

MÜZİK PRODÜKSİYONUNDA KOMPRESÖR EKLENTİLERİNİN DİNAMİK ARALIĞA ETKİLERİ

THE EFFECTS OF COMPRESSOR PLUG-INS ON THE DYNAMIC RANGE IN MUSIC PRODUCTION

Dr. Öğr. Üyesi Kadri Yılmaz ERDAL

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Türk Müziği Devlet Konservatuvarı
Müzik Teknolojisi Bölümü, kyerdal@mehemetakif.edu.tr

Burdur / Türkiye

ORCID: 0000-0003-1257-1751

ÖZET

Bu çalışma, ses işleme ve müzik prodüksiyonunda dinamik işlemcilerin rolünü ve farklı tasarım türlerinin ses sinyali üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Dinamik işlemcilerin tasarımları ve parametreleri hakkında bilgi verilmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında analiz edilen ses örneğinin oluşturulması için sanal enstrüman eklentisinden mono örnek kaydı alınmıştır. Bir ses sinyalinin genel zarf yapısı özelliklerinin tümünü barındırması bakımından basgitar modellemesinden alınan ses örneği tercih edilmiştir. Bu doğrultuda ses örneğinin kayıt aşamalarındaki dış etkenlerden uzak tutulmuş olması ve çalışmanın tekrarlanabilir ve geliştirilebilir olması bakımından sanal enstrümandan seçilmiştir. Dinamik işlemcilerin ses sinyallerini kontrol etme, dengeleme ve duysal etkiler oluşturma açısından temel araçlar olarak kullanılır. Bu bağlamda dinamik işlemciler sınıfında yer alan kompresörlerin ve temel parametreleri ve farklı tasarım türlerinin ses sinyali üzerindeki etkileri incelenmiştir. Farklı kompresör tasarımlarının tonal karakteristikler ve dinamik değişimler üzerindeki farklılıkları gözlemlenmiştir. Bu kapsamda FET, VCA, Vari-Mu, Optik ve Dijital kompresör eklentilerin ses sinyali üzerindeki etkileri analiz edilmiş ve sonuçları sunulmuştur. Bu analizler, müzik teknolojisi alanında çalışan öğretim elemanlarına, öğrencilere, bu alana ilgi duyanlar ve çalışmalar yapanlar için farklı kompresör tasarımlarının seçimine yönelik rehberlik sağlayabilir. Gelecekteki çalışmalarda farklı müzik türleri, enstrümanlar ve kayıt koşullarının kompresör tasarımlarının etkileri üzerindeki rolü daha derinlemesine araştırılabilir, deneysel veri toplanarak ve makine öğrenimi teknikleri kullanılarak daha kapsamlı sonuçlara ulaşılabilir.

Anahtar Kelimeler: Müzik Teknolojileri, Kompresör, Dinamik İşlemci, Dinamik Aralık

ABSTRACT

This study investigated the role of dynamic processors in audio processing and music production and the effects of different types of design on the audio signal. It has been tried to give information about the designs and parameters of dynamic processors. In order to create the sound sample analyzed within the scope of the study, a mono sample recording was taken from the virtual instrument plug-in.

The sound sample taken from the bass guitar model was preferred in order to contain all the general envelope structure features of an audio signal. In this direction, the sound sample was chosen from the virtual instrument in order to keep it away from external factors during the recording stages and to make the work repeatable and developable. It is used as basic tools for dynamic processors to control and balance audio signals and create sensory effects. In this context, the effects of compressors in the dynamic processor class and their basic parameters and different design types on the audio signal are examined. Differences in tonal characteristics and dynamic changes of different compressor designs have been observed. In this context, the effects of FET, VCA, Vari-Mu, Optical and Digital compressor plug-ins on the audio signal were analyzed and the results were presented. These analyzes can provide guidance for the selection of different compressor designs for lecturers, students, and those interested in and working in the field of music technology. In future studies, the role of different music genres, instruments and recording conditions on the effects of compressor designs can be explored more deeply, and more comprehensive results can be reached by collecting experimental data and using machine learning techniques.

Keywords: Music Technologies, Compressor, Dynamic Processor, Dynamic Range

1. GİRİŞ

Müzik prodüksiyonu, sesli dijital içerik gibi ses kaydına dayalı üretim alanlarında ses kaynağından elde edilen ürün yani ses sinyali temel çalışma konusudur. Bu bağlamda ses kaydından elde edilen sinyaller kayıt, düzenleme (edit) miks ve post prodüksiyon süreçlerinden geçerek endüstri standartları için kabul edilmiş olan bir ürün haline gelmektedir. Müzik ve ses kayıtları ile yapılacak olan prodüksiyonlarda, ses sinyallerinin üzerinde efekt ve dinamik işlemciler kullanılarak zarf yapıları, frekans ve dinamik aralıkları gibi yapısal özelliklerinde değişiklikler yapılmaktadır. Profesyonel bağlamda deneyimler ve gelişen ihtiyaçlar doğrultusunda bu işlemciler zaman içerisinde sinyal işlemede daha kapsamlı hale gelmiştir. Efekt işlemciler, ses sinyaline yaratıcı ve uzamsal efektler eklemek için kullanılmaktadır ve yaygın efektler arasında reverb, delay, chorus, flanger ve phaser bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında ses ve müzik miks sürecinde kullanılan dinamik işlemci sınıfında yer alan kompresör eklentileri incelenmiş, efekt işlemciler araştırma konusu dışında bırakılmıştır.

Dinamik işlemciler, müzik endüstrisi içinde ses sinyalleri üzerinde uzun zamandır kullanılmaktadır. 1950 ve 1980 yılları arasında, ses kompresörü müzik endüstrisinde önemli bir rol oynamıştır. Ses kompresyonu yani sıkıştırma, müzik prodüksiyonu, konuşma iletişimi ve yayıncılıkta yaygın olarak kullanılan doğrusal olmayan bir ses sinyali koşullandırma tekniğidir. 1950'lerin ortalarına kadar kayıt ve yayın teknolojisi sınırlı olanaklara sahipti ve dinamik aralığı dengelemek için manuel kontroller kullanıldığı bilinmektedir. 1950'lerin sonlarında ise ilk elektromekanik kompresörler geliştirildiği ve bu cihazlar ile ses sinyallerinin geniş dinamik aralığını otomatik olarak kontrol dilmeye başlandığı görülmektedir. 1980'lerde dijital işleme teknolojisi geliştikçe dijital ses dinamiği işlemcileri ortaya çıkmıştır. Ses sinyalini daha hassas ve esnek kontrol olanağı, kayıtların ve yayınların ses kalitesini artırmıştır. Erken dönem mimari akustikten elektromekanik ve elektronik cihazlara ve günümüzde müzik üretim stüdyolarının dijitalleşmesine kadar teknoloji, müzik üretiminde kullanılan araçların ve efektlerin şekillenmesinde önemli bir rol oynamıştır (Wilmering, Moffat, Milo, & Sandler, 2020; Sheng & Fazekas, 2019).

Günümüzde halen dinamik işlemciler stüdyo kayıtlarında ve canlı performanslarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ses efektleri işleminin gelişimi, müzik endüstrisindeki ses algısını önemli ölçüde etkilemiştir. Araştırmacılar, dinamik aralık sıkıştırma da dahil olmak üzere ses efektlerinin, belirli ses niteliklerinin algılanması, genel ses kalitesi üzerindeki etkisi ve çok kanallı ses miksi boyutundaki parametrik yöntemleri incelemiştir. Ses sinyalinin, duyumda oluşan algısının ses efektleri işleme uygulamasından etkilendiği ve farklı işleme tekniklerinin genel ses kalitesi üzerinde etkilerinin olduğu bilinmektedir. Örneğin, solo bir enstrümana kompresyon eklemek onun mikste öne çıkmasına yardımcı olabilmektedir.

Benzer şekilde, davul kayıtları üzerine çalışılırken seviyelerinin daha düzgün algılanması veya varlık (presence) kazanması yani biraz daha baskın ve belirgin şekilde duyulmasına yardımcı olmak için de kullanılmaktadır. Dinamik aralık sıkıştırma (Dynamic Range Compression) kullanımı, ses sinyali koşullandırmada yaygın olarak benimsenen bir tekniktir ve istenen ses kalitesini elde etmek için bir ses sinyalinin dinamik aralığını manipüle etmeyi içermektedir (Sheng & Fazekas, 2019; Bromham, Moffat, Barthet, Danielsen, & Fazekas, 2019; d'Esquivan, 2012; Wang, Wu, & Wang, 2022; Gallagher, 2009).

Ses kaynağından elde edilen ses sinyalinin kalitesini, etkisini belirleyen temel faktörlerden biri dinamik aralıktır ve geleneksel müzik prodüksiyonundan günümüze kadar dinamik aralığın yönetimi, ses kaydında istenen duyuşsal etkiyi elde etmek için önemli bir konu olmuştur. Geleneksel dinamik işlemciler, özellikle ses kompresörleri, müzik endüstrisinde ses sinyali koşullandırmada ve dinamik aralığın dengelenmesinde önemli bir rol oynamıştır. Bu işlemciler sayesinde ses sinyalinin yüksek ve düşük dinamik seviyeleri arasındaki fark azaltılarak daha homojen bir dinamik seviye elde edilirken, istenilen ses öğelerinin ön plana çıkması veya geri çekilmesi sağlanmıştır. Günümüzde ise teknolojinin ilerlemesiyle birlikte dijital dinamik işlemciler ve makine öğrenimi algoritmaları gibi yenilikçi yaklaşımların ses sinyalinin daha ince ayarlı ve özelleştirilmiş bir şekilde işlenmesine olanak sağladığı bilinmektedir. Son yıllarda, müzik miks sürecinde ses sıkıştırmaya uygulanabilen ses segmentasyonu ve tespiti için makine öğrenimi algoritmalarında gelişmeler görülmektedir. Bu algoritmalar, ses sinyali üzerinde fon müziği, konuşma, müzik veya sessizlik gibi farklı ses bölgelerini otomatik olarak algılayıp sınıflandırarak kompresyon işlemi için bilgiler sağlayabilmektedir (Venkatesh, Moffat, & Miranda, 2021).

Bu çalışma, kompresör türlerinin ses sinyali üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Ülkemizde yapılan önceki çalışmalar, kompresör türlerinin ses sinyali üzerindeki çeşitli etkilerini ele almış ve önemli bulgular sunmuştur. Özellikle, Işık (2023) çalışmasında, kompresör türlerinin ses karakterleri ve müzik türleri ile olan ilişkileri hakkında dikkate değer bilgiler sunmuştur. Diğer bir çalışmada ise Delen (2017) bağlama kayıtlarında kompresörün etkilerini araştırmış ve bu alandaki teorik çerçeveyi genişletmiştir. Bu çalışma, kompresör türlerinin belli değerlerdeki parametrelerinin sinyaldeki dinamik aralık ve frekans bazlı değişikliklerini inceleyerek geçmiş araştırmaların bulgularına ampirik bir bakış açısıyla temel düzeyde katkı sağlamayı hedeflemiştir.

2. ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ

Bu araştırmanın amacı, ses ve müzik prodüksiyonu sürecinde kullanılan farklı tasarımlara sahip kompresör eklentilerini tanıtmak ve parametreleri hakkında bilgiler sunarak ses sinyali üzerindeki dinamik aralığa olan etkilerini açıklamaktır. Araştırmanın müzik ve müzik teknolojileri alanındaki öğrencilere, öğretim elemanlarına ve literatüre katkı sağlaması bakımından önem taşıdığı düşünülmektedir.

3. YÖNTEM

Araştırmada, sinyallerin kompresör eklentilerden geçirilmesi için Avid Pro Tools 2023.6 kullanılmıştır. Analiz edilen ses örneğinin oluşturulması için ModoBass sanal enstrüman eklentisinden, sesin sönümlenme süresi beklenecek (25 saniye) la notası (440 Hz) 24 bit - 44.100 kHz örnekleme hızı ile mono örnek kaydı alınmıştır. Bir ses sinyalinin genel zarf yapısı özelliklerinin tümünü barındırması bakımından basgitar modellemesinden alınan ses örneği tercih edilmiştir. Bu doğrultuda ses örneğinin farklı koşullar altında kayıt edilmiş bir örnekte yer alacağı düşünülen dış etkenlerden uzak tutulmuş olması ve bu çalışmanın başka araştırmacılar tarafından da tekrarlanabilir ve geliştirilebilir olması bakımından sanal enstrümandan seçilmiştir.

Çalışma kapsamında deneysel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Sosyal bilim araştırmalarında değişkenler arasında nedensel ilişkileri test etmek için en güçlü yöntem deneysel araştırma yöntemleridir.

Deneysel araştırmalar, araştırmacıya incelediği bağımsız değişkenlere mşdahale ederek bağımlı değişken üzerindeki değişimleri mukayese etme imkânı verdiğinden olgular arasında sebep-sonuç ilişkisi (nedensellik) yorumu daha kolay yapılabilmektedir (Gşrbşz & şahin, 2018). Bu bağlamda, alınan örnek ses sinyali Pro Tools'da stok eklenti olan Dijital D3CL eklentisi ve Brainwoks tarafından geliştirilen FET, VCA, Vari-mu ve Optik tasarımlara sahip kompresör eklentilerinden geçirilerek Huber & Runstein (2018), tarafından tavsiye edilen basgitar kompresör ayarları kullanarak ölçşmler yapılmıştır. Orijinal sinyal referans olarak kullanılmıştır ve kompresörden geğirilen sinyalden elde edilen veriler Bozkurt (2022) tarafından geliştirilen Phyton ile Ses İşlemeye Giriş internet sayfasından yararlanılarak ikili karşılaştırma yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

4. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

4.1 Kompresör Tasarımları ve Parametreleri

Ses sinyallerinin dinamik aralığını kontrol etmeye yardımcı olan, bir sesin en yüksek ve en yumuşak kısımları arasındaki farkı azaltan bir arağtır ve daha dengeli ve kontrollş bir ses çıkışı sağlamaktadır. Otomatik ses kontrolş aracılığıyla dinamik aralığı veya kazancı azaltan bir sinyal işlemcidir ve giriş sinyali seviyesi önceden belirlenmiş bir noktanın üzerine çıktıkça kazancı veya sinyal seviyesini bir oran ayarı tarafından azaltan ve çıkış sinyalinin giriş seviyesine kıyasla ne kadar yükselmesine izin verildiğini belirleyen bir amplifikatör şeklinde çalışmaktadır. Dinamik işlemciler mikste dengeli ve kontrollş bir ses elde edilmesini sağlamaktadır (Gallagher, 2009; Bartlett & Bartlett, 2009; Wang, Wu, & Wang, 2022; Durmaz, 2009).

Gallagher (2009) kompresör ile ilgili örnek olarak, 2:1 oranın ayarlandığında giriş seviyesinin arttığı her iki desibel için çıkışın bir desibel artmasına, 5:1 oranda ise giriş seviyesinin arttığı her beş desibel için çıkışın bir desibel artmasına izin verildiğini belirtmiştir. Diğer kontrollerin, kompresörün eşiği (treshold) geğtikten sonra sinyal üzerinde ne kadar hızlı çalışacağını atak (attack) ve kompresörün, sinyalin eşiğ değerinin altına düştükten sonra ne kadar hızlı bırakacağı konusunda salınım (release) parametresinin, sıkıştırmanın oluşmaya yani sesin değişmeye başladığı noktada tepkinin sert ve hızlı, yumuşak ve yavaş olarak ayarlamak için diz (knee) parametresinin, cihazın sıkıştırma uygulandığı ses sinyalindeki azalan hacmini telafi etmesi için kazanç (Gain) parametresinin kullanıldığını ifade etmiştir.

Farklı tasarımlara sahip FET, Vari-Mu, Optik, VCA ve Dijital kompresör eklentiler ses ve müzik miks aşamasında ses kompresyon işleminde, çeşitli bileşenler ve teknikler ile birlikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Optik, VCA (Voltaj Kontrollş Amplifikatör) ve FET (Alan Etkili Transistör) kompresörler analog ses kompresörü türleri şeklinde sınıflandırılmaktadır. Her türün kendine ait özellikleri vardır ve farklı kullanımlara uygun olduğu bilinmektedir. Alan etkili transistörlere (Field Effect Transistors) sahip kompresörler, özellikle enstrşmanların ve vokallerin dinamiklerini vurgulamak için kullanılmaktadır. Sıcak bir renk, karakter ve doygunluk ekleyebilirler. Devresinde alan etkili transistörler kullanan FET kompresörler, hızlı atak ve salınım süresi ayrıca düşük bozulma özellikleriyle öne çıkmaktadırlar (Venkatesh vd., 2021; Gallagher, 2009; Izhaki, 2018).

Değişken kazanç (Vari-Mu) tasarımı, kazanç kontrol elemanı olarak vakum tüpleri ve değişken-kazanç tüpü kullanan başka bir ses kompresörü türüdür. Bu tasarım, pürşzsüz, şeffaf sıkıştırma özellikleriyle bilinir ve Vari-mu- kompresör tasarımları değişken kazançlı amplifikatörler olarak tanımlanır. Değişken kazançlı tasarımlarında oran kontrolş yoktur; giriş seviyelerine göre artan miktarda kazanç azalımı uygulamaktadırlar. Ancak bu sadece kompresör normal çalışma düzeyine döndüğünde yani doğrusalına döndüğş noktaya kadar geręekleřir ve bu özellik, yüksek geğişlerde kısılmadığı için vurmali enstrşmanlar için iyi çalışmaktadır. Vari-mu tasarımları optik tasarımlardan daha hızlı atak ve salınımaya sahipken VCA tasarımlar veya FET kadar hızlı değerildir. (Izhaki, 2018; Moore, 2020; Gallagher, 2009).

Optik (Opto) tasarımı, kazanç kontrol elemanı olarak ışığa bağlı direnç (LDR) gibi optik bir cihazın kullanılmasına dayanır. Bu tasarım, genellikle vokaller ve enstrşmanlar için kullanılan pürşzsüz ve doğal kompresyon özellikleriyle bilinmektedir.

Optik kompresörler, ışık yoluyla çalışan elektro-optik devreler kullanarak ses sinyalini, ışığa duyarlı bir foto direnç adı verilen yarı iletken bir tabaka tarafından algılanır ve bu da kompresyon miktarını belirler. Foto direnç adı verilen tabaka, gözbebeklerinin gibi değişen ışık yoğunluğuna yanıt olarak küçülüp genişlemesinin biraz zaman alması gibi, müzik dinamikleriyle karşılaştırıldığında tepkimesi yavaştır. Bu nedenle optik kompresörler tüm kompresörler arasında en yavaş yanıt sürelerini vermektedir. Sesin tonal dengesini korumak için frekansa bağımlı atak özelliği farklı frekans aralıkları için farklı atak süreleri sağlayarak tasarlanmıştır. Eşik, oran ve diğer ayarlar, kompresörün tepkisini özel olarak ayarlamak için kullanılmaktadır. Özellikle eski tasarıma sahip optik kompresörlerde atak ve salınım eğrileri kesin değildir ve bu kompresörlere çok benzersiz bir karakter kazandırdığı bilinmektedir. Optik kompresörler genellikle sıcak ve yumuşak bir karaktere sahip olup, vokaller gibi dinamik detayların korunması gereken seslerde tercih edilmektedir (Izhaki, 2018; Moore, 2020; Gallagher, 2009).

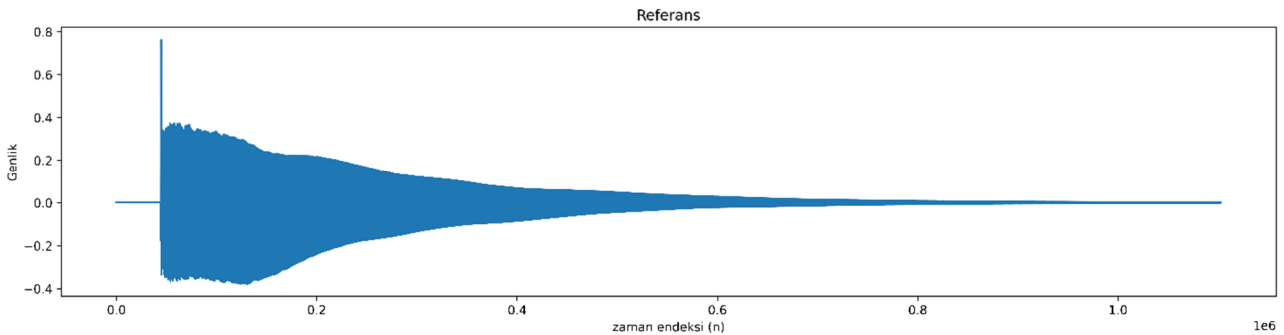
VCA kompresörler gerilim kontrollü amplifikatörler anlamına gelir ve çoğu modern kompresörde kullanılır. Bu kompresörler, hızlı ve hassas kompresyon sağlayabilmektedir. Ayarlanabilir parametreleri sayesinde profesyonel ses uygulamalarında geniş bir kullanım alanına sahiptirler. (Izhaki, 2018; Moore, 2020).

Dijital kompresörler, sayısal işleme teknolojisinin gelişimiyle birlikte ortaya çıkmıştır. Bu tür kompresörler, analog kompresörlerin karakteristiklerini yansıtabilirken yardımcı sinyal odaklı işleme (side chain) filtreleme ve gelişmiş ölçüm seçenekleri gibi ek özellikler sağlayarak daha fazla esneklik sunabilmektedir. Ayrıca parametreler dijital olarak ayarlanabilir ve önceden kaydedilen ayarlar sayesinde iş akışını hızlandırabilmektedir. Dijital kompresörler olabildiğince hassas çalışabilmektedir. Hızlı yanıt sürelerine sahip olmaları atak ve salınım sürelerinde esnek bir şekilde çalışılmasına olanak tanır (Izhaki, 2018; Moore, 2020; Gallagher, 2009).

Dijital kompresörlerin esnek tasarımları sayesinde çok bantlı (multiband) kompresörler geliştirilmiştir. Bu kompresörler ses spektrumunu farklı bantlara bölerek ve her bant üzerinde ayrı ayrı kompresyon uygulanmasını sağlayabilmektedir (Gallagher, 2009). Bu durum geniş ya da dar bir frekans aralığında daha ince ayarlar yapabilmek için kullanışlı olmaktadır. Kompresör tasarımları, müzik prodüksiyonunda istenilen ses sonucunu elde etmek için esneklik ve kontrol sağlamaktadır. Tasarım farklılıkları nedeniyle ses mühendisleri genellikle farklı kompresörleri kayıt ve miksin aşamalarında kullanmaktadır.

5. BULGULAR VE YORUM

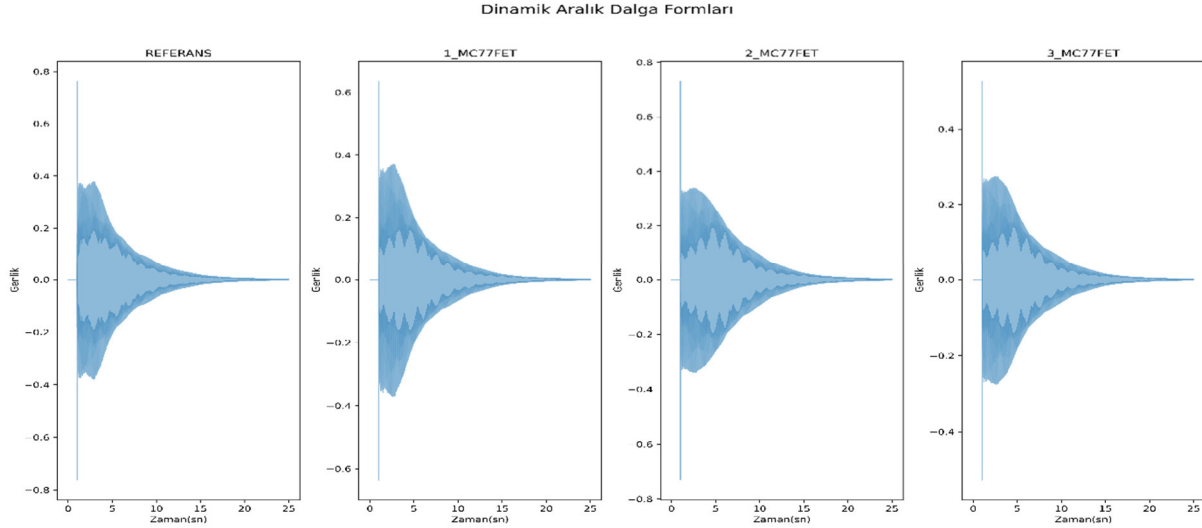
Araştırma kapsamında yapılan analizlerde kullanılan referans sinyal, sanal ses eklentisinden oluşturulmuştur. Bu sinyal kompresör tasarımlarındaki farklı önceden kayıt edilmiş ayarlardan geçirilerek işlenmiş sinyaller elde edilmiştir. Temelde referans sinyal üzerinden analiz yapılmıştır ve referans sinyal dalga formu aşağıda Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1: Referans sinyal dalga formu.

5.1 FET Kompresörün Ses Sinyali Üzerindeki Etkisi

Referans sinyal kaydı MC77 FET tasarıma sahip kompresör eklentiden geçirilmiştir. FET tasarıma sahip kompresörlerde atak parametresi diğer tasarımlara göre çok hızlı devreye girmektedir. Ayrıca FET kompresörler tasarımlarından kaynaklı ses sinyalleri üzerinde tonal etkiler de göstermektedir. Ses sinyaline bu eklentide önceden ayarlanmış üç ayrı ayar uygulanmıştır.



Şekil 2: Referans sinyal ve MC 77 kompresör ile işlenmiş sinyallerin dinamik aralık dalga formları.

İlk olarak MC 77 kompresör tasarımından kaynaklı ayrı bir eşik parametresine sahip olmadığı için fabrika varsayılanı giriş/eşik seviyesine, 4:1 oranına ve yaklaşık 30 mikrosaniye atak hızına, 250 milisaniyelik salınım ve varsayılan çıkış seviyesine ayarlanmıştır ve ses sinyaline kompresyon işlemi uygulamıştır. Elde edilen grafikler incelendiğinde (Şekil 2), referans sinyalin başlangıç zamanında genlik seviyesi 0.8 değerine yakın olduğu ve zarf yapısı gereği ve sonrasında normal bir düşüş ve salınım göstermektedir. İlk işlenen sinyal dinamik aralıkta azalma olmasına rağmen kompresör tasarımı gereği kompres edilen sesin doygunluk ve yükseltilecek devam ettiği görülmektedir.

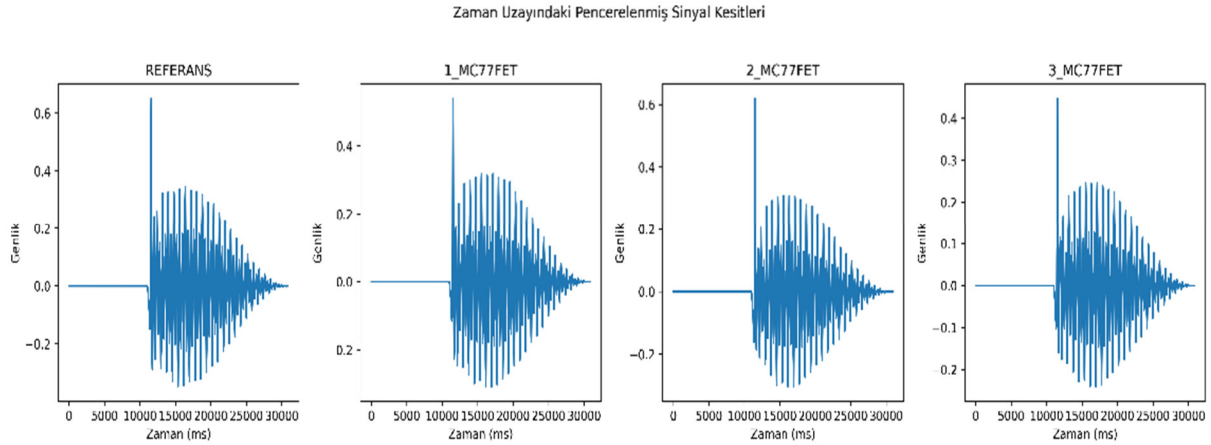
İkinci olarak kompresör fabrika varsayılanı giriş/eşik seviyesinden yaklaşık -3 dB azaltılmıştır. Oran, atak ve salınım ilk kompresyon işlemindeki gibi ayarlanmıştır ve kompresyon işlemi uygulamıştır. Elde edilen grafik incelendiğinde (Şekil 2), ikinci işlenen sinyalin, ilk beş saniyelik süreçte referans sinyal ve ilk işlenen sinyale göre dinamik aralıkta azalmanın daha fazla olduğu görülmektedir. İkinci sinyal 0.6 genlik değerinin biraz üstünde olduğu görülmekte salınımın süresince kompresyon etkisinin devam ettiği anlaşılmaktadır.

Üçüncü olarak kompresör fabrika varsayılanı giriş/eşik seviyesinden yaklaşık -6 dB azaltılmıştır. Oran, atak ve salınım ilk ve ikinci kompresyon işlemindeki gibi ayarlanmıştır ve kompresyon işlemi uygulamıştır. Elde edilen grafik incelendiğinde (Şekil 2), üçüncü işlenen sinyalin, ilk beş saniyelik süreçte referans, ilk ve ikinci işlenen sinyale göre dinamik aralıkta azalmanın daha fazla olduğu görülmektedir. Üçüncü sinyalin yaklaşık 0.5 değerinde genlik değerinde olduğu görülmekte salınımın süresince kompresyon etkisinin daha da etkili olduğu gözlemlenmiştir. İşlemlerden sonraki değerleri sayısal veri olarak görmek için Tablo 1'e bakınız.

Tablo 1. MC77 Kompresörde İşlem Görmüş Sinyallerin Dinamik Aralık Değerleri.

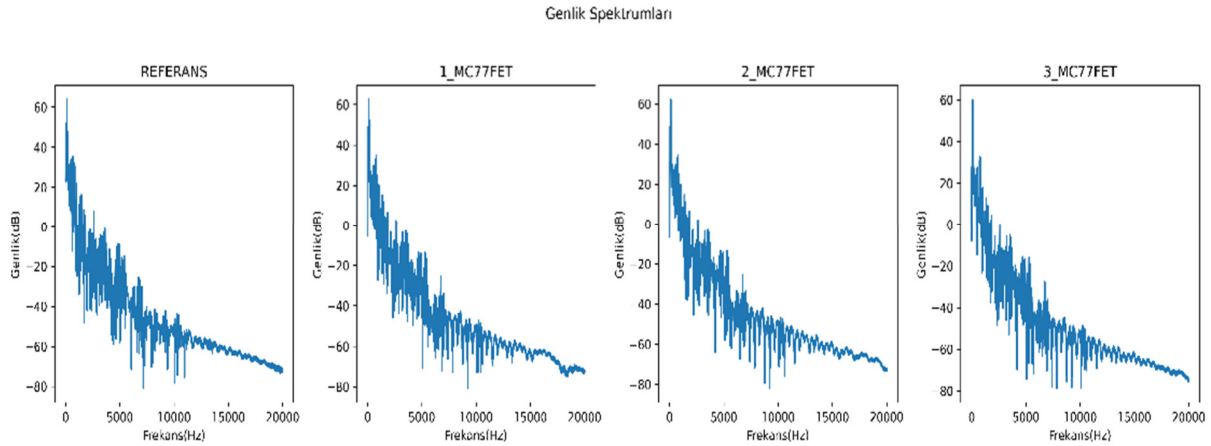
Kompresör	Referans Kayıt	1. İşlem Görmüş Sinyal	2. İşlem Görmüş Sinyal	3. İşlem Görmüş Sinyal
MC77	1.1414903	1.0063958	1.0030185	0.8023885

İşlenmiş sinyallerdeki dinamik aralıktaki değişiklikler zaman uzayındaki kesiti alınarak incelendiğinde (Şekil 3), sinyallerin zaman uzayı kesitlerinde de farklılıklar belirgin bir şekilde gözlenebilmektedir. Özellikle referans sinyal ve üçüncü işlenmiş sinyal arasındaki fark belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3: Referans sinyal ve MC 77 kompresör ile işlenmiş sinyallerin zaman uzayı kesitleri.

Genlik spektrumları (Şekil 4) incelendiğinde de sinyalin, kompresördeki üç farklı ayarında frekans bazlı dinamik aralıktaki değişiklikler görülmüştür. Üç işlenmiş sinyalde de 5-10 kHz aralığında FET kompresyonunun farklı etkileri görülmekte, referans ve ilk işlenmiş ses 5-10 kHz aralığında yakın değerleri vermiş olsa da ilk işlenmiş sinyal 6-8 kHz aralığında genlikte azalmaya sahiptir. 15-20 kHz aralığında ilk işlenmiş sinyal, referans sinyal ile karşılaştırıldığında genlik olarak farklılıklar gösterdiği ortadadır. Referans sinyal bu aralıkta daha düz bir eğriye sahipken, ilk işlenmiş sinyalde 16-17 kHz civarında genlikte azalma görülmektedir. İkinci ve üçüncü işlenen seslerde ise 15-20 kHz aralığında kompresyon etkisinin daha fazla olduğu ve 5-10 kHz aralığında frekans bazlı dinamik aralık değişikliklerinin benzer olduğu görülmüştür.

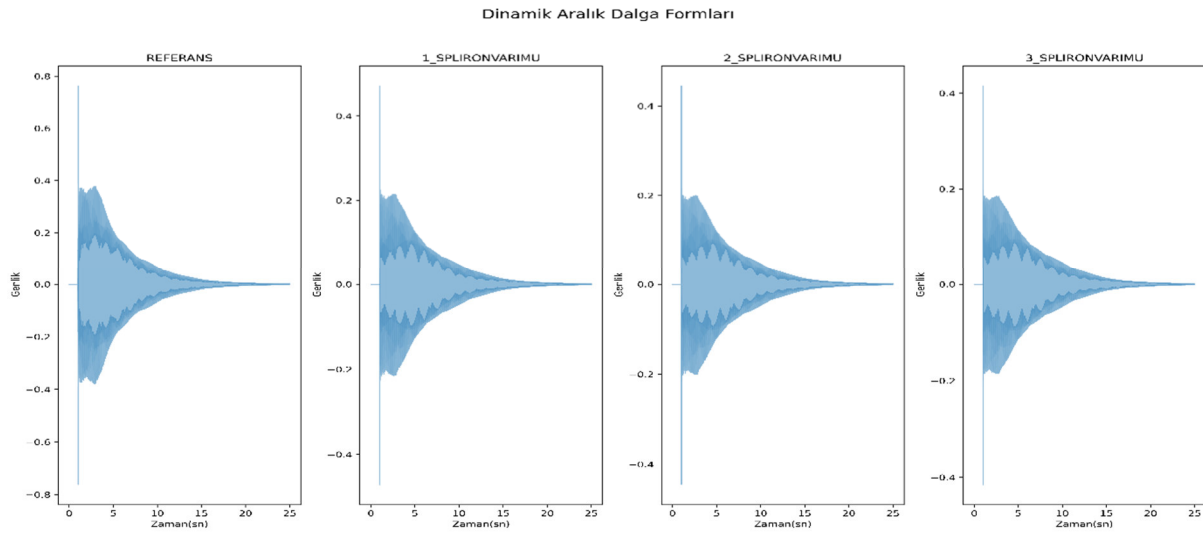


Şekil 4: Referans sinyal ve MC 77 kompresör ile işlenmiş sinyallerin genlik spektrumları.

Elde edilen veriler, FET tasarımına sahip kompresörlerin farklı işleme ayarları altında ses sinyali üzerindeki etkilerini bütünsel bir şekilde değerlendirmekte ve anlamamıza olanak sağlamaktadır. Özellikle giriş/eşik seviyesinin azaltılmasıyla birlikte dinamik aralıktaki azalmanın arttığı ve kompresörün belirgin bir şekilde etkili olduğu görülmektedir. Zaman uzayında yapılan kesit analizleri, işlenmiş sinyallerin zamansal davranışlarında belirgin varyasyonlar olduğunu göstermektedir.

5.2 Değişken Kazançlı (VARI MU) Kompresörün Ses Sinyali Üzerindeki Etkisi

Referans sinyal kaydı SPL IRON değişken kazançlı tasarıma sahip kompresör eklentiden geçirilmiştir. Değişken kazançlı tasarıma sahip kompresörlerde atak ve salınım parametresi hızlı şekilde devreye girmektedir. Bu kompresörler tasarımlarından kaynaklı ses sinyalleri üzerinde tonal etkiler de göstermektedir. Ses sinyaline bu eklentide önceden ayarlanmış üç ayrı ayar uygulanmıştır.



Şekil 5: Referans sinyal ve SPL IRON kompresör ile işlenmiş sinyallerin dinamik aralık dalga formları.

İlk olarak kompresör -21 dB eşik seviyesine, yaklaşık 10 milisaniye atak hızına ve 250 milisaniyelik salınım ayarlanmıştır. Bu tasarıma sahip kompresörlerde oran parametresi giriş-çıkış seviyelerine bağlı çalışmaktadır bu doğrultuda giriş-çıkış seviyeleri 0 dB seviyesinde tutulmuştur. Bu eklentide yer alan EQ parametresi kapalı tutulmuş ayrıca bir vakum tüpün çalışma noktasını ve işlevselliğini etkileyen Air Bias ve Tube bias parametresi fabrika varsayılanı şeklinde bırakılmıştır. Paralel bağlı tüpleri kontrol etmek amacıyla geliştirilmiş olan rectefier (düzeltici) parametresi ise doğrudan atak ve salınım parametrelerini etkilediği için Huber ve Runstein'ın (2018) önerdiği basgitar kompresör ayarlarını karşılayacak olan Germanium 1mf tüp ayarına getirilmiştir. Elde edilen grafikler incelendiğinde (Şekil 5), referans sinyalin başlangıç zamanında genlik seviyesi 0.8 değerine yakın olduğu ve zarf yapısı gereği ve sonrasında normal bir düşüş ve salınım göstermektedir. İlk işlenen ses sinyalinin dinamik aralığı referans sinyale göre belirgin bir şekilde azalmış ve yaklaşık olarak 0.5 değerine kadar gelmiştir.

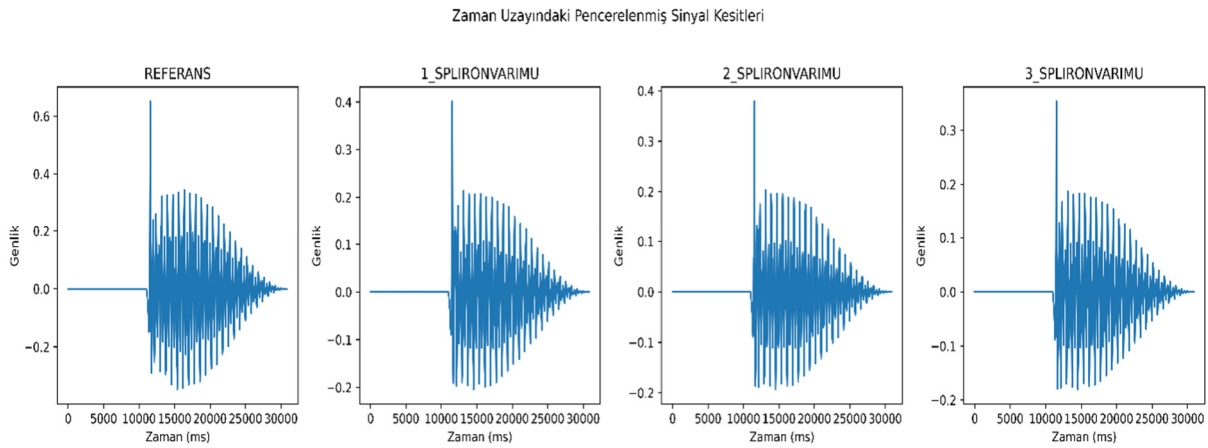
İkinci olarak kompresör eşik seviyesi -21 dB'den -3 dB azaltılmış ve -24 dB'ye ayarlanmıştır. Oran, atak ve salınım ilk kompresyon işlemindeki gibi ayarlanmıştır ve kompresyon işlemi uygulamıştır. Elde edilen grafik incelendiğinde (Şekil 5), ikinci işlenen sinyalde, ilk beş saniyelik süreçte referans ve ilk işlenen sinyale göre dinamik aralıktaki azalmanın daha fazla olduğu görülmektedir. İkinci sinyal 0.4 değerinin biraz üzerinde bir genlik değerinde olduğu görülmekte salınımın süresince kompresyon etkisinin devam ettiği anlaşılmaktadır.

Üçüncü olarak kompresör eşik seviyesi -24 dB'den -3 dB azaltılmış ve -27 dB'ye ayarlanmıştır. Oran, atak ve salınım ilk kompresyon işlemindeki gibi ayarlanmıştır ve kompresyon işlemi uygulanmıştır. Elde edilen grafik incelendiğinde (Şekil 5), üçüncü işlenmiş sinyalin, ilk beş saniyelik süreçte referans ve ilk iki işlenen sinyale göre dinamik aralığında azalmanın biraz daha fazla olduğu görülmektedir. Üçüncü sinyalin 0.4 değerini çok az şekilde geçtiği görülmekte salınımın süresince daha yüksek oranda kompresyon etkisinin devam ettiği anlaşılmaktadır. İşlemlerden sonraki değerleri sayısal veri olarak görmek için Tablo 2'ye bakınız.

Tablo 2. SPL IRON Kompresörde İşlem Görmüş Sinyallerin Dinamik Aralık Değerleri.

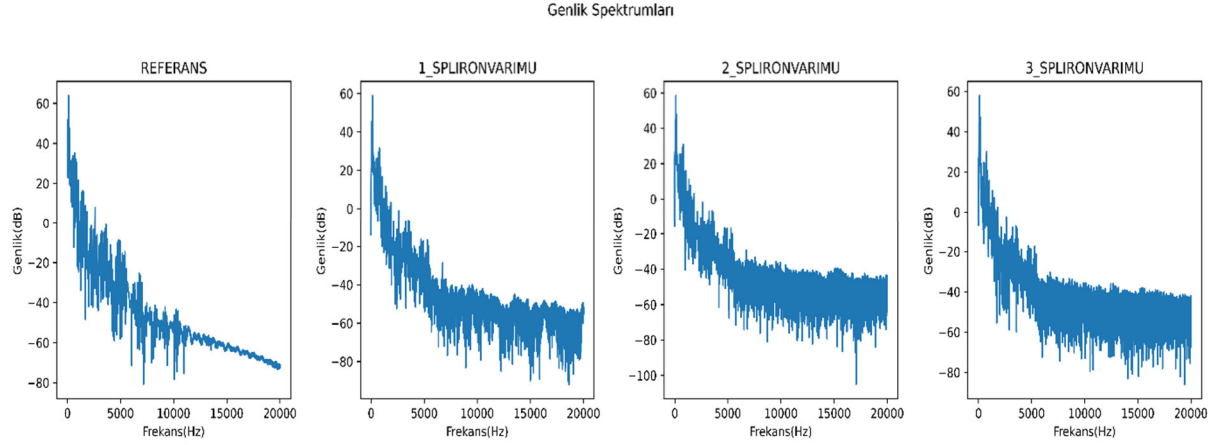
Kompresör	Referans Kayıt	1. İşlem Görmüş Sinyal	2. İşlem Görmüş Sinyal	3. İşlem Görmüş Sinyal
SPL IRON	1.1414903	0.69411427	0.66173804	0.62295926

İşlenmiş sinyallerdeki dinamik aralıktaki değişiklikler zaman uzayındaki kesiti alınarak incelendiğinde (Şekil 6), sinyallerin zaman uzayı kesitlerinde de farklılıklar belirgin bir şekilde gözlenebilmektedir. Özellikle Referans ve üçüncü işlenmiş ses sinyali arasındaki dinamik aralık farkı oldukça fazladır.



Şekil 6: Referans sinyal ve SPL IRON kompresör ile işlenmiş sinyallerin zaman uzayı kesitleri.

Genlik spektrumları (Şekil 7) incelendiğinde de sinyalin, kompresördeki üç farklı ayarda frekans bazlı dinamik aralıktaki değişiklikler görülmüştür. Referans sinyal ve diğer üç işlenmiş sinyal arasındaki tonal farklılıklar dikkat çekmiştir. Referans ile ilk işlenmiş ses sinyalindeki 5-10 kHz aralığındaki farklılıklar değişken kazançlı tasarımın sese kattığı etkiyi göstermektedir. 15-20 kHz aralığında işlenmiş diğer üç ses örneğinde de kompresör tasarımına ait ses üzerindeki doygunluk görülmektedir. Bu kompresör tasarımının eşik seviyesi düşürüldükçe ses sinyali üzerindeki etkisinin yoğunlaştığı ortaya çıkmaktadır. Üçüncü işlenmiş sinyalde frekans bazlı dinamik aralık farklılıklarını hem kompres edildiği hem de değişken kazançlı tasarımında yer alan vakum tüplerin tonal etkisi de belirgin şekilde görülmektedir.



Şekil 7: Referans sinyal ve SPL IRON kompresör ile işlenmiş sinyallerin genlik spektrumları.

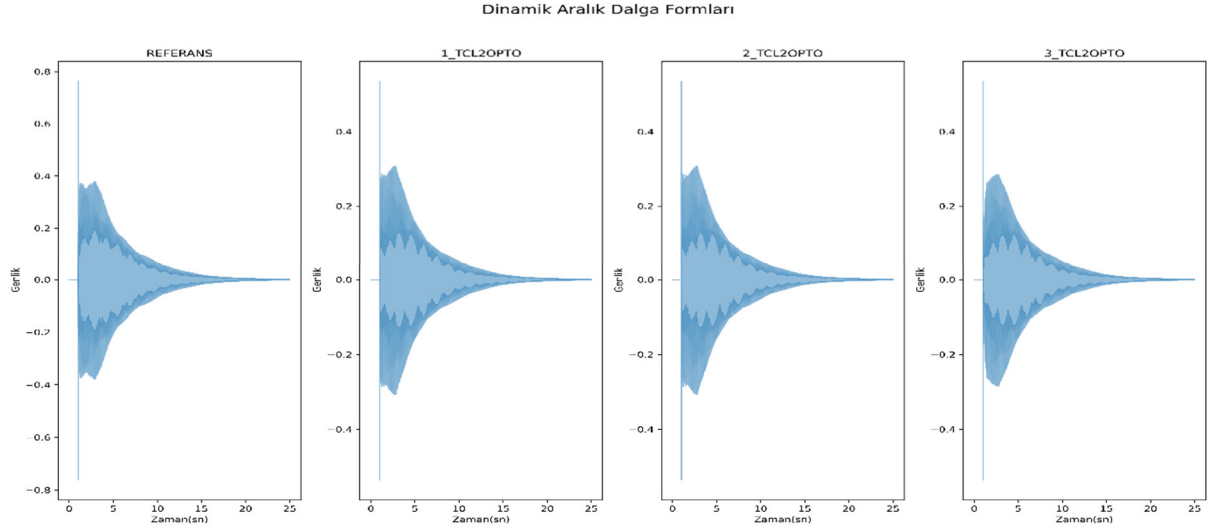
Değişken kazançlı tasarımının esas özelliği, işlenen sesin dinamiğini dengelerken doğal ve organik bir yaklaşım sunduğu söylenebilir. Değişken kazançlı yapı, sıkıştırma etkisinin daha yumuşak ve yavaş bir şekilde uygulanmasını sağlamaktadır. Böylece sesin karakteri ve dinamiği korunurken gerektiğinde sıkıştırma sağlanabilmektedir. Değişken kazançlı kompresörlerin dinamik aralığa ve frekans bazlı değişikliklerdeki doygunluk eklem özelliği ile miks ve müziğin son düzenlemesi ve en iyi kaliteye ulaştırılması süreci olan mastering aşamasında kullanıldığı görülmektedir.

5.3 Optik Kompresörün Ses Sinyali Üzerindeki Etkisi

Referans sinyal kaydı, optik tasarıma sahip TCL 2 kompresör eklentiden geçirilmiştir. Optik tasarıma sahip kompresörler atak ve salınım parametresi en yavaş tepkiye sahip oldukları için yavaş çalışmaktadır. Bu kompresörler tasarımlarından kaynaklı ses sinyalleri üzerinde tonal etkiler de göstermektedir. Ses sinyaline bu eklentide önceden ayarlanmış üç ayrı ayar uygulanmıştır.

İlk olarak kompresör yaklaşık -21 dB eşik seviyesine, yaklaşık 10 milisaniye atak hızına ve 250 milisaniyelik salınım ayarlanmıştır. Oran parametresi 4:1, giriş-çıkış seviyeleri fabrika varsayılanı ayarlarında tutulmuştur. Elde edilen grafikler incelendiğinde (Şekil 8), referans sinyalin başlangıç zamanında genlik seviyesi 0.8 değerine yakın olduğu ve zarf yapısı gereği ve sonrasında normal bir düşüş ve salınım göstermektedir. İlk işlenen sinyalin dinamik aralığı referans sinyale göre belirgin bir şekilde azalmış ve yaklaşık olarak 0.5 değerine kadar gelmiştir.

İkinci olarak kompresör eşik seviyesi yaklaşık olarak -21 dB'den -3 dB azaltılmış ve -24 dB'ye ayarlanmıştır. Oran, atak ve salınım ilk kompresyon işlemindeki gibi ayarlanmıştır ve kompresyon işlemi uygulanmıştır. Elde edilen grafik incelendiğinde (Şekil 8), ikinci işlenmiş sinyalin, ilk beş saniyelik süreçte referans ve ilk işlenen sinyale göre dinamik aralığında azalmanın olduğu görülmektedir. İkinci sinyal yaklaşık 0.5 civarında bir genlik değerindedir ve ilk işlenmiş sinyal ve ikinci işlenmiş sinyal arasında fazla fark görülmemektedir. Bu durumun nedeni optik tasarıma ait atak parametresinin yavaş tepki vermesi olarak düşünülebilir. Optik tasarıma sahip kompresörler daha şiddetli sinyaller ile kullanıldığında bu durum değişiklik gösterebilir. Her iki işlenmiş sinyalde de salınımın süresince kompresyon etkisinin devam dinamik aralıklarında yakın değerde olduğu anlaşılmaktadır.



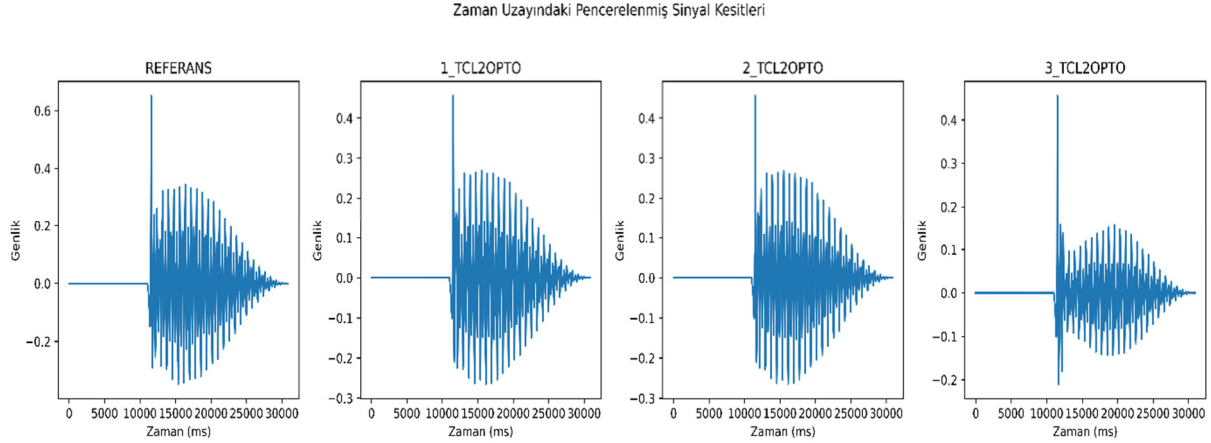
Şekil 8: Referans sinyal ve TCL2 kompresör ile işlenmiş ses sinyallerin dinamik aralık dalga formları.

Üçüncü olarak kompresör eşik seviyesi -24 dB'den -3 dB azaltılmış ve -27 dB'ye ayarlanmıştır. Oran, atak ve salınım ilk kompresyon işlemindeki gibi ayarlanmıştır ve kompresyon işlemi uygulanmıştır. Elde edilen grafik incelendiğinde (Şekil 8), üçüncü sinyalin ilk beş saniyelik süreçte referans ve ilk iki işlenen sinyale göre dinamik aralığında azalmanın çok daha fazla olduğu görülmektedir. Üçüncü sinyal 0.5 civarında bir genlik değerinde olduğu 0-5 saniye arasındaki genlik artışı ve eksi uçlarının kompres olduğu görülmekte salınımın süresince daha yüksek oranda kompresyon etkisinin devam ettiği anlaşılmaktadır. İşlemlerden sonraki değerleri sayısal veri olarak görmek için Tablo 3'e bakınız.

Tablo 3. TCL 2 Kompresörde İşlem Görmüş Sinyallerin Dinamik Aralık Değerleri.

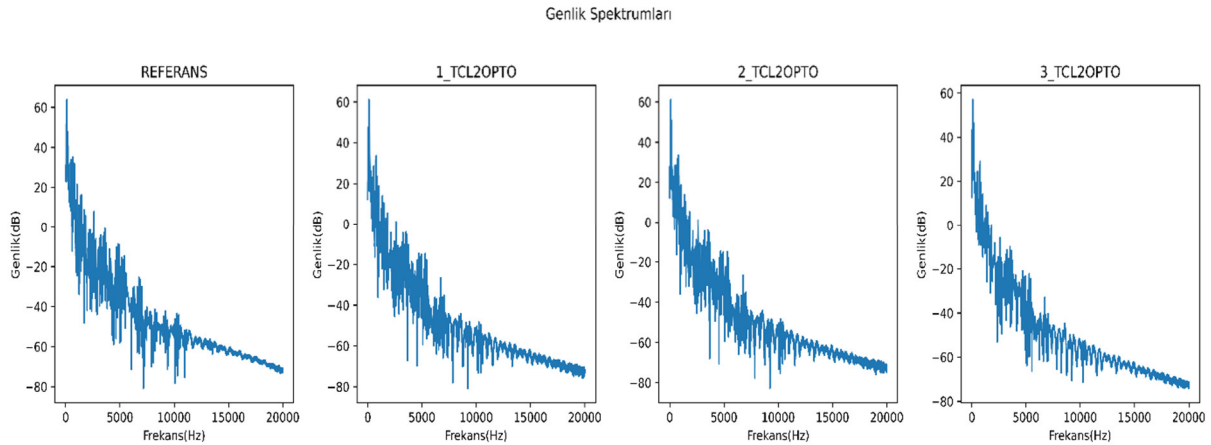
Kompresör	Referans Kayıt	1. İşlem Görmüş Sinyal	2. İşlem Görmüş Sinyal	3. İşlem Görmüş Sinyal
TCL 2	1.1414903	0.8433397	0.84294444	0.82093126

İşlenmiş sinyallerdeki dinamik aralıktaki değişiklikler zaman uzayındaki kesiti alınarak incelendiğinde (Şekil 9), sinyallerin zaman uzayı kesitlerinde de farklılıklar belirgin bir şekilde gözlemlenmektedir. Özellikle Referans ve üçüncü işlenmiş ses sinyali arasındaki dinamik aralık farkı oldukça fazladır ve üçüncü sinyalin zarf yapısındaki genel değişiklik görülebilmektedir.



Şekil 9: Referans sinyal ve TCL 2 kompresör ile işlenmiş sinyallerin zaman uzayı kesitleri.

Genlik spektrumları (Şekil 10) incelendiğinde de sinyaller üzerinde kompresördeki üç farklı ayardan kaynaklı frekans bazlı dinamik aralıktaki değişiklikler görülmüştür. Referans sinyal ve diğer üç işlenmiş sinyal arasında tonal farklılıklar görülmektedir. Referans ile ilk işlenmiş sinyaldeki 5-10 kHz aralığındaki farklılıklar optik tasarıma ait olan farklı frekans aralıkları için farklı atak sürelerine tepki vermesi ile ilişkilendirilebilir. İlk işlenmiş sinyaldeki 5 kHz civarındaki frekans bazlı etkiyi görülmektedir. İlk ve ikinci işlenmiş sinyallerin 15-20 kHz aralığında frekans genlikleri benzerlik göstermektedir. Üçüncü işlenmiş sinyal örneğinde de kompresörün etkisinin artması ile ilk ve ikinci işlenmiş sinyale göre frekansların daha tutarlı olduğu görülmektedir. Bu kompresör tasarımının eşik seviyesi düşürüldükçe ses sinyali üzerindeki etkisinin tasarımına bağlı olarak diğer kompresörlere göre daha tutarlı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 10: Referans sinyal ve TCL 2 kompresör ile işlenmiş sinyallerin genlik spektrumları.

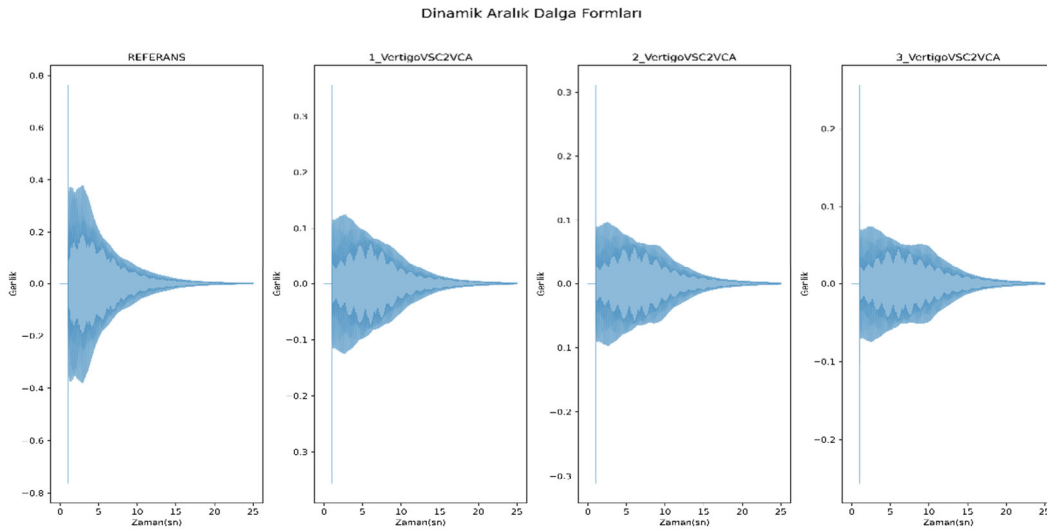
Özellikle önemli olan, optik kompresörlerin frekansa bağlı atak özellikleridir. Bu atak özelliği, farklı frekans aralıklarındaki ses sinyallerine farklı saldırı süreleri sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Bu şekilde, farklı frekanslara uygun tepkiler elde edilir. Bu nedenle, frekansa bağlı atak özelliği ve frekanslara göre tepki verme yeteneği ile öne çıkmaktadır. Bu bağlamda frekans bazlı atak özelliğinin sonuçlardaki genlik frekansı özelliğiyle örtüşüğü düşünülmektedir. Böylece kaynak sesin tonal dengesinin korunmasına katkıda bulunduğu ifade edilebilir.

5.4 Voltaj Kontrollü Amplifikatör (VCA) Tasarıma Sahip Kompresörün Ses Sinyali Üzerindeki Etkisi

Referans sinyal kaydı voltaj kontrollü amplifikatör tasarıma sahip Vertigo VSC kompresör eklentiden geçirilmiştir. Bu tasarıma sahip kompresörler hızlı atak ve salınım özellikleri ile ses sinyaline hızlı şekilde tepki verebilmektedir. Bu kompresörler tasarımlarından kaynaklı ses sinyalleri üzerinde tonal etkiler de göstermektedir. Ses sinyaline bu eklentide önceden ayarlanmış üç ayrı ayar uygulanmıştır.

İlk olarak kompresör -21 dB eşik seviyesine, 10 milisaniye atak hızına ayarlanmıştır. Kompresörün salınım parametresi 100 milisaniye ile 1.2 saniye arasında bölündüğü için 300 milisaniye ayarlanmıştır. Oran parametresi 4:1, kazanç parametresi ise fabrika varsayımı olarak ayarlanmıştır 0 dB' kalmıştır. Yardımcı sinyal işleme parametresi ise kapalı konumda tutulmuştur. Elde edilen grafikler incelendiğinde (Şekil 11), referans sinyalin başlangıç zamanında genlik seviyesi 0.8 değerine yakın olduğu ve zarf yapısı gereği ve sonrasında normal bir düşüş ve salınım göstermektedir. İlk işlenmiş sinyalin referans sinyale göre dinamik aralıkta azalma göstermiştir.

İkinci olarak kompresör eşik seviyesi yaklaşık olarak -21 dB'den -3 dB azaltılmış ve -24 dB'ye ayarlanmıştır. Oran, atak ve salınım ilk kompresyon işlemindeki gibi ayarlanmıştır ve kompresyon işlemi uygulanmıştır. Elde edilen grafik incelendiğinde (Şekil 11), ilk beş saniyelik süreçte referans ve ilk işlenen sinyale göre ikinci işlenmiş sinyalin dinamik aralığında azalmanın olduğu görülmektedir. İkinci sinyal yaklaşık 0.4 civarında bir genlik değerinde olduğu görülmektedir ve ilk işlenmiş sinyal ve ikinci işlenmiş sinyal arasında fark görülmektedir. Her iki işlenmiş sinyalde de salınımın süresince kompresyon etkisinin devam ettiği beş ve onuncu saniyeler arasında dinamik aralıkların, üçüncü işlenmiş sinyalde ikinci işlenmiş sinyale göre daha fazla azaldığı anlaşılmaktadır.



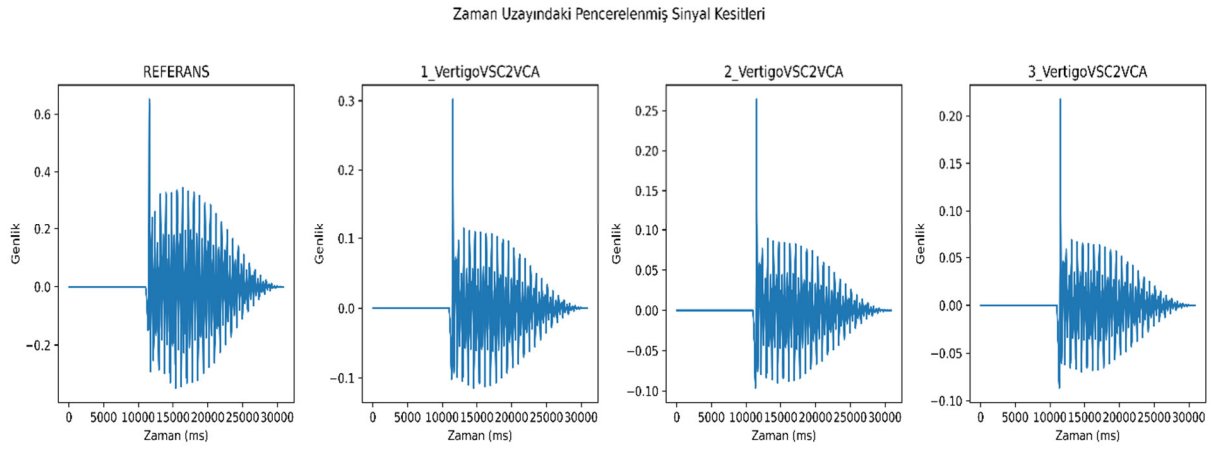
Şekil 11: Referans sinyal ve Vertigo VSC kompresör ile işlenmiş sinyallerin dinamik aralık dalga formları.

Üçüncü olarak kompresör eşik seviyesi -24 dB'den -3 dB azaltılmış ve -27 dB'ye ayarlanmıştır. Oran, atak ve salınım ilk kompresyon işlemindeki gibi ayarlanmıştır ve kompresyon işlemi uygulanmıştır. Elde edilen grafik incelendiğinde (Şekil 11), üçüncü sinyalin, ilk beş saniyelik süreçte referans ve ilk iki işlenen sinyale göre dinamik aralığında azalmanın çok daha fazla olduğu görülmektedir. Üçüncü sinyalin yaklaşık 0.3 civarında bir genlik değerinde olduğu genlik artışı ve eksi uçlarının kompres olduğu görülmekte salınımın süresince daha yüksek oranda kompresyon etkisinin devam ettiği anlaşılmaktadır. İşlemlerden sonraki değerleri sayısal veri olarak görmek için Tablo 4'e bakınız.

Tablo 4. Vertigo VSC Kompresörde İşlem Görmüş Sinyallerin Dinamik Aralık Değerleri.

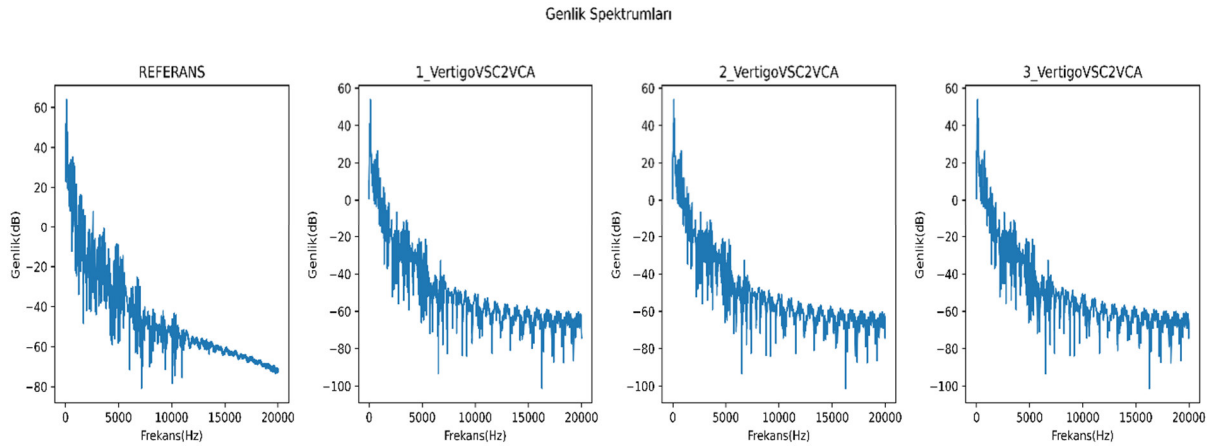
Kompresör	Referans Kayıt	1. İşlem Görmüş Sinyal	2. İşlem Görmüş Sinyal	3. İşlem Görmüş Sinyal
Vertigo VSC	1.1414903	0.4802161	0.42594585	0.3593613

İşlenmiş sinyallerdeki dinamik aralıktaki değişiklikler zaman uzayındaki kesiti alınarak incelendiğinde (Şekil 12), sinyallerin zaman uzayı kesitlerinde de farklılıklar belirgin bir şekilde gözlenebilmektedir. Referans ve işlenmiş sinyaller arasındaki dinamik aralık farkı oldukça fazladır. Voltaj kontrollü amplifikatör tasarıma sahip kompresörlerin sinyale hızlı tepki vermelerinin dinamik aralığı daha fazla etki ettiği düşünülmektedir.



Şekil 12: Referans sinyal ve Vertigo VSC kompresör ile işlenmiş sinyallerin zaman uzayı kesitleri.

Genlik spektrumları (Şekil 13) incelendiğinde sinyaller üzerinde kompresörden kaynaklı frekans bazlı dinamik aralıktaki değişiklikler görülmüştür. Referans sinyal ve diğer üç işlenmiş sinyal arasında tonal farklılıklar görülmektedir. Referans ile ilk işlenmiş sinyaldeki 5-10 kHz aralığındaki frekans bazlı farklılıklar görülmektedir. İlk işlenmiş sinyalde kompresörün etkisiyle 12-20 kHz civarındaki frekans bazlı etki belirgin şekilde görülmektedir. İlk, ikinci ve üçüncü işlenmiş sinyallerin 15-20 kHz aralığında frekans genlikleri benzerlik göstermektedir. Bu kompresör tasarımının eşik seviyesi düşürüldükçe ses sinyali üzerindeki etkisinin tasarımına bağlı olarak diğer kompresörlere göre daha tutarlı olduğu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 13: Referans sinyal ve Vertigo VSC kompresör ile işlenmiş sinyallerin genlik spektrumları.

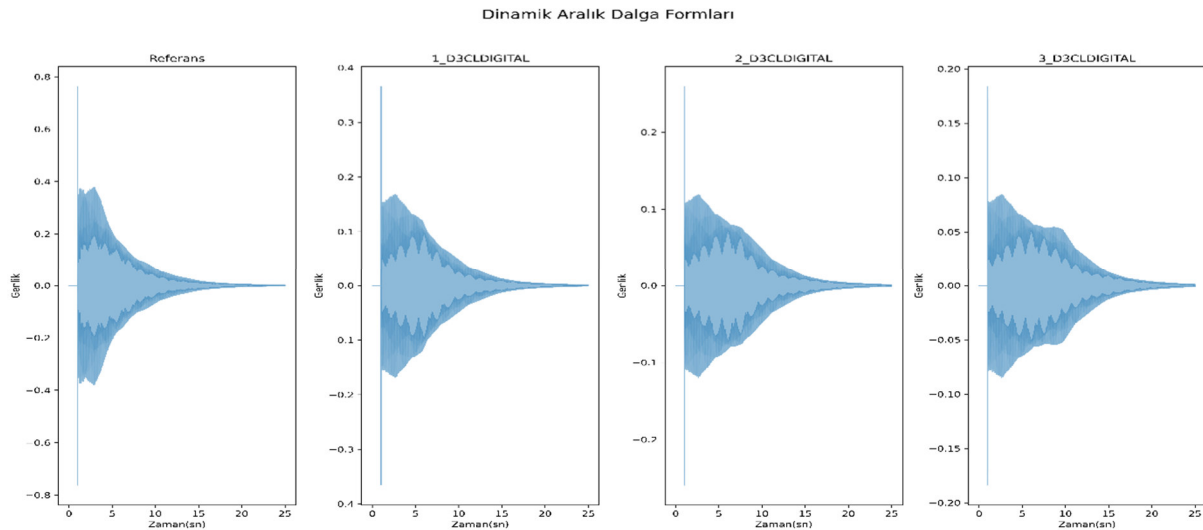
Gerilim kontrollü amplifikatör (VCA) tasarımına dayanan modern teknolojileri içermektedir. Bu VCA kompresörler, hızlı ve hassas kompresyon özelliği ve tonal etkileri göz ardı edilmemelidir. Farklı eşik seviyeleri, oranlar ve salınım süreleri kullanılarak yapılan işlemler sonucunda elde edilen sinyal grafiği ve genlik spektrumları incelendiğinde, kompresörün frekans bazlı dinamik aralık üzerindeki etkileri görülebilmektedir. Özellikle eşik seviyesi düşürüldükçe, VCA tasarıma sahip kompresörlerin daha tutarlı sonuçlar sağladığı gözlenmektedir. Bu bağlamda, VCA kompresörlerin profesyonel ses mühendisliği ve kayıt stüdyolarında tercih edilen araçlar olarak kalıcı bir yer edindiği söylenebilir.

5.5 Dijital Tasarıma Sahip Kompresörün Ses Sinyali Üzerindeki Etkisi

Referans sinyal kaydı dijital tasarıma sahip Pro Tools D3CL kompresör eklentiden geçirilmiştir. Bu tasarıma sahip kompresörler hızlı atak ve salınım özellikleri ile ses sinyaline hızlı şekilde tepki verebilmektedir. Bu kompresörler tasarımlarından kaynaklı ses sinyalleri üzerinde tonal etkiler de göstermektedir. Ses sinyaline bu eklentide önceden ayarlanmış üç ayrı ayar uygulanmıştır.

İlk olarak kompresör -21 dB eşik seviyesine, 10 milisaniye atak hızına ayarlanmıştır. Kompresörün salınım parametresi 250 milisaniye ayarlanmıştır. Oran parametresi 4:1, kazanç parametresi ise fabrika varsayımı olarak ayarlanmıştır 0 dB' kalmıştır. Yardımcı sinyal işleme parametresine ise herhangi bir sinyal eklenmemiştir. Elde edilen grafikler incelendiğinde (Şekil 14), referans sinyalin başlangıç zamanında genlik seviyesi 0.8 değerine yakın olduğu ve zarf yapısı gereği ve sonrasında normal bir düşüş ve salınım göstermektedir.

İkinci olarak kompresör eşik seviyesi yaklaşık olarak -21 dB'den -3 dB azaltılmış ve -24 dB'ye ayarlanmıştır. Oran, atak ve salınım ilk kompresyon işlemindeki gibi ayarlanmıştır ve kompresyon işlemi uygulanmıştır. Elde edilen grafik incelendiğinde (Şekil 14), ilk beş saniyelik süreçte referans ve ilk işlenen sinyale göre ikinci işlenmiş sinyalin dinamik aralığında azalmanın olduğu görülmektedir. İkinci sinyal yaklaşık 0.3 civarında bir genlik değerinde olduğu görülmektedir ve ilk işlenmiş sinyal ve ikinci işlenmiş sinyal arasında fark görülmektedir. Her iki işlenmiş sinyalde de salınımın süresince kompresyon etkisinin devam ettiği beş ve onuncu saniyeler arasında dinamik aralıkların, üçüncü işlenmiş sinyalde ikinci işlenmiş sinyale göre daha fazla azaldığı anlaşılmaktadır.



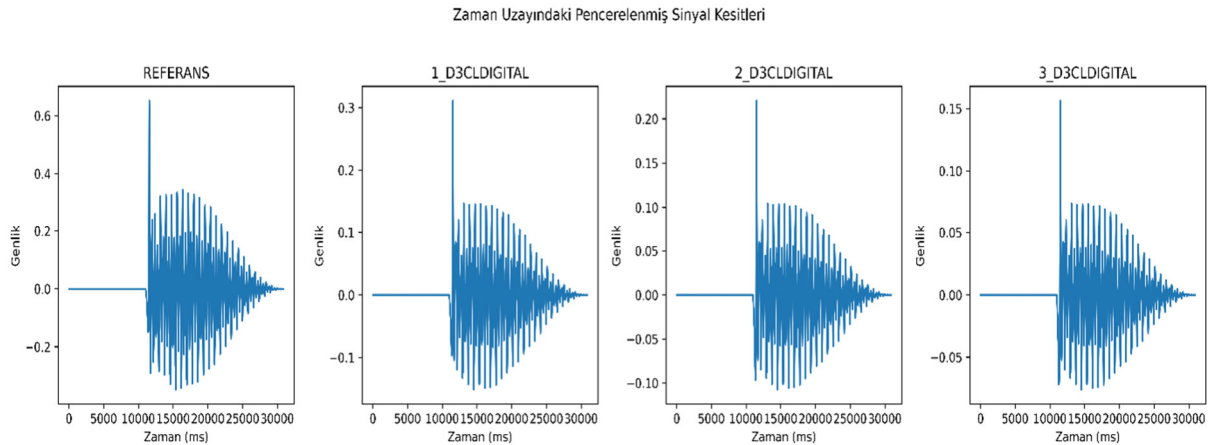
Şekil 14: Referans sinyal ve D3CL kompresör ile işlenmiş sinyallerin dinamik aralık dalga formları.

Üçüncü olarak kompresör eşik seviyesi -24 dB'den -3 dB azaltılmış ve -27 dB'ye ayarlanmıştır. Oran, atak ve salınım ilk kompresyon işlemindeki gibi ayarlanmıştır ve kompresyon işlemi uygulanmıştır. Elde edilen grafik incelendiğinde (Şekil 14), ilk beş saniyelik süreçte referans ve ilk iki işlenen sinyale göre üçüncü işlenmiş sinyalin dinamik aralığında azalmanın çok daha fazla olduğu görülmektedir. Üçüncü sinyalin yaklaşık 0.08 civarında bir genlik değerinde olduğu genlik artışı ve eksi uçlarının kompres olduğu görülmekte salınımın süresince daha yüksek oranda kompresyon etkisinin devam ettiği anlaşılmaktadır. İşlemlerden sonraki değerleri sayısal veri olarak görmek için Tablo 5'e bakınız.

Tablo 5. D3CL Kompresörde İşlem Görmüş Sinyallerin Dinamik Aralık Değerleri.

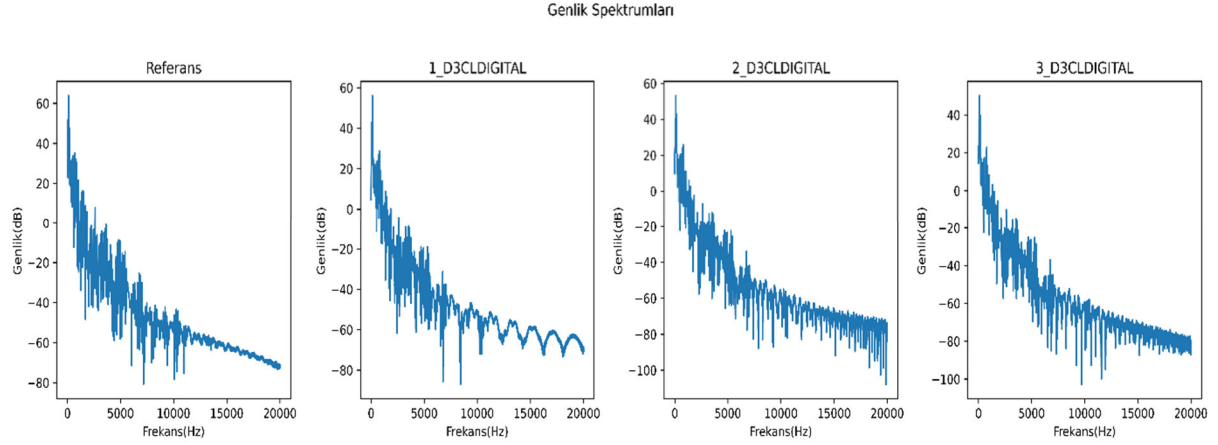
Kompresör	Referans Kayıt	1. İşlem Görmüş Sinyal	2. İşlem Görmüş Sinyal	3. İşlem Görmüş Sinyal
D3CL	1.1414903	0.4802161	0.42594585	0.3593613

İşlenmiş sinyallerdeki dinamik aralıktaki değişiklikler zaman uzayındaki kesiti alınarak incelendiğinde (Şekil 15), sinyallerin zaman uzayı kesitlerinde de farklılıklar belirgin bir şekilde gözlemlenmektedir. Referans ve işlenmiş sinyaller arasındaki dinamik aralık farkı oldukça fazladır. Dijital tasarıma sahip kompresörlerin sinyale hızlı tepki vermelerinin dinamik aralığa daha fazla etki ettiği varsayılmaktadır.



Şekil 15: Referans sinyal ve D3CL kompresör ile işlenmiş sinyallerin zaman uzayı kesitleri.

Genlik spektrumları (Şekil 16) incelendiğinde sinyaller üzerinde kompresörden kaynaklı frekans bazlı dinamik aralıktaki değişiklikler görülmüştür. Referans sinyal ve diğer üç işlenmiş sinyal arasında tonal farklılıklar görülmektedir. Referans ile ilk işlenmiş sinyaldeki 5-10 kHz aralığındaki frekans bazlı farklılıklar belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. İlk işlenmiş sinyalde kompresörün etkisiyle 9-20 kHz civarındaki frekans bazlı etki görülmektedir. İlk, ikinci ve üçüncü işlenmiş sinyallerin 15-20 kHz aralığında frekans genlikleri benzerlik olmadığı gibi ikinci işlenmiş sinyalin 15-20 kHz aralığında frekans bazlı değişimler ve doygunluk diğer sinyallerden farklıdır. Üçüncü işlenmiş sinyalinde 15-20 kHz frekans aralığı değişimler ve doygunluğu diğer işlenmiş sinyallere göre daha yoğundur. Bu kompresör tasarımının eşik seviyesi düşürüldükçe ses sinyali üzerindeki etkisinin tasarımına bağlı olarak diğer kompresörlere göre daha farklı işlenmiş sinyaller ortaya koyduğu ortadadır.



Şekil 16: Referans sinyal ve D3CL kompresör ile işlenmiş sinyallerin genlik spektrumları.

Dijital kompresörler, hızlı yanıt süreleriyle atak ve salınım sürelerini esnek bir şekilde ayarlayabilme kabiliyeti sunarak ses sinyallerine hassas bir şekilde müdahale edebilirler. Bu noktada elde edilen sonuçlar, dijital kompresörlerin tasarım farklılıklarının ses işleme süreçlerine etkisini vurgulayarak, ses mühendislerine geniş bir yelpazede seçenekler sunar.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma, ses işleme ve müzik prodüksiyonunda dinamik işlemcilerin rolünü ve çeşitli tasarım türlerinin ses sinyali üzerindeki etkilerini incelemiştir. Müzik prodüksiyonunun her aşamasında geniş bir yelpazede kullanılan dinamik işlemciler, ses sinyallerini kontrol etme, dengeleme ve duyuşsal etkiler oluşturma açısından temel araçlar olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışma, dinamik işlemcilerin, teknolojik yenilikleri ve ses işleme alanındaki kullanımlarını ele almış, farklı tasarım türlerinin ses sinyali üzerindeki etkilerini ayrıntılı bir şekilde incelemiştir.

Dinamik işlemcilerin ses kayıtlarının temel yapı taşlarından biri olduğunu ve ses kaynağından elde edilen sinyalin kalitesini şekillendirmede kritik bir rol oynadığını ortadadır. Kompresörlerin ve diğer dinamik işlemcilerin temel parametrelerini anlamak, müzik prodüksiyonunun ve ses kayıtlarının kalitesini artırmak için önemli bir adım olarak ortaya çıkmaktadır. Farklı kompresör tasarımlarının ses sinyalleri üzerindeki etkileri incelenirken, FET, VCA, Vari-Mu, Optik ve Dijital kompresörlerin farklı tonal karakteristikler ve dinamik değişimler yarattığı gözlenmiştir.

FET tasarımına sahip kompresörlerin ses sinyali üzerindeki etkiler incelenmiştir ve referans sinyali, çeşitli kompresör ayarları kullanılarak işlenmiş ve elde edilen sonuçlar detaylı bir analizle değerlendirilmiştir. Zaman uzayında yapılan kesit analizleri, işlenmiş sinyallerin zamansal davranışlarının farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, genlik spektrum analizleriyle kompresörün farklı ayarlar altında frekans bazlı dinamik aralıktaki değişiklikler incelenmiştir. FET kompresörlerin atak hızının diğer tasarımlara göre daha hızlı olduğu ve tonal etkilerin mevcut olduğu gözlemlenmiştir. İşlenmiş sinyallerin dinamik aralıkları, giriş/eşik seviyesinin azaltılmasıyla arttığı ve kompresörün etkisinin daha belirgin hale geldiği görülmüştür.

Değişken kazançlı (VARI MU) kompresörün ses sinyali üzerindeki etkisi incelendiğinde, farklı eşik seviyeleri ve parametre ayarlarıyla farklı sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Kompresörün dinamik aralığı üzerindeki etkisi özellikle atak ve salınım parametrelerinin hızlı devreye girmesiyle belirginleşmiş, tonal değişiklikler ve dinamik azalma gözlenmiştir. Ayarların değiştirilmesiyle frekans bazlı dinamik aralıklarında ve tonal karakterde farklılıklar ortaya çıkmıştır. Özellikle düşük eşik seviyelerinde kompresörün etkisi daha belirgin hale gelmiş, fakat doğal ve organik bir yaklaşım sağlayan değişken kazançlı tasarım sayesinde ses karakteri ve dinamiği korunabilmiştir.

Voltaj kontrollü amplifikatör (VCA) tasarıma sahip Vertigo VSC kompresörün ses sinyali üzerindeki etkileri incelenmiştir ve farklı eşik seviyelerinde bu etkileri nasıl şekillendirdiğini gösterilmiştir. Düşük eşik seviyeleriyle kompresörün dinamik aralık üzerindeki etkisinin daha belirgin olduğu, özellikle eşik seviyesi düşürüldükçe VCA tasarımlı kompresörlerin daha tutarlı sonuçlar sağladığı görülmüştür. Bu tür kompresörlerin hızlı atak ve salınım özellikleri, anlık dinamik değişikliklerine etkili tepki verme yeteneği ve tonal karakter üzerindeki etkisi ortaya konmuştur.

Dijital tasarıma sahip Pro Tools eklentisi D3CL kompresörün ses sinyali üzerindeki etkisini detaylı bir şekilde incelemiştir. Kompresörün farklı eşik seviyeleri ve parametre ayarları altında ses sinyali üzerindeki etkileri değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar, kompresörün hızlı atak ve salınım özelliklerinin ses sinyaline hızlı ve belirgin tepkiler vermesine olanak tanıdığını göstermiştir. Ayrıca, eşik seviyesinin düşürülmesiyle beraber kompresörün ses sinyali üzerindeki etkisinin tonal özelliklerde değişikliklere neden olduğu gözlemlenmiştir. Frekans bazlı analizlerde, kompresörün özellikle yüksek frekans aralıklarında ses sinyalinin karakterini değiştirdiği tespit edilmiştir.

Çalışmamız sonucunda elde edilen verilerin, müzik teknolojisi alanında çalışan öğretim elemanlarına, öğrencilere, bu alana ilgi duyanlar ve çalışma yapanlar için farklı kompresör tasarımlarının seçimi konusunda yol gösterici olabilir. Hangi tür kompresörün hangi tür ses kaydı veya miks için en uygun olduğunu anlamak, istenilen sonuca daha etkili bir şekilde ulaşmalarına yardımcı olabilir. Ayrıca, bu çalışmanın sonuçları müzik ve müzik teknolojileri alanında eğitim veren kurumlarda öğrencilere ve öğretim elemanlarına da rehberlik sağlayabilir.

Öneriler olarak, ileride yapılabilecek çalışmalarda farklı müzik türleri, enstrümanlar ve kayıt koşullarının kompresör tasarımının etkileri üzerindeki rolünün daha derinlemesine incelenmesi önerilebilir. Daha fazla deneysel veri toplanarak ve farklı kompresör ayarlarının sonuçlar üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi, bu alandaki anlayışımızı daha da genişletebilir. Dinamik işlemcilerin geliştirilmesi ve optimize edilmesi, ses işleme süreçlerini daha da ileri taşıyabilir. Ayrıca, makine öğrenimi tekniklerinin daha geniş çapta kullanılmasıyla, otomatik ses işleme sistemlerinin ve özelleştirilmiş işlem algoritmalarının geliştirilmesi mümkün olabilir.

KAYNAKÇA

Bartlett, B., & Bartlett, J. (2009). *Practical Recording Techniques: The Step- by- Step Approach to Professional Audio Recording (Fifth Edition)*. USA: Focal Press.

Bozkurt, B. (2022). *Python ile Ses İşlemeye Giriş*. Git-Hub Pages: https://ses-isleme.github.io/notebooks/00_Giris.html adresinden alındı

Bromham, G., Moffat, D. A., Barthet, M., Danielsen, A. K., & Fazekas, G. (2019). The impact of audio effects processing on the perception of brightness and warmth. *Proceedings of the 14th International Audio Mostly Conference: A Journey in Sound*, (s. 183-190). New York, USA. doi:<https://doi.org/10.1145/3356590.3356618>

Delen, H. (2017). *Bağlama Mikrofonlama Teknikleri ve Kompresör Kullanımının Müzik Teknolojileri Eğitimine Katkıları*. [Yayınlanmış Doktora Tezi]. Necmettin Erbakan Üniversitesi.

Denscombe, M. (2014). *The Good Research Guide*. Maidenhead UK: Open University Press.

d'Escrivan, J. (2012). *Music Technology*. Cambridge UK: cambridge university press.

Duramaz, S. (2009). *Müzik Teknolojisi ve Audio Terimleri Sözlüğü*. Cinius Yayınları, İstanbul. İstanbul.: Cinius Yayınları,.

Gallagher, M. (2009). *The Music Tech Dictionary: A Glossary of Audio-Related Terms and Technologies*. Boston: Course Technology.

Gürbüz, Ş., & Şahin, F. (2018). *Sosyalbilimlerde Araştırma Yöntemleri Felsefe- Yöntem- Analiz*. Ankara: Seçkin.

Huber, D. M., & Runstein, R. E. (2018). *Modern Recording (New edition 9)*. New York: Taylor and Francis.

- Işık, A. (2023). Kompresör Türlerinin Ses Karakterleri ve Müzik Tarzlarıyla İlişkileri. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Ankara Müzik ve Güzel Sanatlar Üniversitesi.
- Izhaki, R. (2018). *Mixing Audio Concepts, Practices and Tools (third Edition)*. New York: Taylor and Francis.
- Moore, A. (2020). Dynamic Range Compression and the Semantic Descriptor Aggressive. *Applied Sciences*, 10(7). doi:<https://doi.org/10.3390/app10072350>
- Sheng, D., & Fazekas, G. (2019). A feature learning siamese model for intelligent control of the dynamic range compressor. *2019 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, (s. 1-8). Budapest, Hungary. doi:<https://doi.org/10.1109/ijcnn.2019.8851950>
- Venkatesh, S., Moffat, D. A., & Miranda, E. (2021). Investigating the effects of training set synthesis for audio segmentation of radio broadcast. *Electronics*, 827-847. doi:<https://doi.org/10.3390/electronics10070827>
- Wang, Y., Wu, J. H., & Wang, S. (2022). The impact of audio effects processing on the perception of hardness of bass drum. *Cognitive Computation and Systems*, 4(2), 188-196. doi:<https://doi.org/10.1049/ccs2.12060>
- Wilmering, T., Moffat, D., Milo, A., & Sandler, M. (2020). A History of Audio Effects. *Applied Sciences*, 10(3), 791-818. doi:<https://doi.org/10.3390/app10030791>