
Uzun Dönem Katsayılar				
<i>lnTEMP</i>	0.260	0.285	0.910	0.367
<i>lnPREC</i>	0.287**	0.129	2.230	0.030
<i>lnCO₂</i>	0.158	0.097	1.620	0.111
<i>lnMACH</i>	0.208***	0.054	3.820	0.000
Panel B - Kısa Dönem Dinamikler				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ΔlnTEMP</i>	-0.345**	0.170	-2.030	0.048
<i>Sabit</i>	-1.517*	0.784	-1.930	0.059

Not: Bağımlı değişken: $\Delta \ln WHT$. Tablo, ARDL(1,1,0,0,0) modelinin hata düzeltme temsiliğini göstermektedir. ECT katsayısı uzun dönem dengeye dönüş hızını ifade etmektedir. Uzun dönem katsayılar düzey değişkenlerinden türetilmiştir.

Eşbütünleşme ilişkisi ARDL sınır testi ile doğrulanmaktadır. Tablo 5.2’de raporlanan F ve t istatistiklerinin ilgili üst kritik değerleri aşması, modelde yer alan değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir uzun dönem ilişkisinin bulunduğunu göstermektedir. Bu sonuç, Tablo 5.1’de raporlanan uzun dönem katsayılarının geçerli bir eşbütünleşme ilişkisi çerçevesinde yorumlanabileceğini teyit etmektedir.

Modelin ekonometrik geçerliliği çeşitli tanısal testler aracılığıyla değerlendirilmiştir. Breusch-Godfrey LM testi sonuçları model artıklarında seri korelasyon bulunmadığını göstermektedir. Breusch-Pagan ve White heteroskedastisite testlerinin anlamlı çıkmaması, hata terimlerinin sabit varyans varsayımıyla uyumlu olduğunu göstermektedir. Ramsey RESET testinin istatistiksel olarak anlamlı olmaması modelin fonksiyonel formunun doğru şekilde spesifikasyonu edildiğine işaret etmektedir. Ayrıca Jarque-Bera normallik testi sonuçları hata terimlerinin normal dağılım varsayımıyla tutarlı olduğunu göstermektedir. Bu tanısal bulgular birlikte değerlendirildiğinde, tahmin edilen ARDL modelinin temel ekonometrik varsayımları ihlal etmediği ve elde edilen katsayıların güvenilir bir ampirik çerçeve içinde yorumlanabileceği söylenebilir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, CO₂ temelli ARDL sonuçları buğday verim dinamiklerinin iki temel mekanizma etrafında şekillendiğini göstermektedir. Birincisi, üretim düzeyi uzun dönemde ağırlıklı olarak su koşulları ve teknolojik kapasite tarafından

belirlenmektedir. İkincisi, sıcaklık değişimleri üretim üzerinde daha çok kısa dönem stres etkileri yaratmaktadır. Çevresel baskı göstergesi olarak CO₂ ise üretimle birlikte hareket eden ancak doğrudan belirleyici bir uzun dönem etkisi bulunmayan bir değişken görünümü sergilemektedir.

Bu bulgular, buğday üretiminde verim istikrarının sağlanmasında iklim koşullarının kısa dönem şok etkilerinin yönetilmesi kadar, teknolojik kapasitenin sürdürülebilirliğinin de kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 5.2. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler

Panel A - Sınır Testi		
<i>İstatistik</i>	<i>Değer</i>	<i>Sonuç</i>
F-istatistiği	9.350	Eşbütünleşme var
t-istatistiği	-6.704	Eşbütünleşme var
Panel B - Tanısal Testler		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p-değeri</i>
Breusch-Godfrey LM (lag 1-4)	-	>0.10
Breusch-Pagan	0.120	0.728
White	34.470	0.153
Ramsey RESET	0.300	0.828
Normalite (JB)	2.760	0.252

Not: Sınır testi Pesaran vd. (2001) yaklaşımına göre hesaplanmıştır. F ve t istatistikleri Kripfganz ve Schneider (2020) sonlu örnek kritik değerleri ile karşılaştırılmıştır. Tanısal testler Breusch-Godfrey seri korelasyon, Breusch-Pagan ve White heteroskedastisite, Ramsey RESET fonksiyonel form ve Jarque-Bera normallik testlerini içermektedir. p-değerleri ilgili test istatistiklerine aittir.

5.1.2. NARDL Bulguları (CO₂ Spesifikasyonu)

Bu alt bölümde buğday verimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı ve teknolojik kapasite arasındaki ilişkinin doğrusal olup olmadığı NARDL modeli aracılığıyla incelenmiştir. Pozitif ve negatif şokların ayrı ayrı modele dahil edilmesi, üretim dinamiklerinin yön bağımlı olup olmadığını değerlendirmeye imkan tanımaktadır. Uzun dönem kısmi toplam katsayıları ve asimetri testleri Tablo 5.3'te, eşbütünleşme ve model tanımsallarına ilişkin bulgular ise Tablo 5.4'te sunulmaktadır.

Uzun dönem kısmi toplam katsayıları incelendiğinde, sıcaklık, yağış ve CO₂ değişkenleri için pozitif ve negatif bileşen katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir (Tablo 5.3, Panel A). Bununla birlikte, yön bağımlı etkilerin varlığı yalnızca katsayı büyüklüklerine bakılarak değerlendirilemeyeceğinden, uzun dönem asimetri Wald test sonuçları ayrıca dikkate alınmıştır.

Panel B'de raporlanan Wald testleri, uzun dönem asimetrinin yalnızca makineleşme değişkeni için istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Buna karşılık sıcaklık,

yağış ve CO₂ değişkenleri için pozitif ve negatif bileşenlerin eşit olduğu yönündeki simetri hipotezi reddedilememektedir. Bu bulgu, buğday veriminin iklim ve çevresel baskı değişkenlerindeki artış ve azalışlara uzun dönemde yön bağımlı bir tepki vermediğini göstermektedir.

Makineleşme değişkeni için elde edilen sonuçlar ise belirgin bir uzun dönem asimetriye işaret etmektedir. Pozitif ve negatif bileşen katsayılarının her ikisinin de istatistiksel olarak anlamlı olması ve Wald testinin güçlü biçimde reddedilmesi, teknolojik kapasite değişimlerinin buğday verimi üzerinde yön bağımlı etkiler yarattığını göstermektedir. Özellikle negatif şok katsayısının büyüklüğü, teknolojik kapasitedeki gerilemelerin üretim üzerinde daha güçlü etkiler yaratabileceğine işaret etmektedir.

Kısa dönem asimetri testleri ise hiçbir değişken için istatistiksel olarak anlamlı sonuç üretmemektedir (Tablo 5.3, Panel C). Bu bulgu, kısa dönem üretim dinamiklerinde pozitif ve negatif şoklara verilen tepkilerin istatistiksel olarak farklılaşmadığını ve yön bağımlı etkilerin daha çok uzun dönem ayarlama süreçlerinde ortaya çıktığını göstermektedir.

Tablo 5.3. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (CO₂ Spesifikasyonu - Buğday)

Panel A - Uzun Dönem Pozitif ve Negatif Etkiler		
<i>Değişken</i>	<i>Pozitif Etki</i>	<i>Negatif Etki</i>
<i>lnTEMP</i>	0.096	-0.189
<i>lnPREC</i>	-0.156	-0.035
<i>lnCO₂</i>	0.186	-0.325
<i>lnMACH</i>	0.330***	4.832***
Panel B - Uzun Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.210	0.650
<i>lnPREC</i>	2.175	0.151
<i>lnCO₂</i>	0.103	0.750
<i>lnMACH</i>	25.100***	0.000
Panel C - Kısa Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.149	0.703
<i>lnPREC</i>	0.003	0.954
<i>lnCO₂</i>	0.062	0.805
<i>lnMACH</i>	1.658	0.208

Not: *, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir. Pozitif ve negatif etkiler uzun dönem kısmi toplam katsayılarından elde edilmiştir. Asimetri testleri Wald istatistiklerine dayanmaktadır.

NARDL modeline ilişkin eşbütünleşme test sonuçları, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulunduğunu göstermektedir (Tablo 5.4). Shin vd. (2014) yaklaşımı çerçevesinde hesaplanan t_{BDM} ve F_{PSS} istatistikleri uzun dönem denge ilişkisinin varlığını doğrulamaktadır. Bu sonuç, NARDL modelinde elde edilen uzun dönem katsayılarının

istatistiksel olarak geçerli bir eşbütünleşme ilişkisi çerçevesinde yorumlanabileceğini göstermektedir.

Modelin ekonometrik yeterliliği çeşitli tanısal testler aracılığıyla değerlendirilmiştir. Portmanteau testi model artıklarında seri korelasyon bulunmadığını göstermektedir. Breusch-Pagan testi hata terimlerinde heteroskedastisite sorunu olmadığını ortaya koymaktadır. Ramsey RESET testinin anlamlı olmaması modelin fonksiyonel formunun doğru şekilde spesifiye edildiğine işaret etmektedir. Ayrıca Jarque-Bera normallik testi sonuçları hata terimlerinin normal dağılım varsayımıyla uyumlu olduğunu göstermektedir.

Bu tanısal bulgular birlikte değerlendirildiğinde, tahmin edilen NARDL modelinin temel ekonometrik varsayımları ihlal etmediği ve model sonuçlarının ampirik olarak güvenilir bir çerçevede yorumlanabileceği söylenebilir.

Genel olarak NARDL bulguları, buğday üretiminde iklim ve çevresel değişkenlerin pozitif ve negatif şoklarına verilen tepkilerin uzun dönemde istatistiksel olarak farklılaşmadığını göstermektedir. Buna karşılık makineleşme değişkeni için elde edilen sonuçlar belirgin bir yön bağımlı etkiye işaret etmektedir. Wald testleri, teknolojik kapasite değişimlerinin üretim üzerinde asimetric etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Bu bulgu, tarımsal üretim sisteminde teknolojik kapasitenin yalnızca verim düzeyini artıran bir unsur değil, aynı zamanda üretim dinamiklerini yön bağımlı biçimde etkileyebilen bir faktör olduğunu göstermektedir. Özellikle makineleşmede meydana gelen negatif şokların büyüklüğünün pozitif şoklara kıyasla daha yüksek olması, teknolojik kapasitedeki gerilemelerin üretim performansı üzerinde daha güçlü etkiler yaratabileceğine işaret etmektedir. Bu durum, üretim sisteminin teknolojik kapasitede yaşanabilecek gerilemelere karşı daha hassas olabileceğini düşündürmektedir.

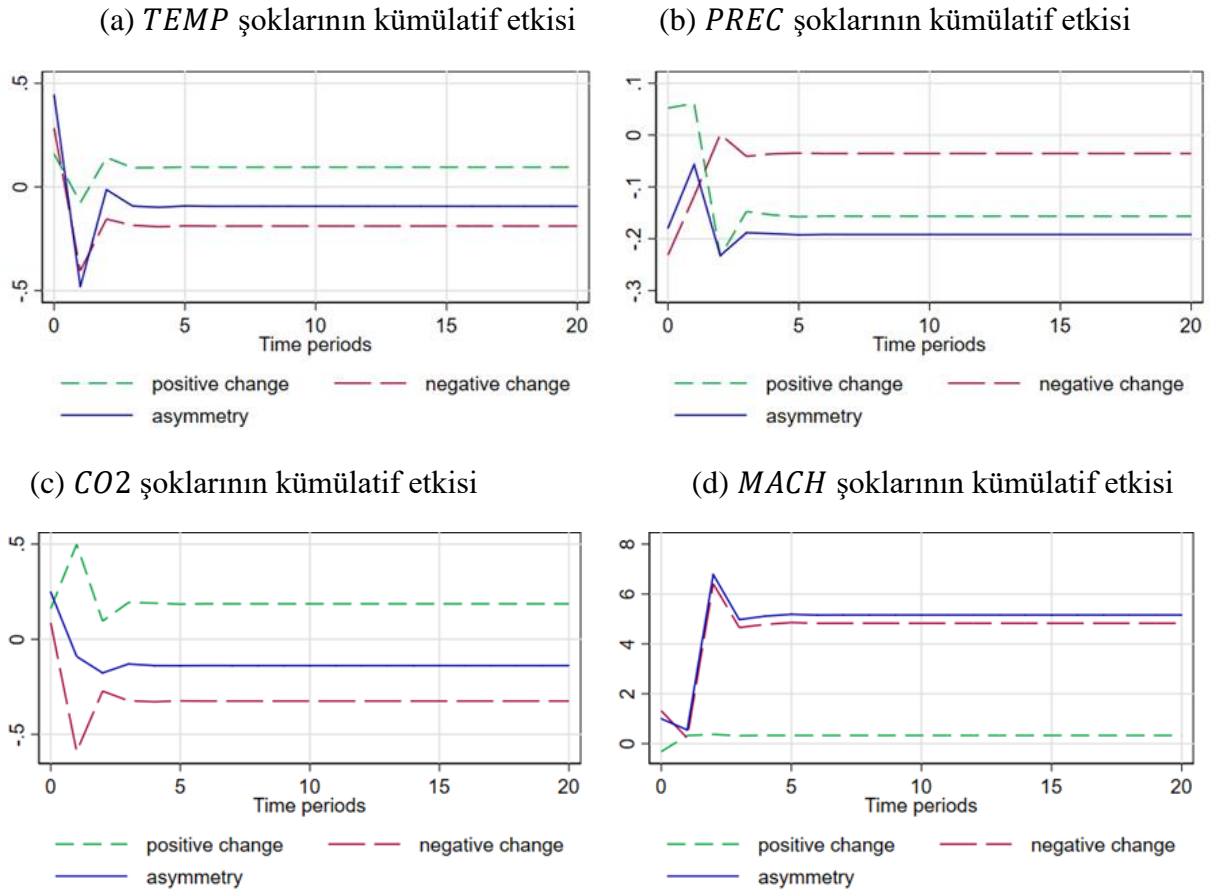
Tablo 5.4. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO₂ Spesifikasyonu - Buğday)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	
t _{BDM}	-4.700	
F _{PSS}	3.337	
Panel B - Model Tanısal Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Portmanteau (χ^2)	19.560	0.812
Breusch-Pagan	0.598	0.439
Ramsey RESET	0.832	0.488
Jarque-Bera	1.675	0.433

Not: Eşbütünleşme testleri Shin vd. (2014) NARDL çerçevesine dayanmaktadır. T_{BDM} ve F_{PSS} istatistikleri uzun dönem ilişkiyi sınamak için raporlanmıştır.

5.1.3. Dinamik Çarpan Analizi (CO₂ Spesifikasyonu)

NARDL modelinden elde edilen kümülatif dinamik çarpanlar, pozitif ve negatif şokların buğday verimi üzerindeki zaman içindeki uyum sürecini görselleştirmektedir. Şekil 5.1’de sunulan paneller, her bir açıklayıcı değişken için pozitif ve negatif şokların etkilerinin zaman içinde nasıl evrildiğini ve uzun dönem denge seviyesine nasıl yakınsadığını göstermektedir.



Şekil 5.1. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (CO₂ Spesifikasyonu - Buğday)

Not: Grafikler, Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayalı kümülatif dinamik çarpanları göstermektedir. Yeşil kesikli çizgi pozitif şokların, kırmızı kesikli çizgi negatif şokların, mavi çizgi ise iki etki arasındaki farkın zaman içindeki evrimini göstermektedir. Yatay eksen uyum dönemlerini, dikey eksen bağımlı değişkendeki kümülatif tepkiyi ifade etmektedir.

Sıcaklık şoklarına ilişkin dinamik tepkiler incelendiğinde, pozitif ve negatif değişimlerin ilk dönemlerde belirgin dalgalanmalar yarattığı, ancak birkaç dönem içerisinde etkilerin istikrarlı bir seviyeye yakınsadığı görülmektedir (Şekil 5.1a). Pozitif ve negatif şoklar arasındaki farkın zamanla daralması, sıcaklık değişimlerinin buğday verimi üzerindeki etkisinin uzun dönemde sınırlı kaldığına işaret etmektedir.

Yağış değişkenine ilişkin dinamik çarpanlar ise daha istikrarlı bir uyum süreci göstermektedir (Şekil 5.1b). Pozitif yağış şoklarının üretim üzerinde başlangıçta destekleyici

bir etki yarattığı, ancak bu etkinin zaman içinde düşük bir denge seviyesinde sabitlendiği gözlenmektedir. Negatif yağış şoklarının ise üretim üzerinde daha belirgin bir düşüş yarattığı görülmektedir.

CO₂ değişkenine ilişkin dinamik çarpanlar, pozitif ve negatif şokların üretim üzerindeki etkilerinin kısa dönemde dalgalanmasına rağmen zaman içinde sınırlı bir bant içinde istikrar kazandığını göstermektedir (Şekil 5.1c). Bu sonuç, çevresel baskı göstergesinin üretim üzerindeki etkisinin zaman içinde hızlı biçimde dengelendiğine işaret etmektedir.

Makineleşme değişkenine ilişkin dinamik tepkiler ise diğer değişkenlerden belirgin biçimde ayrılmaktadır (Şekil 5.1d). Pozitif şokların üretim üzerinde hızlı ve güçlü bir artış yarattığı, negatif şokların ise benzer büyüklükte ancak ters yönde etkiler oluşturduğu görülmektedir. Tepkilerin kısa sürede yüksek bir seviyede sabitlenmesi, teknolojik kapasite değişimlerinin buğday verimi üzerinde kalıcı etkiler yaratabildiğini göstermektedir.

Genel olarak dinamik çarpan analizi, iklim ve çevresel değişkenlere verilen tepkilerin büyük ölçüde kısa dönemli uyum süreçleri içinde dengelendiğini, buna karşılık teknolojik kapasite değişimlerinin üretim üzerinde daha güçlü ve kalıcı etkiler yaratabildiğini göstermektedir.

5.1.4. ARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Buğday)

Bu alt bölümde buğday verimi ile iklim koşulları, çevresel baskı ve teknolojik kapasite arasındaki uzun dönem ilişki ekolojik ayak izi göstergesi kullanılarak ARDL sınır testi yaklaşımı çerçevesinde incelenmiştir. ARDL-ECM tahmin sonuçları Tablo 5.5'te, eşbütünleşme ve model tanısallarına ilişkin bulgular ise Tablo 5.6'da sunulmaktadır.

Ekolojik ayak izi spesifikasyonunda modele deterministik trend bileşeni dahil edilmiştir. Bu tercih, ilk tahminlerde gözlenen seri korelasyon eğilimini gidermek ve model artıklarının klasik varsayımlarla uyumunu sağlamak amacıyla yapılmıştır. Trend teriminin eklenmesi sonrasında gerçekleştirilen tanısal testler artıkların seri korelasyon içermediğini göstermekte ve model spesifikasyonunun istatistiksel olarak daha uygun hale geldiğini teyit etmektedir (Tablo 5.6). Bu nedenle trend, veri setinin zaman içindeki yapısal eğilimini kontrol eden teknik bir düzenleme olarak değerlendirilmiştir.

Hata düzeltme teriminin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması, modelde yer alan değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin bulunduğunu göstermektedir (Tablo 5.5). Hata düzeltme katsayısının büyüklüğü, kısa dönemde ortaya çıkan

dengelesizliklerin yaklaşık %47'sinin bir sonraki dönemde giderildiğine işaret etmekte ve sistemin uzun dönem denge patikasına istikrarlı biçimde yakınsadığını göstermektedir.

Uzun dönem katsayılar incelendiğinde, ekolojik ayak izi değişkeninin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Logaritmik model yapısı dikkate alındığında, ekolojik ayak izindeki %1'lik bir artışın uzun dönemde buğday verimini yaklaşık %1.86 oranında artırdığı anlaşılmaktadır. Bu bulgu, tarımsal üretim süreçlerinde artan üretim yoğunluğu ve doğal kaynak kullanımının birlikte hareket edebileceğine işaret etmektedir.

Makineleşme değişkeninin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı katsayısı, teknolojik kapasitenin buğday verimi üzerindeki uzun dönem etkisini desteklemektedir. Buna göre makineleşmedeki %1'lik bir artışın buğday verimini yaklaşık %0.13 oranında artırdığı görülmektedir. Bu sonuç, tarımsal üretimde mekanizasyonun verim artırıcı rolünü vurgulamaktadır.

Sıcaklık değişkeninin uzun dönem katsayısı negatif ve sınırdan anlamlıdır ($p \approx 0.05$). Bu bulgu, sıcaklık artışlarının uzun dönemde verim üzerinde baskı yaratma potansiyeline işaret etmektedir. Buna karşılık yağış değişkeninin uzun dönem katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Kısa dönem dinamikler incelendiğinde, gecikmeli bağımlı değişken katsayısının negatif ve anlamlı olması üretim düzeyinde kısa dönemli bir uyum sürecinin varlığına işaret etmektedir. Ayrıca yağış değişkeninin ikinci gecikmesinin negatif ve anlamlı olması, hidrolojik şokların üretim üzerindeki etkilerinin gecikmeli olarak ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Modelde yer alan trend terimi ise veri setindeki deterministik zaman eğilimini kontrol etmek amacıyla modele dahil edilmiştir.

Tablo 5.5. ARDL-ECM Sonuçları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Buğday)

Panel A - Hata Düzeltme ve Uzun Dönem Katsayılar				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ECT(-1)</i>	-0.467***	0.135	-3.460	0.001
Uzun dönem katsayılar				
<i>lnTEMP</i>	-0.857**	0.429	-2.000	0.052
<i>lnPREC</i>	0.243	0.374	0.650	0.520
<i>lnFP</i>	1.857***	0.695	2.670	0.010
<i>lnMACH</i>	0.127**	0.060	2.090	0.042

Tablo 5.5. Tablonun Devamı

Panel B - Kısa Dönem Dinamikler				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
$\Delta \ln WHT(-1)$	-0.299***	0.105	-2.860	0.006
$\Delta \ln PREC$	0.090	0.148	0.610	0.547
$\Delta \ln PREC(-1)$	0.014	0.111	0.130	0.899
$\Delta \ln PREC(-2)$	-0.178**	0.079	-2.260	0.029
<i>Trend</i>	-0.005**	0.003	-2.080	0.043
<i>Sabit</i>	10.634**	5.322	2.000	0.052

Not: Bağımlı değişken: $\Delta \ln WHT$. Katsayılar ARDL(2,0,3,0,0) modelinin hata düzeltme temsilinden elde edilmiştir. Uzun dönem katsayılar seviye değişkenlerinden türetilmiştir. Trend, deterministik bileşeni göstermektedir.

Sınır testi sonuçları, modelde yer alan değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir uzun dönem ilişki bulunduğunu göstermektedir (Tablo 5.6). Hesaplanan F ve t istatistiklerinin ilgili üst kritik değerleri aşması, buğday verimi ile açıklayıcı değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisini doğrulamaktadır. Bu sonuç, ARDL modelinde elde edilen uzun dönem katsayılarının geçerli bir eşbütünleşme çerçevesinde yorumlanabileceğini göstermektedir.

Modelin ekonometrik geçerliliği çeşitli tanısal testlerle incelenmiştir. Elde edilen bulgular, artık terimlerde seri korelasyon ve heteroskedastisite sorunu olmadığını, modelin fonksiyonel formunun doğru kurulduğunu ve hata terimlerinin normal dağılım varsayımıyla uyumlu olduğunu göstermektedir.

Bu tanısal bulgular birlikte değerlendirildiğinde, tahmin edilen ARDL modelinin temel ekonometrik varsayımlarının ihlal edilmediği ve model sonuçlarının güvenilir bir ampirik çerçevede yorumlanabileceği söylenebilir.

Tablo 5.6. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Buğday)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>İstatistik</i>	<i>Değer</i>	
F-istatistiği	13.914	
t-istatistiği	-3.465	
Panel B - Tanısal Testler		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Breusch-Godfrey LM	-	>0.10
Breusch-Pagan	0.780	0.376
White	56.000	0.437
Ramsey RESET	0.550	0.649
Normalite (JB)	2.320	0.314

Not: Sınır testi Pesaran vd. (2001) yaklaşımına göre hesaplanmıştır. Tanısal testler Breusch-Godfrey seri korelasyon, Breusch-Pagan ve White heteroskedastisite, Ramsey RESET fonksiyonel form ve Jarque-Bera normalite testlerini içermektedir. p-değerleri ilgili test istatistiklerine aittir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, ekolojik ayak izi spesifikasyonu buğday üretimi ile çevresel baskı ve teknolojik kapasite arasındaki uzun dönem ilişkisi destekleyen bulgular sunmaktadır. Ekolojik ayak izi değişkeninin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı katsayısı, tarımsal üretim süreçlerinin doğal kaynak kullanımı ve çevresel baskı göstergeleri ile birlikte hareket edebileceğine işaret etmektedir.

Bu sonuç, üretim-çevre ilişkisinin yalnızca karbon emisyonları gibi dar kapsamlı göstergelerle değil, daha geniş bir çevresel baskı ölçütü olan ekolojik ayak izi çerçevesinde de anlamlı bir ilişki sergileyebileceğini göstermektedir. Dolayısıyla FP modeli, üretim ve çevresel baskı arasındaki ilişkinin alternatif bir çevresel gösterge altında da ampirik olarak desteklendiğini ortaya koymaktadır.

5.1.5. NARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Buğday)

Bu alt bölümde buğday üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergesi olarak ekolojik ayak izi ve teknolojik kapasite arasındaki doğrusal olmayan ilişkiler NARDL çerçevesinde incelenmektedir. Pozitif ve negatif şokların ayrı ayrı modele dahil edilmesi, üretim dinamiklerinin yön bağımlı yapısını değerlendirmeye imkan tanımaktadır. Uzun dönem toplam katsayılar ve asimetri testleri Tablo 5.7’de, eşbütünleşme ve tanısal test sonuçları ise Tablo 5.8’de sunulmaktadır.

Uzun dönem katsayılar incelendiğinde iklim değişkenlerinin pozitif ve negatif bileşenlerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir (Tablo 5.7, Panel A). Bu bulgu, sıcaklık ve yağış değişimlerinin buğday üretimi üzerindeki uzun dönem etkilerinin istatistiksel olarak belirgin olmadığını göstermektedir.

Buna karşılık çevresel baskıyı temsil eden ekolojik ayak izi değişkeninin hem pozitif hem de negatif bileşenleri istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu sonuç, çevresel baskı göstergesinde meydana gelen değişimlerin buğday üretimi ile güçlü bir birlikte hareket dinamiği sergilediğine işaret etmektedir.

Teknolojik kapasiteyi temsil eden makineleşme değişkeni için hem pozitif hem de negatif bileşenlerin istatistiksel olarak anlamlı olması, teknolojik kapasite değişimlerinin üretim üzerinde güçlü etkiler yaratabildiğini göstermektedir. Ayrıca negatif şok katsayısının büyüklüğünün daha yüksek olması, teknolojik kapasitedeki azalışların üretim üzerinde daha güçlü etkiler yaratabileceğine işaret etmektedir.

Uzun dönem asimetri testleri yalnızca makineleşme değişkeni için istatistiksel olarak anlamlıdır (Tablo 5.7, Panel B). Bu sonuç, teknolojik kapasitenin üretim üzerindeki etkisinin

yön bağımlı olduğunu göstermektedir. Buna karşılık sıcaklık, yağış ve ekolojik ayak izi değişkenleri için asimetri hipotezi reddedilememektedir.

Kısa dönem asimetri testleri de benzer şekilde yalnızca makineleşme değişkeni için istatistiksel olarak anlamlıdır (Tablo 5.7, Panel C). Bu bulgu, kısa dönem üretim dinamiklerinde yön bağımlı etkilerin temel olarak teknolojik kapasite değişimlerinden kaynaklandığına işaret etmektedir.

Tablo 5.7. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Buğday)

Panel A - Uzun Dönem Pozitif ve Negatif Etkiler		
<i>Değişken</i>	<i>Pozitif Etki</i>	<i>Negatif Etki</i>
<i>lnTEMP</i>	0.045	-0.011
<i>lnPREC</i>	-0.174	0.058
<i>lnFP</i>	0.523***	-0.764**
<i>lnMACH</i>	0.283***	2.887***
Panel B - Uzun Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.025	0.875
<i>lnPREC</i>	2.529	0.127
<i>lnFP</i>	1.333	0.262
<i>lnMACH</i>	15.200***	0.001
Panel C - Kısa Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.950	0.341
<i>lnPREC</i>	0.125	0.727
<i>lnFP</i>	0.538	0.474
<i>lnMACH</i>	5.022**	0.037

Not: Bağımlı değişken lnWHT'dir. *, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir. Pozitif ve negatif etkiler NARDL uzun dönem kısmi toplam katsayılarından elde edilmiştir. Asimetri testleri Wald istatistiklerine dayanmaktadır.

Eşbütünleşme test sonuçları, modelde uzun dönemli bir ilişki bulunduğunu göstermektedir (Tablo 5.8, Panel A). Hesaplanan t_{BDM} ve F_{PSS} istatistikleri, buğday üretimi ile modelde yer alan açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin varlığına işaret etmektedir.

Modelin ekonometrik özellikleri çeşitli tanısal testler aracılığıyla değerlendirilmiştir. Breusch–Pagan testi hata terimlerinde heteroskedastisite sorunu bulunmadığını göstermektedir. Ramsey RESET testi modelin fonksiyonel formunun doğru şekilde spesifiye edildiğine işaret ederken, Jarque-Bera testi artıkların normal dağılım varsayımı ile uyumlu olduğunu göstermektedir.

Buna karşılık Portmanteau testi sonuçları model artıklarında seri korelasyon bulunduğuna işaret etmektedir (Tablo 5.8, Panel B). Bu durum, modelin kısa dönem dinamiklerinin tüm bağımlılık yapısını tam olarak yakalayamamış olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte eşbütünleşme ilişkisinin varlığı dikkate alındığında, uzun dönem katsayıların yorumlanması mümkün olmakla birlikte kısa dönem dinamiklerin değerlendirilmesinde dikkatli olunması gerekmektedir.

Tablo 5.8. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Buğday)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	
tBDM	-3.728	
F _{PSS}	2.620	
Panel B - Model Tanısal Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Portmanteau (χ^2)	44.480**	0.013
Breusch-Pagan	0.183	0.669
Ramsey RESET	1.355	0.290
Jarque-Bera	0.193	0.908

Not: Eşbütünleşme testleri Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler Portmanteau seri korelasyon, Breusch-Pagan heteroskedastisite, Ramsey RESET fonksiyonel form ve Jarque-Bera normallik testlerini içermektedir. p-değerleri ilgili test istatistiklerine aittir.

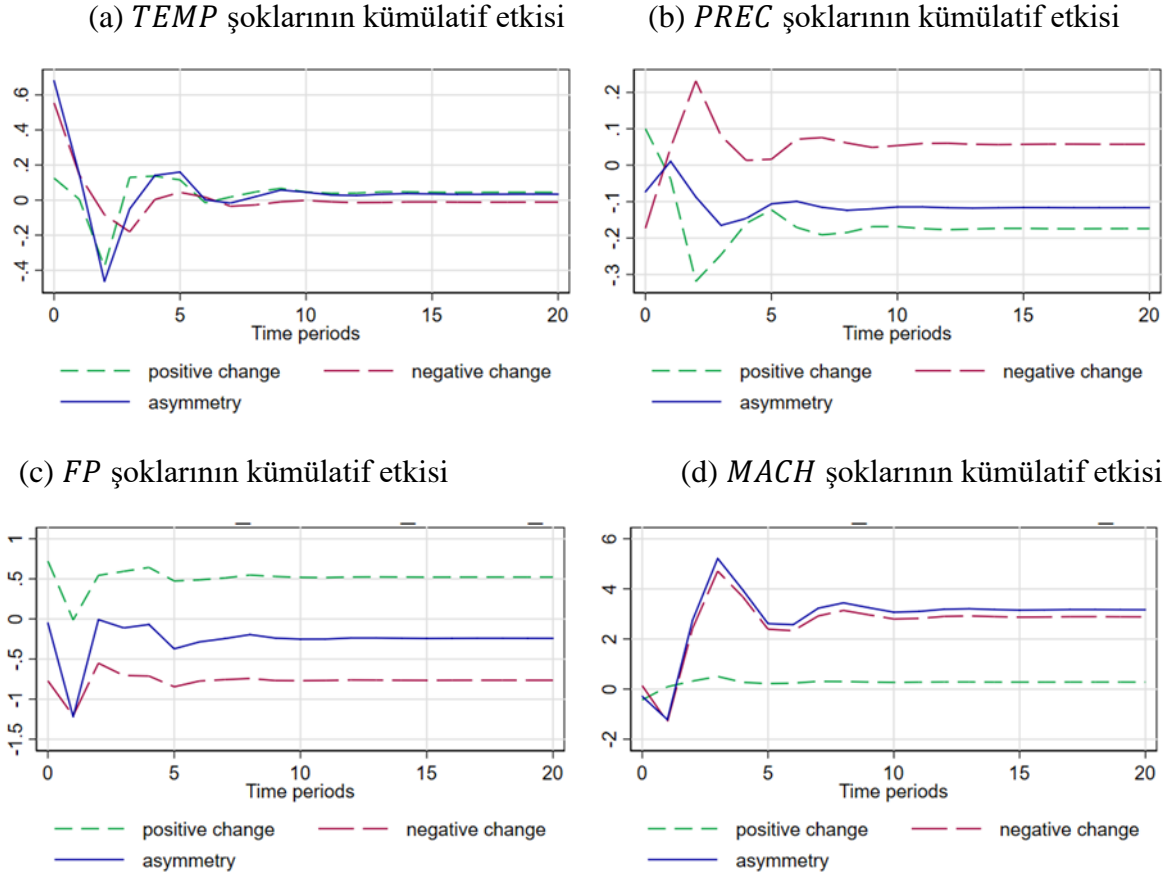
Genel olarak NARDL bulguları, buğday üretimi ile çevresel baskı göstergesi olarak kullanılan ekolojik ayak izi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir uzun dönem ilişki bulunduğunu göstermektedir. Buna ek olarak teknolojik kapasiteyi temsil eden makineleşme değişkeninin hem kısa hem de uzun dönemde yön bağımlı etkiler yarattığı görülmektedir. Bu sonuç, teknolojik kapasitede meydana gelen pozitif ve negatif değişimlerin üretim üzerinde farklı büyüklükte etkiler oluşturabildiğine işaret etmektedir.

Buna karşılık sıcaklık ve yağış değişkenleri için asimetri hipotezi reddedilememektedir. Bu bulgu, iklim değişkenlerinin buğday üretimi üzerindeki etkisinin yön bağımlı bir yapı sergilemediğini göstermektedir. Dolayısıyla buğday üretim dinamiklerinde doğrusal olmayan tepkilerin temel olarak teknolojik kapasite değişimleri ile ilişkili olduğu söylenebilir.

5.1.6. Dinamik Çarpan Analizi (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Buğday)

Dinamik çarpan fonksiyonları, çevresel ve teknolojik şokların buğday üretimi üzerindeki uyum sürecinin zaman içinde nasıl şekillendiğini göstermektedir. Şekil 5.2

incelendiğinde, tüm değişkenler için etkilerin ilk birkaç dönemde daha belirgin olduğu ve ardından uzun dönem denge değerlerine yakınsadığı görülmektedir.



Şekil 5.2. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Buğday)

Not: Grafikler, Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayalı kümülatif dinamik çarpanları göstermektedir. Yeşil kesikli çizgi pozitif şokların, kırmızı kesikli çizgi negatif şokların, mavi çizgi ise iki etki arasındaki farkın zaman içindeki evrimini göstermektedir. Yatay eksen uyum dönemlerini, dikey eksen bağımlı değişkendeki kümülatif tepkiyi ifade etmektedir.

Sıcaklık değişkenine ait dinamik tepkiler, pozitif ve negatif şokların başlangıç döneminde farklı yönlerde etkiler yarattığını, ancak birkaç dönem içinde bu farkın hızla azaldığını göstermektedir. Bu durum, sıcaklık şoklarının üretim üzerinde kalıcı bir asimetri yaratmadığını ve sistemin kısa sürede dengeye döndüğünü göstermektedir. Bu bulgu, asimetri testlerinin istatistiksel olarak anlamsız olmasıyla da uyumludur.

Yağış değişkenine ilişkin dinamik çarpanlar, pozitif ve negatif şokların başlangıçta farklı tepkiler yarattığını ancak zaman içinde etkilerin istikrarlı bir denge seviyesinde sabitlendiğini göstermektedir. Bu durum, yağış şoklarının üretim dinamikleri üzerinde kalıcı yön bağımlı bir yapı oluşturmadığına işaret etmektedir.

Ekolojik ayak izi değişkenine ilişkin dinamik tepkiler, çevresel baskı göstergesinde meydana gelen değişimlerin üretim üzerinde belirgin etkiler yaratabildiğini göstermektedir. Pozitif ve negatif şokların etkileri zaman içinde istikrarlı bir denge seviyesine yakınsamaktadır. Bu sonuç, çevresel baskı göstergesi ile üretim arasında güçlü ancak yön bağımlı olmayan bir ilişki bulunduğunu desteklemektedir.

Makineleşme değişkeni için elde edilen dinamik tepkiler diğer değişkenlere kıyasla daha güçlüdür. Özellikle negatif şokların ardından üretimin daha büyük bir tepki verdiği ve bu etkinin zaman içinde kalıcı olduğu görülmektedir. Bu durum, teknolojik kapasite değişimlerinin üretim dinamikleri üzerinde yön bağımlı etkiler yaratabildiğini göstermektedir.

Genel olarak dinamik çarpan sonuçları, üretim sisteminin çevresel ve teknolojik şoklara verdiği tepkilerin zaman içinde dengeye yakınsadığını, ancak teknolojik kapasite değişimlerinin üretim üzerinde daha güçlü ve kalıcı etkiler yaratabildiğini göstermektedir.

5.1.7. CO₂ ve Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi

CO₂ ve ekolojik ayak izi göstergelerine dayalı ARDL ve NARDL sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, buğday üretimi ile çevresel baskı arasındaki ilişkinin kullanılan çevresel göstergeye duyarlı olduğu görülmektedir. Her iki spesifikasyon da üretim ile çevresel değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkiye işaret etmekle birlikte, ilişkinin büyüklüğü ve istatistiksel gücü kullanılan çevresel göstergenin kapsamına bağlı olarak farklılaşmaktadır.

CO₂ temelli modelde çevresel değişkenin katsayıları istatistiksel olarak daha zayıf ve çoğunlukla anlamsız bulunurken, ekolojik ayak izi spesifikasyonunda çevresel baskı değişkeninin hem ARDL hem de NARDL sonuçlarında anlamlı hale geldiği görülmektedir. Bu durum, üretim süreçlerinin yalnızca karbon emisyonlarına değil, doğal kaynak kullanımı ve çevresel baskının daha geniş boyutlarını kapsayan göstergelere daha duyarlı olabileceğini göstermektedir. Başka bir ifadeyle, çevresel etkilerin üretim üzerindeki yansımaları tek boyutlu bir emisyon göstergesi ile tam olarak yakalanamayabilmektedir.

Doğrusal olmayan model sonuçları da iki spesifikasyon arasında önemli farklılıklar ortaya koymaktadır. CO₂ modelinde çevresel değişken için belirgin bir doğrusal olmayan yapı bulunmazken, ekolojik ayak izi modelinde çevresel baskı değişkeninin üretim üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte asimetri testleri çevresel değişken için yön bağımlı bir etkiyi desteklememektedir. Buna karşılık teknolojik

kapasiteyi temsil eden makineleşme değişkeninin hem kısa hem de uzun dönemde asimetrik etkiler yarattığı görülmektedir.

Dinamik çarpan fonksiyonları açısından da iki model arasında belirli farklılıklar gözlenmektedir. CO₂ modelinde çevresel şokların etkisi nispeten daha hızlı sönümlenirken, ekolojik ayak izi modelinde çevresel baskı şoklarının üretim üzerindeki etkilerinin daha kalıcı bir patika izlediği görülmektedir. Bu durum, üretim süreçlerinin çevresel baskının daha geniş kapsamlı ölçümleri ile daha güçlü bir ilişki sergileyebileceğine işaret etmektedir.

Her iki modelde ortak olarak ortaya çıkan en güçlü bulgu ise teknolojik kapasitenin belirleyici rolüdür. Makineleşme değişkeninin hem doğrusal hem de doğrusal olmayan modellerde anlamlı ve kalıcı etkiler üretmesi, üretim dinamiklerinde teknolojik faktörlerin önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, ekolojik ayak izi spesifikasyonu üretim-çevre ilişkisini daha kapsamlı bir çevresel baskı göstergesi çerçevesinde yakalamakta, CO₂ modeli ise bu ilişkinin daha dar bir boyutunu temsil etmektedir. Bu sonuç, tarımsal üretim ile çevresel baskı arasındaki ilişkilerin analizinde çok boyutlu çevresel göstergelerin kullanılmasının ampirik açıdan daha açıklayıcı sonuçlar sağlayabileceğini göstermektedir.

5.2. Mısır (MZ)

5.2.1. ARDL Bulguları (CO₂ Spesifikasyonu)

Bu alt bölümde mısır üretimi ile iklim koşulları, çevresel baskı ve teknolojik kapasite arasındaki uzun dönem ilişki ve kısa dönem uyum dinamikleri ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılarak incelenmiştir. ARDL-ECM tahmin sonuçları Tablo 5.9'da, eşbütünleşme ve model tanısına ilişkin bulgular ise Tablo 5.10'da sunulmaktadır.

Hata düzeltme teriminin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması, mısır üretimi ile modelde yer alan açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin bulunduğunu göstermektedir (Tablo 5.9). Hata düzeltme katsayısının mutlak değerinin görece düşük olması, kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin yaklaşık %17'sinin bir sonraki dönemde giderildiğine işaret etmekte ve sistemin uzun dönem denge patikasına kademeli biçimde yakınsadığını göstermektedir.

Uzun dönem katsayılar incelendiğinde, CO₂ değişkeninin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Logaritmik model yapısı dikkate alındığında, CO₂ emisyonlarında meydana gelen %1'lik bir artışın mısır üretimini uzun dönemde yaklaşık

%1.13 oranında artırdığı anlaşılmaktadır. Buna karşılık sıcaklık ve yağış değişkenlerinin katsayıları istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Makineleşme değişkeninin uzun dönem katsayısı da istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu sonuç, model çerçevesinde teknolojik kapasite değişimlerinin mısır üretimi üzerinde belirgin bir uzun dönem etkisinin tespit edilemediğini göstermektedir.

Kısa dönem dinamikleri incelendiğinde, üretimin gecikmeli değerinin pozitif ve sınırdan anlamlı olduğu görülmektedir. Bu bulgu, mısır üretiminde kısa dönemli süreklilik veya üretim düzeyinin geçmiş değerlerinden etkilenebildiğine işaret etmektedir.

Tablo 5.9. ARDL-ECM Sonuçları (CO₂ Spesifikasyonu - Mısır)

Panel A - Hata Düzeltme ve Uzun Dönem Katsayılar				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ECT(-1)</i>	-0.170**	0.074	-2.290	0.026
Uzun Dönem Katsayılar				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.206	0.984	0.210	0.835
<i>lnPREC</i>	-0.396	0.624	-0.630	0.529
<i>lnCO₂</i>	1.133***	0.421	2.690	0.010
<i>lnMACH</i>	-0.031	0.245	-0.130	0.899
Panel B - Kısa Dönem Dinamikler				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ΔlnMZ(-1)</i>	0.270**	0.134	2.010	0.050
<i>Sabit</i>	0.418	0.720	0.580	0.564

Not: Bağımlı değişken $\Delta \ln \text{MAIZE}$ 'dir. Katsayılar ARDL(2,0,0,0) modelinin hata düzeltme temsiline elde edilmiştir. Uzun dönem katsayılar seviye değişkenlerinden türetilmiştir.

Eşbütünleşme bulgusu sınır testi sonuçları ile desteklenmemektedir. Tablo 5.10'da raporlanan F ve t istatistiklerinin alt kritik değerlerin altında kalması, modelde yer alan değişkenler arasında güçlü bir uzun dönem denge ilişkisinin bulunmadığını göstermektedir. Bu sonuç, mısır üretimi ile çevresel ve iklimsel değişkenler arasında kalıcı bir eşbütünleşme ilişkisinin istatistiksel olarak desteklenmediğine işaret etmektedir.

Modelin ekonometrik özellikleri çeşitli tanısal testler aracılığıyla değerlendirilmiştir. Breusch-Godfrey LM testi model artıklarında seri korelasyon bulunmadığını göstermektedir. White testi sonuçları hata terimlerinde değişen varyans sorunu bulunmadığını gösterirken, Breusch-Pagan testinin anlamlı olması modelde kısmi heteroskedastisite olabileceğine işaret etmektedir. Ramsey RESET testinin istatistiksel olarak anlamlı olmaması modelin fonksiyonel formunun doğru şekilde spesifikasyonu edildiğini göstermektedir.

Buna karşılık Jarque-Bera normallik testinin reddedilmesi hata terimlerinin normal dağılım varsayımı ile tam olarak uyumlu olmadığını göstermektedir. Bu durum tahmin

sonuçlarının yorumlanmasında dikkatli olunması gerektiğine işaret etmekle birlikte, modelin genel ekonometrik yapısına ilişkin temel sonuçları değiştirmemektedir.

Tablo 5.10. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO₂ Spesifikasyonu - Mısır)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>İstatistik</i>	<i>Değer</i>	<i>Sonuç</i>
F-istatistiği	1.445	Eşbütünleşme yok
t-istatistiği	-2.290	Eşbütünleşme yok
Panel B - Tanısal Testler		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Breusch-Godfrey LM (lag 1-4)	-	>0.10
Breusch-Pagan	4.440	0.035
White	25.56	0.543
Ramsey RESET	0.810	0.497
Normalite (JB)	11.980***	0.003

Not: Sınır testi Pesaran, Shin ve Smith (2001) yaklaşımına göre hesaplanmıştır. F ve t istatistikleri Kripfganz ve Schneider (2020) sonlu örnek kritik değerleri ile karşılaştırılmıştır. Tanısal testler Breusch-Godfrey seri korelasyon, Breusch-Pagan ve White heteroskedastisite, Ramsey RESET fonksiyonel form ve Jarque-Bera normalite testlerini içermektedir. p-değerleri ilgili test istatistiklerine aittir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, ARDL sonuçları mısır üretimi ile CO₂ emisyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Buna karşılık sıcaklık ve yağış değişkenlerinin katsayıları istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış ve iklim değişkenlerinin mısır üretimi üzerindeki uzun dönem etkisine dair güçlü bir kanıt elde edilememiştir.

Bununla birlikte sınır testi sonuçları modelde güçlü bir eşbütünleşme ilişkisinin bulunmadığını göstermektedir. Bu durum, CO₂ değişkeni ile üretim arasındaki ilişkinin kalıcı bir uzun dönem denge mekanizmasından ziyade daha çok istatistiksel bir birlikte hareketi yansıtabileceğine işaret etmektedir.

Dolayısıyla elde edilen bulgular, mısır üretimi ile çevresel baskı göstergeleri arasında belirli bir ilişki bulunduğunu göstermekle birlikte, bu ilişkinin uzun dönemli ve kalıcı bir denge yapısı içinde gerçekleştiğine dair güçlü bir ampirik kanıt sunmamaktadır.

5.2.2. NARDL Bulguları (CO₂ Spesifikasyonu - Mısır)

Bu alt bölümde mısır üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı ve teknolojik kapasite arasındaki ilişkinin doğrusal olup olmadığı NARDL modeli aracılığıyla incelenmiştir. Pozitif ve negatif şokların ayrı ayrı modele dahil edilmesi, üretim dinamiklerinin yön bağımlı olup olmadığını değerlendirmeye imkan tanımaktadır. Ayrıca modelde gözlenebilecek olası yapısal değişimleri kontrol etmek amacıyla 1990 sonrası dönemi temsil eden post90 kukla değişkeni modele dahil edilmiştir. Bu değişken, üretim

sürecinde dönemler arası yapısal farklılıkları kontrol eden bir kırılma göstergesi olarak kullanılmaktadır. Uzun dönem kısmi toplam katsayılar ve asimetri testleri Tablo 5.11’de, eşbütünleşme ve model tanısına ilişkin bulgular ise Tablo 5.12’de sunulmaktadır.

Uzun dönem etkiler incelendiğinde, CO₂ değişkeninin pozitif şok katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir (Tablo 5.11, Panel A). Bu sonuç, CO₂ emisyonlarında meydana gelen artışların mısır üretimi ile istatistiksel olarak birlikte hareket ettiğini göstermektedir. Buna karşılık CO₂’deki azalışların üretim üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

İklim değişkenleri açısından, sıcaklık değişkeninin pozitif ve negatif bileşenlerinin farklı işaretler taşıdığı ve bazı katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Benzer şekilde yağış değişkeni için de belirli şok bileşenlerinin anlamlı olduğu gözlenmektedir. Bununla birlikte asimetri testleri iklim değişkenlerinin üretim üzerindeki etkisinin yön bağımlı bir yapı sergilediğine dair güçlü bir kanıt sunmamaktadır.

Makineleşme değişkeni için pozitif şok katsayısının istatistiksel olarak anlamlı ve negatif işaretli olması, teknolojik kapasite değişimlerinin üretim üzerinde doğrusal olmayan etkiler yaratabileceğine işaret etmektedir. Ancak asimetri testleri bu değişken için yön bağımlı bir ilişki bulunduğunu desteklememektedir.

Modele dahil edilen post90 kukla değişkeninin katsayısının istatistiksel olarak anlamlı bulunması, incelenen dönemde üretim düzeyinin dönemler itibarıyla yapısal bir farklılaşma sergilediğine işaret etmektedir. Bu sonuç, 1990 sonrası süreçte üretim yapısını etkileyen kurumsal, teknolojik ya da ekonomik dönüşümlerin modele yansıdığını düşündürmektedir. Uzun dönem asimetriye ilişkin Wald testi sonuçları, CO₂ değişkeni bakımından üretim üzerinde yön bağımlı bir etkinin varlığını ortaya koymaktadır (Tablo 5.11, Panel B). Benzer biçimde, post90 değişkeni açısından da asimetri hipotezinin reddedilmesi, ilgili dönemsel kırılmanın üretim üzerindeki etkisinin simetrik olmadığını göstermektedir. Buna karşılık, iklim değişkenleri ile makineleşme değişkeni için uzun dönem asimetri hipotezi reddedilememiştir. Bu durum, söz konusu değişkenlerin üretim üzerindeki uzun dönem etkilerinin pozitif ve negatif şoklar bakımından belirgin bir farklılaşma göstermediğine işaret etmektedir. Öte yandan kısa dönem asimetri testlerinden elde edilen bulgular, hiçbir bağımsız değişken için istatistiksel olarak anlamlı bir yön bağımlı etki tespit edilemediğini göstermektedir (Tablo 5.11, Panel C). Dolayısıyla kısa dönem üretim dinamiklerinde

değişkenlerde meydana gelen artış ve azalışlara verilen tepkilerin büyük ölçüde simetrik bir yapı izlediği anlaşılmaktadır.

Tablo 5.11. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (CO₂ Spesifikasyonu - Mısır)

Panel A - Uzun Dönem Pozitif ve Negatif Etkiler		
<i>Değişken</i>	<i>Pozitif Etki</i>	<i>Negatif Etki</i>
<i>lnTEMP</i>	-1.303*	0.508
<i>lnPREC</i>	-0.465	0.915**
<i>lnCO₂</i>	1.335***	1.204
<i>lnMACH</i>	-0.458**	-0.013
<i>post90</i>	-0.382**	0.000
Panel B - Uzun Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	2.056	0.163
<i>lnPREC</i>	2.621	0.117
<i>lnCO₂</i>	8.599***	0.007
<i>lnMACH</i>	0.031	0.861
<i>post90</i>	6.027**	0.021
Panel C - Kısa Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.526	0.475
<i>lnPREC</i>	0.000	0.999
<i>lnCO₂</i>	0.280	0.601
<i>lnMACH</i>	1.129	0.297
<i>post90</i>	1.723	0.200

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir. Pozitif ve negatif etkiler uzun dönem toplam katsayılarından elde edilmiştir. Asimetri testleri Wald istatistiklerine dayanmaktadır.

NARDL modeline ilişkin eşbütünleşme testleri, değişkenler arasında uzun dönem ilişkiye dair sınırlı ancak destekleyici bulgular sunmaktadır (Tablo 5.12). t_{BDM} istatistiğinin kritik değerlerin altında yer alması, mısır üretimi ile modelde yer alan açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığına işaret etmektedir.

Modelin ekonometrik özellikleri çeşitli tanısal testler aracılığıyla değerlendirilmiştir. Portmanteau testi sonuçları model artıklarında seri korelasyon bulunmadığını göstermektedir. Breusch-Pagan testi hata terimlerinde heteroskedastisite sorunu bulunmadığını ortaya koyarken, Ramsey RESET testi modelin fonksiyonel formunun doğru şekilde spesifiye edildiğine işaret etmektedir. Ayrıca Jarque-Bera normallik testi sonuçları hata terimlerinin normal dağılım varsayımı ile uyumlu olduğunu göstermektedir.

Bu tanısal bulgular birlikte değerlendirildiğinde, modelin temel ekonometrik varsayımlarının ihlal edilmediği ve elde edilen katsayıların ampirik analiz çerçevesinde yorumlanabileceği söylenebilir.

Tablo 5.12. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO₂ Spesifikasyonu - Mısır)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	
t _{BDM}	-3.3625	
F _{PSS}	2.0527	

Panel B - Model Tanısal Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Portmanteau (χ^2)	34.840	0.115
Breusch-Pagan	0.094	0.759
Ramsey RESET	2.078	0.130
Jarque-Bera	1.097	0.578

Not: Eşbütünleşme testleri Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik varsayımlarını incelemektedir. p-değerleri ilgili test istatistiklerine aittir.

Genel olarak NARDL bulguları, mısır üretiminin çevresel baskı göstergesi olarak kullanılan CO₂ değişkenine karşı doğrusal olmayan bir tepki verdiğini göstermektedir. Özellikle uzun dönem asimetri testlerinin sonuçları, CO₂ emisyonlarındaki artış ve azalışların üretim üzerindeki etkilerinin büyüklük ve yön açısından farklılaşabildiğine işaret etmektedir.

Buna karşılık kısa dönem asimetri testlerinin istatistiksel olarak anlamlı olmaması, üretim dinamiklerinde kısa vadeli şoklara verilen tepkilerin büyük ölçüde simetrik bir yapı izlediğini göstermektedir.

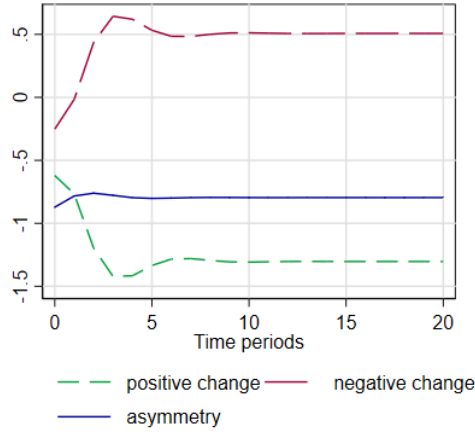
Modele dahil edilen post90 kukla değişkeni ise üretim sürecinde dönemler arası yapısal farklılıkların kontrol edilmesine imkan sağlamaktadır. Bu sayede tahmin sonuçları, olası dönemsel değişimleri dikkate alan daha geniş bir ampirik çerçevede yorumlanabilmektedir.

5.2.3. Dinamik Çarpan Analizi (CO₂ Spesifikasyonu - Mısır)

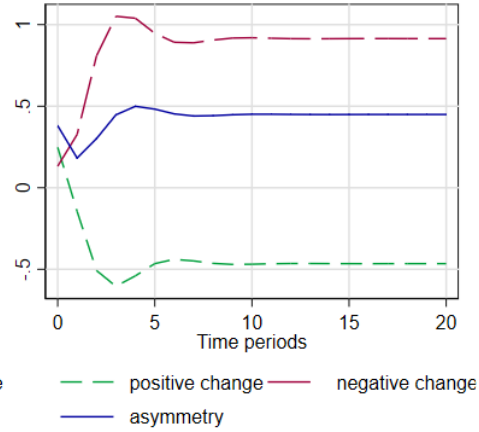
NARDL modelinden elde edilen kümülatif dinamik çarpanlar, pozitif ve negatif şokların mısır üretimi üzerindeki etkilerinin zaman içerisindeki uyum patikasını ayrıntılı biçimde ortaya koymaktadır. Bu çarpanlar, ilgili değişkenlerde meydana gelen artış ve azalışların üretim üzerindeki etkisinin yalnızca yönünü değil, aynı zamanda bu etkinin hangi hızla ortaya çıktığını ve uzun dönem denge değerine nasıl yakınsadığını da görselleştirmektedir. Şekil 5.3'te yer alan paneller, her bir açıklayıcı değişken açısından pozitif ve negatif şokların üretim üzerindeki dinamik etkilerinin zaman içinde nasıl farklılaştığını izleme imkanı sunmaktadır. Böylece, şokların kısa dönemde oluşturduğu ilk etkiler ile bu etkilerin orta ve uzun vadede nasıl şekillendiği daha açık biçimde değerlendirilebilmektedir. Aynı zamanda söz konusu grafikler, pozitif ve negatif bileşenler

arasında olası asimetrik tepkilerin varlığını incelemek açısından da önemli bir görsel dayanak sağlamaktadır. Bu yönüyle kümülatif dinamik çarpanlar, mısır üretiminin ilgili değişkenlerdeki değişimlere verdiği tepkilerin sadece büyüklüğünü değil, zamana yayılan uyum mekanizmasının niteliğini de ortaya koymaktadır.

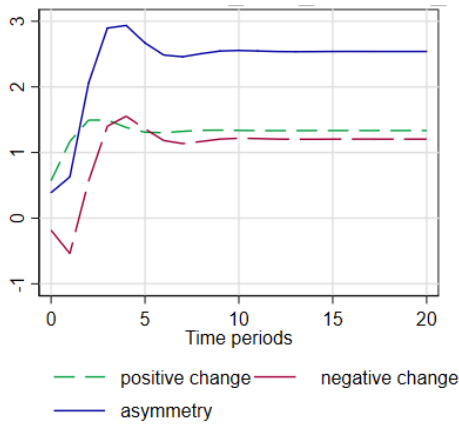
(a) *TEMP* şoklarının kümülatif etkisi



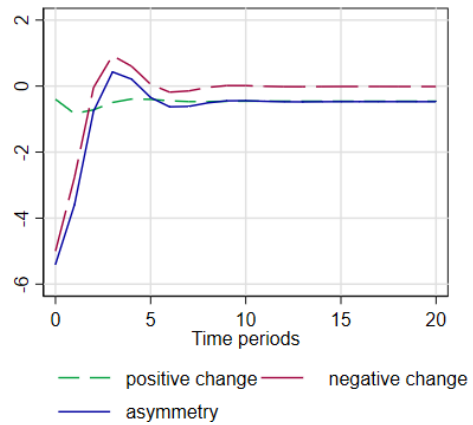
(b) *PREC* şoklarının kümülatif etkisi



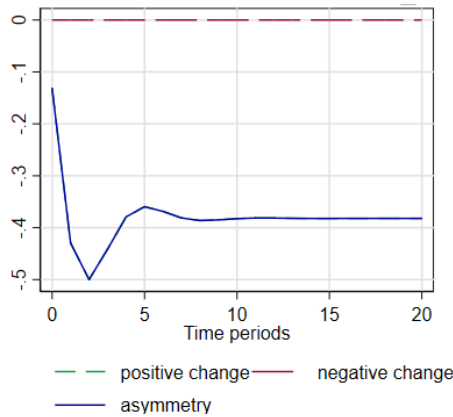
(c) *CO2* şoklarının kümülatif etkisi



(d) *MACH* şoklarının kümülatif etkisi



(e) Post-1990 yapısal kırılma değişkeninin kümülatif etkisi



Şekil 5. 3. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (CO_2 Spesifikasyonu - Mısır)

Not: Grafikler, Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayalı kümülatif dinamik çarpanları göstermektedir. Yeşil kesikli çizgi pozitif şokların, kırmızı kesikli çizgi negatif şokların, mavi çizgi ise iki etki arasındaki farkın zaman içindeki evrimini göstermektedir. Yatay eksen uyum dönemlerini, dikey eksen bağımlı değişimdeki kümülatif tepkiyi ifade etmektedir. Post90 paneli tek yönlü rejim değişimini temsil ettiğinden yalnızca toplam etkiyi göstermektedir.

Sıcaklık değişkenine ilişkin dinamik tepkiler incelendiğinde, pozitif sıcaklık şoklarının üretim üzerinde negatif bir etki yarattığı, negatif şokların ise ters yönde bir tepki oluşturduğu görülmektedir. Bununla birlikte, bu etkilerin birkaç dönem içerisinde istikrarlı bir denge seviyesine yakınsadığı izlenmektedir.

Yağış değişkenine ilişkin dinamik çarpanlar, pozitif ve negatif şokların üretim üzerinde farklı yönlerde etkiler yarattığını ancak zaman içinde etkilerin dengelendiğini göstermektedir. Bu durum, yağış değişimlerinin üretim üzerindeki etkisinin kısa dönem uyum süreci içerisinde dengelendiğine işaret etmektedir.

CO₂ değişkenine ilişkin dinamik tepkiler, pozitif emisyon şoklarının üretim üzerinde belirgin bir artış yönlü etki yarattığını göstermektedir. Buna karşılık negatif şokların üretim üzerindeki etkisi daha sınırlı kalmaktadır. Bu yapı, CO₂ değişkeni ile üretim arasında yön bağımlı bir ilişkinin bulunduğunu desteklemektedir.

Makineleşme değişkenine ilişkin dinamik tepkiler ilk dönemlerde daha belirgin dalgalanmalar sergilemekte, ancak zaman içinde daha istikrarlı bir denge seviyesine yakınsamaktadır. Bu durum, teknolojik kapasite değişimlerinin üretim üzerinde başlangıçta daha güçlü tepkiler yaratabildiğini göstermektedir.

Post90 kukla değişkenine ilişkin dinamik çarpan ise üretim seviyesinde dönemler arası bir farklılaşmaya işaret etmektedir. Bu bulgu, modelde kontrol edilen yapısal değişimin üretim düzeyinde kalıcı bir etki yaratabildiğini göstermektedir.

Genel olarak dinamik çarpan analizi, mısır üretiminin çevresel baskı değişkenlerine özellikle de CO₂ şoklarına karşı daha belirgin ve yön bağımlı tepkiler verdiğini, iklim değişkenlerine verilen tepkilerin ise zaman içinde dengeye yakınsadığını göstermektedir.

5.2.4. ARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Mısır)

Bu alt bölümde mısır üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskıyı temsil eden ekolojik ayak izi ve teknolojik kapasite arasındaki uzun ve kısa dönem ilişkiler ARDL modeli çerçevesinde incelenmiştir. Modelin hata düzeltme temsiline dayalı tahmin sonuçları Tablo 5.13'te, eşbütünleşme ve tanısallık test bulguları ise Tablo 5.14'te sunulmaktadır.

Hata düzeltme katsayısının negatif işaretli olması, sistemin uzun dönem dengeye yönelme eğilimi taşıdığını göstermektedir. Bununla birlikte katsayının yalnızca sınır düzeyde anlamlı olması, kısa dönem dengesizliklerin uzun dönem dengeye uyum sürecinin görece zayıf ve kademeli gerçekleştiğine işaret etmektedir.

Uzun dönem katsayılar incelendiğinde, sıcaklık ve yağış değişkenlerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir (Tablo 5.13, Panel A). Bu bulgu, mısır üretimi ile iklim değişkenleri arasında uzun dönemde istatistiksel olarak güçlü bir ilişki tespit edilemediğini göstermektedir.

Ekolojik ayak izi değişkeninin katsayısı pozitif işaretli olup sınır düzeyde anlamlıdır. Bu sonuç, çevresel baskı göstergesi ile üretim düzeyi arasında aynı yönlü bir ilişki olabileceğine işaret etmekle birlikte ilişkinin istatistiksel gücünün sınırlı olduğunu göstermektedir.

Teknolojik kapasiteyi temsil eden makineleşme değişkeninin katsayısının pozitif fakat istatistiksel olarak anlamsız olması, teknolojik kapasite değişimlerinin mısır üretimi üzerinde belirgin bir uzun dönem etkisinin tespit edilemediğini göstermektedir.

Tablo 5.13. ARDL-ECM Sonuçları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Mısır)

Panel A - Hata Düzeltme ve Uzun Dönem Katsayılar				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ECT(-1)</i>	-0.109*	0.058	-1.900	0.064
Uzun Dönem Katsayılar				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	-0.516	1.678	-0.310	0.760
<i>lnPREC</i>	-0.912	1.021	-0.890	0.376
<i>lnFP</i>	1.989*	1.129	1.760	0.084
<i>lnMACH</i>	0.219	0.253	0.870	0.391
Panel B - Kısa Dönem Dinamikler				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>Sabit</i>	0.775	0.725	1.070	0.291

Not: Bağımlı değişken $\Delta \ln MZ$ 'dir. Katsayılar ARDL(1,0,0,0,0) modelinin hata düzeltme temsiline dayanmaktadır. Uzun dönem katsayılar seviye değişkenlerinden türetilmiştir.

Eşbütünleşme test sonuçları, F ve t istatistiklerinin kritik değerlerin altında kalması nedeniyle değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir uzun dönem ilişki bulunmadığını göstermektedir (Tablo 5.14, Panel A). Bu bulgu, modelde yer alan değişkenlerin uzun dönemde ortak bir denge patikası etrafında birlikte hareket ettiğine dair güçlü bir kanıt bulunmadığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla uzun dönem katsayıların eşbütünleşme çerçevesinde yorumlanması mümkün değildir.

Model tanısal testleri ise spesifikasyonun genel olarak kabul edilebilir olduğunu göstermektedir. Breusch-Godfrey LM testi sonuçları modelde seri korelasyon bulunmadığını göstermektedir. Breusch-Pagan ve White testleri hata terimlerinde heteroskedastisite sorunu olmadığını ortaya koyarken, Ramsey RESET testinin anlamlı olmaması modelin fonksiyonel form açısından uygun biçimde tanımlandığını göstermektedir. Jarque-Bera normallik testi ise artıkların normal dağılım varsayımı ile uyumlu olduğunu göstermektedir (Tablo 5.14, Panel B).

Tablo 5.14. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Mısır)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>İstatistik</i>	<i>Değer</i>	<i>Sonuç</i>
F-istatistiği	1.099	Eşbütünleşme yok
t-istatistiği	-1.898	Eşbütünleşme yok
Panel B - Tanısal Testler		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Breusch-Godfrey LM (lag 1-4)	-	>0.05
Breusch-Pagan	1.650	0.199
White	21.92	0.345
Ramsey RESET	0.990	0.404
Normalite (JB)	4.340	0.115

Not: Sınır testi Pesaran vd. (2001) yaklaşımına göre hesaplanmıştır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik varsayımlarını incelemektedir. p-değerleri ilgili test istatistiklerine aittir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, ekolojik ayak izi spesifikasyonundan elde edilen ARDL bulguları mısır üretimi ile iklim değişkenleri arasında uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilemediğini göstermektedir. Buna karşılık çevresel baskıyı temsil eden ekolojik ayak izi değişkeni ile üretim düzeyi arasında aynı yönlü fakat sınır düzeyde anlamlı bir ilişki bulunduğu görülmektedir.

Bununla birlikte eşbütünleşme testlerinin uzun dönem ilişkiye dair destekleyici bir bulgu sunmaması, modelde yer alan değişkenlerin uzun dönemde ortak bir denge patikası etrafında birlikte hareket ettiğine dair güçlü bir kanıt bulunmadığını ortaya koymaktadır.

5.2.5. NARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Mısır)

Bu alt bölümde mısır üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergesi olarak kişi başına ekolojik ayak izi ve teknolojik kapasite arasındaki ilişkinin doğrusal olup olmadığı NARDL modeli aracılığıyla incelenmiştir. Pozitif ve negatif şokların ayrı ayrı modele dahil edilmesi, üretim dinamiklerinin yön bağımlı bir tepki yapısına sahip olup olmadığını değerlendirmeye imkan tanımaktadır. Modelin tanısal performansını iyileştirmek amacıyla

gecikme yapısı p(3) q(3) olarak belirlenmiş ve 1990 sonrası dönemi temsil eden post90 kukla değişkeni modele dahil edilmiştir.

Uzun dönem etkiler incelendiğinde, ekolojik ayak izi değişkeninin pozitif şok katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir (Tablo 5.15, Panel A). Buna karşılık negatif şok katsayısı istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu sonuç, çevresel baskıdaki artışların üretim düzeyi ile aynı yönlü bir ilişki sergileyebileceğini göstermektedir.

İklim değişkenleri açısından sıcaklık artışlarının üretim üzerinde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı görülmektedir. Buna karşılık sıcaklıktaki azalışların üretim üzerindeki etkisinin ters yönde gerçekleşmesi, üretim sisteminin sıcaklık şoklarına doğrusal olmayan bir tepki verebildiğini göstermektedir. Yağış değişkeni için ise pozitif şok katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken, negatif şok katsayısının anlamlı olması yağış değişimlerinin üretim üzerindeki etkisinin yön bağımlı bir yapı sergileyebileceğine işaret etmektedir.

Makineleşme değişkeninin hem pozitif hem negatif şok katsayılarının negatif işaretli olması, teknolojik kapasite değişimlerinin üretim üzerindeki etkisinin doğrusal bir yapı sergilemediğini göstermektedir.

Uzun dönem asimetri Wald testleri, yağış, ekolojik ayak izi ve makineleşme değişkenleri için yön bağımlı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir (Tablo 5.15, Panel B). Buna karşılık sıcaklık değişkeni için uzun dönem asimetri hipotezi reddedilememektedir.

Kısa dönem asimetri testleri ise yalnızca ekolojik ayak izi değişkeni için istatistiksel olarak anlamlıdır (Tablo 5.15, Panel C). Bu bulgu, çevresel baskı şoklarının üretim üzerinde kısa vadede de yön bağımlı etkiler yaratabildiğini göstermektedir.

Tablo 5.15. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Mısır)

Panel A - Uzun Dönem Pozitif ve Negatif Etkiler		
<i>Değişken</i>	<i>Pozitif Etki</i>	<i>Negatif Etki</i>
<i>lnTEMP</i>	-2.862***	2.731**
<i>lnPREC</i>	-0.617	1.506***
<i>lnFP</i>	1.088*	0.167
<i>lnMACH</i>	-0.597***	-4.234*
<i>post90</i>	-0.487***	0.000

Tablo 5.15. Tablonun Devamı

Panel B - Uzun Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.032	0.860
<i>lnPREC</i>	10.780***	0.005
<i>lnFP</i>	4.235*	0.056
<i>lnMACH</i>	4.364*	0.053
<i>post90</i>	10.790***	0.005

Panel C - Kısa Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	2.209	0.157
<i>lnPREC</i>	0.072	0.792
<i>lnFP</i>	10.340***	0.005
<i>lnMACH</i>	0.975	0.338
<i>post90</i>	0.836	0.374

Not: *, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir. Pozitif ve negatif etkiler uzun dönem kısmi toplam katsayılarından elde edilmiştir. Asimetri testleri Wald istatistiklerine dayanmaktadır.

NARDL modeline ilişkin eşbütünleşme testi bulguları, modelde yer alan değişkenler arasında uzun dönemli ve istikrarlı bir ilişkinin varlığına işaret etmektedir (Tablo 5.16, Panel A). Özellikle Shin vd. (2014) yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilen FPSS ve tBDM istatistiklerinin birlikte ele alınması, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin uzun dönemde ortak bir denge patikası etrafında hareket ettiğini göstermektedir. Bu sonuç, seriler arasında yalnızca kısa süreli etkileşimlerin değil, aynı zamanda zaman içinde sürdürülebilir yapısal bir ilişkinin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla model, ilgili değişkenler arasındaki uzun dönem dinamiklerini incelemek açısından uygun bir ampirik çerçeve sunmaktadır.

Model tanısal testleri ise spesifikasyonun istatistiksel açıdan kabul edilebilir olduğunu göstermektedir. Portmanteau testi sonuçları modelde seri korelasyon bulunmadığını ortaya koyarken, Breusch-Pagan testi hata terimlerinde heteroskedastisite sorunu olmadığını göstermektedir. Ramsey RESET testinin anlamlı olmaması modelin fonksiyonel form açısından uygun biçimde tanımlandığını, Jarque-Bera normallik testi ise artıkların normal dağılım varsayımıyla uyumlu olduğunu göstermektedir (Tablo 5.16, Panel B).

Öte yandan modelde tercih edilen gecikme yapısı ile post90 kukla değişkeninin analize dahil edilmesi, tahmin sonuçlarının daha sağlam ve daha tutarlı bir çerçevede değerlendirilmesine katkı sunmaktadır. Gecikme yapısı, değişkenler arasındaki dinamik etkileşimlerin zamana yayılan etkilerini daha doğru biçimde yakalamaya yardımcı olurken post90 kukla değişkeni, dönemsel yapısal kırılmaların veya belirli bir tarih sonrasında ortaya çıkan kurumsal, teknolojik ya da ekonomik dönüşümlerin model içerisinde kontrol edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu nedenle söz konusu model spesifikasyonu, yalnızca uzun dönem

ilişkisinin varlığını ortaya koymakla kalmamakta, aynı zamanda tahmin edilen katsayıların daha istikrarlı ve yorumlanabilir hale gelmesini de sağlamaktadır.

Tablo 5.16. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Mısır)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	
t _{BDM}	-3.843	
F _{PSS}	4.753	
Panel B - Model Tanısal Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Portmanteau (χ^2)	25.380	0.497
Breusch-Pagan	0.567	0.452
Ramsey RESET	1.192	0.351
Jarque-Bera	1.422	0.491

Not: Eşbütünleşme testleri Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik varsayımlarını incelemektedir. p-değerleri ilgili test istatistiklerine aittir.

Genel olarak NARDL bulguları, mısır üretiminin çevresel baskı göstergesi olan ekolojik ayak izine karşı doğrusal olmayan ve yön bağımlı bir tepki verdiğini göstermektedir. Özellikle ekolojik ayak izi değişkenine ilişkin pozitif ve negatif şokların üretim üzerindeki etkilerinin farklılaşması, çevresel baskı değişimlerinin üretim dinamikleriyle asimetrik bir ilişki içerisinde olabileceğine işaret etmektedir.

Buna karşılık kısa dönem asimetri testlerinin yalnızca ekolojik ayak izi değişkeni için anlamlı olması, üretim sisteminin kısa vadede büyük ölçüde simetrik bir uyum süreci sergilediğini göstermektedir.

Modele dahil edilen post90 kukla değişkeni ise üretim sürecinde dönemler arası yapısal farklılıkların kontrol edilmesine imkan sağlamaktadır. Bu sayede tahmin sonuçları, farklı dönemsel koşulların etkisini dikkate alan daha geniş bir ampirik çerçevede değerlendirilebilmektedir.

5.2.6. Dinamik Çarpan Analizi (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Mısır)

NARDL modelinden elde edilen kümülatif dinamik çarpanlar, ekolojik ayak izi spesifikasyonu altında pozitif ve negatif şokların mısır üretimi üzerindeki uyum patikasını zaman boyutunda izlemeye imkan tanımaktadır. Şekil 5.4'te sunulan paneller, her bir açıklayıcı değişken için üretimin şoklara verdiği tepkilerin büyüklüğünü ve zaman içinde nasıl dengeye yakınsadığını göstermektedir.

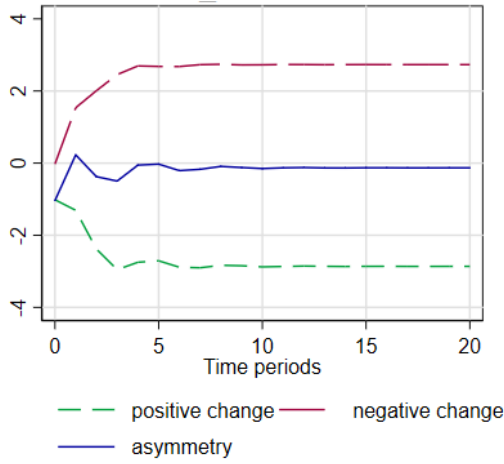
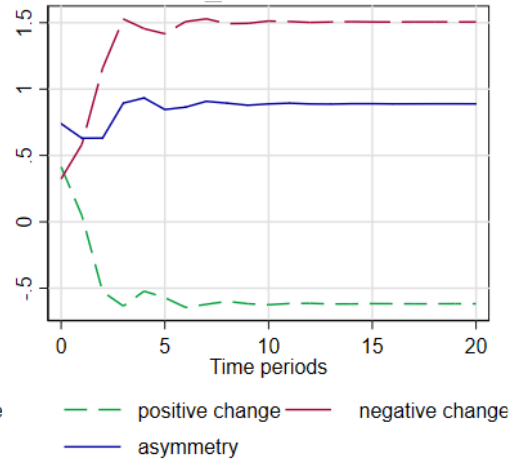
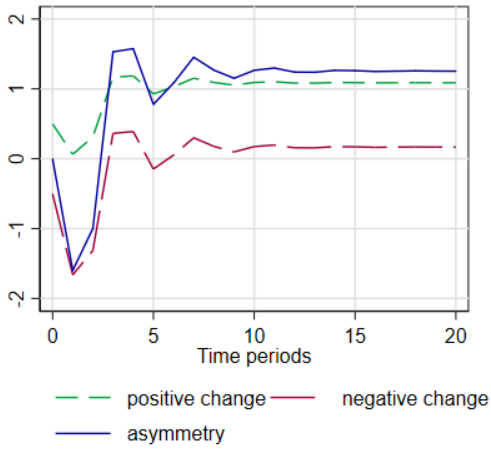
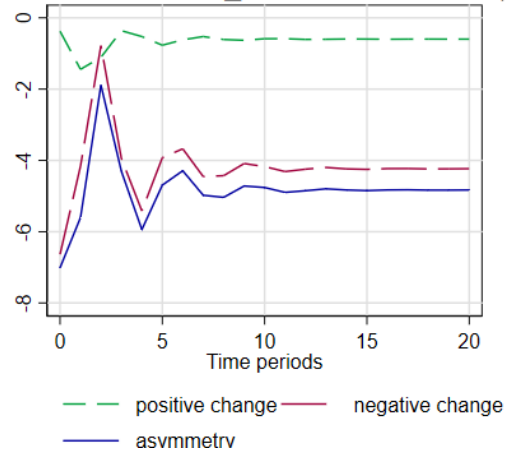
Sıcaklık şoklarına ilişkin dinamikler incelendiğinde, pozitif sıcaklık değişimlerinin üretim üzerinde negatif bir kümülatif etki yarattığı, negatif sıcaklık şoklarının ise üretim üzerinde ters yönde bir tepki oluşturduğu görülmektedir. Bununla birlikte etkilerin birkaç dönem içerisinde istikrarlı bir denge seviyesine yakınsadığı izlenmektedir.

Yağış değişkenine ilişkin dinamik çarpanlar, pozitif ve negatif şokların üretim üzerinde farklı yönlerde etkiler yaratabildiğini göstermektedir. Pozitif yağış şoklarının üretim üzerinde negatif bir etki yarattığı, negatif şokların ise üretim üzerinde ters yönde bir tepki oluşturduğu görülmektedir. Bu durum yağış değişimlerinin üretim dinamiklerinde yön bağımlı tepkiler yaratabildiğine işaret etmektedir.

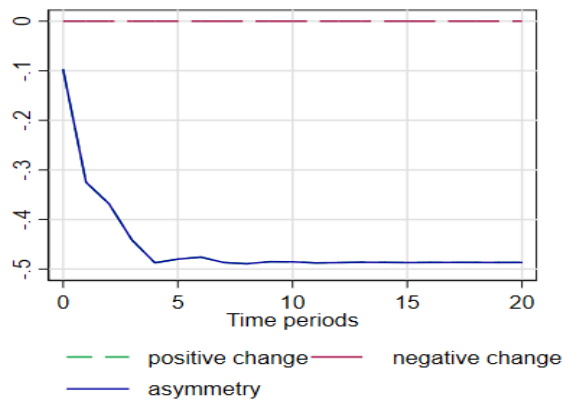
Ekolojik ayak izi değişkenine ilişkin dinamik tepkiler, pozitif çevresel baskı şoklarının üretim üzerinde artış yönlü bir etki yarattığını göstermektedir. Buna karşılık negatif şokların etkisinin daha sınırlı olduğu görülmektedir. Bu yapı, çevresel baskı değişimlerinin üretim dinamikleriyle asimetrik bir ilişki içerisinde olabileceğini göstermektedir.

Makineleşme değişkenine ilişkin dinamik tepkiler ise başlangıç dönemlerinde daha belirgin dalgalanmalar sergilemekte, ancak zaman içinde daha istikrarlı bir denge seviyesine yakınsamaktadır. Pozitif ve negatif teknoloji şoklarının üretim üzerinde farklı büyüklükte etkiler yaratması, teknolojik kapasite değişimlerinin üretim dinamiklerinde yön bağımlı tepkilere yol açabildiğini göstermektedir.

Post90 kukla değişkenine ilişkin kümülatif dinamik çarpanlar, 1990 sonrası dönemde üretim düzeyinde aşağı yönlü ve kalıcı bir seviye farklılaşmasının ortaya çıktığını göstermektedir. Başka bir ifadeyle, söz konusu dönemsel kırılma yalnızca geçici dalgalanmalara yol açmamakta, aynı zamanda üretim serisinin denge düzeyini daha düşük bir patikaya taşıyabilmektedir. Bu bulgu, modelde kontrol edilen yapısal dönüşümün üretim dinamikleri üzerinde süreklilik arz eden bir düzey etkisi oluşturduğuna işaret etmektedir. Özellikle 1990 sonrasında tarımsal üretim yapısını etkileyen ekonomik, kurumsal, teknolojik ya da çevresel değişimlerin, üretim seviyesinde kalıcı sonuçlar doğurmuş olabileceği değerlendirilebilir. Dolayısıyla post90 değişkenine ait dinamik çarpanların ortaya koyduğu yapı, dönemsel değişimlerin yalnızca kısa vadeli uyum sürecini değil, uzun dönem denge seviyesini de etkileyebildiğini göstermesi bakımından önem taşımaktadır.

(a) *TEMP* şoklarının kümülatif etkisi(b) *PREC* şoklarının kümülatif etkisi(c) *FP* şoklarının kümülatif etkisi(d) *MACH* şoklarının kümülatif etkisi

(e) Post-1990 yapısal kırılma değişkeninin kümülatif etkisi

**Şekil 5.4.** NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (Ekolojik Ayak İzi - Mısır)

Not: Grafikler, Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayalı kümülatif dinamik çarpanları göstermektedir. Yeşil kesikli çizgi pozitif şokların, kırmızı kesikli çizgi negatif şokların, mavi çizgi ise iki etki arasındaki farkın zaman içindeki evrimini göstermektedir. Yatay eksen uyum dönemlerini, dikey eksen bağımlı değişkendeki kümülatif tepkiyi ifade etmektedir. Post90 paneli tek yönlü rejim değişimini temsil ettiğinden yalnızca toplam etkiyi göstermektedir.

Genel olarak dinamik çarpan bulguları, mısır üretiminin özellikle çevresel baskı ve teknolojik kapasite değişimlerine karşı yön bağımlı tepkiler verebildiğini göstermektedir. Pozitif ve negatif şokların üretim üzerindeki etkilerinin farklı büyüklüklerde ortaya çıkması, üretim dinamiklerinde doğrusal olmayan uyum mekanizmalarının varlığına işaret etmektedir.

İklim değişkenlerine ilişkin etkilerin daha çok uyum sürecinin ilk dönemlerinde belirginleştiği, buna karşılık çevresel baskı ve teknolojik kapasite değişimlerinin üretim üzerinde daha uzun süreli uyum patikaları oluşturabildiği görülmektedir.

Bu bulgular, üretim sisteminin çevresel ve teknolojik şoklara verdiği tepkilerin doğrusal bir yapıdan ziyade daha karmaşık bir uyum süreci içerisinde şekillenebileceğini göstermektedir.

5.2.7. CO₂ ve Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi (Mısır)

CO₂ ve ekolojik ayak izi spesifikasyonlarından elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde, mısır üretiminin çevresel baskıya verdiği tepkinin kullanılan çevresel göstergeye duyarlı olduğu görülmektedir. CO₂ temelli modelde değişkenler arasında güçlü bir uzun dönem ilişki bulunmazken, ekolojik ayak izi spesifikasyonu çevresel baskı ile üretim arasındaki ilişkinin daha belirgin ve doğrusal olmayan bir yapı sergilediğini göstermektedir.

Her iki spesifikasyonda da çevresel baskı değişkenlerine verilen tepkilerin yön bağımlı bir karakter taşıyabildiği görülmektedir. Bununla birlikte ekolojik ayak izi modeli, çevresel baskının daha geniş bileşenlerini kapsadığı için üretim ile çevresel değişkenler arasındaki ilişkinin daha güçlü ve kalıcı biçimde ortaya çıkmasına imkan tanımaktadır.

İklim değişkenlerine ilişkin bulgular ise model spesifikasyonuna bağlı olarak farklılaşmaktadır. CO₂ modelinde iklim değişkenlerinin uzun dönem etkileri istatistiksel olarak zayıf görünürken, ekolojik ayak izi spesifikasyonunda özellikle sıcaklık değişkeninin üretim üzerinde daha belirgin etkiler yaratabildiği görülmektedir. Bu durum, çevresel baskının kapsamı genişletildiğinde üretim sisteminin iklim şoklarına verdiği tepkinin daha net biçimde ortaya çıkabildiğine işaret etmektedir.

Genel olarak karşılaştırmalı sonuçlar, çevresel baskının ölçüm biçiminin üretim-çevre ilişkisini önemli ölçüde etkileyebildiğini göstermektedir. Ekolojik ayak izi göstergesinin çevresel baskının daha geniş boyutlarını içermesi, mısır üretimi ile çevresel değişkenler arasındaki ilişkinin daha bütüncül bir çerçevede analiz edilmesine imkan tanımaktadır.

5.3. Arpa (BRL)

5.3.1. ARDL Bulguları (CO₂ Spesifikasyonu)

Bu alt bölümde arpa üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergesi olarak CO₂ emisyonları ve teknolojik kapasite arasındaki uzun ve kısa dönem ilişkiler ARDL yaklaşımı kullanılarak analiz edilmiştir. Modelin hata düzeltme temsili aracılığıyla hem kısa dönem uyum dinamikleri hem de uzun dönem katsayıları değerlendirilmiştir. Uzun dönem katsayıları Tablo 5.17’de, eşbütünleşme ve model tanısına ilişkin bulgular ise Tablo 5.18’de sunulmaktadır.

Hata düzeltme katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması, kısa dönem dengesizliklerin zaman içinde uzun dönem denge seviyesine doğru düzeltildiğini göstermektedir. Katsayının mutlak değerinin birden büyük olması, uyum sürecinde kısa dönem sapmaların denge seviyesini aşarak düzeltildiğine ve sistemin dengeye hızlı bir uyum mekanizması sergileyebildiğine işaret etmektedir.

Uzun dönem katsayılar incelendiğinde, yağış değişkeninin arpa üretimi üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunduğu görülmektedir. Bu sonuç, su koşullarının arpa üretimi açısından önemli bir belirleyici olduğunu göstermektedir. Buna karşılık sıcaklık değişkeninin katsayısı pozitif olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı değildir.

CO₂ emisyonlarının uzun dönem katsayısı pozitif olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu bulgu, arpa üretimi ile karbon emisyonları arasında istatistiksel olarak güçlü bir ilişki tespit edilemediğini göstermektedir. Buna karşılık makineleşme değişkeninin katsayısının pozitif ve yüksek düzeyde anlamlı olması, teknolojik kapasite değişimlerinin arpa üretimi ile güçlü bir ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir.

Kısa dönem dinamikler dikkate alındığında, sıcaklık değişkenine ait kısa dönem katsayısının negatif işaret taşıdığı ve istatistiksel olarak sınırda anlamlılık sergilediği görülmektedir. Bu bulgu, sıcaklıkta meydana gelen artışların kısa vadede üretim üzerinde baskılayıcı ya da sınırlayıcı bir etki oluşturabileceğine işaret etmektedir. Her ne kadar bu etkinin istatistiksel gücü güçlü bir düzeyde olmasa da, elde edilen sonuç sıcaklık artışlarının üretim sürecini olumsuz yönde etkileyebileceğini düşündürmektedir. Özellikle tarımsal üretimin iklim koşullarına duyarlı yapısı göz önünde bulundurulduğunda, sıcaklıktaki artışların bitkisel gelişim süreci, verimlilik ve üretim performansı üzerinde kısa dönemde olumsuz sonuçlar doğurması beklenebilir. Bu çerçevede bulgu, sıcaklık şoklarının üretim

üzerindeki etkisinin kısa vadede göz ardı edilemeyecek bir baskı unsuru oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 5.17. ARDL-ECM Sonuçları (CO₂ Spesifikasyonu - Arpa)

Panel A - Hata Düzeltme ve Uzun Dönem Katsayılar				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ECT(-1)</i>	-1.080***	0.119	-9.080	0.000
Uzun Dönem Katsayılar				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.290	0.251	1.160	0.254
<i>lnPREC</i>	0.359***	0.113	3.180	0.003
<i>lnCO₂</i>	0.1169	0.086	1.360	0.179
<i>lnMACH</i>	0.201***	0.048	4.180	0.000
Panel B - Kısa Dönem Dinamikler				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ΔlnTEMP</i>	-0.398*	0.203	-1.960	0.055
<i>Sabit</i>	-2.570***	0.935	-2.750	0.008

Not: Bağımlı değişken $\Delta \ln BRL$ 'dir. Katsayılar ARDL(1,1,0,0,0) modelinin hata düzeltme temsilinden türetilmiştir.

Sınır testi sonuçları, F ve t istatistiklerinin ilgili kritik değerleri aşması nedeniyle değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisi bulunduğunu açık biçimde göstermektedir (Tablo 5.18). Bu bulgu, Tablo 5.17'de raporlanan uzun dönem katsayıların geçerli bir eşbütünleşme çerçevesinde yorumlanabileceğini teyit etmektedir.

Tanısal test sonuçları, modelde seri korelasyon sorunu bulunmadığını ve fonksiyonel formun uygun biçimde tanımlandığını göstermektedir. White testi heteroskedastisiteye işaret etmezken, Breusch-Pagan testi sınırdan bir bulgu sunmaktadır. Buna karşılık Jarque-Bera testi, artıkların normal dağılım varsayımıyla tam uyumlu olmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 5.18. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO₂ Spesifikasyonu - Arpa)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>İstatistik</i>	<i>Değer</i>	<i>Sonuç</i>
F-istatistiği	17.112	Eşbütünleşme var
t-istatistiği	-9.081	Eşbütünleşme var
Panel B - Tanısal Testler		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Breusch-Godfrey LM (lag 1-4)	-	>0.10
Breusch-Pagan	3.720*	0.054
White	28.350	0.393
Ramsey RESET	1.720	0.175
Normallik (JB)	9.860***	0.007

Not: Sınır testi Pesaran vd. (2001) yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik varsayımlarını değerlendirmektedir.

Genel olarak ARDL bulguları, arpa üretimi ile su koşullarını temsil eden yağış değişkeni ve teknolojik kapasiteyi temsil eden makineleşme değişkeni arasında güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler bulunduğunu göstermektedir. Bu bulgu, arpa üretim dinamiklerinin önemli ölçüde su mevcudiyeti ve teknolojik kapasite ile bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır.

Buna karşılık çevresel baskı göstergesi olarak kullanılan CO₂ değişkeninin uzun dönem katsayısının istatistiksel olarak anlamlı bulunmaması, arpa üretimi ile karbon emisyonları arasında doğrudan bir uzun dönem ilişki tespit edilemediğini göstermektedir.

Kısa dönem dinamikler incelendiğinde ise iklim değişkenlerinin etkilerinin sınırlı ve geçici olduğu görülmektedir. Bu bulgu, üretim düzeyinin kısa vadeli dalgalanmalardan ziyade uzun dönem üretim koşulları ile daha güçlü biçimde ilişkili olabileceğine işaret etmektedir.

5.3.2. NARDL Bulguları (CO₂ Spesifikasyonu - Arpa)

Bu alt bölümde arpa üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergesi olarak CO₂ emisyonları ve teknolojik kapasite arasındaki ilişkinin doğrusal olup olmadığı NARDL modeli aracılığıyla incelenmiştir. Pozitif ve negatif şokların ayrı ayrı modele dahil edilmesi, üretim dinamiklerinin yön bağımlı bir yapı sergileyip sergilemediğini değerlendirmeye imkan tanımaktadır. Uzun dönem kısmi toplam katsayılar ve asimetri testlerine ilişkin bulgular Tablo 5.19'da, eşbütünleşme ve model tanısına ilişkin sonuçlar ise Tablo 5.20'de sunulmaktadır.

Uzun dönem etkiler incelendiğinde, sıcaklık ve CO₂ değişkenlerinin pozitif ve negatif bileşenlerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir (Tablo 5.19, Panel A). Bu bulgu, arpa üretiminin uzun dönemde sıcaklık değişimleri ve karbon emisyonları ile istatistiksel olarak güçlü bir ilişki sergilemediğini göstermektedir.

Yağış değişkenine ilişkin pozitif ve negatif şok katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte uzun dönem asimetri testlerinin anlamlı olması, yağış değişimlerinin üretim üzerindeki etkilerinin yön bağımlı bir yapı sergileyebileceğine işaret etmektedir.

Teknolojik kapasiteyi temsil eden makineleşme değişkeninin hem pozitif hem negatif bileşenlerinin istatistiksel olarak anlamlı olması, teknoloji şoklarının arpa üretimi üzerinde güçlü ve doğrusal olmayan etkiler yaratabildiğini göstermektedir. Ayrıca uzun dönem asimetri testinin anlamlı olması, teknolojik kapasite artışları ve azalışlarının üretim üzerindeki etkilerinin farklı büyüklüklerde ortaya çıkabildiğini göstermektedir.

Kısa dönem asimetri testleri genel olarak istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar üretmemektedir (Tablo 5.19, Panel C). Bununla birlikte makineleşme değişkeni için kısa dönemde sınırda anlamlılık bulunması, teknoloji şoklarının kısa vadede de üretim üzerinde farklı büyüklükte etkiler yaratabileceğine işaret etmektedir.

Tablo 5.19. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (CO₂ Spesifikasyonu - Arpa)

Panel A - Uzun Dönem Pozitif ve Negatif Etkiler		
<i>Değişken</i>	<i>Pozitif Etki</i>	<i>Negatif Etki</i>
<i>lnTEMP</i>	0.110	0.266
<i>lnPREC</i>	-0.293	-0.124
<i>lnCO₂</i>	0.151	-0.051
<i>lnMACH</i>	0.303***	2.830**
Panel B - Uzun Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	2.169	0.151
<i>lnPREC</i>	6.868**	0.014
<i>lnCO₂</i>	0.035	0.854
<i>lnMACH</i>	5.689**	0.024
Panel C - Kısa Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	1.841	0.185
<i>lnPREC</i>	0.033	0.858
<i>lnCO₂</i>	1.721	0.200
<i>lnMACH</i>	3.721*	0.063

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir. Pozitif ve negatif etkiler uzun dönem kısmi toplam katsayılardan elde edilmiştir.

Eşbütünleşme test sonuçları (Tablo 5.20), t_{BDM} ve F_{PSS} istatistiklerinin kritik değerleri aşması nedeniyle değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bu bulgu, modelde elde edilen uzun dönem katsayıların bir denge ilişkisi çerçevesinde yorumlanabileceğine işaret etmektedir.

Model tanısal testleri, seri korelasyon ve heteroskedastisite varsayımlarının reddedilmediğini ve artıkların normal dağılım varsayımı ile uyumlu olduğunu göstermektedir. Buna karşılık Ramsey RESET testinin istatistiksel olarak anlamlı çıkması, modelde doğrusal olmayan bazı dinamiklerin veya ihmal edilmiş değişkenlerin bulunabileceğine işaret etmektedir.

Bu bulgu, üretim dinamiklerinin doğrusal modellerle tam olarak yakalanamayabilecek karmaşık bir yapıya sahip olabileceğini göstermekte ve doğrusal olmayan modelleme yaklaşımlarının kullanılmasının metodolojik açıdan anlamlı olduğunu desteklemektedir.

Tablo 5.20. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO₂ Spesifikasyonu - Arpa)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	
t _{BDM}	-4.989	
F _{PSS}	3.858	

Panel B - Model Tanısal Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Portmanteau (χ^2)	16.180	0.932
Breusch-Pagan	0.032	0.859
Ramsey RESET	5.636***	0.004
Jarque-Bera	0.001	0.999

Not: Eşbütünleşme testleri Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik varsayımlarını değerlendirmektedir.

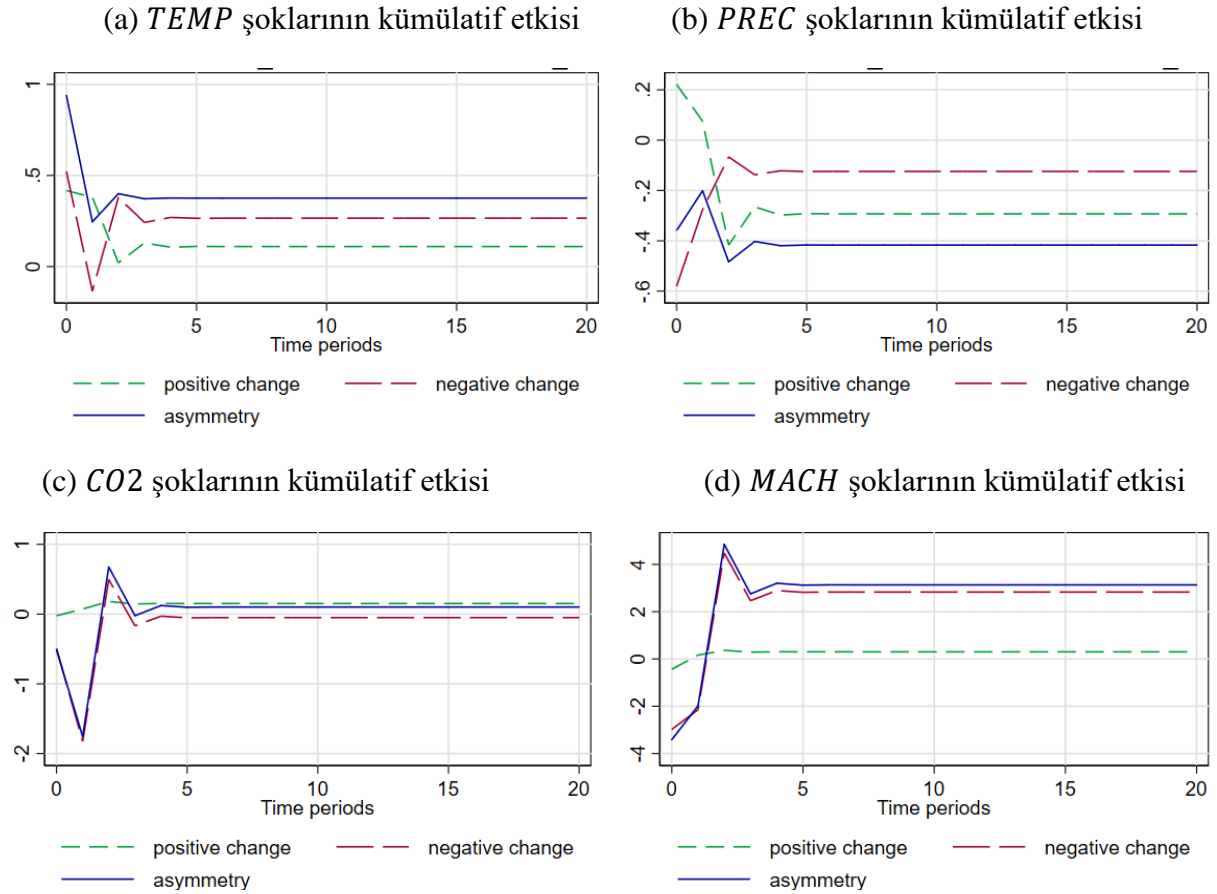
Genel olarak NARDL bulguları, arpa üretiminin uzun dönemde özellikle su koşulları ve teknolojik kapasite ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Buna karşılık CO₂ emisyonları ve sıcaklık değişimlerinin üretim üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak sınırlı kaldığı görülmektedir.

Yağış ve makineleşme değişkenleri için elde edilen asimetri bulguları, üretim sisteminin bu değişkenlerdeki artış ve azalışlara farklı büyüklükte tepkiler verebildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, üretim dinamiklerinde özellikle su mevcudiyeti ve teknolojik kapasite kanallarının önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Bu bulgular, arpa üretim sisteminin uyum kapasitesinin büyük ölçüde doğal kaynak koşulları ile teknolojik altyapının birlikte şekillendirdiği bir üretim yapısına dayandığını düşündürmektedir.

5.3.3. Dinamik Çarpan Analizi (CO₂ Spesifikasyonu - Arpa)

NARDL modelinden elde edilen kümülatif dinamik çarpanlar, pozitif ve negatif şokların arpa üretimi üzerindeki etkilerinin zaman içinde nasıl şekillendiğini ve uyum sürecinin hangi doğrultuda ilerlediğini ortaya koymaktadır. Bu çarpanlar, ilgili değişkenlerde meydana gelen artış ve azalışların üretim üzerindeki etkilerinin sadece yönünü değil, aynı zamanda bu etkilerin zaman içinde nasıl birikimli hale geldiğini de göstermektedir. Şekil 5.5'te, her bir açıklayıcı değişken bakımından arpa üretiminin zamana yayılmış kümülatif tepkisi ayrı paneller halinde sunulmakta ve böylece pozitif ve negatif şoklara verilen tepkilerin benzerlikleri ya da farklılıkları daha açık biçimde izlenebilmektedir. Bu görsel sunum, özellikle kısa ve uzun dönem uyum patikalarının karşılaştırılması ve olası asimetrik etkilerin değerlendirilmesi açısından önemli bulgular sunmaktadır.



Şekil 5.5. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (CO₂ Spesifikasyonu - Arpa)

Not: Grafikler, Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayalı kümülatif dinamik çarpanları göstermektedir. Yeşil kesikli çizgi pozitif şokların, kırmızı kesikli çizgi negatif şokların, mavi çizgi ise iki etki arasındaki farkın zaman içindeki evrimini göstermektedir. Yatay eksen uyum dönemlerini, dikey eksen bağımlı değişkendeki kümülatif tepkiyi ifade etmektedir.

Sıcaklık şoklarına ilişkin dinamikler, ilk dönemlerde kısa süreli dalgalanmalar görülmesine rağmen etkilerin hızla sönümlendiğini ve birkaç dönem sonrasında üretimin yeni bir denge patikasına yakınsadığını göstermektedir. Bu durum, sıcaklık değişimlerinin arpa üretimi üzerinde kalıcı bir sapma yaratmadığını ve üretim sisteminin bu tür iklimsel şoklara karşı görece hızlı bir uyum mekanizması sergilediğini ortaya koymaktadır.

Yağış değişkenine ilişkin dinamik tepkiler, pozitif ve negatif şokların üretim üzerinde farklı büyüklüklerde etkiler yarattığını göstermektedir. Pozitif yağış şoklarının üretim üzerinde başlangıçta daha belirgin bir düşüş etkisi yarattığı, negatif şokların ise daha sınırlı bir sapmaya yol açtığı görülmektedir. Bu yapı, yağış değişimlerinin üretim üzerindeki etkilerinin yön bağımlı bir karakter taşıyabildiğini göstermektedir.

CO₂ değişkenine ilişkin dinamik çarpanlar, üretimin emisyon şoklarına verdiği tepkinin zayıf ve kısa süreli olduğunu göstermektedir. İlk dönemlerde gözlenen dalgalanmalar hızla sönümlenmekte ve üretim düzeyi birkaç dönem içinde denge seviyesine

yakınsamaktadır. Bu sonuç, CO₂ emisyonlarının arpa üretimi üzerinde güçlü ve kalıcı bir etki oluşturmadığını göstermektedir.

Makineleşme şoklarına verilen tepki ise diğer değişkenlerden belirgin biçimde ayrılmaktadır. Pozitif teknolojik şokların üretim üzerinde hızlı ve güçlü bir artış yarattığı, bu etkinin zaman içinde daha düşük fakat kalıcı bir seviyede devam ettiği görülmektedir. Negatif teknoloji şoklarının da üretimde belirgin sapmalar yaratması, teknolojik kapasitenin üretim dinamikleri açısından kritik bir belirleyici olduğunu göstermektedir.

Genel olarak dinamik çarpan bulguları, arpa üretiminde en güçlü ve kalıcı etkinin teknolojik kapasite değişimlerinden kaynaklandığını, yağış şoklarının ise daha sınırlı fakat yön bağımlı etkiler yarattığını göstermektedir. Buna karşılık sıcaklık ve CO₂ şoklarının etkileri kısa sürede sönümlenmekte ve üretim üzerinde uzun dönemli bir sapma yaratmamaktadır.

5.3.4. ARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Arpa)

Bu alt bölümde arpa üretimi ile iklim koşulları, çevresel baskı ve teknolojik kapasite arasındaki uzun ve kısa dönem dinamikleri ekolojik ayak izi göstergesi kullanılarak ARDL yaklaşımı çerçevesinde analiz edilmiştir. Model sonuçları Tablo 5.21’de, eşbütünleşme ve tanısal test bulguları ise Tablo 5.22’de raporlanmaktadır.

Hata düzeltme teriminin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması, modelde yer alan değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin bulunduğunu göstermektedir. Katsayının mutlak değerinin birden büyük olması, kısa dönem dengesizliklerin güçlü bir uyum mekanizmasıyla hızla giderildiğini ve uyum sürecinin aşırı düzeltme (overshooting) davranışı gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Bu bulgu, arpa üretim dinamiklerinde şokların kalıcı etkilerinden ziyade dengeye dönüş mekanizmasının baskın olduğunu göstermektedir.

Uzun dönem katsayılar incelendiğinde, yağış değişkeninin arpa üretimi üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir. Bu sonuç, su koşullarının arpa üretim fonksiyonunun önemli belirleyicilerinden biri olduğunu ve hidrolojik koşullardaki iyileşmelerin üretim performansını desteklediğini göstermektedir.

Ekolojik ayak izi değişkeninin pozitif ve anlamlı katsayısı, üretim düzeyi ile çevresel baskı göstergeleri arasında aynı yönlü bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bu bulgu, üretim genişlemesinin doğal kaynak kullanımı ve ekolojik yük ile birlikte hareket edebileceğine işaret etmektedir.

Makineleşme değişkeninin katsayısının pozitif ve güçlü biçimde anlamlı olması, teknolojik kapasitenin arpa üretiminde verim artışını destekleyen temel yapısal unsurlardan biri olduğunu ortaya koymaktadır.

Buna karşılık sıcaklık değişkeninin uzun dönem katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olmaması, sıcaklık değişimlerinin arpa üretimi üzerinde doğrudan ve güçlü bir uzun dönem etkisinin bulunmadığını göstermektedir. Bu durum, sıcaklık etkisinin üretim dinamiklerinde daha çok kısa dönem dalgalanmalar veya doğrusal olmayan mekanizmalar üzerinden ortaya çıkabileceğine işaret etmektedir.

Tablo 5.21. ARDL-ECM Sonuçları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Arpa)

Panel A - Hata Düzeltme ve Uzun Dönem Katsayılar				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ECT(-1)</i>	-1.078***	0.108	-9.980	0.000
Uzun Dönem Katsayıları				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	-0.215	0.181	-1.190	0.239
<i>lnPREC</i>	0.323***	0.104	3.100	0.003
<i>lnFP</i>	0.539***	0.131	4.100	0.000
<i>lnMACH</i>	0.167***	0.029	5.800	0.000
Panel B - Kısa Dönem Dinamikler				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>Sabit</i>	-1.431*	0.803	-1.780	0.081

Not: Bağımlı değişken $\Delta \ln BRL$ 'dir. Katsayılar ARDL(1,0,0,0,0) modelinin ECM temsilinden elde edilmiştir.

Eşbütünleşme testi sonuçları (Tablo 5.22), modelde güçlü bir uzun dönem ilişki bulunduğunu göstermektedir. F ve t istatistiklerinin üst kritik değerlerin belirgin biçimde üzerinde olması, değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettiğine ve katsayıların bir denge ilişkisi çerçevesinde yorumlanabileceğine işaret etmektedir.

Tanısal test sonuçları modelin genel olarak kabul edilebilir bir istatistiksel performans sergilediğini göstermektedir. Breusch-Godfrey testi artıklar arasında seri korelasyon bulunmadığını ortaya koymaktadır. Heteroskedastisite testleri incelendiğinde, White testinin anlamlı olmamasına karşın Breusch-Pagan testinin anlamlı çıkması varyansın sabitliği konusunda sınırlı bir heteroskedastisite riskine işaret etmektedir.

Ramsey RESET testinin anlamlı olması modelin fonksiyonel formuna ilişkin potansiyel bir spesifikasyon riskinin bulunduğunu göstermektedir. Bu bulgu, modelde doğrusal olmayan bazı dinamiklerin veya ihmal edilmiş değişkenlerin bulunabileceğine işaret edebilir.

Jarque-Bera normallik testinin anlamlı olması ise artıkların normal dağılım varsayımını tam olarak sağlamadığını göstermektedir. Bununla birlikte seri korelasyonun bulunmaması ve eşbütünleşme ilişkisinin güçlü biçimde doğrulanması, model sonuçlarının genel olarak yorumlanabilir bir çerçeve sunduğunu göstermektedir.

Tablo 5.22. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Arpa)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>İstatistik</i>	<i>Değer</i>	<i>Sonuç</i>
F-istatistiği	22.160	Eşbütünleşme var
t-istatistiği	-9.976	Eşbütünleşme var
Panel B - Tanısal Testler		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Breusch-Godfrey LM (lag 1-4)	-	>0.10
Breusch-Pagan	3.990**	0.046
White	30.040*	0.069
Ramsey RESET	3.220**	0.031
Normallik (JB)	10.920***	0.004

Not: Sınır testi Pesaran vd. (2001) yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik varsayımlarını değerlendirmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, ekolojik ayak izi spesifikasyonundan elde edilen sonuçlar arpa üretimi ile bazı temel üretim ve çevresel faktörler arasında anlamlı ilişkiler bulunduğunu göstermektedir. Bulgular, üretim dinamiklerinin özellikle üç değişkenle yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Bunlardan ilki su koşullarını temsil eden yağış değişkenidir. Yağış katsayısının pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olması, hidrolojik koşulların arpa üretim performansı açısından önemli bir rol oynadığını göstermektedir. İkinci olarak çevresel baskıyı temsil eden ekolojik ayak izi değişkeninin pozitif ve anlamlı katsayısı, üretim artışlarının çevresel kaynak kullanımı ve ekolojik yük ile birlikte hareket edebildiğine işaret etmektedir. Üçüncü olarak makineleşme değişkeninin güçlü ve anlamlı katsayısı, teknolojik kapasitenin arpa üretiminde verim artışını destekleyen önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır.

Buna karşılık sıcaklık değişkeninin istatistiksel olarak anlamlı olmaması, arpa üretiminin sıcaklık değişimleriyle doğrudan ve güçlü bir uzun dönem ilişkisi göstermediğini düşündürmektedir.

5.3.5. NARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Arpa)

Bu alt bölümde arpa üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergesi olarak kişi başına ekolojik ayak izi ve teknolojik kapasite arasındaki ilişkinin doğrusal olmayan yapısı NARDL modeli aracılığıyla incelenmiştir. Pozitif ve negatif şokların üretim üzerindeki

etkilerini ayırtırmak amacıyla değişkenler ayrıık bileşenlerine bölünmüş, böylece üretim dinamiklerinin yön bağımlı tepki yapısı test edilmiştir. Modelin uzun dönem katsayıları ve asimetri testleri Tablo 5.23'te, eşbütünleşme ve model tanısal testleri ise Tablo 5.24'te raporlanmaktadır.

Uzun dönem etkiler incelendiğinde, ekolojik ayak izi değişkeninin pozitif ve negatif bileşenlerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir (Tablo 5.23, Panel A). Bu bulgu, çevresel baskıdaki değişimlerin arpa üretimi ile doğrudan ve güçlü bir uzun dönem ilişki sergilemediğini göstermektedir.

İklim değişkenleri açısından, sıcaklık şoklarının pozitif ve negatif bileşenlerinin uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Buna karşılık yağış değişkeni için uzun dönem asimetri testinin anlamlı olması, yağış artışları ve azalışlarının üretim üzerindeki etkilerinin yön bağımlı bir karakter taşıyabildiğini göstermektedir (Tablo 5.23, Panel B).

Teknolojik kapasiteyi temsil eden makineleşme değişkeni incelendiğinde, pozitif şokların uzun dönemde anlamlı ve üretimi artırıcı bir etki yarattığı görülmektedir. Negatif şok katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olmaması, teknolojik kapasitedeki azalışların üretim üzerinde aynı büyüklükte bir etki yaratmadığını göstermektedir. Bununla birlikte uzun dönem asimetri testinin anlamlı olmaması, teknolojik şokların uzun dönemde genel olarak simetrik bir etki yapısı sergilediğini düşündürmektedir.

Kısa dönem asimetri sonuçları incelendiğinde ise yalnızca makineleşme değişkeni için istatistiksel olarak anlamlı bir yön bağımlılığı tespit edilmektedir (Tablo 5.23, Panel C). Bu bulgu, teknolojik kapasitedeki kısa vadeli değişimlerin üretim üzerinde geçici fakat asimetric etkiler yaratabildiğini göstermektedir.

Tablo 5.23. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Arpa)

Panel A - Uzun Dönem Pozitif ve Negatif Etkiler		
<i>Değişken</i>	<i>Pozitif Etki</i>	<i>Negatif Etki</i>
<i>lnTEMP</i>	-0.364	0.736*
<i>lnPREC</i>	-0.190	-0.109
<i>lnFP</i>	0.340	-0.240
<i>lnMACH</i>	0.228***	1.261

Tablo 5.23. Tablonun Devamı

Panel B - Uzun Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-ist</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	1.744	0.197
<i>lnPREC</i>	9.532***	0.004
<i>lnFP</i>	0.144	0.707
<i>lnMACH</i>	1.973	0.170
Panel C - Kısa Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-ist</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	3.348*	0.077
<i>lnPREC</i>	0.597	0.446
<i>lnFP</i>	2.613	0.116
<i>lnMACH</i>	6.676**	0.015

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

NARDL modeline ilişkin eşbütünleşme testleri, arpa üretimi ile açıklayıcı değişkenler arasında güçlü bir uzun dönem ilişki bulunduğunu göstermektedir (Tablo 5.24, Panel A). tBDM ve F_{PSS} istatistiklerinin kritik değerleri belirgin biçimde aşması, değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettiğine ve modelde elde edilen katsayıların bir denge ilişkisi çerçevesinde yorumlanabileceğine işaret etmektedir.

Tanısal test sonuçları, modelde seri korelasyon sorunu bulunmadığını, ancak heteroskedastisite ve fonksiyonel forma ilişkin bazı spesifikasyon sorunlarının olabileceğini göstermektedir. Ayrıca Jarque-Bera testi, hata terimlerinin normal dağılım varsayımını tam olarak karşılamadığını ortaya koymaktadır. Buna rağmen, eşbütünleşme ilişkisinin güçlü biçimde doğrulanması model sonuçlarının genel olarak yorumlanabilir olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.24. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Arpa)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>Sonuç</i>
tBDM	-5.700	Eşbütünleşme Var
F _{PSS}	4.139	Eşbütünleşme Var
Panel B - Model Tanısal Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Portmanteau (χ^2)	22.970	0.635
Breusch-Pagan	4.985**	0.026
Ramsey RESET	12.310***	0.000
Jarque-Bera	11.000***	0.004

Not: Eşbütünleşme testleri Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik varsayımlarını değerlendirmektedir.

Genel olarak NARDL bulguları, arpa üretimi ile çevresel baskı göstergesi olan ekolojik ayak izi arasında istatistiksel olarak güçlü bir uzun dönem ilişki bulunmadığını göstermektedir. Buna karşılık üretim dinamiklerinin özellikle yağış koşulları ve teknolojik kapasite ile ilişkili olduğu görülmektedir.

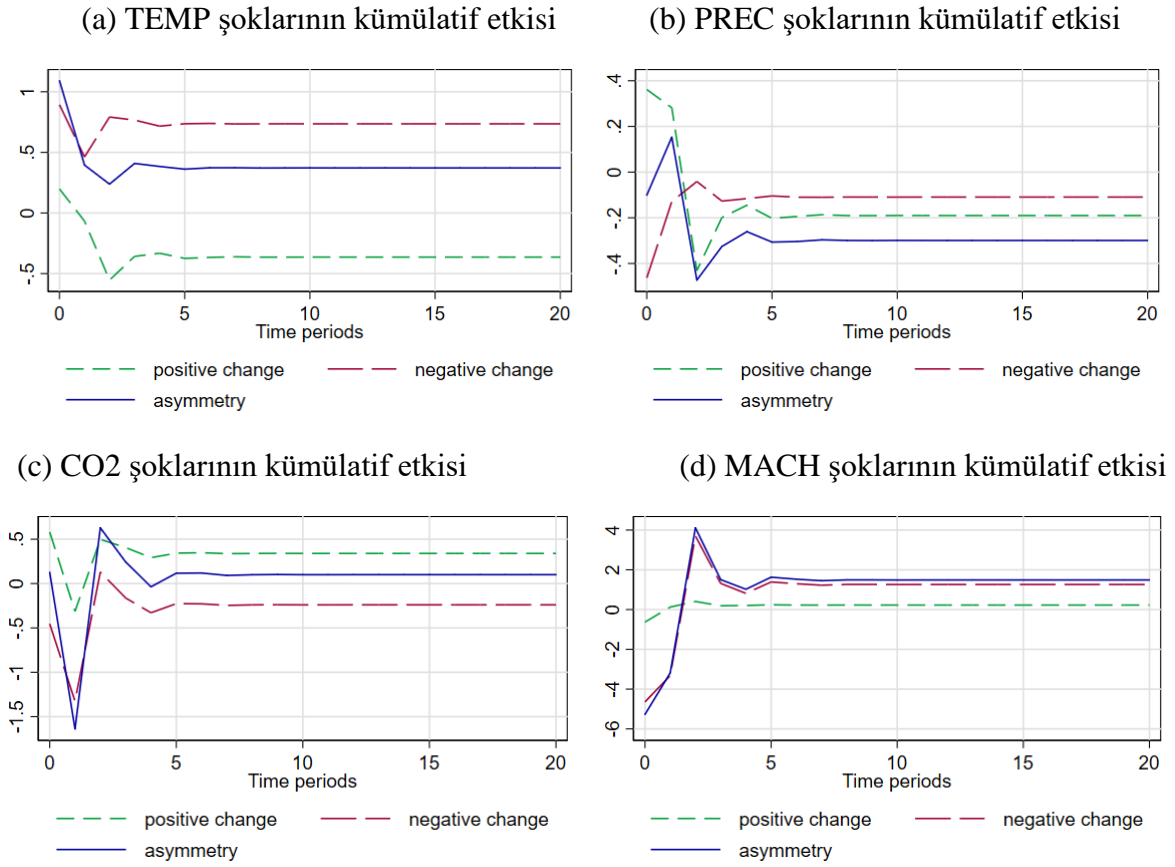
Yağış değişkeni için uzun dönem asimetri testinin anlamlı olması, yağış artışları ve azalışlarının üretim üzerinde farklı büyüklüklerde etkiler yaratabildiğini göstermektedir. Bu bulgu, su koşullarındaki değişimlerin arpa üretim sistemi açısından yön bağımlı bir uyum mekanizması yaratabileceğine işaret etmektedir.

Teknolojik kapasiteyi temsilen modele dahil edilen makineleşme değişkeninin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı katsayısı, üretim performansının teknolojik gelişmelerle güçlü biçimde bağlantılı olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, tarımsal üretim sürecinde kullanılan makine ve ekipman kapasitesindeki artışın verimlilik, üretim etkinliği ve çıktı düzeyi üzerinde destekleyici bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Başka bir ifadeyle, üretim yapısının daha yüksek düzeyde mekanizasyonla desteklenmesi, üretim sürecinin daha etkin işlenmesine ve çıktı performansının güçlenmesine katkı sunmaktadır. Ayrıca makineleşme değişkeni için elde edilen kısa dönem asimetri bulgularının istatistiksel olarak anlamlı olması, teknolojik şokların üretim üzerindeki etkisinin yönüne bağlı olarak farklılaştığını göstermektedir. Bu sonuç, makineleşmede meydana gelen artış ve azalışların kısa vadede üretim üzerinde aynı büyüklükte ve aynı nitelikte etkiler doğurmadığına işaret etmektedir. Dolayısıyla teknolojik kapasitedeki değişimlerin üretim üzerindeki kısa dönem etkileri simetrik bir yapı izlememekte, aksine, olumlu ve olumsuz teknolojik şoklar üretim dinamiklerini farklı yoğunluklarda etkileyebilmektedir.

5.3.6. Dinamik Çarpan Analizi (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Arpa)

Şekil 5.6'da yer alan kümülatif dinamik çarpanlar, arpa üretiminin iklim koşullarında, çevresel baskı göstergelerinde ve teknolojik kapasitede meydana gelen pozitif ve negatif yönlü şoklara zaman içerisinde nasıl tepki verdiğini ayrıntılı biçimde ortaya koymaktadır. Söz konusu grafikler, yalnızca şokların üretim üzerindeki etkisinin yönünü ve büyüklüğünü göstermekle kalmamakta, aynı zamanda bu etkilerin hangi hızla ortaya çıktığını ve zaman içinde nasıl bir uyum patikası izlediğini de görünür hale getirmektedir. Bu çerçevede paneller, arpa üretiminin ilgili değişkenlerdeki artış ve azalışlara karşı verdiği tepkilerin simetrik olup olmadığını değerlendirmeye imkan tanımakta ve dolayısıyla olası yön bağımlı etkilerin izlenmesini mümkün kılmaktadır. Ayrıca grafiklerde gözlenen uyum süreci, kısa dönem

tepkiler ile uzun dönem dengeye yakınsama dinamiklerinin birlikte değerlendirilmesine olanak sağlayarak, üretim davranışının zamana yayılan yapısını daha açık biçimde ortaya koymaktadır.



Şekil 5.6. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Arpa)

Not: Grafikler, Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayalı kümülatif dinamik çarpanları göstermektedir. Yeşil kesikli çizgi pozitif şokların, kırmızı kesikli çizgi negatif şokların, mavi çizgi ise iki etki arasındaki farkın zaman içindeki evrimini göstermektedir. Yatay eksen uyum dönemlerini, dikey eksen bağımlı değişkendeki kümülatif tepkiyi ifade etmektedir.

Sıcaklık şoklarına ilişkin dinamik tepkiler incelendiğinde, negatif sıcaklık şoklarının üretim üzerinde başlangıçta pozitif bir tepki yarattığı, buna karşılık pozitif sıcaklık şoklarının üretimi aşağı yönlü etkilediği görülmektedir. Bununla birlikte birkaç dönem sonrasında her iki etkinin de yatay bir patikaya yakınsadığı gözlenmektedir. Bu durum, sıcaklık şoklarının üretim üzerinde kalıcı bir sapma yaratmadığını ve etkilerin zaman içinde hızla dengelendiğini göstermektedir.

Yağış şoklarına verilen tepkiler daha belirgin bir yön bağımlılığı sergilemektedir. Pozitif yağış şoklarının üretim üzerinde kısa dönemde aşağı yönlü bir etki yarattığı, negatif şokların ise daha sınırlı bir tepki oluşturduğu görülmektedir. Bu yapı, yağış değişimlerinin

üretim üzerindeki etkilerinin yönüne bağlı olarak farklı büyüklüklerde ortaya çıkabildiğini göstermektedir.

Ekolojik ayak izi şoklarının dinamik etkileri incelendiğinde, kısa dönemde belirgin dalgalanmalar görülmesine rağmen birkaç dönem sonrasında hem pozitif hem negatif şokların sınırlı bir bant içinde dengelendiği görülmektedir. Bu durum, çevresel baskıdaki değişimlerin üretim üzerinde daha çok geçici uyum etkileri yarattığını göstermektedir.

Makineleşme şoklarına verilen tepki ise diğer değişkenlere kıyasla belirgin biçimde daha güçlüdür. Pozitif teknolojik şokların üretim üzerinde hızlı ve güçlü bir artış yarattığı, bu etkinin birkaç dönem sonrasında daha yüksek bir denge seviyesinde kalıcı hale geldiği görülmektedir. Negatif teknoloji şoklarının da üretim üzerinde önemli etkiler yaratması, teknolojik kapasitenin üretim dinamikleri açısından kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

Genel olarak dinamik çarpan bulguları, arpa üretim sisteminin teknolojik kapasite değişimlerine güçlü ve kalıcı tepkiler verdiğini, buna karşılık iklim ve çevresel şokların etkilerinin daha çok kısa dönemli uyum süreçleriyle sınırlı kaldığını göstermektedir.

5.3.7. CO₂ ve Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi (Arpa)

CO₂ ve ekolojik ayak izi spesifikasyonları birlikte değerlendirildiğinde, arpa üretiminin çevresel baskıya verdiği tepkinin kullanılan çevresel göstergeye duyarlı bir yapı sergilediği görülmektedir. CO₂ temelli modelde çevresel baskı değişkeninin uzun dönem katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olmaması, karbon emisyonlarının arpa üretimi ile güçlü bir uzun dönem ilişki sergilemediğini göstermektedir.

Buna karşılık ekolojik ayak izi spesifikasyonunda ARDL tahmin sonuçları, çevresel baskının daha geniş kapsamlı ölçüsünü temsil eden FP değişkeninin üretim ile pozitif ve anlamlı bir ilişki sergilediğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte NARDL modelinde bu ilişkinin istatistiksel olarak zayıf olması, çevresel baskının üretim üzerindeki etkisinin doğrusal ve doğrusal olmayan modeller arasında farklı biçimlerde ortaya çıkabildiğini göstermektedir. Bu fark, CO₂'nin daha dar bir çevresel baskı boyutunu temsil ederken ekolojik ayak izinin üretim süreçlerindeki enerji, arazi ve doğal kaynak kullanımını birlikte yakalayabilmesinden kaynaklanabilir.

Her iki modelde de makineleşme değişkeninin güçlü ve pozitif etkisi, teknolojik kapasitenin arpa üretim dinamiklerinin önemli belirleyicilerinden biri olduğunu tutarlı biçimde ortaya koymaktadır. İklim değişkenleri açısından ise sonuçlar daha sınırlı bir etki

yapısına işaret etmektedir. Sıcaklık değişkeninin her iki modelde de istatistiksel olarak zayıf sonuçlar üretmesi, arpa üretiminin sıcaklık değişimlerine karşı doğrudan bir duyarlılık göstermediğini düşündürmektedir. Buna karşılık yağış değişkeni için elde edilen asimetri bulguları, su koşullarındaki değişimlerin üretim üzerinde yön bağımlı etkiler yaratabildiğini göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, CO₂ modeli çevresel baskının arpa üretimi ile güçlü bir ilişki sergilemediğini gösterirken, ekolojik ayak izi modeli üretim ile doğal kaynak kullanımı arasındaki ilişkinin daha geniş bir çevresel gösterge kullanıldığında daha görünür hale geldiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, çevre–üretim ilişkisinin ölçüm yaklaşımına bağlı olarak farklı sonuçlar üretebileceğini göstermektedir.

5.4. Patates (PTO)

5.4.1. ARDL Bulguları (CO₂ Spesifikasyonu - Patates)

Bu alt bölümde patates üretimi ile iklim koşulları, çevresel baskı göstergesi olarak kişi başına CO₂ emisyonu ve teknolojik kapasite arasındaki uzun ve kısa dönem dinamik ilişkiler ARDL yaklaşımı çerçevesinde analiz edilmiştir. Model tahmin sonuçları Tablo 5.25'te, eşbütünleşme ve tanısalsal testler ise Tablo 5.26'da raporlanmaktadır.

Hata düzeltme teriminin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunması, patates üretimi ile açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisi bulunduğunu göstermektedir. Katsayının mutlak değerinin yaklaşık 0.52 olması, kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin yaklaşık %52'sinin bir sonraki dönemde giderildiğini ve sistemin orta hızda bir dengeye dönüş mekanizmasına sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Uzun dönem katsayıları incelendiğinde, sıcaklık değişkeninin patates üretimi üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu bulgu, ortalama sıcaklık seviyelerindeki artışların üretim düzeyi ile aynı yönlü bir ilişki sergileyebileceğini göstermektedir. Buna karşılık yağış değişkeninin uzun dönem katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olmaması, patates üretiminin uzun dönemde yağış değişimleriyle güçlü bir ilişki göstermediğini ortaya koymaktadır.

Çevresel baskı göstergesi olarak modele dahil edilen CO₂ emisyonlarının katsayısı pozitif ve yüksek düzeyde anlamlıdır. Bu sonuç, patates üretimi ile karbon emisyonları arasında güçlü bir eş hareket bulunduğunu göstermektedir.

Makineleşme değişkeninin uzun dönem katsayısı pozitif olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu bulgu, teknolojik kapasitenin patates üretimi üzerindeki uzun dönem etkisinin bu model çerçevesinde belirgin bir büyüklükte olmadığını göstermektedir.

Kısa dönem dinamikler incelendiğinde, sıcaklık değişiminin patates üretimi üzerinde negatif ve anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, kısa vadeli sıcaklık artışlarının üretim üzerinde geçici bir baskı oluşturabileceğine işaret etmektedir. Benzer şekilde makineleşmedeki kısa dönem artışların da üretimi geçici olarak azaltıcı bir etki yarattığı görülmektedir.

Tablo 5.25. ARDL-ECM Sonuçları (CO₂ Spesifikasyonu - Patates)

Panel A - Hata Düzeltme ve Uzun Dönem Katsayılar				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ECT(-1)</i>	-0.522***	0.115	-4.560	0.000
Uzun Dönem Katsayıları				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.538**	0.253	2.130	0.039
<i>lnPREC</i>	0.038	0.111	0.340	0.738
<i>lnCO₂</i>	0.425***	0.088	4.820	0.000
<i>lnMACH</i>	0.084	0.051	1.660	0.103
Panel B - Kısa Dönem Dinamikler				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ΔlnTEMP</i>	-0.203**	0.100	-2.040	0.047
<i>ΔlnMACH</i>	-0.526***	0.194	-2.710	0.009
<i>Sabit</i>	0.635	0.487	1.300	0.199

Not: Bağımlı değişken $\Delta \ln PTO$ 'dur. Katsayılar ARDL(1,1,0,0,1) modelinin ECM temsilinden elde edilmiştir.

Tablo 5.26'da sunulan eşbütünleşme test sonuçları, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Sınır testinde elde edilen F ve t istatistiklerinin kritik değerleri aşması, modelde yer alan değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettiğini teyit etmektedir.

Model tanısal testleri genel olarak uygun bir model spesifikasyonuna işaret etmektedir. Breusch-Godfrey LM testi seri korelasyon sorunu bulunmadığını göstermektedir. Benzer şekilde Breusch-Pagan ve White testleri heteroskedastisiteye ilişkin istatistiksel olarak anlamlı bir bulgu sunmamaktadır.

Jarque-Bera testi hata terimlerinin normal dağılım varsayımının reddedilemediğini göstermektedir. Bu sonuç model artıklarının dağılım özelliklerinin kabul edilebilir olduğunu ortaya koymaktadır.

Ramsey RESET testinin sınırdan anlamlı bir değer üretmesi, modelde potansiyel fonksiyonel form duyarlılıkları bulunabileceğine işaret etmektedir. Bununla birlikte diğer tanısal testlerin sonuçları modelin genel olarak tutarlı bir spesifikasyona sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.26. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO₂ Spesifikasyonu - Patates)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>İstatistik</i>	<i>Değer</i>	<i>Sonuç</i>
F-istatistiği	4.551	Eşbütünleşme var
t-istatistiği	-4.558	Eşbütünleşme var
Panel B - Tanısal Testler		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Breusch-Godfrey LM (lag 1-4)	-	>0.10
Breusch-Pagan	0.400	0.527
White	36.260	0.410
Ramsey RESET	2.480*	0.073
Normallik (JB)	0.460	0.794

Not: Sınır testi Pesaran vd. (2001) yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik varsayımlarını değerlendirmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, CO₂ temelli ARDL bulguları patates üretim dinamiklerinin hem iklim koşullarına hem de çevresel baskı göstergelerine duyarlı bir yapı sergilediğini ortaya koymaktadır. Uzun dönem katsayıları, patates üretiminin sıcaklık değişimleri ile aynı yönlü bir ilişki gösterdiğini ve üretim artışlarının karbon emisyonları ile birlikte hareket ettiğini göstermektedir. Buna karşılık yağış ve makineleşme değişkenlerinin uzun dönem katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olmaması, üretim düzeyinin bu faktörlere karşı daha sınırlı bir duyarlılık sergilediğine işaret etmektedir.

Kısa dönem dinamikler ise üretim sürecinin iklim ve teknolojik değişimlere karşı geçici uyum tepkileri verdiğini göstermektedir. Özellikle kısa vadeli sıcaklık artışlarının üretim üzerinde baskılayıcı bir etki yaratması, patates üretiminin ani iklim dalgalanmalarına duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır. Benzer şekilde makineleşme değişkenine ilişkin kısa dönem katsayılarının negatif olması, üretim sisteminde teknolojik değişimlerin kısa vadede geçici uyum süreçleri yaratabildiğini düşündürmektedir.

5.4.2. NARDL Bulguları - Patates (CO₂ Spesifikasyonu)

Bu alt bölümde patates üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergesi olarak kişi başına CO₂ emisyonu ve teknolojik kapasite arasındaki doğrusal olmayan ilişkiler NARDL yaklaşımı çerçevesinde analiz edilmiştir. Pozitif ve negatif şokların ayrı ayrı modele dahil edilmesi, üretim dinamiklerinin olası asimetrik uyum mekanizmalarını ortaya koymayı

amaçlamaktadır. Uzun dönem etkiler ve asimetri testleri Tablo 5.27’de, eşbütünleşme ve model tanısıl testleri ise Tablo 5.28’de raporlanmaktadır.

Uzun dönem katsayıları incelendiğinde, sıcaklık değişkeninin pozitif ve negatif şok katsayılarının işaret olarak farklılaştığı görülmekle birlikte bu katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı anlaşılmaktadır. Bu bulgu, sıcaklık şoklarının patates üretimi üzerinde kalıcı ve sistematik bir doğrusal olmayan etki oluşturmadığını göstermektedir. Benzer şekilde yağış değişkenine ait pozitif ve negatif şok katsayılarının da istatistiksel olarak anlamlı olmaması, su koşullarındaki dalgalanmaların uzun dönemde üretim üzerinde yön bağımlı bir etki üretmediğine işaret etmektedir.

Çevresel baskı göstergesi olarak modele dahil edilen CO₂ emisyonu değişkeninin pozitif ve negatif şok katsayıları da istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu sonuç, patates üretimi ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkinin doğrusal olmayan bir yapı sergilemediğini ve pozitif ile negatif şokların üretim üzerinde farklı büyüklükte etkiler yaratmadığını göstermektedir.

Teknolojik kapasiteyi temsil eden makineleşme değişkeninin katsayıları işaret açısından farklılaşmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu durum, teknolojik kapasitedeki değişimlerin patates üretimi üzerinde doğrusal olmayan bir uzun dönem etkisi olduğuna dair güçlü bir kanıt sunmamaktadır.

Uzun dönem asimetri Wald testleri, tüm değişkenler için pozitif ve negatif şok katsayılarının istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığını göstermektedir (Tablo 5.27, Panel B). Bu sonuç, patates üretim sisteminin uzun dönemde büyük ölçüde simetrik bir uyum mekanizması sergilediğine işaret etmektedir.

Kısa dönem asimetri testlerinden elde edilen bulgular da benzer şekilde, incelenen tüm değişkenler açısından istatistiksel olarak anlamlı bir yön bağımlı etkinin bulunmadığını göstermektedir (Tablo 5.27, Panel C). Bu sonuç, patates üretiminin kısa vadede pozitif ve negatif şoklara verdiği tepkilerin belirgin biçimde farklılaşmadığına işaret etmektedir. Başka bir ifadeyle, ilgili açıklayıcı değişkenlerde meydana gelen artış ve azalışlar, kısa dönemde üretim üzerinde birbirinden anlamlı ölçüde ayrışan etkiler yaratmamaktadır. Bu durum, kısa dönem üretim dinamiklerinin büyük ölçüde simetrik bir yapı sergilediğini ve üretim sürecinin kısa vadeli dalgalanmalara karşı yön bakımından dengeli bir tepki verdiğini düşündürmektedir. Dolayısıyla kısa dönemde gözlenen uyum mekanizmasının, şokların

niteliğinden çok bunların genel etkisine bağlı olarak şekillendiği, pozitif ve negatif değişimlerin ise üretim üzerinde benzer büyüklükte sonuçlar doğurduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 5.27. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (CO₂ Spesifikasyonu - Patates)

Panel A - Uzun Dönem Pozitif ve Negatif Etkiler		
<i>Değişken</i>	<i>Pozitif Etki</i>	<i>Negatif Etki</i>
<i>lnTEMP</i>	2.294	-3.037
<i>lnPREC</i>	-0.610	1.125
<i>lnCO₂</i>	0.135	-0.830
<i>lnMACH</i>	0.175	-1.171
Panel B - Uzun Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-istat</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.953	0.341
<i>lnPREC</i>	0.819	0.376
<i>lnCO₂</i>	0.062	0.805
<i>lnMACH</i>	0.094	0.763
Panel C - Kısa Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-istat</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.947	0.342
<i>lnPREC</i>	0.082	0.777
<i>lnCO₂</i>	1.156	0.295
<i>lnMACH</i>	0.252	0.621

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Shin vd. (2014) yaklaşımına dayalı eşbütünleşme testleri, NARDL modeli çerçevesinde değişkenler arasında doğrusal olmayan uzun dönemli bir denge ilişkisine dair istatistiksel olarak güçlü bir kanıt sunmamaktadır (Tablo 5.28, Panel A). Bu sonuç, pozitif ve negatif bileşenlere ayrıştırılmış değişkenler kullanıldığında patates üretimi ile açıklayıcı değişkenler arasında doğrusal olmayan bir eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilemediğini göstermektedir.

Modelin tanısal test sonuçları ise tahminlerin istatistiksel açıdan kabul edilebilir bir performans sergilediğini ortaya koymaktadır. Portmanteau testi seri korelasyon sorununun bulunmadığını, Breusch-Pagan testi değişen varyans problemine dair anlamlı bir bulgu olmadığını göstermektedir. Ramsey RESET testinin anlamlı olmaması modelin fonksiyonel formunun uygun kurulduğunu işaret etmektedir. Ayrıca Jarque-Bera testinin sonucu hata terimlerinin normal dağılım varsayımıyla uyumlu olduğunu göstermektedir (Tablo 5.28, Panel B).

Tablo 5.28. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO₂ Spesifikasyonu - Patates)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>Sonuç</i>
t _{BDM}	-0.821	Eşbütünleşme yok
F _{PSS}	1.038	Eşbütünleşme yok

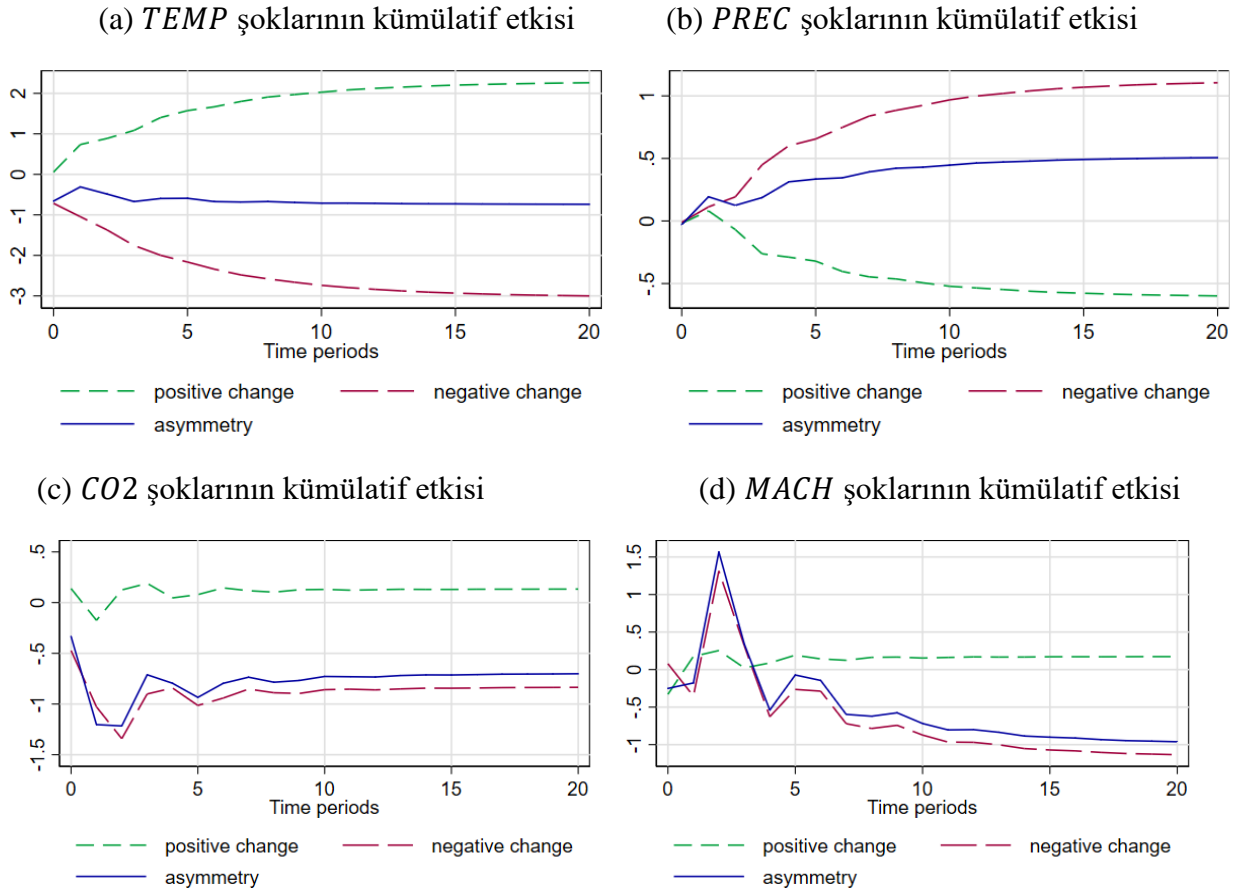
Panel B - Model Tanısal Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Portmanteau (χ^2)	29.920	0.271
Breusch-Pagan	0.634	0.426
Ramsey RESET	1.171	0.350
Jarque-Bera	1.547	0.461

Not: Eşbütünleşme testleri Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik varsayımlarını değerlendirmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, CO₂ spesifikasyonuna dayalı NARDL bulguları patates üretiminin ele alınan iklimsel ve çevresel değişkenlere karşı belirgin bir doğrusal olmayan uzun dönem duyarlılık sergilemediğini göstermektedir. Pozitif ve negatif şoklara ilişkin katsayıların istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklılaşmaması, üretim sisteminin hem kısa hem de uzun dönemde büyük ölçüde simetrik bir uyum mekanizması sergilediğine işaret etmektedir. Bu bulgu, patates üretim dinamiklerinin doğrusal olmayan şok ayrışmalarından ziyade daha çok doğrusal etkiler çerçevesinde şekillendiğini düşündürmektedir. Diğer ürünlere ilişkin bulgularla birlikte değerlendirildiğinde, bu sonuç patates üretiminin iklim ve çevresel baskılara karşı nispeten daha esnek bir üretim yapısına sahip olabileceğine işaret etmektedir.

5.4.3. Dinamik Çarpan Analizi (CO₂ Spesifikasyonu - Patates)

Şekil 5.7, patates üretiminin sıcaklık, yağış, CO₂ emisyonu ve makineleşme değişkenlerinde meydana gelen pozitif ve negatif yönlü şoklara verdiği kümülatif tepkileri ayrıntılı biçimde ortaya koymaktadır. Grafiklerde sunulan dinamik çarpan eğrileri, ilgili değişkenlerdeki artış ve azalışların üretim üzerindeki etkisinin yalnızca yönünü değil, aynı zamanda bu etkinin zaman içerisinde nasıl birikimli hale geldiğini de göstermektedir. Bu çerçevede şekil, patates üretim sisteminin söz konusu şoklara karşı verdiği uyum sürecinin hangi doğrultuda geliştiğini ve uzun dönem dengeye nasıl yaklaştığını izleme imkanı sunmaktadır. Ayrıca pozitif ve negatif şoklara ait eğrilerin karşılaştırılması, üretim tepkilerinin simetrik mi yoksa asimetrik mi bir yapı izlediğinin değerlendirilmesine de olanak sağlamaktadır. Dolayısıyla Şekil 5.7, hem kısa dönem uyum dinamiklerini hem de zaman içinde belirginleşen kümülatif etkileri birlikte gözlemlemeye imkan veren önemli bir görsel değerlendirme aracı niteliğindedir.



Şekil 5.7. NARDL Dinamik Çarpan Sonuçları - Patates (CO₂ Spesifikasyonu)

Not: Grafikler, Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayalı kümülatif dinamik çarpanları göstermektedir. Yeşil kesikli çizgi pozitif şokların, kırmızı kesikli çizgi negatif şokların, mavi çizgi ise iki etki arasındaki farkın zaman içindeki evrimini göstermektedir. Yatay eksen uyum dönemlerini, dikey eksen bağımlı değişkendeki kümülatif tepkiyi ifade etmektedir.

Sıcaklık şoklarına verilen tepkiler incelendiğinde, pozitif sıcaklık şoklarının üretim üzerinde kademeli olarak artan bir etki yarattığı, negatif sıcaklık şoklarının ise üretimi aşağı yönlü etkilediği görülmektedir. Eğriler arasında belirli bir ayrışma gözlenmekle birlikte bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ve zamanla durağan bir seviyede dengelendiği anlaşılmaktadır. Bu durum, sıcaklık şoklarının üretim üzerinde yön farklılığı yaratabilse de bu etkinin kalıcı ve güçlü bir doğrusal olmayan yapı oluşturmadığını göstermektedir.

Yağış değişkenine ilişkin dinamik tepkiler, pozitif yağış şoklarının üretim üzerinde başlangıçta sınırlı fakat negatif yönlü bir etki yarattığını, negatif yağış şoklarının ise üretimde pozitif bir tepki oluşturduğunu göstermektedir. Bununla birlikte eğrilerin zaman içinde sabit bir seviyede dengelenmesi, yağış koşullarındaki dalgalanmaların üretim üzerinde güçlü ve kalıcı bir ayrışma yaratmadığını göstermektedir.

CO₂ emisyonu şoklarına verilen tepkiler incelendiğinde, negatif şokların üretim üzerinde daha belirgin bir azalış etkisi yarattığı, pozitif şokların ise sınırlı bir artışla

sonuçlandırığı görülmektedir. Ancak tepkilerin birkaç dönem içinde stabil bir seviyeye ulaşması, çevresel baskı şoklarının üretim sistemi tarafından zaman içinde absorbe edildiğini göstermektedir.

Makineleşme değişkenine verilen tepkiler ise diğer değişkenlere kıyasla daha dalgalı bir uyum sürecine işaret etmektedir. İlk dönemlerde belirgin bir sıçrama görülmekle birlikte, takip eden dönemlerde etkilerin zayıfladığı ve kümülatif etkinin negatif bir seviyede dengelendiği gözlenmektedir. Bu durum, teknolojik kapasite şoklarının kısa vadede üretim üzerinde belirgin bir etki yaratabildiğini, ancak uzun dönemde bu etkinin daha sınırlı bir seviyeye yakınsadığını göstermektedir.

Genel olarak dinamik çarpan grafikleri, patates üretim sisteminin incelenen değişkenlere verdiği tepkilerin zaman içinde istikrara kavuştuğunu ve güçlü bir doğrusal olmayan ayrışma üretmediğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, NARDL modelinde elde edilen simetrik uyum ve zayıf asimetrik etkilerle uyumlu bir dinamik yapı sergilendiğini göstermektedir.

5.4.4. ARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Patates)

Bu alt bölümde patates üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergesi olarak kişi başına ekolojik ayak izi ve teknolojik kapasite arasındaki uzun ve kısa dönem dinamik ilişkiler ARDL sınır testi yaklaşımı çerçevesinde incelenmiştir. ARDL-ECM tahmin sonuçları Tablo 5.29’da, eşbütünleşme ve model tanısal testleri ise Tablo 5.30’da raporlanmaktadır.

Hata düzeltme teriminin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunması, değişkenler arasında uzun dönem denge ilişkisine yönelik bir düzeltme mekanizmasının çalıştığını göstermektedir. Katsayının mutlak değerinin 0 ile 1 arasında olması, kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin yaklaşık üçte birinin bir sonraki dönemde giderildiğine işaret etmekte ve üretim sisteminin uzun dönem dengeye kademeli biçimde yakınsadığını ortaya koymaktadır.

Uzun dönem katsayıları incelendiğinde, ekolojik ayak izi değişkeninin pozitif ve yüksek düzeyde anlamlı bir katsayıya sahip olduğu görülmektedir. Bu bulgu, patates üretimi ile çevresel baskıyı temsil eden ekolojik ayak izi arasında güçlü bir eş hareket bulunduğunu göstermektedir. Benzer şekilde makineleşme değişkeninin uzun dönemde pozitif ve anlamlı olması, teknolojik kapasite artışlarının üretim düzeyini destekleyen önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır.

Buna karşılık sıcaklık ve yağış değişkenlerinin uzun dönem katsayıları istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu sonuç, patates üretiminin uzun dönem performansının doğrudan iklim değişkenlerinden ziyade üretim yapısına ve teknolojik faktörlere daha duyarlı olduğunu göstermektedir.

Kısa dönem dinamikler incelendiğinde, makineleşme değişkeninin kısa dönem etkisinin negatif ve anlamlı olduğu görülmektedir. Bu durum, teknolojik kapasitedeki değişimlerin kısa vadede üretim sürecinde geçici uyum etkileri yaratabileceğine işaret etmektedir.

Tablo 5.29. ARDL-ECM Sonuçları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Patates)

Panel A - Hata Düzeltme ve Uzun Dönem Katsayılar				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ECT(-1)</i>	-0.373***	0.089	-4.210	0.000
Uzun Dönem Katsayıları				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.079	0.280	0.280	0.779
<i>lnPREC</i>	-0.044	0.161	-0.270	0.787
<i>lnFP</i>	0.829***	0.197	4.200	0.000
<i>lnMACH</i>	0.155***	0.048	3.210	0.002
Panel B - Kısa Dönem Dinamikler				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ΔlnMACH</i>	-0.467**	0.195	-2.400	0.020
<i>Sabit</i>	0.950*	0.485	1.960	0.056

Not: Bağımlı değişken $\Delta \ln PTO$ 'dur. Katsayılar ARDL(1,0,0,0,1) modelinin ECM temsilinden elde edilmiştir.

Eşbütünleşme testi sonuçları, modelde uzun dönem ilişkiye dair sınırlı fakat dikkate değer bir kanıt bulunduğunu göstermektedir. Sınır testinde elde edilen F istatistiğinin kritik değerlerin sınır bölgesinde yer alması, eşbütünleşme ilişkisinin zayıf bir sinyal verdiği işaret etmektedir. Buna karşılık t istatistiğinin eşbütünleşme lehine sonuç üretmesi, değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin tamamen göz ardı edilemeyeceğini göstermektedir (Tablo 5.30).

Model tanısal test sonuçları genel olarak tahminlerin istatistiksel açıdan kabul edilebilir bir performans sergilediğini ortaya koymaktadır. Breusch-Godfrey testi seri korelasyon sorununun bulunmadığını göstermektedir. Breusch-Pagan ve White testleri heteroskedastisiteye ilişkin anlamlı bir bulgu sunmamaktadır. Ramsey RESET testinin anlamsız olması modelin fonksiyonel formunun uygun kurulduğuna işaret etmektedir. Jarque-Bera normallik testinin sınırda bir sonuç üretmesi ise hata terimlerinin normal dağılıma büyük ölçüde yakın olduğunu, ancak sonuçların yorumlanmasında ihtiyatlı olunması gerektiğini göstermektedir.

Tablo 5.30. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Patates)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>İstatistik</i>	<i>Değer</i>	<i>Sonuç</i>
F-istatistiği	3.697	Eşbütünleşme zayıf/ sınırlı
t-istatistiği	-4.214	Eşbütünleşme lehine
Panel B - Tanısal Testler		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Breusch-Godfrey LM (lag 1-4)	-	>0.10
Breusch-Pagan	0.020	0.883
White	20.440	0.812
Ramsey RESET	1.450	0.240
Normallik (JB)	5.170*	0.075

Not: Sınır testi Pesaran vd. (2001) yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normal dağılım varsayımlarını değerlendirmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, ekolojik ayak izi temelli ARDL sonuçları patates üretiminin uzun dönem dinamiklerinde çevresel baskı ve teknolojik kapasitenin önemli rol oynadığını göstermektedir. Ekolojik ayak izi değişkeninin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı katsayısı, patates üretimi ile çevresel baskıyı temsil eden kaynak kullanım yoğunluğu arasında güçlü bir eş hareket bulunduğuna işaret etmektedir. Benzer şekilde makineleşme değişkeninin pozitif ve anlamlı olması, teknolojik kapasite artışlarının üretim performansını destekleyen önemli bir faktör olduğunu göstermektedir. Buna karşılık sıcaklık ve yağış değişkenlerinin uzun dönem katsayılarının anlamlı olmaması, patates üretim dinamiklerinin uzun dönemde doğrudan iklim değişkenlerinden ziyade üretim yapısı ve teknolojik faktörlere daha duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır.

5.4.5. NARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Patates)

Bu alt bölümde patates üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergesi olarak kişi başına ekolojik ayak izi ve teknolojik kapasite arasındaki doğrusal olmayan ilişkiler NARDL yaklaşımı kullanılarak analiz edilmiştir. Pozitif ve negatif şokların ayrı ayrı modele dahil edilmesi, üretim dinamiklerinin yön bağımlı tepki yapısını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Uzun dönem toplam etkiler ve asimetri testleri Tablo 5.31’de, eşbütünleşme ve model tanısal testleri ise Tablo 5.32’de sunulmaktadır.

Uzun dönem katsayıları incelendiğinde, sıcaklık, yağış, ekolojik ayak izi ve makineleşme değişkenlerinin pozitif ve negatif şok katsayılarının işaret açısından farklılaştığı görülmektedir (Tablo 5.31, Panel A). Bununla birlikte bu farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını değerlendirmek için Wald asimetri testlerinin sonuçları dikkate alınmaktadır.

Uzun dönem asimetri Wald testleri yalnızca yağış değişkeni için istatistiksel olarak anlamlı bir asimetriye işaret etmektedir (Tablo 5.31, Panel B). Bu bulgu, yağış şoklarının üretim üzerindeki etkisinin yönüne bağlı olarak farklılaştığını göstermektedir. Dolayısıyla patates üretim sisteminin su koşullarındaki artış ve azalışlara karşı doğrusal olmayan bir uyum mekanizması sergilediği anlaşılmaktadır. Buna karşılık sıcaklık, ekolojik ayak izi ve makineleşme değişkenleri için uzun dönem asimetri hipotezi reddedilememektedir.

Kısa dönem asimetri testleri ise yalnızca ekolojik ayak izi değişkeni için istatistiksel olarak anlamlı sonuç vermektedir (Tablo 5.31, Panel C). Bu sonuç, çevresel baskı şoklarının kısa vadede üretim dinamiklerini yön bağımlı şekilde etkileyebildiğini göstermektedir. Diğer değişkenlerin kısa dönem etkileri ise büyük ölçüde simetrik bir yapı sergilemektedir.

Tablo 5.31. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Patates)

Panel A - Uzun Dönem Pozitif ve Negatif Etkiler		
<i>Değişken</i>	<i>Pozitif Etki</i>	<i>Negatif Etki</i>
<i>lnTEMP</i>	1.348	-1.307
<i>lnPREC</i>	-0.919	1.555
<i>lnFP</i>	0.019	-0.743
<i>lnMACH</i>	-0.034	-5.090
Panel B - Uzun Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-istat</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.003	0.953
<i>lnPREC</i>	7.665**	0.012
<i>lnFP</i>	0.530	0.475
<i>lnMACH</i>	2.621	0.121
Panel C - Kısa Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-istat</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.001	0.995
<i>lnPREC</i>	0.452	0.509
<i>lnFP</i>	6.646**	0.018
<i>lnMACH</i>	2.721	0.115

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Eşbütünleşme testleri, modelde yer alan değişkenler arasında doğrusal olmayan bir uzun dönem denge ilişkisine dair güçlü bir kanıt bulunmadığını göstermektedir (Tablo 5.32, Panel A). t_{BDM} ve F_{PSS} istatistiklerinin kritik sınır değerleri aşmaması, patates üretimi ile açıklayıcı değişkenler arasında NARDL çerçevesinde kalıcı bir eşbütünleşme ilişkisinin zayıf veya yok denecek düzeyde olduğunu göstermektedir.

Model tanısal testleri ise tahminlerin istatistiksel açıdan genel olarak kabul edilebilir bir performans sergilediğini ortaya koymaktadır (Tablo 5.32, Panel B). Portmanteau testi seri

korelasyon sorunu bulunmadığını göstermektedir. Breusch-Pagan testinin sınırda bir sonuç üretmesine rağmen heteroskedastisiteye ilişkin güçlü bir kanıt bulunmamaktadır. Ramsey RESET testinin anlamsız olması modelin fonksiyonel formunun uygun kurulduğunu göstermektedir. Jarque-Bera testinin sonucu ise hata terimlerinin normal dağılım varsayımıyla uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 5.32. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Patates)

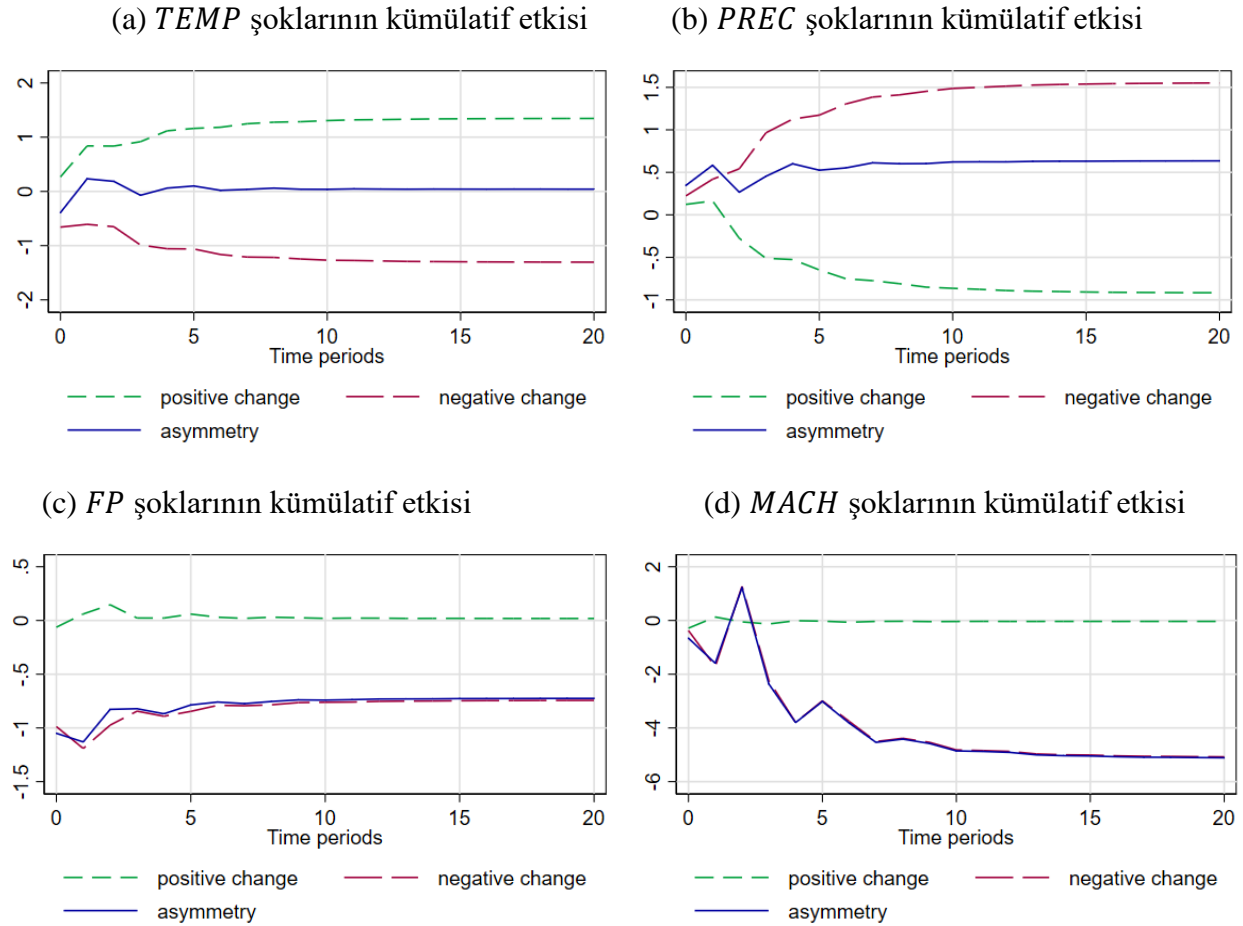
Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>Sonuç</i>
t _{BDM}	-1.741	Eşbütünleşme yok / zayıf
F _{PSS}	2.448	Eşbütünleşme yok
Panel B - Model Tanısal Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Portmanteau (χ^2)	34.61	0.120
Breusch-Pagan	3.590*	0.058
Ramsey RESET	0.974	0.428
Jarque-Bera	0.064	0.969

Not: Eşbütünleşme testleri Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik varsayımlarını değerlendirmektedir.

Genel olarak bulgular, patates üretiminin çevresel baskı ve iklim değişkenlerine verdiği tepkilerin sınırlı düzeyde doğrusal olmayan özellikler taşıdığını göstermektedir. Uzun dönem asimetri testlerinin yalnızca yağış değişkeni için anlamlı olması, üretim sisteminin özellikle su koşullarındaki değişimlere karşı yön bağımlı bir uyum mekanizması geliştirebildiğine işaret etmektedir. Buna karşılık kısa dönem asimetrinin yalnızca ekolojik ayak izi değişkeninde gözlenmesi, çevresel baskı şoklarının üretim dinamiklerini kısa vadede yön bağımlı biçimde etkileyebildiğini göstermektedir. NARDL çerçevesinde uzun dönem eşbütünleşmenin zayıf olması ise patates üretim dinamiklerinin kalıcı bir doğrusal olmayan denge ilişkisinden ziyade daha çok kısa dönem uyum süreçleri tarafından şekillendiğini düşündürmektedir.

5.4.6. Dinamik Çarpan Analizi (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Patates)

Şekil 5.8’de sunulan kümülatif dinamik tepkiler, NARDL modelinden elde edilen pozitif ve negatif şokların zaman içinde patates üretimi üzerindeki uyum sürecini göstermektedir. Grafikler, üretim sisteminin farklı şoklara verdiği tepkilerin zaman içindeki evrimini ortaya koymaktadır.



Şekil 5.8. NARDL Dinamik Çarpan Sonuçları - Patates (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu)

Not: Grafikler, Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayalı kümülatif dinamik çarpanları göstermektedir. Yeşil kesikli çizgi pozitif şokların, kırmızı kesikli çizgi negatif şokların, mavi çizgi ise iki etki arasındaki farkın zaman içindeki evrimini göstermektedir. Yatay eksen uyum dönemlerini, dikey eksen bağımlı değişimdeki kümülatif tepkiyi ifade etmektedir.

Sıcaklık değişkenine ait kümülatif etkiler incelendiğinde, pozitif sıcaklık şoklarının üretim üzerinde zamanla artan bir etki yarattığı, negatif şokların ise üretimi aşağı yönlü etkilediği görülmektedir. Bununla birlikte asimetri eğrisinin kısa süre içinde sıfıra yakın bir seviyede dengelenmesi, sıcaklık şoklarının etkisinin zaman içinde büyük ölçüde dengelendiğini göstermektedir. Bu görünüm, NARDL asimetri testlerinde sıcaklık değişkeni için istatistiksel olarak anlamlı bir yön bağımlılığı bulunmamasıyla uyumludur.

Yağış değişkeninde ise daha belirgin bir ayrışma gözlenmektedir. Negatif yağış şoklarının üretim üzerinde pozitif bir etki yarattığı, pozitif yağış şoklarının ise üretimi aşağı yönlü etkilediği görülmektedir. Bu ayrışmanın zaman içinde kalıcı bir yapıya ulaşması, yağış değişkeni için elde edilen uzun dönem asimetri bulgusuyla uyumludur.

Ekolojik ayak izi değişkenine ait dinamik tepkiler incelendiğinde, pozitif şokların üretim üzerinde oldukça sınırlı bir etki yarattığı, negatif şokların ise başlangıçta daha belirgin

bir düşüş oluşturduğu görülmektedir. Ancak zaman ilerledikçe tepkilerin durağan bir seviyede dengelenmesi, çevresel baskı şoklarının uzun dönemde güçlü bir ayrışma üretmediğini göstermektedir. Bu durum, kısa dönem asimetri bulgularının varlığına karşın uzun dönem asimetri bulunmamasıyla uyumludur.

Makineleşme değişkeninde ise başlangıç dönemlerinde dalgalı bir uyum süreci gözlenmektedir. Negatif şokların üretim üzerinde daha güçlü bir düşüş etkisi yarattığı görülmekle birlikte, asimetri eğrisinin zaman içinde stabil bir seviyede dengelenmesi, teknolojik kapasite şoklarının istatistiksel olarak güçlü bir yön bağımlılığı üretmediğini göstermektedir.

Genel olarak kümülatif dinamik tepkiler, patates üretim sisteminin şoklara verdiği tepkilerin zaman içinde istikrara kavuştuğunu göstermektedir. Özellikle yağış değişkeninde gözlenen uzun dönem asimetri ve ekolojik ayak izi değişkeninde ortaya çıkan kısa dönem asimetri, üretim sisteminin farklı çevresel şoklara farklı zaman ufuklarında tepki verebildiğini ortaya koymaktadır.

5.4.7. CO₂ ve Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi (Patates)

Patates üretimi için tahmin edilen CO₂ ve ekolojik ayak izi spesifikasyonları birlikte değerlendirildiğinde, çevresel baskının üretim üzerindeki etkisinin kullanılan göstergeye duyarlı olduğu görülmektedir. Her iki model de kısa dönem dinamikleri ve tanısız test sonuçları açısından genel olarak tutarlı bir ekonometrik yapı sunmakla birlikte, uzun dönem ilişkiler ve doğrusal olmayan uyum mekanizmaları bakımından bazı farklılıklar ortaya çıkmaktadır.

Öncelikle eşbütünleşme sonuçları karşılaştırıldığında, CO₂ spesifikasyonunda elde edilen NARDL eşbütünleşme testlerinin uzun dönem ilişkiyi desteklemediği, buna karşılık ekolojik ayak izi spesifikasyonunda ARDL yaklaşımında uzun dönem denge ilişkisinin varlığına ilişkin daha güçlü bulgular elde edildiği görülmektedir. Bu durum, patates üretiminin karbon emisyonlarından ziyade doğal kaynak kullanımı ve çevresel baskının daha geniş boyutlarını içeren göstergelere karşı daha duyarlı olabileceğine işaret etmektedir.

Uzun dönem katsayılar açısından değerlendirildiğinde, CO₂ değişkeninin lineer ARDL modelinde patates üretimi ile pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki sergilediği görülmektedir. Buna karşılık NARDL çerçevesinde pozitif ve negatif CO₂ şoklarının anlamlı olmaması, karbon emisyonlarının üretim üzerindeki etkisinin doğrusal modele özgü bir

ilişkiyi yansıtır olabileceğini düşündürmektedir. Ekolojik ayak izi değişkeni ise ARDL modelinde üretim ile güçlü ve anlamlı bir ilişki ortaya koymakta, ancak doğrusal olmayan spesifikasyonda bu ilişkinin istatistiksel gücünün sınırlı kaldığı görülmektedir. Bu bulgu, çevresel baskının üretim üzerindeki etkisinin model spesifikasyonuna duyarlı olabileceğini göstermektedir.

Asimetri sonuçları incelendiğinde, CO₂ spesifikasyonunda hem kısa hem uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı bir yön bağımlılığı bulunmadığı görülmektedir. Buna karşılık ekolojik ayak izi modelinde yağış değişkeni için uzun dönem, ekolojik ayak izi değişkeni için ise kısa dönem asimetric uyum mekanizmalarına ilişkin bulgular elde edilmektedir. Bu sonuç, patates üretim sisteminin özellikle çevresel baskı ve su koşullarındaki değişimlere farklı zaman ufuklarında farklı tepkiler verebildiğini göstermektedir.

Makineleşme ve iklim değişkenlerinin rolü her iki modelde de genel olarak benzer bir çerçevede sunulmaktadır. ARDL sonuçları makineleşmenin uzun dönemde üretimi destekleyen bir faktör olduğunu gösterirken, kısa dönemde teknolojik yatırımların uyum maliyetleri nedeniyle geçici üretim dalgalanmaları yaratabildiği görülmektedir. Bununla birlikte doğrusal olmayan model sonuçları makineleşme değişkeni için güçlü bir asimetric uyum mekanizması ortaya koymamaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, patates üretimi için elde edilen bulgular çevresel baskının yalnızca karbon emisyonları gibi dar kapsamlı göstergelerle değil, doğal kaynak kullanımı ve sürdürülebilirlik boyutlarını içeren daha geniş çevresel göstergeler aracılığıyla analiz edilmesinin üretim dinamiklerini daha kapsamlı biçimde açıklayabildiğini göstermektedir. Bu sonuç, tarımsal üretim ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinde bütüncül çevresel göstergelerin kullanılmasının önemine işaret etmektedir.

5.5. Pamuk (CTN)

5.5.1. ARDL Bulguları - Pamuk (CO₂ Spesifikasyonu)

Pamuk üretimi ile iklim koşulları, çevresel baskı göstergesi olarak CO₂ emisyonları ve teknolojik kapasite arasındaki uzun dönem ilişkiler ve kısa dönem uyum dinamikleri ARDL sınır testi yaklaşımı çerçevesinde analiz edilmiştir. ARDL-ECM tahmin sonuçları Tablo 5.33'te, eşbütünleşme ve model tanısına ilişkin bulgular ise Tablo 5.34'te sunulmaktadır.

Hata düzeltme teriminin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunması, pamuk üretimi ile açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin varlığını

doğrulamaktadır. Hata düzeltme katsayısının yaklaşık -0.39 olması, kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin yaklaşık %39'unun bir sonraki dönemde giderildiğini ve sistemin orta hızda bir dengeye dönüş mekanizmasına sahip olduğunu göstermektedir.

Uzun dönem katsayıları incelendiğinde, CO₂ değişkeninin pamuk üretimi üzerinde pozitif ve yüksek derecede anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu bulgu, pamuk üretimindeki artışların karbon emisyonlarıyla birlikte hareket ettiğini ve üretim genişlemesinin çevresel baskı ile eş zamanlı gerçekleştiğini göstermektedir. Sıcaklık değişkeni pozitif işaretli olmakla birlikte yalnızca zayıf anlamlılık düzeyinde kalmakta, yağış değişkeni ise uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermemektedir. Makineleşme değişkeninin katsayısı negatif işaretli olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı değildir ve dolayısıyla pamuk üretimi üzerinde teknolojik kapasitenin uzun dönemli doğrusal bir etkisine dair güçlü bir kanıt elde edilmemektedir.

Kısa dönem dinamikleri incelendiğinde, CO₂ değişkenindeki artışların pamuk üretimini kısa vadede de pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı biçimde etkilediği görülmektedir. Bu sonuç, üretim ölçeğinin genişlediği dönemlerde çevresel baskının da arttığını ve iki değişken arasında eş yönlü bir hareket bulunduğunu göstermektedir. Diğer değişkenlerin kısa dönem katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olmaması, pamuk üretimindeki kısa dönem dalgalanmaların esas olarak çevresel baskı göstergesi ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.33. ARDL-ECM Sonuçları (CO₂ Spesifikasyonu - Pamuk)

Panel A - Hata Düzeltme ve Uzun Dönem Katsayılar				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
ECT(-1)	-0.3928***	0.103	-3.81	0.000
Uzun Dönem Katsayıları				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.777*	0.418	1.860	0.069
<i>lnPREC</i>	0.231	0.229	1.010	0.317
<i>lnCO₂</i>	0.908***	0.168	5.410	0.000
<i>lnMACH</i>	-0.157	0.099	-1.580	0.121
Panel B - Kısa Dönem Dinamikler				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ΔlnCO₂</i>	0.459**	0.218	2.100	0.041
<i>Sabit</i>	-1.292*	0.674	-1.920	0.061

Not: Bağımlı değişken $\Delta \ln COT$ 'tur. Katsayılar ARDL(1,0,0,1,0) modelinin ECM temsilinden elde edilmiştir.

Eşbütünleşme test sonuçları, modelde yer alan değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkiye dair sınırlı ancak destekleyici kanıtlar sunmaktadır (Tablo 5.34). Sınır testi sonuçlarında F-istatistiğinin kritik değer bandı içerisinde kalması eşbütünleşme ilişkisine

ilişkin sınırdaki bir duruma işaret ederken, t-istatistiğinin eşbütünleşme lehine sonuç vermesi uzun dönemli denge ilişkisinin varlığını desteklemektedir. Bu bulgu, pamuk üretimi ile açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönem ilişkisinin zayıf fakat göz ardı edilemeyecek bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Model tanısal testleri incelendiğinde, ekonometrik varsayımların büyük ölçüde sağlandığı görülmektedir (Tablo 5.34). Breusch-Godfrey LM testi seri korelasyon sorununun bulunmadığını, Breusch-Pagan ve White testleri değişen varyans probleminin mevcut olmadığını göstermektedir. Ramsey RESET testinin anlamsız olması model spesifikasyonunun fonksiyonel form açısından uygun olduğunu, Jarque-Bera testinin sonucu ise hata terimlerinin normal dağılım varsayımı ile uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, tahmin edilen modelin ekonometrik açıdan iyi tanımlandığını ve elde edilen katsayıların güvenilir biçimde yorumlanabileceğini göstermektedir.

Tablo 5.34. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO₂ Spesifikasyonu - Pamuk)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>İstatistik</i>	<i>Değer</i>	<i>Sonuç</i>
F-istatistiği	3.321	Eşbütünleşme zayıf / sınırlı
t-istatistiği	-3.814	Eşbütünleşme lehine
Panel B - Tanısal Testler		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Breusch-Godfrey LM (lag 1-4)	-	>0.10
Breusch-Pagan	0.090	0.771
White	21.310	0.771
Ramsey RESET	0.710	0.549
Normallik (JB)	0.310	0.857

Not: Sınır testi Pesaran vd. (2001) yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normal dağılım varsayımlarını değerlendirmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, CO₂ temelli ARDL bulguları pamuk üretim dinamiklerinin çevresel baskıyı temsil eden CO₂ emisyonları ile güçlü bir eş yönlü ilişki sergilediğini göstermektedir. Hem kısa hem de uzun dönemde elde edilen pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı katsayılar, üretim artışlarının çevresel baskı göstergeleriyle birlikte hareket ettiğine işaret etmektedir. Bu sonuç, pamuk üretimindeki genişlemenin çevresel maliyetlerle eş zamanlı gerçekleştiğini ve üretim ölçeği ile karbon yoğunluğu arasında güçlü bir bağlantı bulunduğunu ortaya koymaktadır.

İklim değişkenlerinin etkisinin görece sınırlı kalması, pamuk üretiminin kısa dönemde daha çok üretim ölçeği ve çevresel baskı ile ilişkili dinamikler tarafından şekillendiğini göstermektedir. Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, pamuk sektöründe üretim artışı ile

çevresel sürdürülebilirlik arasındaki dengenin önemli bir politika alanı oluşturduğu anlaşılmaktadır.

5.5.2. NARDL Bulguları - Pamuk (CO₂ Spesifikasyonu)

Pamuk üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergesi olarak kişi başına CO₂ emisyonları ve teknolojik kapasite arasındaki doğrusal olmayan ilişkiler NARDL yaklaşımı çerçevesinde analiz edilmiştir. Pozitif ve negatif şokların ayrı ayrı modele dahil edilmesi, pamuk üretim sisteminin çevresel ve iklimsel değişkenlere verdiği tepkilerin yön bağımlı olup olmadığını değerlendirmeye imkan tanımaktadır. Ayrıca modele 1990 sonrası dönemi temsil eden post90 kukla değişkeni eklenmiştir. Bu değişken, 1990'lı yıllarla birlikte tarımsal üretim yapısında ortaya çıkan politika değişimleri, dışa açıklık süreci ve girdi piyasalarındaki dönüşümlerin üretim dinamiklerinde olası yapısal kırılmalar yaratmış olabileceği varsayımını kontrol etmek amacıyla modele dahil edilmiştir. Uzun dönem katsayıları ve asimetri testleri Tablo 5.35'te, eşbütünleşme ve model tanısal testleri ise Tablo 5.36'da sunulmaktadır.

Uzun dönem katsayıları incelendiğinde, sıcaklık değişkeninin pozitif ve negatif şoklarının pamuk üretimi üzerinde farklı yönlerde etkiler yarattığı görülmektedir. Pozitif sıcaklık şoklarının üretim üzerinde negatif bir etki yaratması, pamuk üretiminin yüksek sıcaklık stresine duyarlı olduğunu göstermektedir. Buna karşılık negatif sıcaklık şoklarının üretimi artırıcı yönde etkide bulunması, daha ılımlı sıcaklık koşullarının üretim performansını destekleyebileceğine işaret etmektedir.

Yağış değişkeni açısından pozitif şokların üretim üzerindeki etkisi istatistiksel olarak zayıf kalırken, negatif yağış şoklarının üretimi anlamlı biçimde azaltması pamuk üretiminin özellikle su koşullarındaki bozulmalara karşı duyarlı olduğunu göstermektedir. Uzun dönem asimetri testlerinin yağış değişkeni için anlamlı sonuç vermesi, pamuk üretiminin yağış şoklarına karşı yön bağımlı bir tepki yapısına sahip olduğunu doğrulamaktadır.

CO₂ emisyonları değişkeni için pozitif ve negatif şok katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olmaması ve uzun dönem asimetri testinin reddedilememesi, pamuk üretiminde çevresel baskının doğrusal bir ilişki çerçevesinde etkili olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, ARDL modelinde elde edilen doğrusal ilişki ile tutarlı bir görünüm sergilemektedir.

Makineleşme değişkeninde ise özellikle negatif şokların üretim üzerinde güçlü ve anlamlı etkiler yaratması dikkat çekmektedir. Teknolojik kapasitedeki gerilemelerin üretim üzerinde belirgin bir baskı oluşturması, pamuk üretim sisteminin teknolojik altyapıya yüksek derecede bağımlı olduğunu göstermektedir. Uzun dönem asimetri testlerinin makineleşme

değişkeni için anlamlı olması, üretimin teknolojik kapasite şoklarına karşı yön bağımlı bir uyum mekanizmasına sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Kısa dönem asimetri testleri incelendiğinde, özellikle yağış ve makineleşme değişkenlerinde zayıf düzeyde asimetric etkiler gözlenmektedir. Ayrıca post90 değişkeni için kısa dönem asimetri testinin anlamlı çıkması, 1990 sonrası dönemde pamuk üretim dinamiklerinin kısmen farklı bir uyum mekanizması sergilediğine işaret etmektedir. Bu bulgu, pamuk sektöründe 1990'lı yıllarla birlikte ortaya çıkan yapısal dönüşümlerin kısa dönem üretim tepkilerini etkileyebildiğini göstermektedir.

Tablo 5.35. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (CO₂ Spesifikasyonu - Pamuk)

Panel A - Uzun Dönem Pozitif ve Negatif Etkiler		
<i>Değişken</i>	<i>Pozitif Etki</i>	<i>Negatif Etki</i>
<i>lnTEMP</i>	-0.549	1.635***
<i>lnPREC</i>	0.092	-0.444*
<i>lnCO₂</i>	0.259	-0.289
<i>lnMACH</i>	-0.005	4.086**
<i>post90</i>	0.034	-
Panel B - Uzun Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-istat</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	13.25***	0.001
<i>lnPREC</i>	4.61**	0.041
<i>lnCO₂</i>	0.003	0.955
<i>lnMACH</i>	5.236**	0.030
<i>post90</i>	0.112	0.740
Panel C - Kısa Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-istat</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.738	0.398
<i>lnPREC</i>	3.408*	0.076
<i>lnCO₂</i>	1.602	0.216
<i>lnMACH</i>	3.824*	0.061
<i>post90</i>	4.715**	0.039

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Eşbütünleşme test sonuçları (Tablo 5.36), modelde yer alan değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin varlığını açık biçimde desteklemektedir. Hem tBDM hem de FPSS istatistiklerinin eşbütünleşme lehine sonuç vermesi, pamuk üretimi ile açıklayıcı değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettiğini ve modelde kalıcı bir denge mekanizmasının bulunduğunu göstermektedir.

Model tanısal testleri incelendiğinde, ekonometrik varsayımların büyük ölçüde sağlandığı görülmektedir (Tablo 5.36). Portmanteau testi seri korelasyon sorununun

bulunmadığını, Breusch-Pagan testi değişen varyans probleminin mevcut olmadığını göstermektedir. Ramsey RESET testinin anlamsız olması model spesifikasyonunun fonksiyonel form açısından uygun olduğunu, Jarque-Bera testinin sonucu ise hata terimlerinin normal dağılım varsayımı ile uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, tahmin edilen modelin ekonometrik açıdan iyi tanımlandığını ve elde edilen katsayıların güvenilir biçimde yorumlanabileceğini göstermektedir.

Tablo 5.36. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO₂ Spesifikasyonu - Pamuk)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>Sonuç</i>
t _{BDM}	-4.800	Eşbütünleşme var
F _{PSS}	4.371	Eşbütünleşme var
Panel B - Model Tanısal Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Portmanteau (χ^2)	33.390	0.151
Breusch-Pagan	0.226	0.635
Ramsey RESET	0.144	0.933
Jarque-Bera	3.390	0.184

Not: Eşbütünleşme testleri Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik varsayımlarını değerlendirmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, CO₂ temelli NARDL sonuçları pamuk üretiminin iklim ve teknolojik şoklara karşı doğrusal olmayan ve yön bağımlı bir uyum mekanizması sergilediğini göstermektedir. Uzun dönem bulguları, özellikle sıcaklık değişimleri ve teknolojik kapasitedeki dalgalanmaların üretim dinamikleri üzerinde belirleyici bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Yağış değişkenine ilişkin elde edilen asimetri sonuçları ise pamuk üretiminin su koşullarındaki bozulmalara karşı yön bağımlı bir tepki verdiğini göstermektedir.

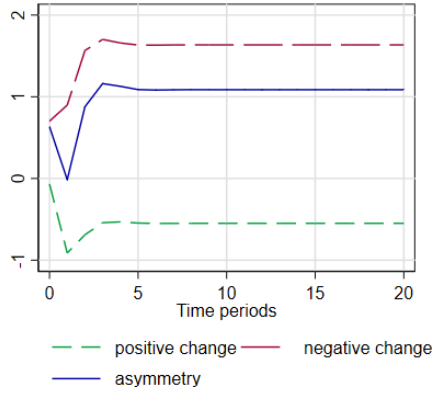
CO₂ değişkeni için uzun dönem asimetri hipotezinin reddedilememesi, çevresel baskının pamuk üretimi üzerindeki etkisinin doğrusal bir ilişki çerçevesinde işlediğine işaret etmektedir. Bu bulgu, ARDL modelinde elde edilen doğrusal ilişki sonuçlarıyla da tutarlı bir görünüm sergilemektedir.

Kısa dönem asimetri testleri incelendiğinde, özellikle yağış ve makineleşme değişkenlerinde zayıf düzeyde yön bağımlı etkiler gözlenmektedir. Ayrıca post90 değişkeni için kısa dönem asimetri testinin anlamlı çıkması, 1990 sonrası dönemde pamuk üretim dinamiklerinde yapısal bir farklılaşma olabileceğine işaret etmektedir. Bu durum, modelde yapısal dönüşümlerin kontrol edilmesinin pamuk üretim sisteminin dinamiklerini daha doğru biçimde analiz etmeye katkı sağladığını göstermektedir.

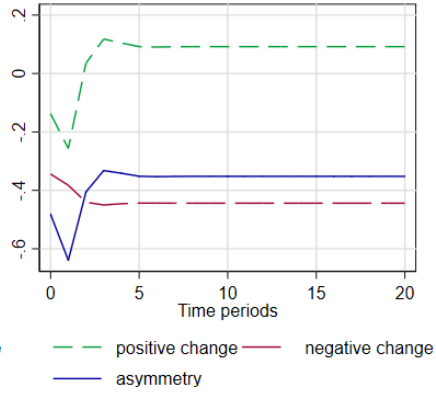
5.5.3. Dinamik Çarpan Analizi (CO₂ Spesifikasyonu - Pamuk)

Şekil 5.9’da sunulan kümülatif dinamik çarpanlar, pamuk üretiminin sıcaklık, yağış, CO₂, makineleşme ve post90 şoklarına verdiği zamana yayılmış tepkileri göstermektedir. Bulgular, etkilerin çoğu değişken için ilk dönemlerde belirginleştiğini ve sistemin kısa sürede yeni bir denge patikasına uyum sağladığını ortaya koymaktadır.

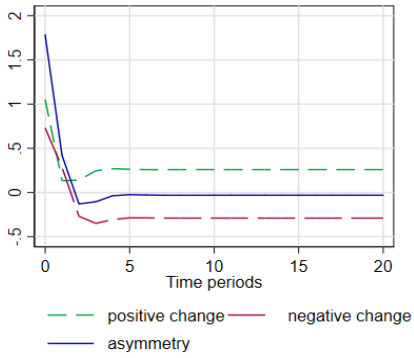
(a) TEMP şoklarının kümülatif etkisi



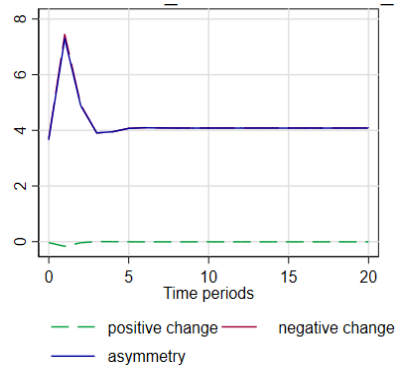
(b) PREC şoklarının kümülatif etkisi



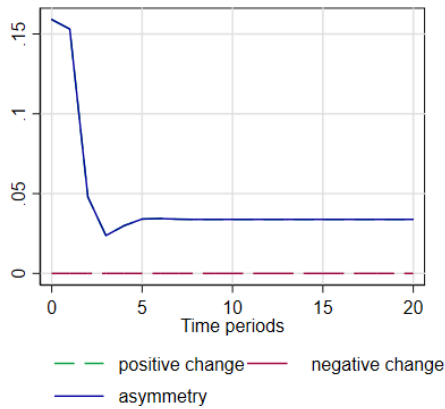
(c) CO₂ şoklarının kümülatif etkisi



(d) MACH şoklarının kümülatif etkisi



(e) Post-1990 yapısal kırılma değişkeninin kümülatif etkisi



Şekil 5.9. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (CO₂ Spesifikasyonu - Pamuk)

Not: Grafikler, Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayalı kümülatif dinamik çarpanları göstermektedir. Yeşil kesikli çizgi pozitif şokların, kırmızı kesikli çizgi negatif şokların, mavi çizgi ise iki etki arasındaki farkın zaman içindeki evrimini göstermektedir. Yatay eksen uyum dönemlerini, dikey eksen bağımlı değişimdeki kümülatif tepkiyi ifade etmektedir. Post90 paneli tek yönlü rejim değişimini temsil ettiğinden yalnızca toplam etkiyi göstermektedir.

Sıcaklık değişkenine ait dinamik çarpanlar incelendiğinde, pozitif sıcaklık şoklarının pamuk üretimi üzerinde negatif bir etki yarattığı, buna karşılık negatif sıcaklık şoklarının üretimi artırıcı yönde etkide bulunduğu görülmektedir. Bu yapı, pamuk üretiminin yüksek sıcaklık koşullarına karşı duyarlı olduğunu ve sıcaklık artışlarının üretim performansı üzerinde baskı yaratabildiğini göstermektedir. Tepkilerin ilk birkaç dönem içinde hızla dengelenmesi, sıcaklık şoklarının etkisinin zaman içinde yeni bir denge seviyesinde istikrar kazandığını ortaya koymaktadır.

Yağış değişkeni için elde edilen dinamik tepkiler, pozitif yağış şoklarının üretim üzerinde aşağı yönlü bir etki yarattığını, negatif şokların ise üretimi artırıcı yönde etkilediğini göstermektedir. Bu sonuç, pamuk üretiminin özellikle aşırı yağış koşullarına karşı duyarlı olabileceğini ve üretim sisteminin su koşullarındaki değişimlere yön bağımlı bir tepki verebildiğini ortaya koymaktadır.

CO₂ emisyonlarına ilişkin dinamik çarpanlar incelendiğinde, pozitif ve negatif şokların etkilerinin kısa sürede dengelendiği ve uzun dönemde sınırlı bir ayrışma yarattığı görülmektedir. Bu bulgu, CO₂ emisyonlarının pamuk üretimi üzerindeki etkisinin büyük ölçüde doğrusal bir ilişki çerçevesinde işlediğini ve şokların zaman içinde sönmüldüğünü göstermektedir.

Makineleşme değişkenine ait dinamik çarpanlar, teknolojik kapasitedeki negatif şokların üretim üzerinde belirgin bir düşüş yarattığını göstermektedir. Buna karşılık pozitif makineleşme şoklarının üretim üzerindeki etkisinin daha sınırlı kaldığı görülmektedir. Bu durum, pamuk üretim sisteminin teknolojik kapasitedeki gerilemelere karşı daha duyarlı olduğunu ve üretimin teknolojik altyapıya bağımlı bir yapı sergilediğini ortaya koymaktadır.

Son olarak post90 değişkenine ilişkin dinamik tepkiler, 1990 sonrası dönemde pamuk üretiminin yeni bir denge seviyesine uyum sağladığını göstermektedir. İlk dönemlerde belirgin bir ayarlama süreci gözlenmekte, ardından etkiler istikrarlı bir seviyede sabitlenmektedir. Bu bulgu, pamuk sektöründe 1990'lı yıllarla birlikte ortaya çıkan yapısal dönüşümlerin üretim dinamiklerinde kalıcı bir seviye etkisi yaratmış olabileceğine işaret etmektedir.

Genel olarak dinamik çarpan analizi, pamuk üretiminin iklim ve teknolojik şoklara karşı yön bağımlı ve zamana yayılmış bir uyum süreci sergilediğini göstermektedir. Özellikle sıcaklık ve yağış değişkenleri üretim dalgalanmalarının yönünü belirlerken, teknolojik kapasitedeki şoklar üretim sisteminin kırılabilirlik düzeyini ortaya koymaktadır.

5.5.4. ARDL Bulguları - Pamuk (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu)

Pamuk üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergesi olarak kişi başına ekolojik ayak izi ve teknolojik kapasite arasındaki uzun ve kısa dönem dinamik ilişkiler ARDL sınır testi yaklaşımı çerçevesinde analiz edilmiştir. ARDL-ECM tahmin sonuçları Tablo 5.37’de, eşbütünleşme ve model tanısal testleri ise Tablo 5.38’de sunulmaktadır.

Hata düzeltme teriminin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunması, değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin varlığını göstermektedir. Hata düzeltme katsayısının yaklaşık -0.35 olması, kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin yaklaşık %35’inin bir sonraki dönemde giderildiğini ve pamuk üretim sisteminin uzun dönem denge seviyesine kademeli bir uyum süreci sergilediğini göstermektedir.

Uzun dönem katsayıları incelendiğinde, ekolojik ayak izi değişkeninin pamuk üretimi üzerinde pozitif ve yüksek derecede anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu bulgu, pamuk üretimindeki artışların çevresel baskı göstergeleri ile birlikte hareket ettiğini ve üretim genişlemesinin çevresel maliyetlerle eş zamanlı gerçekleştiğini göstermektedir. Buna karşılık sıcaklık, yağış ve makineleşme değişkenlerinin uzun dönem katsayıları istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu sonuç, pamuk üretiminin uzun dönem dinamiklerinde iklim değişkenlerinin doğrudan belirleyici bir rol oynamadığını göstermektedir.

Kısa dönem dinamikler incelendiğinde, modelde yer alan açıklayıcı değişkenlere ait kısa dönem katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Bu sonuç, pamuk üretiminde kısa vadede gözlenen dalgalanmaların model kapsamında ele alınan iklimsel ve çevresel değişkenler tarafından anlamlı biçimde açıklanamadığına işaret etmektedir. Başka bir ifadeyle, sıcaklık, yağış, çevresel baskı göstergeleri ya da benzeri faktörlerde meydana gelen kısa süreli değişimlerin pamuk üretimi üzerinde hemen ortaya çıkan belirgin bir etkisi tespit edilememektedir. Bu durum, pamuk üretiminin kısa dönem hareketlerinin daha çok model dışında kalan başka unsurlardan, örneğin piyasa koşullarından, girdi maliyetlerinden, üretim planlamasından ya da dönemsel tarımsal uygulamalardan etkilenebileceğini düşündürmektedir. Dolayısıyla bulgular, iklim ve çevre değişkenlerinin

pamuk üretimi üzerindeki etkisinin kısa vadede sınırlı kaldığını, bu etkilerin daha çok uzun dönemli bir çerçevede anlam kazandığını ima etmektedir.

Tablo 5.37. ARDL-ECM Sonuçları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Pamuk)

Panel A - Hata Düzeltme ve Uzun Dönem Katsayılar				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ECT(-1)</i>	-0.347***	0.091	-3.810	0.000
Uzun Dönem Katsayıları				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.408	0.463	0.880	0.383
<i>lnPREC</i>	-0.023	0.270	-0.090	0.932
<i>lnFP</i>	1.705***	0.338	5.040	0.000
<i>lnMACH</i>	-0.021	0.079	-0.270	0.788
Panel B - Kısa Dönem Dinamikler				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>Sabit</i>	-0.470	0.684	-0.690	0.495

Not: Bağımlı değişken $\Delta \ln \text{COT}$ 'tur. Katsayılar ARDL(1,0,0,0,0) modelinin ECM temsilinden elde edilmiştir.

Eşbütünleşme testlerinden elde edilen bulgular, modelde yer alan değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkiye dair güçlü olmamakla birlikte dikkate değer ve destekleyici kanıtlar sunmaktadır (Tablo 5.38). Sınır testi kapsamında hesaplanan F-istatistiğinin kritik değer bandı içerisinde yer alması, eşbütünleşme ilişkisinin varlığına ilişkin sonucun kesin ve güçlü bir biçimde ortaya konulmadığını, ancak ilişkinin sınırdaki bir görünüm sergilediğini göstermektedir. Buna karşılık t-istatistiğinin eşbütünleşme lehine sonuç vermesi, değişkenlerin uzun dönemde ortak bir denge patikası etrafında hareket ettiğine yönelik ek bir destek sağlamaktadır. Bu çerçevede bulgular birlikte değerlendirildiğinde, pamuk üretimi ile modelde yer alan açıklayıcı değişkenler arasında kuvvetli düzeyde olmasa da göz ardı edilemeyecek nitelikte bir uzun dönem denge ilişkisinin mevcut olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla sonuçlar, söz konusu değişkenler arasındaki etkileşimin yalnızca kısa dönemli dalgalanmalarla sınırlı olmadığını, aynı zamanda zaman içinde belirli bir denge ilişkisine yönelen bir yapı sergilediğini düşündürmektedir.

Model tanısal testleri incelendiğinde, ekonometrik varsayımların büyük ölçüde sağlandığı görülmektedir (Tablo 5.38). Breusch-Godfrey LM testi seri korelasyon sorununun bulunmadığını, Breusch-Pagan testi ise değişen varyans probleminin bulunmadığını göstermektedir. Buna karşılık White testinin anlamlı çıkması modelde heteroskedastisite olasılığına işaret etmektedir. Ramsey RESET testinin anlamsız olması model spesifikasyonunun fonksiyonel form açısından uygun olduğunu, Jarque-Bera testinin sonucu ise hata terimlerinin normal dağılım varsayımı ile uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır. Bu

bulgular, modelin genel olarak kabul edilebilir bir ekonometrik yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.38. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Pamuk)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>İstatistik</i>	<i>Değer</i>	<i>Sonuç</i>
F-istatistiği	3.495	Eşbütünleşme zayıf / sınırlı
t-istatistiği	-3.813	Eşbütünleşme lehine
Panel B - Model Tanısal Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Breusch-Godfrey LM (lag 1-4)	-	>0.10
Breusch-Pagan	0.100	0.750
White	33.130**	0.033
Ramsey RESET	2.020	0.124
Normallik (JB)	0.990	0.609

Not: Sınır testi Pesaran vd. (2001) yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik varsayımlarını değerlendirmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, ekolojik ayak izi temelli ARDL sonuçları pamuk üretimi ile çevresel baskıyı temsil eden ekolojik ayak izi arasında güçlü ve pozitif bir uzun dönem ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bu bulgu, pamuk üretimindeki artışların doğal kaynak kullanımı ve çevresel baskı ile birlikte gerçekleştiğine işaret etmektedir.

Buna karşılık sıcaklık ve yağış değişkenlerinin uzun dönem katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olmaması, pamuk üretiminin uzun dönem dinamiklerinde iklim değişkenlerinin doğrudan belirleyici bir rol oynamadığını göstermektedir. Bu sonuç, pamuk üretiminin uzun dönemde daha çok üretim ölçeği ve çevresel baskı dinamikleriyle birlikte hareket ettiğine işaret etmektedir.

5.5.5. NARDL Bulguları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Pamuk)

Bu alt bölümde pamuk üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergesi olarak kişi başına ekolojik ayak izi ve teknolojik kapasite arasındaki doğrusal olmayan ilişkiler NARDL yaklaşımı çerçevesinde analiz edilmiştir. Pozitif ve negatif şokların ayrı ayrı modele dahil edilmesi, pamuk üretim sisteminin çevresel ve iklimsel değişkenlere verdiği tepkilerin yön bağımlı olup olmadığını değerlendirmeye imkan tanımaktadır. Uzun dönem etkiler ve asimetri testleri Tablo 5.39'da, eşbütünleşme ve model tanısal testleri ise Tablo 5.40'ta raporlanmaktadır.

Uzun dönem katsayıları incelendiğinde, sıcaklık değişkeninin pozitif ve negatif şoklarının pamuk üretimi üzerinde farklı yönlerde etkiler yarattığı görülmektedir. Pozitif sıcaklık şoklarının üretim üzerinde negatif bir etki yaratması, buna karşılık negatif sıcaklık

şoklarının üretimi artırıcı yönde etkide bulunması pamuk üretiminin yüksek sıcaklık koşullarına karşı duyarlı olduğunu göstermektedir. Uzun dönem asimetri testlerinin sıcaklık değişkeni için istatistiksel olarak anlamlı sonuç vermesi, pamuk üretim sisteminin sıcaklık değişimlerine karşı yön bağımlı bir uyum mekanizmasına sahip olduğunu doğrulamaktadır.

Yağış değişkeni için pozitif ve negatif şok katsayılarının işaret olarak farklılaşmasına rağmen uzun dönem asimetri testinin istatistiksel olarak anlamlı olmaması, pamuk üretiminin yağış değişimlerine karşı belirgin bir yön bağımlılığı göstermediğini ortaya koymaktadır.

Ekolojik ayak izi değişkeni için pozitif ve negatif şok katsayılarının anlamlı bir ayrışma üretmemesi ve uzun dönem asimetri testinin reddedilememesi, çevresel baskının pamuk üretimi üzerindeki etkisinin büyük ölçüde doğrusal bir ilişki çerçevesinde işlediğini göstermektedir. Bu bulgu, ARDL modelinde elde edilen doğrusal ilişki sonuçlarıyla da tutarlıdır.

Makineleşme değişkeni için pozitif ve negatif şok katsayılarının işaret olarak farklılaşmasına rağmen asimetri testinin anlamlı olmaması, teknolojik kapasitenin pamuk üretimi üzerindeki etkisinin yön bağımlı bir yapı sergilediğine dair güçlü bir kanıt sunmamaktadır.

Kısa dönem asimetri testleri incelendiğinde, modelde yer alan değişkenlerin kısa dönem etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı bir yön bağımlılığı üretmediği görülmektedir. Bu bulgu, pamuk üretim sisteminin kısa vadede çevresel ve iklimsel şoklara karşı büyük ölçüde simetrik bir uyum mekanizması sergilediğini göstermektedir. *post90* değişkeni için elde edilen sınırdan anlamlı sonuç ise 1990 sonrası dönemde pamuk üretim dinamiklerinde sınırlı bir rejim farklılaşması olabileceğine işaret etmektedir.

Tablo 5.39. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Pamuk)

Panel A - Uzun Dönem Pozitif ve Negatif Etkiler		
<i>Değişken</i>	<i>Pozitif Etki</i>	<i>Negatif Etki</i>
<i>lnTEMP</i>	-0.315	1.654
<i>lnPREC</i>	0.262	-0.666
<i>lnFP</i>	0.317	-0.39
<i>lnMACH</i>	0.036	3.253
<i>post90</i>	0.017	-

Tablo 5.39. Tablonun Devamı

Panel B - Uzun Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-istat</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	6.740**	0.015
<i>lnPREC</i>	2.671	0.114
<i>lnFP</i>	0.019	0.891
<i>lnMACH</i>	1.396	0.248
<i>post90</i>	0.017	0.898
Panel C - Kısa Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-istat</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.186	0.669
<i>lnPREC</i>	1.030	0.319
<i>lnFP</i>	1.446	0.240
<i>lnMACH</i>	2.406	0.133
<i>post90</i>	4.145*	0.052

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Eşbütünleşme testi sonuçları, t_{BDM} istatistiğinin eşbütünleşme lehine sonuç verdiğini ve değişkenler arasında uzun dönem ilişkiye yönelik destekleyici kanıtlar sunduğunu göstermektedir (Tablo 5.40). Buna karşılık F_{PSS} istatistiğinin sınır değerlere yakın bir seviyede kalması, söz konusu ilişkinin güçlü olmaktan ziyade görece zayıf veya sınırlı bir eşbütünleşme yapısına sahip olabileceğine işaret etmektedir. Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, pamuk üretimi ile modelde yer alan açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönemli bir denge mekanizmasının bulunduğu ancak bu ilişkinin görece sınırlı bir bütünleşme yapısı sergilediği söylenebilir.

Model tanısal testleri (Tablo 5.40) genel olarak model varsayımlarının ihlal edildiğine dair güçlü bir kanıt bulunmadığını göstermektedir. Portmanteau testi hata terimlerinde seri korelasyon olmadığını ortaya koyarken, Breusch-Pagan testi varyansın sabit olduğunu göstermektedir. Ramsey RESET testinin istatistiksel olarak anlamsız olması modelin fonksiyonel formunun uygun olduğunu işaret etmektedir. Jarque-Bera normallik testinin sonuçları ise hata terimlerinin yaklaşık olarak normal dağıldığını göstermektedir. Bu bulgular, modelden elde edilen tahminlerin güvenilir bir ekonometrik çerçevede yorumlanabileceğini ortaya koymaktadır.

Tablo 5.40. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Pamuk)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>Sonuç</i>
t_{BDM}	-3.575	Eşbütünleşme lehine
F_{PSS}	2.942	Eşbütünleşme zayıf / sınırlı

Tablo 5.40. Tablonun Devamı

Panel B - Model Tanısal Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Portmanteau (χ^2)	31.260	0.219
Breusch-Pagan	0.507	0.477
Ramsey RESET	0.857	0.477
Jarque-Bera	1.546	0.462

Not: Eşbütünleşme testleri Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik varsayımlarını değerlendirmektedir.

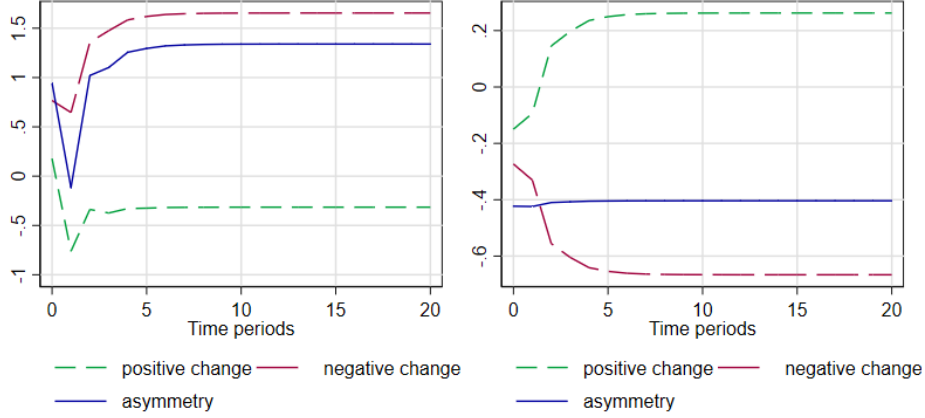
Genel çerçevede değerlendirildiğinde, ekolojik ayak izi temelli ARDL bulguları, pamuk üretimi ile çevresel baskıyı temsil eden ekolojik ayak izi arasında güçlü, pozitif ve uzun dönemli bir ilişkinin varlığına işaret etmektedir. Bu sonuç, pamuk üretimindeki artışın yalnızca tarımsal çıktı düzeyinde bir genişlemeyi ifade etmediğini, aynı zamanda doğal kaynak kullanımı, çevresel yük ve ekosistem üzerindeki baskının artışıyla birlikte ilerlediğini göstermektedir. Başka bir ifadeyle, pamuk üretim sürecinin uzun dönemde daha yüksek düzeyde çevresel kaynak tüketimi ve ekolojik baskı ile birlikte seyrettiği anlaşılmaktadır. Bu durum, üretim artışının çevresel sürdürülebilirlik açısından belirli maliyetler doğurabileceğini ve pamuk üretim yapısının kaynak kullanımı bakımından yoğun bir karakter taşıyabileceğini düşündürmektedir. Buna karşılık sıcaklık ve yağış değişkenlerine ait uzun dönem katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı bulunmaması, pamuk üretiminin uzun dönem performansının doğrudan iklim değişkenlerinden ziyade çevresel baskı göstergeleriyle daha yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, iklim koşullarının üretim üzerindeki etkisinin tamamen önemsiz olduğu anlamına gelmemekle birlikte, uzun dönemli üretim örüntüsünü açıklamada ekolojik ayak izinin daha belirleyici bir değişken olarak öne çıktığını göstermektedir. Dolayısıyla elde edilen sonuçlar, pamuk üretiminin uzun dönem dinamiklerinin yalnızca meteorolojik değişkenlerle değil, daha geniş bir çevresel baskı ve kaynak kullanımı çerçevesi içerisinde değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu yönüyle çalışma, pamuk üretimindeki büyüme eğilimlerinin çevresel sürdürülebilirlik boyutuyla birlikte ele alınmasının önemini açık biçimde ortaya koymaktadır.

5.5.6. Dinamik Çarpan Analizi (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Pamuk)

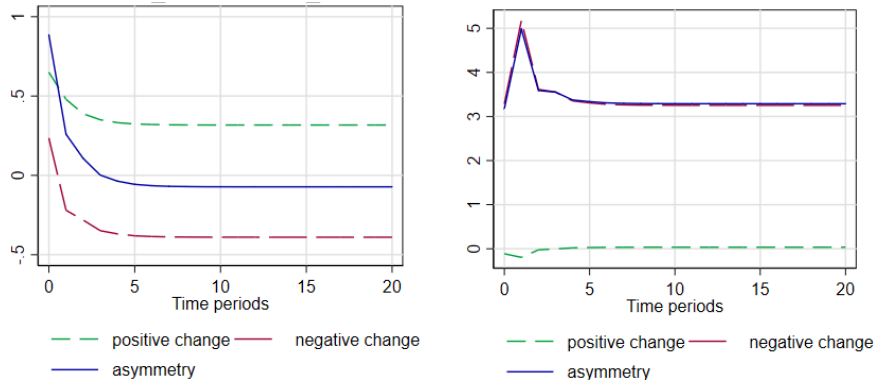
Şekil 5.10'da sunulan NARDL kümülatif dinamik çarpanlar, pamuk üretiminin iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergesi olarak ekolojik ayak izi ve teknolojik kapasite şoklarına verdiği zamana yayılmış tepkinin büyüklüğünü ve yönünü göstermektedir. Dinamik çarpanlar, pozitif ve negatif şokların etkilerinin zaman içinde nasıl evrildiğini ortaya koyarak

kısa dönem sapmalarının uzun dönem denge düzeyine nasıl yakınsadığını görsel olarak değerlendirmeye imkan tanımaktadır.

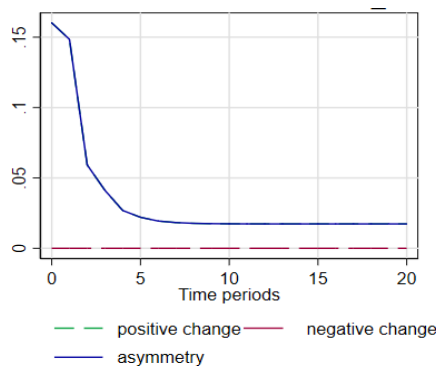
(a) TEMP şoklarının kümülatif etkisi (b) PREC şoklarının kümülatif etkisi



(c) CO2 şoklarının kümülatif etkisi (d) MACH şoklarının kümülatif etkisi



(e) Post-1990 yapısal kırılma değişkeninin kümülatif etkisi



Şekil 5.10. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Pamuk)

Not: Grafikler, Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayalı kümülatif dinamik çarpanları göstermektedir. Yeşil kesikli çizgi pozitif şokların, kırmızı kesikli çizgi negatif şokların, mavi çizgi ise iki etki arasındaki farkın zaman içindeki evrimini göstermektedir. Yatay eksen uyum dönemlerini, dikey eksen bağımlı değişkendeki kümülatif tepkiyi ifade etmektedir. Post90 paneli tek yönlü rejim değişimini temsil ettiğinden yalnızca toplam etkiyi göstermektedir.

Sıcaklık değişkenine ait kümülatif etkiler incelendiğinde, negatif şokların pamuk üretimi üzerinde daha güçlü ve kalıcı bir genişletici etki yarattığı, buna karşılık pozitif şokların üretim üzerindeki etkisinin daha sınırlı kaldığı görülmektedir. Tepkilerin ilk birkaç dönemde hızlı biçimde yeni denge patikasına yakınsadığı gözlenmektedir. Bu yapı, pamuk üretiminin sıcaklık değişimlerine karşı yön bağımlı bir tepki verdiğini ve sıcaklık değişimlerinin üretim performansı üzerinde asimetrik etkiler yaratabildiğini göstermektedir.

Yağış şokları için elde edilen dinamik çarpanlar, pozitif yağış şoklarının pamuk üretimini zaman içinde artırıcı yönde etkilediğini, negatif şokların ise üretimi azaltıcı yönde etkilediğini göstermektedir. Ancak eğrilerin birkaç dönem içinde dengeye yakınsaması, yağış değişkeninin üretim üzerindeki etkisinin zamanla dengelendiğini ve sistemin su koşullarındaki değişimlere karşı görece hızlı bir uyum süreci sergilediğini ortaya koymaktadır.

Ekolojik ayak izi değişkenine ait dinamik çarpanlar, çevresel baskı şoklarının başlangıç dönemlerinde üretim üzerinde belirgin bir tepki yarattığını, ancak bu etkinin zaman içinde giderek zayıflayarak daha düşük bir denge seviyesine yakınsadığını göstermektedir. Pozitif çevresel baskı artışlarının üretimi başlangıçta desteklediği, ancak bu etkinin zaman içinde sönümlendiği görülmektedir. Bu bulgu, pamuk üretiminin çevresel baskı artışları ile birlikte genişleyebilmesine rağmen uzun dönemde bu etkilerin daha sınırlı bir düzeyde dengelendiğini göstermektedir.

Makineleşme değişkenine ait dinamik çarpanlar, teknolojik kapasite şoklarının üretim üzerinde kısa dönemde güçlü bir tepki yarattığını ortaya koymaktadır. İlk dönemlerde gözlenen belirgin sıçrama etkisi, sistemin birkaç dönem içinde yeni denge düzeyine yakınsamasıyla birlikte daha istikrarlı bir patikaya dönüşmektedir. Bu sonuç, pamuk üretim sisteminde teknolojik uyum süreçlerinin hızlı gerçekleştiğini göstermektedir.

Son olarak, post-1990 yapısal kırılma değişkeninin kümülatif etkisi başlangıçta belirgin bir artış sergilemekte, ardından hızla azalarak düşük fakat pozitif bir denge seviyesinde sabitlenmektedir. Bu durum, 1990 sonrası dönemde pamuk üretim dinamiklerinde belirli bir yapısal dönüşüm yaşandığını ve üretim sisteminin zaman içinde yeni bir denge düzeyine uyum sağladığını göstermektedir.

Genel olarak dinamik çarpanlar birlikte değerlendirildiğinde, pamuk üretiminin özellikle sıcaklık değişimlerine karşı yön bağımlı tepkiler verdiği, buna karşılık diğer değişkenlerde şok etkilerinin birkaç dönem içinde dengelenerek üretim sisteminin yeni denge

patikasına yakınsadığı görülmektedir. Bu sonuçlar, NARDL modelinde elde edilen uzun dönem ilişki ve asimetri bulgularının zaman içindeki uyum dinamikleriyle tutarlı olduğunu göstermektedir.

5.5.7. CO₂ ve Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi - Pamuk

Pamuk üretimi için tahmin edilen iki alternatif çevresel göstergeye dayalı modeller birlikte değerlendirildiğinde, üretim dinamiklerinin çevresel baskının ölçüm biçimine duyarlı olduğu görülmektedir. CO₂ temelli spesifikasyon karbon emisyonlarının üretim süreciyle birlikte hareket eden yönünü yansıtırken, ekolojik ayak izi spesifikasyonu çevresel baskının daha geniş boyutlarını içeren bir gösterge olarak üretim sisteminin kaynak kullanımı ve çevresel sürdürülebilirlik boyutunu daha kapsamlı biçimde temsil etmektedir.

Uzun dönem sonuçları karşılaştırıldığında, CO₂ spesifikasyonunda pamuk üretimi ile karbon emisyonları arasında güçlü ve pozitif bir ilişki bulunduğu görülmektedir. Buna karşılık ekolojik ayak izi modelinde çevresel baskı göstergesinin üretim üzerinde daha güçlü ve istatistiksel olarak belirgin bir etkiye sahip olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum, pamuk üretimindeki genişleme süreçlerinin yalnızca karbon emisyonlarıyla değil, aynı zamanda doğal kaynak kullanımı ve çevresel baskının daha geniş bileşenleriyle birlikte gerçekleştiğini göstermektedir.

İklim değişkenleri açısından her iki modelde de sıcaklık ve yağış değişkenlerinin uzun dönem katsayılarının istatistiksel olarak zayıf kalması, pamuk üretiminin uzun dönem performansının doğrudan iklim değişkenlerinden ziyade çevresel baskı ve üretim ölçeğiyle ilişkili faktörler tarafından şekillendiğini göstermektedir. Bu sonuç, pamuk üretim sisteminin sulama imkanları, girdi kullanımı ve teknolojik uyum kapasitesi sayesinde iklim dalgalanmalarının etkisini belirli ölçüde absorbe edebildiğine işaret etmektedir.

Makineleşme değişkeni her iki spesifikasyonda da uzun dönemde istatistiksel olarak güçlü bir belirleyici olarak ortaya çıkmamakla birlikte, teknolojik kapasitenin üretim sisteminin uyum süreçlerinde tamamlayıcı bir rol oynayabileceğini düşündürmektedir. Bu durum, pamuk üretiminde çevresel baskı göstergelerinin üretim performansı üzerinde daha belirgin bir rol oynadığını göstermektedir.

Dinamik çarpan sonuçları da iki model arasındaki uyum süreçlerinin farklı karakteristikler taşıyabildiğini göstermektedir. CO₂ temelli modelde şoklara verilen tepkiler daha hızlı dengeye yakınsama eğilimi sergilerken, ekolojik ayak izi modelinde uyum

sürecinin daha kademeli bir patika izlediği görülmektedir. Bu farklılık, karbon emisyonlarının üretim faaliyetleriyle daha doğrudan ilişkili kısa dönem mekanizmaları yansıtmasına karşılık, ekolojik ayak izinin üretim sisteminin daha geniş çevresel baskı dinamiklerini yansıtan yapısal bir gösterge olmasından kaynaklanabilir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, pamuk üretimi için CO₂ spesifikasyonu üretim artışlarının karbon yoğunluğu ile birlikte gerçekleştiğini ortaya koyarken, ekolojik ayak izi spesifikasyonu üretim performansının çevresel baskının daha geniş bileşenleriyle ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu bulgular birlikte ele alındığında, pamuk üretiminde sürdürülebilirlik tartışmalarının yalnızca karbon emisyonlarının azaltılması çerçevesinde değil, doğal kaynak kullanımı ve ekolojik kapasite dengesi bağlamında değerlendirilmesinin daha bütüncül bir politika perspektifi sağlayacağı anlaşılmaktadır.

5.6. Şeker Pancarı (SGR)

5.6.1. ARDL Bulguları - Şeker Pancarı (CO₂ Spesifikasyonu)

Bu alt bölümde şeker pancarı üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergesi olarak kişi başına CO₂ emisyonları ve teknolojik kapasite arasındaki uzun ve kısa dönem dinamik ilişkiler ARDL sınır testi yaklaşımı çerçevesinde incelenmiştir. ARDL-ECM tahmin sonuçları Tablo 5.41’de, eşbütünlük ve model tanısal testleri ise Tablo 5.42’de sunulmaktadır.

Hata düzeltme teriminin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunması, değişkenler arasında uzun dönem denge ilişkisine işaret eden bir uyum mekanizmasının varlığını göstermektedir. ECT katsayısının yaklaşık -0.54 olması, kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin yaklaşık %54’ünün bir sonraki dönemde giderildiğini ve şeker pancarı üretim sisteminin uzun dönem denge düzeyine görece hızlı bir şekilde yakınsadığını göstermektedir.

Uzun dönem katsayıları incelendiğinde, CO₂ emisyonlarının pozitif ve istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı olduğu görülmektedir. Bu sonuç, çevresel baskı göstergesi ile şeker pancarı üretimi arasında güçlü ve pozitif bir ilişki bulunduğunu göstermekte ve üretim artışlarının çevresel baskıdaki artışlarla birlikte gerçekleştiğine işaret etmektedir. Buna karşılık makineleşme değişkeninin uzun dönemde negatif ve anlamlı bir katsayıya sahip olması, mekanizasyon düzeyindeki artışın üretim düzeyi ile ters yönlü bir ilişki sergileyebildiğini göstermektedir.

Sıcaklık ve yağış değişkenlerinin uzun dönem katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı bulunmaması, şeker pancarı üretiminin uzun dönem performansının doğrudan iklim

değişkenlerinden ziyade çevresel baskı ve üretim yapısına ilişkin faktörlerle daha güçlü biçimde ilişkili olabileceğini göstermektedir.

Kısa dönem dinamikler değerlendirildiğinde, sıcaklık değişkeninin kısa dönemde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu bulgu, kısa vadeli sıcaklık artışlarının şeker pancarı üretimi üzerinde geçici bir baskı oluşturabileceğini, ancak bu etkinin uzun dönemde kalıcı hale gelmediğini göstermektedir.

Tablo 5.41. ARDL-ECM Sonuçları (CO₂ Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)

Panel A - Hata Düzeltme ve Uzun Dönem Katsayılar				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ECT(-1)</i>	-0.540***	0.105	-5.130	0.000
Uzun Dönem Katsayıları				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	0.665	0.509	1.310	0.198
<i>lnPREC</i>	0.358	0.228	1.570	0.123
<i>lnCO₂</i>	0.818***	0.174	4.710	0.000
<i>lnMACH</i>	-0.295***	0.097	-3.040	0.004
Panel B - Kısa Dönem Dinamikler				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ΔlnTEMP</i>	-0.465**	0.204	-2.280	0.027
<i>Sabit</i>	-0.632	0.940	-0.670	0.505

Not: Bağımlı değişken $\Delta \ln SGR$ 'dir. Katsayılar ARDL(1,1,0,0,0) modelinin ECM temsilinden elde edilmiştir.

Eşbütünleşme testi sonuçları, F-istatistiğinin üst sınır kritik değerlerini aşması ve t-istatistiğinin istatistiksel olarak anlamlı olması nedeniyle değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin varlığına güçlü kanıt sunmaktadır (Tablo 5.42). Bu bulgular, şeker pancarı üretimi ile modelde yer alan açıklayıcı değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettiğini göstermektedir.

Model tanısal testleri genel olarak model varsayımlarının büyük ölçüde sağlandığını ortaya koymaktadır. Breusch-Godfrey LM testi sonuçları hata terimlerinde genel olarak seri korelasyon problemi bulunmadığını, ancak bazı gecikmelerde sınırlı düzeyde bir işaret olabileceğini göstermektedir. Heteroskedastisite testleri incelendiğinde Breusch-Pagan testinin sabit varyans varsayımını reddetmediği, buna karşılık White testinin daha zayıf düzeyde bir heteroskedastisite işareti sunduğu görülmektedir. Ramsey RESET testinin istatistiksel olarak anlamsız olması modelin fonksiyonel formunun uygun olduğunu göstermektedir. Jarque-Bera normallik testi ise hata terimlerinin normal dağılım varsayımından güçlü biçimde sapmadığını, ancak sonuçların sınırda bir normal dağılım yapısına işaret ettiğini göstermektedir.

Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde modelden elde edilen katsayıların genel olarak güvenilir bir ekonometrik çerçevede yorumlanabileceği sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 5.42. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO₂ Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>İstatistik</i>	<i>Değer</i>	<i>Sonuç</i>
F-istatistiği	5.731	Eşbütünleşme var
t-istatistiği	-5.126	Eşbütünleşme var
Panel B - Model Tanısal Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Breusch-Godfrey LM (lag 1-4)	-	>0.10 (lag 3-4 hariç)
Breusch-Pagan	0.020	0.875
White	37.940*	0.079
Ramsey RESET	0.650	0.586
Normallik (JB)	5.260*	0.072

Not: Sınır testi Pesaran vd. (2001) yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik varsayımlarını değerlendirmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, CO₂ temelli ARDL sonuçları şeker pancarı üretimi ile çevresel baskıyı temsil eden karbon emisyonları arasında güçlü ve pozitif bir uzun dönem ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bu bulgu, üretim artışlarının çevresel baskıdaki artışlarla birlikte gerçekleştiğine işaret etmektedir. Buna karşılık sıcaklık ve yağış değişkenlerinin uzun dönem katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olmaması, şeker pancarı üretiminin uzun dönem performansının doğrudan iklim değişkenlerinden ziyade üretim ölçeği ve çevresel baskı dinamikleriyle daha güçlü biçimde ilişkili olduğunu göstermektedir.

Makineleşme değişkeninin uzun dönemde negatif ve anlamlı bir katsayıya sahip olması ise mekanizasyon düzeyindeki artış ile üretim düzeyi arasında ters yönlü bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bu durum, teknolojik dönüşümün üretim yapısında yeniden düzenleme veya verimlilik uyum süreçleri yoluyla üretim düzeyi üzerinde dengeleyici etkiler yaratabileceğine işaret etmektedir.

5.6.2. NARDL Bulguları - Şeker Pancarı (CO₂ Spesifikasyonu)

Bu alt bölümde şeker pancarı üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergesi olarak kişi başına CO₂ emisyonları ve teknolojik kapasite arasındaki doğrusal olmayan uzun ve kısa dönem ilişkiler NARDL yaklaşımı çerçevesinde incelenmiştir. Pozitif ve negatif şokların modele ayrı ayrı dahil edilmesi, üretim sisteminin çevresel ve iklimsel değişkenlere verdiği tepkilerin yön bağımlı olup olmadığını değerlendirmeye imkan tanımaktadır. NARDL tahmin sonuçları Tablo 5.43'te, eşbütünleşme ve model tanısal testleri ise Tablo 5.44'te sunulmaktadır.

Uzun dönem katsayıları incelendiğinde, CO₂ değişkeninin pozitif ve negatif şoklarının üretim üzerinde farklı yönlerde etkiler yaratabildiği görülmektedir. Özellikle negatif CO₂ şokunun istatistiksel olarak anlamlı ve güçlü bir katsayıya sahip olması, karbon emisyonlarında meydana gelen azalışların şeker pancarı üretimi üzerinde belirgin bir genişletici etki yaratabildiğini göstermektedir. Buna karşılık CO₂ artışlarının üretim üzerindeki etkisinin daha sınırlı olduğu görülmektedir. Bu sonuç, çevresel baskıdaki azalışların üretim performansı üzerinde daha güçlü bir uyum mekanizması yaratabileceğine işaret etmektedir.

Sıcaklık ve yağış değişkenlerinin uzun dönem katsayıları incelendiğinde, katsayı işaretlerinin farklılaşmasına rağmen bu değişkenlerin üretim üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak güçlü olmadığı görülmektedir. Bu durum, şeker pancarı üretiminin uzun dönem performansının doğrudan iklim değişkenlerinden ziyade üretim yapısına ve çevresel baskı dinamiklerine bağlı olarak şekillenebileceğini göstermektedir.

Makineleşme değişkenine ait pozitif ve negatif şok katsayılarının işaret olarak farklılaşmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı bir ayrışma gözlenmemektedir. Bu sonuç, teknolojik kapasitenin şeker pancarı üretimi üzerindeki uzun dönem etkisinin yön bağımlı bir yapı sergilediğine dair güçlü bir kanıt sunmamaktadır.

Uzun dönem asimetri testleri yalnızca sıcaklık değişkeni için istatistiksel olarak anlamlı sonuç vermektedir. Bu bulgu, sıcaklıktaki artış ve azalışların şeker pancarı üretimi üzerinde simetrik olmayan etkiler yaratabildiğini göstermektedir. Diğer değişkenler için uzun dönem asimetric etki tespit edilmemiştir.

Kısa dönem asimetri testleri incelendiğinde, özellikle post-1990 yapısal kırılma değişkeninin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bu sonuç, 1990 sonrası dönemde şeker pancarı üretim dinamiklerinin farklı bir tepki yapısı sergilediğini ve üretim sisteminin yapısal dönüşümlerden etkilenmiş olabileceğini göstermektedir.

Tablo 5.43. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (CO₂ Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)

Panel A - Uzun Dönem Pozitif ve Negatif Etkiler		
<i>Değişken</i>	<i>Pozitif Etki</i>	<i>Negatif Etki</i>
<i>lnTEMP</i>	0.826	0.534
<i>lnPREC</i>	0.118	-0.287
<i>lnCO₂</i>	0.601	-2.021**
<i>lnMACH</i>	-0.308	-1.131
<i>post90</i>	-0.220	-

Tablo 5.43. Tablonun Devamı

Panel B - Uzun Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-istat</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	9.860***	0.004
<i>lnPREC</i>	0.505	0.483
<i>lnCO₂</i>	2.736	0.110
<i>lnMACH</i>	0.274	0.605
<i>post90</i>	2.532	0.123
Panel C - Kısa Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-istat</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	3.975*	0.056
<i>lnPREC</i>	2.296	0.141
<i>lnCO₂</i>	3.209*	0.084
<i>lnMACH</i>	0.181	0.674
<i>post90</i>	5.104**	0.032

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Eşbütünleşme test sonuçları, t_{BDM} istatistiğinin eşbütünleşme lehine sonuç vermesi ve F_{PSS} istatistiğinin sınır değerlere yakın bir seviyede bulunması nedeniyle değişkenler arasında uzun dönem ilişkiye yönelik destekleyici ancak görece sınırlı kanıtlar sunmaktadır (Tablo 5.44). Bu bulgular, şeker pancarı üretimi ile modelde yer alan açıklayıcı değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket edebildiğini göstermektedir.

Tanısal test sonuçları, modelin temel ekonometrik varsayımları büyük ölçüde karşıladığını göstermektedir. Buna göre modelde seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik açısından belirgin bir sorun bulunmamaktadır. Bu da tahmin sonuçlarının güvenilir bir çerçevede yorumlanabileceğine işaret etmektedir.

Tablo 5.44. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (CO₂ Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>Sonuç</i>
t_{BDM}	-3.967	Eşbütünleşme lehine
F_{PSS}	2.696	Eşbütünleşme zayıf / sınırlı
Panel B - Model Tanısal Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Portmanteau (χ^2)	25.370	0.498
Breusch-Pagan	0.783	0.376
Ramsey RESET	0.696	0.564
Jarque-Bera	1.887	0.389

Not: Eşbütünleşme testleri Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik varsayımlarını değerlendirmektedir.

Genel bir değerlendirme yapıldığında, CO₂ temelli NARDL bulguları şeker pancarı üretimi ile çevresel baskıyı temsil eden karbon emisyonları arasında anlamlı ve dikkate değer bir ilişkinin varlığına işaret etmektedir. Elde edilen sonuçlar, karbon emisyonlarındaki

değişimlerin üretim dinamikleri üzerinde kayda değer etkiler oluşturabildiğini göstermekte ve bu durum çevresel baskı unsurlarının tarımsal üretim süreciyle yakından bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle karbon emisyonlarında meydana gelen azalışların üretim üzerinde daha güçlü etkiler yaratması, söz konusu ilişkinin doğrusal olmayan ve yön bağımlı bir karakter taşıdığını düşündürmektedir. Başka bir ifadeyle, çevresel baskının artması ile azalması üretim üzerinde aynı büyüklükte ve aynı nitelikte sonuçlar doğurmamakta, üretim sistemi bu değişimlere asimetrik tepkiler verebilmektedir. Bu yönüyle bulgular, çevresel baskı dinamiklerinin şeker pancarı üretimi üzerinde yalnızca niceliksel değil, aynı zamanda yönsel olarak da farklılaşan etkiler yarattığını göstermektedir.

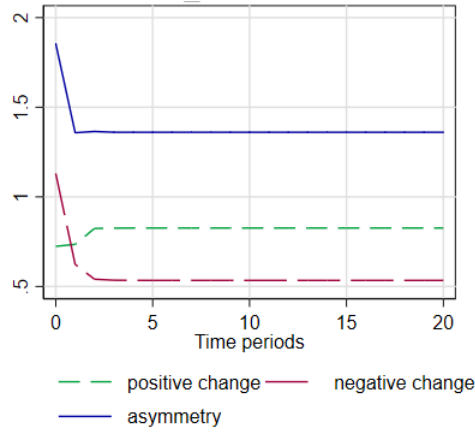
Buna karşılık yağış değişkenine ilişkin bulgular, bu değişkenin üretim üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak daha sınırlı kaldığını ortaya koymaktadır. Bu sonuç, yağışın şeker pancarı üretimi açısından tamamen önemsiz olduğu anlamına gelmemekle birlikte, model kapsamında üretimi açıklama gücünün diğer bazı değişkenlere kıyasla daha zayıf kaldığını göstermektedir. Öte yandan sıcaklık değişkeni için elde edilen anlamlı asimetri bulguları, sıcaklıkta meydana gelen artış ve azalışların şeker pancarı üretimini simetrik olmayan biçimde etkileyebildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, üretim sisteminin sıcaklık şoklarına karşı yön bağımlı bir hassasiyet taşıdığını ve sıcaklıktaki olumlu ya da olumsuz değişimlerin üretim üzerinde farklı büyüklükte sonuçlar doğurabildiğini göstermektedir.

Tüm bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, şeker pancarı üretim dinamiklerinin hem çevresel baskı göstergeleri hem de iklimsel değişkenlerde ortaya çıkan doğrusal olmayan etkiler çerçevesinde şekillendiği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla üretim sürecinin yalnızca ortalama etkiler üzerinden değil, pozitif ve negatif şokların birbirinden farklı sonuçlar doğurabileceği asimetrik bir yapı içerisinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çerçevede çalışma, şeker pancarı üretiminin çevresel baskılar ve iklim şoklarına karşı duyarlılığının yön bağımlı ve karmaşık bir nitelik taşıdığını ortaya koymaktadır.

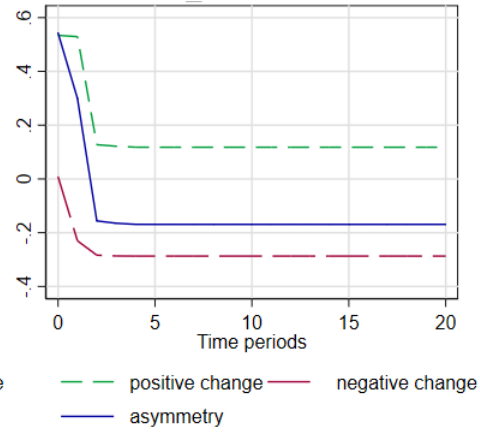
5.6.3. Dinamik Çarpan Analizi (CO₂ Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)

Şekil 5.11'de sunulan NARDL kümülatif dinamik çarpan sonuçları, şeker pancarı üretiminin iklim değişkenleri, CO₂ emisyonları, makineleşme ve yapısal kırılma karşısında verdiği tepkilerin zaman içindeki evrimini ve pozitif ile negatif şoklara verilen tepkilerin yönünü ortaya koymaktadır. Grafikler genel olarak şokların etkisinin ilk birkaç dönem içinde ortaya çıktığını ve ardından sistemin yeni bir denge seviyesine yakınsadığını göstermektedir.

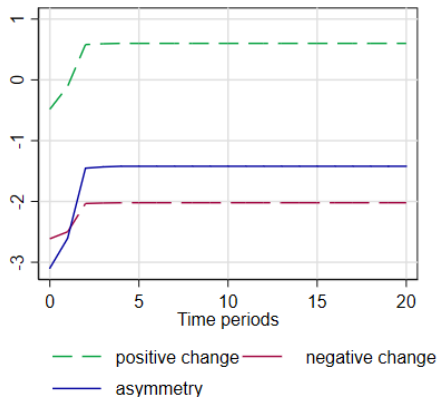
(a) TEMP şoklarının kümülatif etkisi



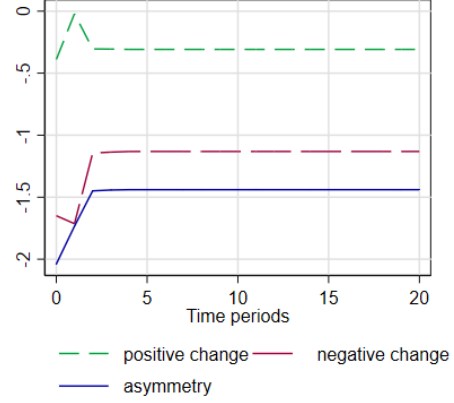
(b) PREC şoklarının kümülatif etkisi



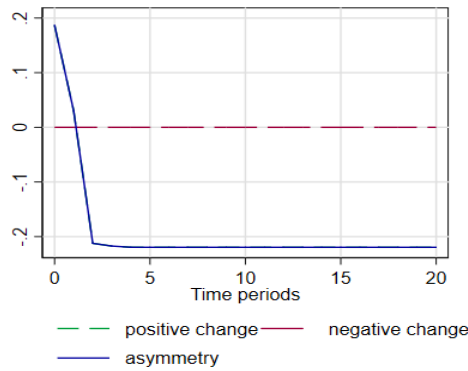
(c) CO2 şoklarının kümülatif etkisi



(d) MACH şoklarının kümülatif etkisi



(e) Post-1990 yapısal kırılma değişkeninin kümülatif etkisi



Şekil 5.11. NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (CO₂ Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)

Not: Grafikler, Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayalı kümülatif dinamik çarpanları göstermektedir. Yeşil kesikli çizgi pozitif şokların, kırmızı kesikli çizgi negatif şokların, mavi çizgi ise iki etki arasındaki farkın zaman içindeki evrimini göstermektedir. Yatay eksen uyum dönemlerini, dikey eksen bağımlı değişkendeki kümülatif tepkiyi ifade etmektedir. Post90 paneli tek yönlü rejim değişimini temsil ettiğinden yalnızca toplam etkiyi göstermektedir.

Sıcaklık şoklarının kümülatif etkileri incelendiğinde, pozitif sıcaklık değişimlerinin üretim üzerinde görece sınırlı ancak istikrarlı bir artış etkisi yarattığı, buna karşılık negatif sıcaklık şoklarının üretim üzerinde daha belirgin bir azalışa yol açtığı görülmektedir. Bu

durum, sıcaklık değişimlerinin üretim performansı üzerinde yön bağımlı etkiler yaratabildiğini ve üretim sisteminin sıcaklık düşüşlerine karşı daha hassas bir tepki verebildiğini göstermektedir.

Yağış değişkenine ait dinamik çarpanlar incelendiğinde, pozitif yağış şoklarının üretimi artırıcı yönde bir etki yarattığı, negatif yağış şoklarının ise üretim üzerinde azaltıcı bir etki oluşturduğu görülmektedir. Eğrilerin birkaç dönem içinde yataylaşması, yağış değişimlerinin üretim üzerindeki etkisinin büyük ölçüde kısa dönemde gerçekleştiğini ve sistemin yeni denge seviyesine hızlı biçimde uyum sağladığını göstermektedir.

CO₂ emisyonlarına ilişkin dinamik çarpanlar, pozitif şokların üretimi artırıcı yönde bir etki yaratabildiğini, buna karşılık negatif CO₂ şoklarının üretim üzerinde daha belirgin bir düşüşe yol açtığını göstermektedir. Bu durum, çevresel baskı göstergesinin üretim düzeyi ile birlikte hareket edebildiğini ve karbon emisyonlarındaki azalışların üretim üzerinde daha güçlü bir uyum etkisi yaratabildiğini ortaya koymaktadır.

Makineleşme değişkenine ait dinamik çarpanlar incelendiğinde, hem pozitif hem de negatif şokların üretim üzerinde azaltıcı yönde etkiler yaratabildiği görülmektedir. Özellikle negatif makineleşme şoklarının üretim üzerindeki etkisinin daha belirgin olduğu gözlenmektedir. Bu durum, teknolojik kapasitedeki değişimlerin üretim sisteminde uyum süreçleri yaratabildiğini göstermektedir.

Post-1990 yapısal kırılma değişkenine ait dinamik çarpanlar ise ilk dönemlerde belirgin bir düşüşün ardından sistemin hızla yeni bir denge seviyesine yakınsadığını göstermektedir. Bu bulgu, 1990 sonrası dönemde üretim dinamiklerinde yapısal bir değişim yaşandığını ve üretim sisteminin bu yeni rejime zaman içinde uyum sağladığını ortaya koymaktadır.

Genel olarak dinamik çarpanlar birlikte değerlendirildiğinde, şeker pancarı üretiminin özellikle sıcaklık ve CO₂ şokları karşısında yön bağımlı tepkiler verebildiği, buna karşılık sistemin birkaç dönem içinde yeni denge patikasına yakınsadığı görülmektedir. Bu sonuçlar, üretim dinamiklerinin hem çevresel baskı hem de iklim değişimleri tarafından şekillenebildiğini göstermektedir.

5.6.4. ARDL Bulguları - Şeker Pancarı (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu)

Bu alt bölümde şeker pancarı üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergesi olarak kişi başına ekolojik ayak izi ve teknolojik kapasite arasındaki uzun ve kısa dönem dinamik ilişkiler ARDL sınır testi yaklaşımı çerçevesinde incelenmiştir. ARDL-ECM tahmin

sonuçları Tablo 5.45'te, eşbütünleşme ve model tanısal testleri ise Tablo 5.46'da sunulmaktadır.

Hata düzeltme teriminin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunması, değişkenler arasında uzun dönem denge ilişkisine işaret eden bir uyum mekanizmasının varlığını göstermektedir. ECT katsayısının yaklaşık -0.51 olması, kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin yaklaşık yarısının bir sonraki dönemde giderildiğini ve şeker pancarı üretim sisteminin uzun dönem denge patikasına görece hızlı bir biçimde yakınsadığını göstermektedir.

Uzun dönem katsayıları incelendiğinde, ekolojik ayak izi değişkeninin pozitif ve yüksek düzeyde anlamlı bir katsayıya sahip olduğu görülmektedir. Bu bulgu, çevresel baskı göstergesindeki artışların şeker pancarı üretimi ile birlikte hareket ettiğini ve üretim genişlemesinin çevresel baskı ile ilişkili olabileceğini göstermektedir. Buna karşılık makineleşme değişkeninin uzun dönemde negatif ve anlamlı olması, mekanizasyon düzeyi ile üretim arasında ters yönlü bir ilişki bulunduğunu göstermektedir.

Sıcaklık ve yağış değişkenlerinin uzun dönem katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı bulunmaması, şeker pancarı üretiminin uzun dönem performansının doğrudan iklim değişkenlerinden ziyade çevresel baskı ve üretim yapısına ilişkin faktörlerle daha güçlü biçimde ilişkili olabileceğini göstermektedir.

Kısa dönem dinamikler incelendiğinde, modelde sabit terim dışında istatistiksel olarak anlamlı bir kısa dönem etki tespit edilmemiştir. Bu sonuç, şeker pancarı üretiminde kısa dönem dalgalanmaların sınırlı olduğunu ve üretim dinamiklerinin daha çok uzun dönem ilişkiler çerçevesinde şekillenebileceğini göstermektedir.

Tablo 5.45. ARDL-ECM Sonuçları (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)

Panel A - Hata Düzeltme ve Uzun Dönem Katsayılar				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>ECT(-1)</i>	-0.509***	0.097	-5.260	0.000
Uzun Dönem Katsayıları				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	-0.329	0.424	-0.780	0.441
<i>lnPREC</i>	0.216	0.239	0.900	0.371
<i>lnFP</i>	1.814***	0.317	5.730	0.000
<i>lnMACH</i>	-0.185**0	0.069	-2.680	0.010
Panel B - Kısa Dönem Dinamikler				
<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-ist.</i>	<i>p</i>
<i>Sabit</i>	0.656	0.879	0.750	0.459

Not: Bağımlı değişken $\Delta \ln SGR$ 'dir. Katsayılar ARDL(1,0,0,0,0) modelinin ECM temsilinden elde edilmiştir.

Eşbütünleşme testi sonuçları, F istatistiğinin kritik üst sınır değerinin üzerinde olması ve t istatistiğinin eşbütünleşme lehine değer alması nedeniyle değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını doğrulamaktadır (Tablo 5.46).

Model tanısal testleri genel olarak model varsayımlarının sağlandığını göstermektedir. Breusch-Godfrey testi hata terimlerinde seri korelasyon bulunmadığını ortaya koyarken, Breusch-Pagan ve White testleri heteroskedastisite probleminin bulunmadığını göstermektedir. Ramsey RESET testinin istatistiksel olarak anlamsız olması modelin fonksiyonel formunun uygun olduğunu göstermektedir. Jarque-Bera normallik testine göre ise hata terimlerinin normal dağılım varsayımı reddedilememektedir.

Tablo 5.46. Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)

Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>İstatistik</i>	<i>Değer</i>	<i>Sonuç</i>
F-istatistiği	6.794	Eşbütünleşme var
t-istatistiği	-5.257	Eşbütünleşme var
Panel B - Model Tanısal Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Breusch-Godfrey LM (lag 1-4)	-	>0.10
Breusch-Pagan	0.320	0.570
White	19.690	0.477
Ramsey RESET	1.160	0.333
Normallik (JB)	3.600	0.165

Not: Sınır testi Pesaran vd. (2001) yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normallik varsayımlarını değerlendirmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, ekolojik ayak izi temelli ARDL sonuçları şeker pancarı üretiminin uzun dönem dinamiklerinde çevresel baskı göstergesinin önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Ekolojik ayak izi değişkeninin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı katsayısı, üretim artışlarının çevresel baskı göstergeleri ile birlikte hareket edebildiğini göstermektedir. Buna karşılık sıcaklık ve yağış değişkenlerinin uzun dönem katsayılarının anlamsız bulunması, şeker pancarı üretiminin uzun dönem performansının doğrudan iklim koşullarından ziyade üretim yapısı ve çevresel baskı dinamikleri ile daha yakından ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

5.6.5. NARDL Bulguları - Şeker Pancarı (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu)

Bu alt bölümde şeker pancarı üretimi ile iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergesi olarak kişi başına ekolojik ayak izi ve teknolojik kapasite arasındaki uzun ve kısa dönem asimetrik ilişkiler NARDL sınır testi yaklaşımı çerçevesinde incelenmiştir. Uzun dönem

pozitif ve negatif katsayılar ile asimetri test sonuçları Tablo 5.47’de, eşbütünleşme ve model tanısal testleri ise Tablo 5.48’de sunulmaktadır.

Uzun dönem katsayıları ayrıntılı biçimde incelendiğinde, sıcaklık değişkeninde meydana gelen pozitif ve negatif şokların üretim üzerindeki etkilerinin belirgin biçimde birbirinden ayrıştığı görülmektedir. Elde edilen bulgular, sıcaklık değişkeninin üretim süreci üzerinde doğrusal olmayan bir etki yapısına sahip olduğunu ve bu etkinin şokun yönüne bağlı olarak farklılaştığını ortaya koymaktadır. Nitekim Wald testi sonuçlarının sıcaklık değişkeni için uzun dönem asimetrisinin yüksek düzeyde istatistiksel anlamlılığa sahip olduğunu göstermesi, sıcaklık artışları ile sıcaklık azalışlarının üretim üzerinde aynı büyüklükte ve aynı nitelikte sonuçlar doğurmadığını açık biçimde ortaya koymaktadır. Özellikle sıcaklıktaki azalışların üretim üzerindeki etkisinin, sıcaklık artışlarına kıyasla daha güçlü olması, üretim sisteminin düşük sıcaklık yönlü değişimlere karşı daha hassas bir yapı sergilediğine işaret etmektedir. Bu durum, sıcaklık düşüşlerinin üretim sürecinde daha belirgin verim kayıplarına ya da üretim düzeyinde daha güçlü dalgalanmalara neden olabileceğini düşündürmektedir. Dolayısıyla bulgu, uzun dönemde sıcaklık etkisinin simetrik bir çerçevede değerlendirilemeyeceğini ve üretim dinamiklerinin sıcaklık şoklarının yönüne bağlı olarak farklı biçimlerde şekillendiğini göstermektedir.

Ekolojik ayak izi değişkeni açısından pozitif şokların üretim üzerinde sınırlı bir artış etkisi yarattığı, buna karşılık negatif şokların daha güçlü ve ters yönlü bir etki oluşturduğu görülmektedir. Uzun dönem asimetri testi bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, çevresel baskı göstergesindeki değişimlerin üretim üzerindeki etkisinin doğrusal olmadığını ve pozitif ile negatif şokların farklı büyüklüklerde etkiler yaratabildiğini ortaya koymaktadır.

Makineleşme değişkeninde ise hem pozitif hem negatif uzun dönem etkiler negatif yönlüdür. Uzun dönem asimetri testi sınırda anlamlıdır ve teknolojik şokların üretim üzerindeki etkisinin yön ve büyüklük bakımından tam olarak simetrik olmadığını göstermektedir. Yağış değişkeni için ise uzun dönem asimetric bir yapı tespit edilmemiştir.

Kısa dönem asimetri sonuçları daha belirgin bir tablo ortaya koymaktadır. Sıcaklık, yağış, ekolojik ayak izi ve makineleşme değişkenlerinin tamamı kısa dönemde asimetric etki göstermektedir. Ayrıca post-1990 yapısal kırılma değişkeni de kısa dönemde anlamlı bir asimetri üretmektedir. Bu bulgu, şeker pancarı üretim dinamiklerinin kısa dönemde hem iklim hem de çevresel şoklara karşı yön bağımlı tepkiler verebildiğini göstermektedir.

Tablo 5.47. NARDL Uzun Dönem Etkiler ve Asimetri Testleri (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)

Panel A - Uzun Dönem Pozitif ve Negatif Etkiler		
<i>Değişken</i>	<i>Pozitif Etki</i>	<i>Negatif Etki</i>
<i>lnTEMP</i>	0.222	1.719***
<i>lnPREC</i>	0.094	-0.042
<i>lnFP</i>	0.405	-1.772***
<i>lnMACH</i>	-0.285***	-3.610*
<i>post90</i>	-0.029	-
Panel B - Uzun Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-istat</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	30.87***	0.000
<i>lnPREC</i>	0.130	0.721
<i>lnFP</i>	13.67***	0.001
<i>lnMACH</i>	3.551*	0.070
<i>post90</i>	0.106	0.748
Panel C - Kısa Dönem Asimetri (Wald)		
<i>Değişken</i>	<i>F-istat</i>	<i>p</i>
<i>lnTEMP</i>	11.71***	0.002
<i>lnPREC</i>	4.354**	0.047
<i>lnFP</i>	10.75***	0.003
<i>lnMACH</i>	5.082**	0.032
<i>post90</i>	7.893***	0.009

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Eşbütünleşme testlerinden elde edilen bulgular, modelde yer alan değişkenler arasında istatistiksel olarak güçlü bir uzun dönem denge ilişkisinin bulunduğunu açık biçimde ortaya koymaktadır. Özellikle t_{BDM} istatistiğinin -5.729 gibi kritik alt sınırın ötesine geçen bir değer alması, eşbütünleşme lehine kuvvetli kanıt sunmaktadır. Benzer şekilde, F_{PSS} istatistiğinin 5.295 değerine ulaşarak üst kritik değer üzerinde yer alması da aynı sonucu desteklemekte ve uzun dönemli ortak hareketin varlığını teyit etmektedir. Bu iki istatistiğin birlikte değerlendirilmesi, şeker pancarı üretimi ile modelde yer alan açıklayıcı değişkenlerin zaman içinde ortak bir denge ilişkisi çerçevesinde hareket ettiğini göstermektedir. Dolayısıyla kısa dönemde ortaya çıkan sapmaların kalıcı nitelik taşımadığı, sistemin belirli dalgalanmaların ardından yeniden uzun dönem denge patikasına yöneldiği anlaşılmaktadır. Bu bulgu, şeker pancarı üretim sisteminin geçici şoklardan tamamen kopuk olmamakla birlikte, uzun vadede dengeye dönme eğilimi taşıyan bir yapıya sahip olduğunu göstermesi bakımından önemlidir.

Model tanısal testleri genel olarak model varsayımlarının sağlandığını göstermektedir. Portmanteau testi hata terimlerinde seri korelasyon bulunmadığını ortaya koyarken, Breusch-Pagan testi heteroskedastisite probleminin bulunmadığını göstermektedir. Ramsey RESET testinin istatistiksel olarak anlamsız olması modelin fonksiyonel formunun uygun olduğunu

göstermekte, Jarque-Bera testi ise hata terimlerinin normal dağılım varsayımının reddedilemediğini göstermektedir.

Tablo 5.48. NARDL Eşbütünleşme ve Tanısal Testler (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)

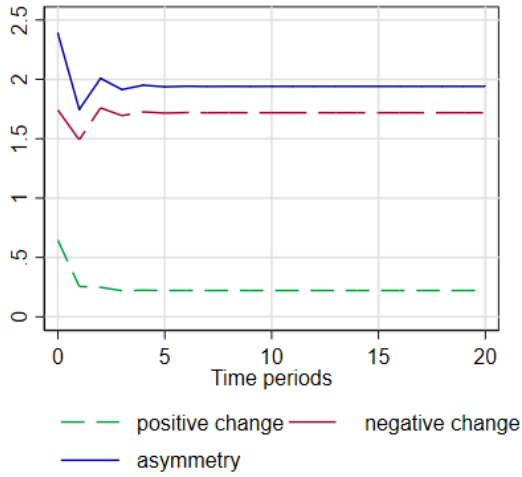
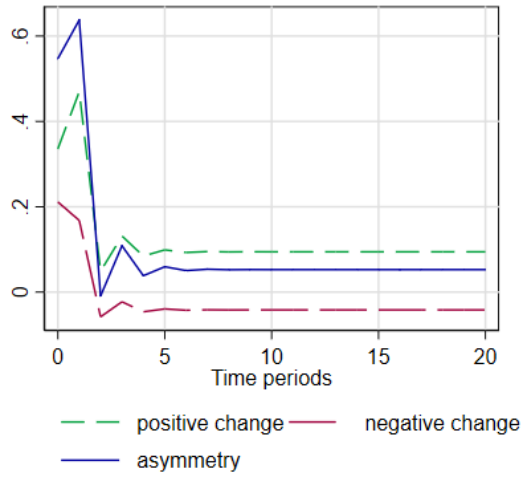
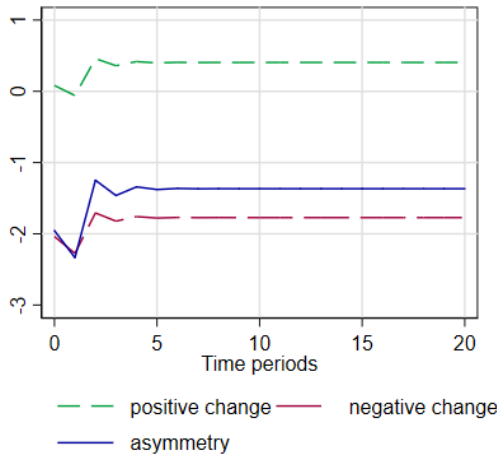
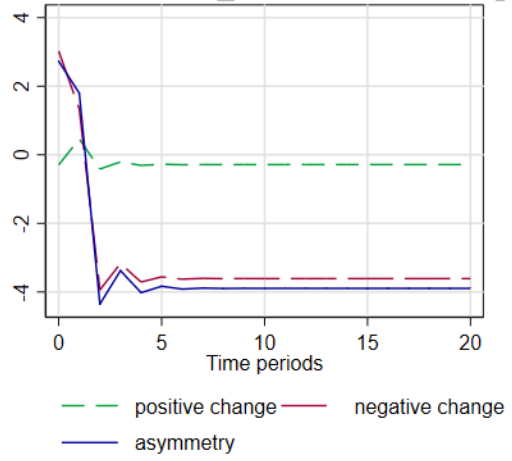
Panel A - Eşbütünleşme Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>Sonuç</i>
tBDM	-5.729	Eşbütünleşme var
F _{PSS}	5.295	Eşbütünleşme var
Panel B - Model Tanısal Testleri		
<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p</i>
Portmanteau (χ^2)	32.880	0.166
Breusch-Pagan	0.881	0.348
Ramsey RESET	0.868	0.471
Jarque-Bera	0.216	0.898

Not: Eşbütünleşme testleri Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayanmaktadır. Tanısal testler seri korelasyon, heteroskedastisite, fonksiyonel form ve normal dağılım varsayımlarını değerlendirmektedir.

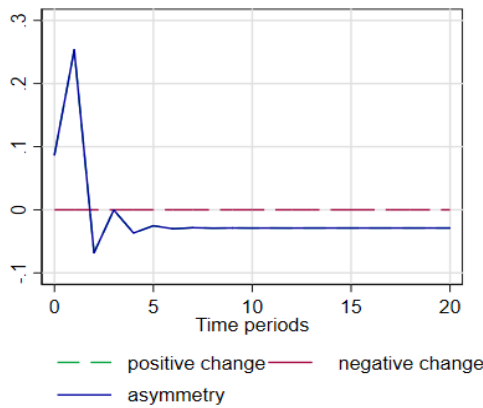
Genel olarak değerlendirildiğinde, ekolojik ayak izi temelli NARDL sonuçları şeker pancarı üretiminin hem uzun hem de kısa dönemde asimetrik tepkiler verebildiğini göstermektedir. Özellikle sıcaklık ve ekolojik ayak izi değişkenleri için uzun dönem asimetri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş, bu durum üretim dinamiklerinin bu değişkenlerdeki artış ve azalışlara farklı büyüklüklerde tepki verdiğini ortaya koymuştur. Kısa dönem sonuçları ise sıcaklık, yağış, ekolojik ayak izi ve makineleşme değişkenlerinin tamamı için anlamlı asimetrik etkiler bulunduğunu göstermektedir. Bu bulgular, şeker pancarı üretim sisteminin çevresel ve iklimsel şoklara karşı doğrusal olmayan bir uyum mekanizması sergileyebildiğine işaret etmektedir.

5.6.6. Dinamik Çarpan Analizi (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)

Şekil 5.12’de sunulan NARDL kümülatif dinamik çarpanlar, şeker pancarı üretiminin sıcaklık, yağış, ekolojik ayak izi, makineleşme ve post-1990 yapısal kırılma şoklarına verdiği zamana yayılmış tepkileri ortaya koymaktadır. Grafikler genel olarak, söz konusu şokların etkilerinin ilk birkaç dönem içinde belirginleştiğini ve ardından sistemin kademeli olarak yeni bir denge düzeyine yakınsadığını göstermektedir. Bu görünüm, üretim sisteminin şoklara karşı verdiği tepkilerin hem kısa dönem uyum sürecini hem de uzun dönem dengeye geçiş dinamiklerini izlemeye imkan tanımaktadır.

(a) *TEMP* şoklarının kümülatif etkisi(b) *PREC* şoklarının kümülatif etkisi(c) *FP* şoklarının kümülatif etkisi(d) *MACH* şoklarının kümülatif etkisi

(e) Post-1990 yapısal kırılma değişkeninin kümülatif etkisi

**Şekil 5.12.** NARDL Kümülatif Dinamik Çarpanlar (Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonu - Şeker Pancarı)

Not: Grafikler Shin vd. (2014) NARDL yaklaşımına dayalı kümülatif dinamik çarpanları göstermektedir. Yeşil kesikli çizgi pozitif şokların, kırmızı kesikli çizgi negatif şokların, mavi çizgi ise iki etki arasındaki farkın zaman içindeki evrimini göstermektedir. Yatay eksen uyum dönemlerini, dikey eksen bağımlı değişkendeki kümülatif tepkiyi ifade etmektedir. Post90 paneli tek yönlü rejim değişimini temsil ettiğinden yalnızca toplam etkiyi göstermektedir.

Sıcaklık değişkenine ait dinamik çarpanlar belirgin bir asimetrik yapı sergilemektedir. Negatif sıcaklık Şoklarının üretim üzerindeki etkisi pozitif Şoklara kıyasla daha yüksek bir denge seviyesinde gerçekleşmektedir. Asimetri eğrisinin uzun dönemde pozitif bölgede dengelenmesi, sıcaklıktaki azalışların üretim üzerinde artışlara göre daha güçlü bir etki yaratabildiğini göstermektedir. Etkilerin ilk birkaç dönem içinde stabilize olması, üretim sisteminin sıcaklık Şoklarına görece hızlı bir uyum sağlayabildiğine işaret etmektedir.

Yağış değişkeni için elde edilen dinamik çarpanlar, pozitif Şokların üretim üzerinde sınırlı fakat kalıcı bir artış etkisi yarattığını göstermektedir. Negatif yağış Şokları ise üretim üzerinde küçük fakat negatif bir denge etkisine yol açmaktadır. Eğrilerin kısa sürede yataylaşması, yağış Şoklarının etkisinin büyük ölçüde kısa dönem içinde ortaya çıktığını ve sistemin hızlı biçimde yeni denge seviyesine ulaştığını göstermektedir.

Ekolojik ayak izi değişkeni için elde edilen çarpan fonksiyonları pozitif ve negatif Şokların üretim üzerinde farklı yönlerde etkiler yaratabildiğini göstermektedir. Pozitif Şoklar üretim üzerinde sınırlı bir artış etkisi oluştururken, negatif Şoklar üretimde daha belirgin bir düşüşe yol açmaktadır. Bu durum çevresel baskı göstergesindeki değişimlerin üretim üzerinde doğrusal olmayan etkiler yaratabileceğini ortaya koymaktadır.

Makineleşme değişkeninde ise Şokların ilk dönemlerde güçlü dalgalanmalar yarattığı, ancak etkilerin kısa sürede negatif bir denge seviyesine yakınsadığı görülmektedir. Bu sonuç, teknolojik kapasite değişimlerinin üretim üzerinde kısa vadede belirgin uyum süreçleri yaratabildiğini göstermektedir.

Post-1990 yapısal kırılma değişkenine ait çarpanlar başlangıçta dalgalı bir seyir izlemekle birlikte kısa sürede sifıra yakınsamaktadır. Bu bulgu, yapısal rejim değişiminin üretim üzerindeki etkisinin geçici olduğunu ve sistemin yeni kurumsal koşullara hızla uyum sağladığını göstermektedir.

Genel olarak dinamik çarpan analizi, Şeker pancarı üretiminin özellikle sıcaklık ve çevresel baskı Şoklarına karşı asimetrik tepkiler verebildiğini göstermektedir. Şokların etkisinin büyük ölçüde kısa dönem içinde ortaya çıkması ve ardından yeni bir denge seviyesinde sabitlenmesi, üretim sisteminin çevresel ve teknolojik değişimlere karşı belirli bir uyum kapasitesine sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

5.6.7. CO₂ ve Ekolojik Ayak İzi Spesifikasyonlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi - Şeker Pancarı

Şeker pancarı üretimi açısından CO₂ ve ekolojik ayak izi temelli NARDL sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, çevresel baskının ölçüm biçiminin üretim dinamikleri üzerinde farklı sonuçlar ortaya koyduğu görülmektedir.

Öncelikle eşbütünleşme bulguları her iki spesifikasyonda da uzun dönemli bir denge ilişkisinin varlığını teyit etmektedir. Hem CO₂ hem de ekolojik ayak izi modellerinde elde edilen sınır testi sonuçları ve hata düzeltme katsayıları, üretim sisteminin kısa dönemde ortaya çıkan şokların ardından zaman içinde uzun dönem denge patikasına geri döndüğünü göstermektedir. Bununla birlikte asimetri yapısı ve dinamik tepkilerin büyüklüğü iki model arasında belirgin farklılıklar sergilemektedir.

CO₂ spesifikasyonunda çevresel baskı karbon emisyonları üzerinden temsil edilmekte ve üretim üzerindeki etkiler daha sınırlı bir dinamik yapı göstermektedir. Bu modelde asimetric etkiler özellikle sıcaklık değişkeni üzerinden belirginleşirken, çevresel şokların üretim üzerindeki dinamik yayılımı görece daha sınırlı kalmaktadır.

Buna karşılık ekolojik ayak izi spesifikasyonu çevresel baskıyı daha geniş bir kaynak kullanımı ve çevresel yük göstergesi olarak ölçtüğü için üretim üzerindeki etkiler daha belirgin bir asimetric yapı sergilemektedir. Özellikle ekolojik ayak izi değişkenine ait negatif ve pozitif şokların üretim üzerindeki etkilerinin büyüklük bakımından farklılaşması, çevresel baskı göstergesindeki değişimlerin üretim dinamikleri üzerinde doğrusal olmayan etkiler yaratabildiğini göstermektedir. Dinamik çarpan analizinde ekolojik ayak izi değişkeninin daha belirgin bir asimetri üretmesi bu sonucu desteklemektedir.

Teknolojik kapasiteyi temsil eden makineleşme değişkeni her iki modelde de üretim üzerinde belirgin bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte ekolojik ayak izi modelinde makineleşme şoklarının üretim üzerindeki etkilerinin daha güçlü ve kalıcı bir dinamik yapı sergilediği görülmektedir. Bu durum, çevresel baskı göstergesi genişletildiğinde üretim sisteminin teknolojik değişimlere verdiği tepkilerin daha belirgin hale geldiğini düşündürmektedir.

Sıcaklık değişkeni her iki modelde de üretim üzerinde asimetric etkiler yaratmaktadır. Ancak ekolojik ayak izi modelinde sıcaklık şoklarının dinamik etkilerinin daha belirgin olduğu görülmektedir. Bu bulgu, çevresel baskının daha kapsamlı bir biçimde ölçülmesinin

iklim değişkenlerinin üretim üzerindeki etkilerinin daha açık biçimde ortaya konmasına katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, CO₂ temelli model çevresel baskının karbon emisyonları boyutunu yansıtırken, ekolojik ayak izi modeli üretim sisteminin çevresel baskı ile olan ilişkisini daha geniş bir çerçevede ele almaktadır. Bu nedenle şeker pancarı üretimi açısından çevresel baskının yalnızca emisyon göstergeleri üzerinden değil, daha kapsamlı çevresel göstergeler kullanılarak değerlendirilmesi üretim dinamiklerinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayabilir.

Bu sonuçlar politika açısından da önem taşımaktadır. Çevresel baskının yalnızca karbon emisyonları üzerinden değerlendirilmesi üretim sisteminin çevresel yük ile olan ilişkisinin tamamını yansıtmayabilir. Ekolojik ayak izi yaklaşımı ise üretim faaliyetlerinin çevresel baskı ile olan daha geniş bağlantısını ortaya koyarak sürdürülebilir üretim politikalarının tasarlanmasına daha kapsamlı bir analitik temel sunmaktadır.

5.7. Ürünler Arası Sonuçların Karşılaştırmalı Sentezi

Bu alt bölümde, çalışmada buğday, mısır, arpa, pamuk, şeker pancarı ve patates için elde edilen ARDL ve NARDL tahmin sonuçları bütüncül bir çerçevede karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir. Önceki alt bölümlerde her ürün için ayrı ayrı sunulan eşbütünleşme bulguları, uzun dönem katsayıları, kısa dönem dinamikler ve asimetric etkiler bu bölümde tek bir analitik çerçeve içinde bir araya getirilmektedir. Bu yaklaşım, ürün bazında elde edilen bulguların yalnızca tekil yorumlar olarak kalmasını önlemekte ve tarımsal üretim sisteminin genel dinamiklerini daha açık biçimde ortaya koymaktadır.

Karşılaştırmalı değerlendirme üç tamamlayıcı tablo üzerinden yürütülmektedir. İlk olarak Tablo 5.49, ARDL modellerinden elde edilen uzun dönem katsayılarının ürün bazlı özetini sunmakta ve çevresel baskı, iklim değişkenleri ve teknolojik kapasitenin üretim performansı üzerindeki görece önemini göstermektedir. İkinci olarak Tablo 5.50, NARDL tahminlerinden elde edilen asimetric etkileri özetleyerek iklim ve çevresel şokların artış ve azalışlarının üretim üzerindeki farklı etkilerini ortaya koymaktadır. Son olarak Tablo 5.51, çevresel baskının iki farklı gösterge ile ölçülmesinin (CO₂ emisyonları ve ekolojik ayak izi) sonuçları nasıl farklılaştırdığını ürün bazında karşılaştırmalı olarak göstermektedir. Bu üç tablo birlikte değerlendirildiğinde, tarımsal üretim sisteminin hem ortak dinamikler içerdiği hem de belirgin ürün-spesifik farklılıklar sergilediği görülmektedir.

Tablo 5.49’da sunulan uzun dönem ARDL sonuçları, üretim dinamiklerinin ürünlere göre farklı belirleyiciler tarafından şekillendiğini göstermektedir. Özellikle pamuk ve şeker pancarında çevresel baskı göstergelerinin üretim ile daha güçlü bir ilişki sergilediği görülürken, mısır üretiminde teknolojik kapasiteyi temsil eden makineleşme değişkeninin daha belirleyici bir rol oynadığı dikkat çekmektedir. Buna karşılık buğday ve arpa gibi ürünlerde çevresel baskının geniş ölçümü olan ekolojik ayak izi değişkeninin daha açıklayıcı sonuçlar üretmesi, bu ürünlerin üretim süreçlerinin yalnızca karbon yoğunluğu değil daha geniş kaynak kullanım dinamikleriyle bağlantılı olduğunu düşündürmektedir.

Tablo 5.49. ARDL Uzun Dönem Sonuçlarının Ürün Bazlı Özeti

Ürün	CO ₂ Etkisi	Ekolojik Ayak İzi	Sıcaklık	Yağış	Makineleşme	Genel Uzun Dönem Belirleyici
Buğday	zayıf	belirgin	zayıf	zayıf	sınırlı	çevresel baskı
Mısır	sınırlı	sınırlı	zayıf	zayıf	güçlü (+)	teknoloji
Arpa	zayıf	belirgin	zayıf	zayıf	sınırlı	çevresel baskı
Patates	değişken	değişken	sınırlı	sınırlı	sınırlı	karma yapı
Pamuk	güçlü (+)	sınırlı	sınırlı	sınırlı	güçlü	karbon yoğun üretim
Şeker Pancarı	güçlü (+)	güçlü (+)	anlamsız	anlamsız	negatif (-)	çevresel baskı

Tablo 5.50’de sunulan NARDL sonuçları, incelenen tüm ürünlerde üretim dinamiklerinin doğrusal olmayan bir yapı sergilediğini ortaya koymaktadır. Özellikle sıcaklık ve çevresel baskı değişkenlerinde pozitif ve negatif şokların üretime simetrik biçimde yansımadağı görülmektedir. Bu asimetrik yapı bazı ürünlerde daha belirgin hale gelmektedir. Örneğin şeker pancarında sıcaklık ve çevresel baskı şoklarının yön bağımlı etkileri güçlü biçimde ortaya çıkarken, mısır ve pamukta teknoloji şoklarının üretim üzerinde asimetrik etkiler üretebildiği görülmektedir. Bu bulgular, tarımsal üretim sistemlerinin iklim ve çevresel şoklara karşı doğrusal olmayan uyum mekanizmaları içerdiğini göstermektedir.

Tablo 5.50. Asimetri Sonuçları (NARDL - Şok Yönüne Bağlı Etkiler)

Ürün	Sıcaklık Asimetrisi	Yağış Asimetrisi	CO ₂ / Çevresel Baskı Asimetrisi	Teknoloji Asimetrisi
Buğday	var	var	sınırlı	yok
Mısır	var	sınırlı	yok	var
Arpa	var	var	sınırlı	sınırlı
Patates	sınırlı	sınırlı	var	yok
Pamuk	sınırlı	sınırlı	var	var
Şeker Pancarı	güçlü	yok	güçlü	güçlü

Tablo 5.51’de yer alan karşılaştırmalı sonuçlar ise çevresel baskının ölçüm biçiminin ampirik bulgular üzerinde önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. CO₂ temelli modeller bazı ürünlerde üretim ile ekonomik faaliyet arasındaki karbon yoğun ilişkiyi yansıtırken, ekolojik ayak izi göstergesi üretim süreçlerinin arazi kullanımı, enerji tüketimi ve doğal kaynak baskısı gibi daha geniş sürdürülebilirlik boyutlarını yakalamaktadır. Bu nedenle

özellikle buğday ve arpa gibi ürünlerde ekolojik ayak izi değişkeninin üretim ile daha güçlü bir ilişki kurduğu görülmektedir. Buna karşılık pamuk ve şeker pancarında CO₂ değişkeninin üretimle daha güçlü bir eş hareket sergilemesi, bu ürünlerin üretim yapısının karbon yoğun ekonomik faaliyetlerle daha yakından ilişkili olduğunu düşündürmektedir.

Tablo 5.51. Çevresel Baskı Ölçümünün Karşılaştırılması (CO₂ vs Ekolojik Ayak İzi)

Ürün	CO ₂ Modeli	Ekolojik Ayak İzi Modeli	Yorum
Buğday	zayıf	güçlü	çevresel baskı geniş ölçüde yakalanıyor
Mısır	zayıf	zayıf	teknoloji belirleyici
Arpa	zayıf	güçlü	kaynak kullanımını etkili
Patates	değişken	değişken	üretim yapısı karma
Pamuk	güçlü	sınırlı	karbon yoğun üretim
Şeker Pancarı	güçlü	güçlü	çevresel baskıya duyarlı

Genel olarak üç tablo birlikte değerlendirildiğinde, Türkiye’de tarımsal üretim dinamiklerinin tek tip bir mekanizma ile açıklanamayacağı açık biçimde ortaya çıkmaktadır. Çevresel baskı, iklim koşulları ve teknolojik kapasite arasındaki etkileşim ürünlere göre farklı yoğunlukta gerçekleşmekte ve üretim sistemleri iklim ve çevresel şoklara çoğu zaman asimetrik tepkiler vermektedir. Bu nedenle tarımsal üretim dinamiklerinin anlaşılmasında ürün-spesifik ve doğrusal olmayan ilişkileri dikkate alan analiz yaklaşımlarının kullanılması daha gerçekçi ve politika açısından daha anlamlı sonuçlar sunmaktadır.

Bu çalışmada elde edilen ARDL ve NARDL tahmin sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, Türkiye’de tarımsal verim dinamiklerinin iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergeleri ve teknolojik kapasite arasındaki çok boyutlu etkileşim tarafından şekillendiği görülmektedir. Ürün bazında yapılan analizler, üretim sistemlerinin hem ortak özellikler taşıdığını hem de belirgin ürün-spesifik farklılıklar içerdiğini ortaya koymaktadır. Elde edilen temel ampirik bulgular aşağıda özetlenmektedir:

- İncelenen ürünlerin büyük çoğunluğunda iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergeleri ve teknolojik kapasite ile tarımsal verim arasında uzun dönemli bir eşbütünlüşme ilişkisi bulunmaktadır. Bu bulgu, tarımsal üretim sisteminin kısa dönem şoklara rağmen uzun dönem denge patikasına geri dönme eğilimi taşıdığını göstermektedir.
- Tarımsal verim ile açıklayıcı değişkenler arasındaki ilişkiler ürünler arasında önemli farklılıklar göstermektedir. Bu durum, tarımsal üretim sistemlerinin homojen bir yapıya sahip olmadığını ve iklim, çevre ve teknoloji faktörlerinin farklı ürünlerde farklı kanallar üzerinden etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

- Çevresel baskı göstergeleri birçok üründe uzun dönem üretim dinamikleri açısından önemli bir belirleyici olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle pamuk ve şeker pancarında üretim ile karbon yoğun ekonomik faaliyetler arasında daha güçlü bir ilişki gözlenmektedir.
- Çevresel baskının CO₂ emisyonları ile ölçülmesi ile ekolojik ayak izi ile ölçülmesi farklı ampirik sonuçlar üretmektedir. Ekolojik ayak izi göstergesi bazı ürünlerde üretim süreçlerinin arazi kullanımı, enerji tüketimi ve doğal kaynak baskısı gibi daha geniş sürdürülebilirlik boyutlarını daha iyi yansıtmaktadır.
- Sıcaklık ve yağış değişkenlerinin uzun dönem katsayıları birçok üründe istatistiksel olarak sınırlı kalmaktadır. Bu bulgu, tarımsal verimin uzun dönem performansının yalnızca iklim koşulları tarafından değil, aynı zamanda çevresel baskı ve teknolojik kapasite gibi yapısal faktörler tarafından şekillendiğini göstermektedir.
- İklim değişkenleri özellikle kısa dönem dinamiklerde daha belirgin hale gelmektedir. Bu durum, tarımsal üretim sistemlerinin kısa vadeli iklim dalgalanmalarına karşı hassas olduğunu ve üretim performansının dönemsel iklim şoklarından etkilenebildiğini göstermektedir.
- Makineleşme değişkeni bazı ürünlerde uzun dönem verim performansının önemli belirleyicilerinden biri olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bulgu, tarımsal üretimde teknolojik altyapının ve üretim teknolojilerinin verim artışı açısından kritik bir rol oynadığını göstermektedir.
- NARDL tahmin sonuçları, tarımsal üretim sistemlerinin doğrusal olmayan bir yapı sergilediğini ortaya koymaktadır. İklim ve çevresel değişkenlerde meydana gelen artış ve azalışlar üretim üzerinde eşit büyüklükte fakat ters yönlü etkiler üretmemektedir.
- Pozitif ve negatif şokların üretime etkileri çoğu üründe farklı büyüklüklerde gerçekleşmektedir. Özellikle sıcaklık ve çevresel baskı değişkenlerinde bu asimetrik yapı daha belirgin hale gelmektedir.
- Tarımsal üretim sistemlerinin iklim ve çevresel şoklara karşı verdiği tepkilerin ürünlere göre farklılaşması, tarım politikalarının tek tip yaklaşımlar yerine ürün-spesifik ve sürdürülebilirlik odaklı stratejiler çerçevesinde tasarlanması gerektiğini göstermektedir.

Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, Türkiye’de tarımsal verim dinamiklerinin iklim koşulları, çevresel sürdürülebilirlik ve teknolojik uyum kapasitesi arasındaki karmaşık etkileşimler tarafından belirlendiği anlaşılmaktadır. Tarımsal üretim sistemlerinin doğrusal olmayan ve yön-bağımlı bir uyum süreci sergilemesi, iklim değişikliğinin etkilerinin

değerlendirilmesinde esnek ve çok boyutlu analiz yaklaşımlarının önemini ortaya koymaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Türkiye’de tarımsal verim dinamiklerinin iklim değişkenleri, çevresel baskı göstergeleri ve teknolojik kapasite ile ilişkisini 1961-2024 dönemine ait yıllık veriler üzerinden incelemiştir. Buğday, mısır, arpa, patates, pamuk ve şeker pancarı için hektar başına üretim miktarları bağımlı değişken olarak kullanılmış ve çevresel baskı ise iki alternatif göstergeyle, kişi başına CO₂ emisyonları ve kişi başına ekolojik ayak izi ile temsil edilmiştir. Ampirik analizde ARDL ve NARDL sınır testi yaklaşımlarından yararlanılarak hem uzun dönemli ilişkiler hem de pozitif ve negatif şokların üretim üzerindeki asimetrik etkileri değerlendirilmiştir.

Çalışmanın temel sonucu, Türkiye’de tarımsal verim dinamiklerinin tek bir ortak mekanizma ile açıklanamayacağıdır. Bulgular, ürünler arasında belirgin bir heterojenlik bulunduğunu göstermektedir. Bazı ürünlerde çevresel baskı göstergeleri daha belirleyici olurken, bazı ürünlerde teknolojik kapasite, bazılarında ise kısa dönemli iklim ve çevre şokları daha ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle çalışmanın bulguları, tarım politikalarının genel ve tek tip destekleme mantığıyla değil, ürün bazlı risk profilleri dikkate alınarak tasarlanması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Buğday için elde edilen sonuçlar, CO₂ temelli modellerde çevresel baskı etkisinin görece zayıf kaldığını, buna karşılık ekolojik ayak izi göstergesinin üretim dinamikleriyle daha belirgin bir ilişki sergilediğini göstermektedir. Bu bulgu, buğday üretiminde çevresel baskının yalnızca karbon emisyonları üzerinden değil, daha geniş kaynak kullanımı, arazi baskısı ve ekolojik kapasite göstergeleri üzerinden değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu nedenle buğday özelinde politika önceliği, yalnızca emisyon azaltımı değil, toprak verimliliğinin korunması, kuraklığa dayanıklı çeşitlerin yaygınlaştırılması, su kullanım etkinliğinin artırılması ve bölgesel ekolojik kapasiteyi dikkate alan üretim planlaması olmalıdır. Ayrıca buğdayda sıcaklık ve yağış asimetrisinin varlığı, üreticilerin kısa dönemli iklim şoklarına karşı daha hassas hale geldiğini göstermektedir. Bu kapsamda meteorolojik erken uyarı sistemleri, kuraklık sigortası ve sulama zamanlamasına dayalı dijital karar destek sistemleri buğday üretimi açısından doğrudan politika aracı olarak değerlendirilebilir.

Mısır için sonuçlar, çevresel baskı göstergelerinin sınırlı etkisine karşılık makineleşmenin uzun dönemli üretim dinamiklerinde daha güçlü bir belirleyici olduğunu

göstermektedir. Bu durum, mısır üretiminde verim artışının ağırlıklı olarak teknolojik kapasite ve üretim altyapısı üzerinden şekillendiğini düşündürmektedir. Dolayısıyla mısır politikalarında mekanizasyonun niteliği, enerji verimliliği, sulama altyapısı ve hassas tarım uygulamaları öncelikli olmalıdır. Ancak burada kör bir mekanizasyon teşviki yeterli değildir. Eğer makineleşme fosil yakıt yoğun ve kaynak tüketimini artıran bir yapı üretirse kısa vadeli verim artışı uzun vadeli çevresel maliyet yaratabilir. Bu nedenle mısırdaki teknoloji destekleri, enerji verimli makineler, damla sulama, sensör tabanlı sulama yönetimi ve gübre kullanımını optimize eden dijital tarım uygulamalarıyla birlikte tasarlanmalıdır. NARDL bulgularında teknoloji şoklarının asimetrik etkiler üretmesi, teknolojik gerileme veya yatırım kesintilerinin üretim üzerinde güçlü maliyetler doğurabileceğini göstermektedir. Bu nedenle mısır üretiminde teknoloji yatırımlarının sürekliliği kritik önemdedir.

Arpa için bulgular, buğdaya benzer biçimde CO₂ göstergesinin sınırlı, ekolojik ayak izi göstergesinin ise daha belirgin olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, arpa üretiminde çevresel baskının daha geniş sürdürülebilirlik göstergeleriyle izlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Arpa genellikle daha marjinal alanlarda ve iklim riskine daha açık koşullarda üretilebildiği için, politika tasarımında kuraklık dayanıklılığı, mera-tarla etkileşimi, toprak nemi yönetimi ve düşük girdili üretim teknikleri daha fazla önem kazanmalıdır. Arpada sıcaklık ve yağış asimetrisinin varlığı, üretimin iklim değişkenlerindeki artış ve azalışlara aynı biçimde tepki vermediğini göstermektedir. Bu nedenle arpa üretiminde bölgesel iklim risk haritaları oluşturulmalı, kurak dönemlerde yem arz güvenliği dikkate alınmalı ve arpa üretimi yalnızca bitkisel üretim politikası olarak değil, hayvancılık ve yem piyasası güvenliğiyle birlikte ele alınmalıdır.

Patates için elde edilen sonuçlar daha karmaşık bir yapı ortaya koymaktadır. CO₂ ve ekolojik ayak izi göstergelerinin etkileri ürünün genel üretim dinamiklerini tek başına açıklamakta sınırlı kalmakta, çevresel baskı etkileri ise daha değişken bir görünüm sergilemektedir. Bu durum patates üretiminin iklim, toprak, sulama ve hastalık riski gibi birden fazla faktöre aynı anda duyarlı olmasından kaynaklanabilir. Patates için politika önerisi, genel çevre politikalarından ziyade mikro düzeyli üretim koşullarına odaklanmalıdır. Sertifikalı tohumluk kullanımı, hastalık ve zararlı yönetimi, depolama altyapısı, sulama verimliliği ve bölgesel üretim planlaması patates verimliliği açısından daha doğrudan politika araçlarıdır. NARDL sonuçlarında çevresel baskı asimetrisinin varlığı, çevresel koşullardaki bozulmaların üretime etkisinin iyileşme dönemleriyle simetrik olmadığını göstermektedir. Bu

nedenle patates üretiminde risk yönetimi sadece üretim aşamasını değil, depolama, pazarlama ve fiyat istikrarı mekanizmalarını da kapsamalıdır.

Pamuk için bulgular, CO₂ temelli çevresel baskı göstergesinin daha güçlü bir ilişki sergilediğini ve üretim dinamiklerinin karbon yoğun üretim yapısıyla yakından bağlantılı olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, pamuk üretiminin enerji, sulama ve girdi kullanım yoğunluğu nedeniyle çevresel baskıya daha duyarlı olduğunu düşündürmektedir. Pamuk özelinde politika önceliği, verim artışını çevresel yükü artırmadan sağlayacak üretim teknolojilerine yönelmek olmalıdır. Su tasarruflu sulama sistemleri, yenilenebilir enerji destekli sulama, pestisit ve gübre kullanımının azaltılması, entegre zararlı yönetimi ve düşük karbonlu üretim sertifikasyonu pamuk üretimi için stratejik araçlar olarak değerlendirilebilir. Ayrıca pamukta teknoloji asimetrisinin varlığı, teknolojik iyileşmelerin ve teknolojik gerilemelerin üretim üzerindeki etkilerinin aynı büyüklükte olmadığını göstermektedir. Bu nedenle pamukta modernizasyon politikaları dönemsel değil, uzun vadeli ve istikrarlı destek programlarıyla yürütülmelidir.

Şeker pancarı için sonuçlar en dikkat çekici ürün-spesifik bulgulardan birini sunmaktadır. Hem CO₂ hem de ekolojik ayak izi göstergelerinin güçlü ilişki sergilemesi, şeker pancarı üretiminin çevresel baskı göstergelerine yüksek duyarlılık taşıdığını göstermektedir. Buna karşılık makineleşme değişkeninin negatif uzun dönem etkisi, bu üründe mekanizasyonun her durumda verim artırıcı bir unsur olarak yorumlanamayacağını göstermektedir. Bu bulgu önemlidir; çünkü mekanizasyonu otomatik olarak olumlu görmek analitik olarak zayıf olur. Şeker pancarında makineleşme, eğer yüksek enerji tüketimi, toprak sıkışması, yoğun su kullanımı veya ölçek baskısı yaratıyorsa, uzun dönem verim performansını desteklemek yerine çevresel maliyetleri artırabilir. Bu nedenle şeker pancarı için politika önerisi, mekanizasyonun miktarını artırmak değil, niteliğini dönüştürmek olmalıdır. Toprak sıkışmasını azaltan ekipmanlar, enerji verimli makineler, hassas ekim ve hasat teknolojileri, su kullanımını optimize eden sulama sistemleri ve münavebe uygulamaları şeker pancarı üretimi için öncelikli olmalıdır. Ayrıca şeker pancarında güçlü sıcaklık ve çevresel baskı asimetrisi bulunduğundan, bu ürün için bölgesel üretim kotası, su tahsis politikaları ve çevresel sürdürülebilirlik kriterleri birlikte düşünülmelidir.

Çalışmanın bir diğer önemli sonucu, çevresel baskının hangi göstergeyle ölçüldüğünün ampirik sonuçları belirgin biçimde değiştirmesidir. CO₂ emisyonları bazı ürünlerde üretimle daha güçlü bir ilişki sergilerken, ekolojik ayak izi özellikle buğday ve arpa gibi ürünlerde çevresel baskıyı daha görünür hale getirmektedir. Bu durum, çevresel baskının yalnızca

karbon emisyonlarıyla temsil edilmesinin tarımsal üretim süreçlerini açıklamakta eksik kalabileceğini göstermektedir. CO₂ göstergesi daha çok karbon yoğunluğu ve ekonomik faaliyetle ilişkili bir çevresel baskı boyutunu yakalarken, ekolojik ayak izi arazi kullanımı, doğal kaynak talebi ve ekolojik kapasite üzerindeki daha geniş baskıyı temsil etmektedir. Bu nedenle tarımsal sürdürülebilirlik politikalarında tek bir çevresel göstergeye dayalı değerlendirme yerine, çok göstergeli izleme sistemleri kurulmalıdır.

Bulgular literatürle karşılaştırıldığında, çalışma mevcut araştırmalarla büyük ölçüde uyumlu ancak bazı yönlerden onları genişleten sonuçlar üretmektedir. Süreç temelli çalışmalar, iklim değişikliğinin tarımsal verim üzerindeki etkilerinin sıcaklık, yağış, su stresi ve ürün fizyolojisine bağlı olarak farklılaştığını vurgulamaktadır. Bu çalışmada ürünler arasında gözlenen heterojenlik, bu mekanizma temelli literatürle uyumludur. Benzer biçimde, Schlenker ve Roberts (2008), Lobell vd. (2007), Zhao vd. (2017) ve Makowski vd. (2020) gibi çalışmaların vurguladığı doğrusal olmayan ve ürün bazlı farklılaşan iklim etkileri, bu çalışmada NARDL sonuçlarıyla desteklenmektedir. Türkiye literatürü açısından bakıldığında, Benli ve Özdemir (2025) ile Benli (2025) gibi çalışmaların ürün bazlı ARDL bulgularıyla uyumlu olarak, bu çalışma da tarımsal verim dinamiklerinde kısa ve uzun dönem ayrımının önemli olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte bulgular yorumlanırken bazı sınırlılıklar dikkate alınmalıdır. İlk olarak, yıllık frekanstaki ülke düzeyi veriler tarımsal üretimin bölgesel farklılıklarını tam olarak yakalayamamaktadır. Türkiye’de iklim koşulları, sulama olanakları, toprak yapısı ve üretim teknolojileri bölgelere göre ciddi biçimde farklılaştığından, ulusal düzeyde elde edilen katsayılar bölgesel heterojenliği sınırlı biçimde yansıtabilir. İkinci olarak, kullanılan modeller uzun dönem ilişkileri ve asimetrik dinamikleri ortaya koymakla birlikte, bulgular doğrudan nedensellik iddiası olarak yorumlanmamalıdır. Üçüncü olarak, çevresel baskı göstergeleri üretim sisteminin önemli boyutlarını yakalamakla birlikte; sulama suyu kullanımı, gübre tüketimi, pestisit kullanımı, toprak organik madde düzeyi, ürün desenindeki değişimler ve bölgesel adaptasyon yatırımları gibi değişkenler veri kısıtları nedeniyle modele dahil edilememiştir.

Gelecek çalışmalar bu sınırlılıkları birkaç yönden aşabilir. İlk olarak, Türkiye için il veya bölge düzeyinde panel veri setleri kullanılarak ürün bazlı iklim ve çevre etkileri daha yüksek mekânsal çözünürlükte analiz edilebilir. Böyle bir yaklaşım, örneğin İç Anadolu’daki buğday üretimi ile Güneydoğu Anadolu’daki pamuk üretiminin aynı iklim ve çevresel baskı mekanizmalarına sahip olup olmadığını test etmeye imkan sağlayacaktır. İkinci olarak, aylık

veya mevsimlik veriler kullanılarak ürünlerin kritik büyüme dönemlerinde sıcaklık ve yağış şoklarına nasıl tepki verdiği incelenebilir. Yıllık veriler uzun dönem ilişkileri görmek açısından yararlı olsa da, tarımsal üretimde ekim, çiçeklenme, dane dolumu ve hasat dönemleri gibi fenolojik aşamalar iklim etkilerinin daha doğru yorumlanması için önemlidir. Üçüncü olarak, gelecek çalışmalar CO₂ ve ekolojik ayak izine ek olarak su ayak izi, azot kullanımı, gübre tüketimi, pestisit yoğunluğu, toprak kalitesi ve yenilenebilir enerji kullanımı gibi daha ayrıntılı çevresel göstergeleri modele dahil edebilir. Dördüncü olarak, ARDL ve NARDL yaklaşımlarına ek olarak eşik regresyon, Markov rejim değişim modelleri, panel NARDL, kantil regresyon veya makine öğrenmesi temelli tahmin yaklaşımları kullanılarak iklim-verim ilişkisinin farklı rejimlerde nasıl değiştiği araştırılabilir. Beşinci olarak, tarımsal destekler, ürün fiyatları, girdi maliyetleri, sulama yatırımları ve dış ticaret politikaları gibi iktisadi değişkenlerin modele dahil edilmesi, çevresel ve teknolojik etkilerin politika kanallarıyla birlikte değerlendirilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Aggarwal, P. K., & Mall, R. K. (2002). Climate change and rice yields in diverse agro-environments of India. II. Effect of uncertainties in scenarios and crop models on impact assessment. *Climatic Change*, 52(3), 331-343.
- Alexandrov, V. A., & Hoogenboom, G. (2000). The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. *Agricultural and forest meteorology*, 104(4), 315-327.
- Asseng, S., Jamieson, P. D., Kimball, B., Pinter, P., Sayre, K., Bowden, J. W., & Howden, S. M. (2004). Simulated wheat growth affected by rising temperature, increased water deficit and elevated atmospheric CO₂. *Field Crops Research*, 85(2-3), 85-102.
- Attavanich, W., & McCarl, B. A. (2014). How is CO₂ affecting yields and technological progress? A statistical analysis. *Climatic change*, 124(4), 747-762.
- Bannayan, M., Sadeghi Lotfabadi, S., Sanjani, S., Mohamadian, A., & Aghaalikhani, M. (2011). Effects of precipitation and temperature on crop production variability in northeast Iran. *International Journal of Biometeorology*, 55(3), 387-401.
- Ben Mariem, S., Soba, D., Zhou, B., Loladze, I., Morales, F., & Aranjuelo, I. (2021). Climate change, crop yields, and grain quality of C3 cereals: A meta-analysis of [CO₂], temperature, and drought effects. *Plants*, 10(6), 1052.
- Benli, M. (2025). Adapting to Climate Variability: The Role of Environmental Factors in Crop Yield Stability in Türkiye. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(2), 531-546.
- Benli, M., & Özdemir, R. (2025). Balancing Climate Sensitivity and Resilience: Environmental Impacts on Selected Crop Yields in Türkiye. *Journal of Agricultural Sciences*, 31(3), 670-689.
- Chandio, A. A., Gokmenoglu, K. K., & Ahmad, F. (2021). Addressing the long-and short-run effects of climate change on major food crops production in Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(37), 51657-51673.
- DaMatta, F. M., Grandis, A., Arenque, B. C., & Buckeridge, M. S. (2010). Impacts of climate changes on crop physiology and food quality. *Food Research International*, 43(7), 1814-1823.
- Demirhan, H. (2020). Impact of increasing temperature anomalies and carbon dioxide emissions on wheat production. *Science of The Total Environment*, 741, 139616.
- Doğan, H. G., & Kan, A. (2019). The effect of precipitation and temperature on wheat yield in Turkey: a panel FMOLS and panel VECM approach: HG Doğan, A. Kan. *Environment, Development and Sustainability*, 21(1), 447-460.
- Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 251-276.
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Bakker, D. C., Hauck, J., ... & Zeng, J. (2025). Global carbon budget 2025. *Earth System Science Data Discussions*, 2025, 1-139.
- Fuhrer, J. (2003). Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 97(1-3), 1-20.
- Hatfield, J. L., Boote, K. J., Kimball, B. A., Ziska, L. H., Izaurralde, R. C., Ort, D., ... & Wolfe, D. (2011). Climate impacts on agriculture: implications for crop production. *Agronomy Journal*, 103(2), 351-370.
- Högy, P., Poll, C., Marhan, S., Kandelner, E., & Fangmeier, A. (2013). Impacts of temperature increase and change in precipitation pattern on crop yield and yield quality of barley. *Food Chemistry*, 136(3-4), 1470-1477.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 231-254.

- Kang, Y., Khan, S., & Ma, X. (2009). Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security—A review. *Progress in Natural Science*, 19(12), 1665-1674.
- Kripfganz, S., & Schneider, D. C. (2020). Response surface regressions for critical value bounds and approximate p-values in equilibrium correction models 1. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 82(6), 1456-1481.
- Kripfganz, S., & Schneider, D. C. (2023). ardl: Estimating autoregressive distributed lag and equilibrium correction models. *The Stata Journal*, 23(4), 983-1019.
- Laux, P., Jäckel, G., Tingem, R. M., & Kunstmann, H. (2010). Impact of climate change on agricultural productivity under rainfed conditions in Cameroon—A method to improve attainable crop yields by planting date adaptations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(9), 1258-1271.
- Lobell, D. B., & Field, C. B. (2007). Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environmental Research Letters*, 2(1), 014002.
- Lobell, D. B., Cahill, K. N., & Field, C. B. (2007). Historical effects of temperature and precipitation on California crop yields. *Climatic change*, 81(2), 187-203.
- Makowski, D., Asseng, S., Ewert, F., Bassu, S., Durand, J. L., Li, T., ... & Zhu, Y. (2015). A statistical analysis of three ensembles of crop model responses to temperature and CO₂ concentration. *Agricultural and Forest Meteorology*, 214, 483-493.
- Makowski, D., Marajo-Petizon, E., Durand, J. L., & Ben-Ari, T. (2020). Quantitative synthesis of temperature, CO₂, rainfall, and adaptation effects on global crop yields. *European Journal of Agronomy*, 115, 126041.
- Marcinkowski, P., & Piniewski, M. (2024). Future changes in crop yield over Poland driven by climate change, increasing atmospheric CO₂ and nitrogen stress. *Agricultural Systems*, 213, 103813.
- Morel, J., Kumar, U., Ahmed, M., Bergkvist, G., Lana, M., Halling, M., & Parsons, D. (2021). Quantification of the impact of temperature, CO₂, and rainfall changes on Swedish annual crops production using the APSIM model. *Frontiers in sustainable food systems*, 5, 665025.
- Najafi, E., Devineni, N., Khanbilvardi, R. M., & Kogan, F. (2018). Understanding the changes in global crop yields through changes in climate and technology. *Earth's Future*, 6(3), 410-427.
- Nonhebel, S. (1996). Effects of temperature rise and increase in CO₂ concentration on simulated wheat yields in Europe. *Climatic Change*, 34(1), 73-90.
- Ozkan, B., & Akcaoz, H. (2002). Impacts of climate factors on yields for selected crops in the Southern Turkey. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 7(4), 367-380.
- Özdoğan, M. (2011). Modeling the impacts of climate change on wheat yields in Northwestern Turkey. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 141(1-2), 1-12.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Pirttioja, N., Carter, T. R., Fronzek, S., Bindi, M., Hoffmann, H., Palosuo, T., ... & Rötter, R. P. (2015). Temperature and precipitation effects on wheat yield across a European transect: a crop model ensemble analysis using impact response surfaces. *Climate Research*, 65, 87-105.
- Qin, M., Zheng, E., Hou, D., Meng, X., Meng, F., Gao, Y., ... & Xu, T. (2023). Response of wheat, maize, and rice to changes in temperature, precipitation, CO₂ concentration, and uncertainty based on crop simulation approaches. *Plants*, 12(14), 2709.

- Roudier, P., Sultan, B., Quirion, P., & Berg, A. (2011). The impact of future climate change on West African crop yields: what does the recent literature say?. *Global environmental change*, 21(3), 1073-1083.
- Savabi, M. R., & Stockle, C. O. (2001). Modeling the possible impact of increased CO₂ and temperature on soil water balance, crop yield and soil erosion. *Environmental Modelling & Software*, 16(7), 631-640.
- Schlenker, W., & Roberts, M. J. (2008). *Estimating the impact of climate change on crop yields: The importance of nonlinear temperature effects* (No. w13799). National Bureau of Economic Research.
- Sen, B., Topcu, S., Türkeş, M., Sen, B., & Warner, J. F. (2012). Projecting climate change, drought conditions and crop productivity in Turkey. *Climate Research*, 52, 175-191.
- Shin, Y., & Pesaran, M. H. (1999). An autoregressive distributed lag modelling approach to cointegration analysis. In *Econometrics and economic theory in the 20th century: The Ragnar Frish centennial symposium* (pp. 371-413). Cambridge University Press.
- Shin, Y., Yu, B., & Greenwood-Nimmo, M. (2014). Modelling asymmetric cointegration and dynamic multipliers in a nonlinear ARDL framework. In *Festschrift in honor of Peter Schmidt: Econometric methods and applications* (pp. 281-314). New York, NY: Springer New York.
- Singh, B., El Maayar, M., André, P., Bryant, C. R., & Thouez, J. P. (1998). Impacts of a GHG-induced climate change on crop yields: effects of acceleration in maturation, moisture stress and optimal temperature. *Climatic Change*, 38(1), 51-86.
- Streck, N. A. (2005). Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. *Ciência Rural*, 35(3), 730-740.
- Tatar, Ö. (2016). Climate change impacts on crop production in Turkey. *Lucrări Științifice* 59(2).
- Tubiello, F. N., & Ewert, F. (2002). Simulating the effects of elevated CO₂ on crops: approaches and applications for climate change. *European Journal of Agronomy*, 18(1-2), 57-74.
- Verón, S. R., De Aballeyra, D., & Lobell, D. B. (2015). Impacts of precipitation and temperature on crop yields in the Pampas. *Climatic change*, 130(2), 235-245.
- Waha, K., Müller, C., & Rolinski, S. (2013). Separate and combined effects of temperature and precipitation change on maize yields in sub-Saharan Africa for mid-to late-21st century. *Global and Planetary Change*, 106, 1-12.
- Wilcox, J., & Makowski, D. (2014). A meta-analysis of the predicted effects of climate change on wheat yields using simulation studies. *Field Crops Research*, 156, 180-190.
- Xiao, G., Liu, W., Xu, Q., Sun, Z., & Wang, J. (2005). Effects of temperature increase and elevated CO₂ concentration, with supplemental irrigation, on the yield of rain-fed spring wheat in a semiarid region of China. *Agricultural Water Management*, 74(3), 243-255.
- Yang, P., Wu, W., Li, Z., Yu, Q., Inatsu, M., Liu, Z., ... & Tang, H. (2014). Simulated impact of elevated CO₂, temperature, and precipitation on the winter wheat yield in the North China Plain. *Regional Environmental Change*, 14(1), 61-74.
- Yano, T., Aydin, M., & Haraguchi, T. (2007). Impact of climate change on irrigation demand and crop growth in a Mediterranean environment of Turkey. *Sensors*, 7(10), 2297-2315.
- Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D. B., Huang, Y., ... & Asseng, S. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of sciences*, 114(35), 9326-9331.

- Zimmermann, A., Webber, H., Zhao, G., Ewert, F., Kros, J., Wolf, J., ... & de Vries, W. (2017). Climate change impacts on crop yields, land use and environment in response to crop sowing dates and thermal time requirements. *Agricultural Systems*, *157*, 81-92.
- Zscheischler, J., Orth, R., & Seneviratne, S. I. (2017). Bivariate return periods of temperature and precipitation explain a large fraction of European crop yields. *Biogeosciences*, *14*(13), 3309-3320.