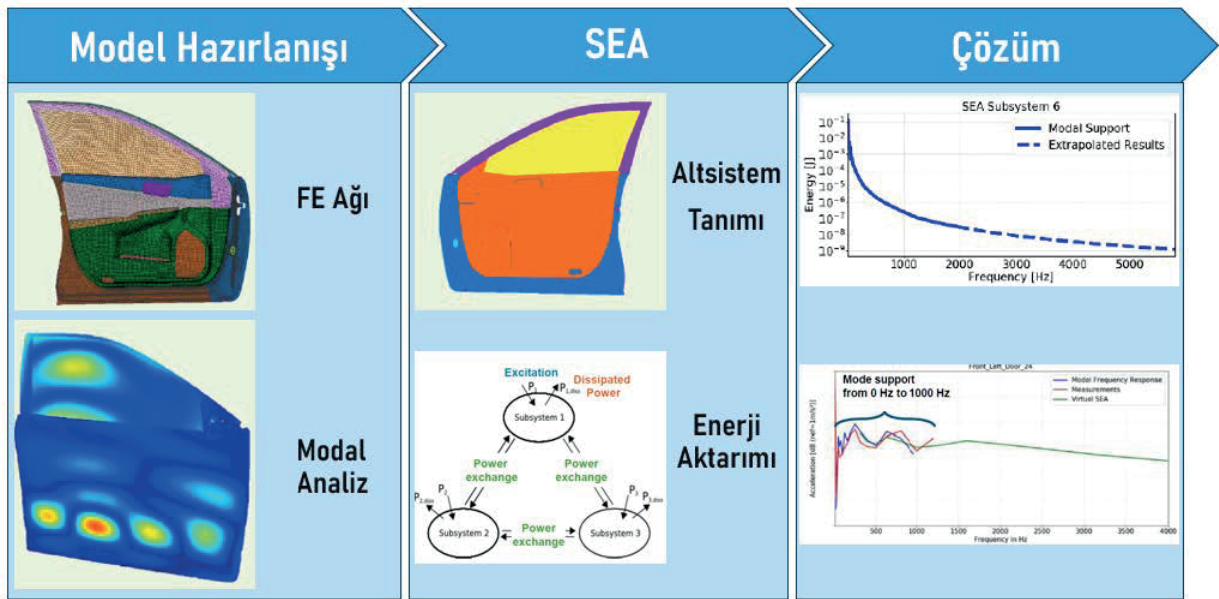


TEKNİK DOKÜMAN



Actran

Bu teknik yazıda Actran Workflow Manager ile Sanal İstatistiksel Enerji Analizlerinin nasıl gerçekleştirdiğinden bahsedilmiştir.



BIAS
MÜHENDİSLİK



HEXAGON

Authorised Hexagon Partner

ACTRAN “WORKFLOW MANAGER” İLE SANAL İSTATİSTİKSEL ENERJİ ANALİZLERİ (VIRTUAL SEA)

Hazırlayan

Fatih Furkan BARUT
CAE Takım Lideri

Tarih: 11/11/2024

Özellikle yüksek frekans bölgelerinde vibro-akustik analizler gerçekleştirirken bazı zorluklar ile karşılaşmaktadır. Yüksek frekanslarda çözüm alınmak istendiğinde çok ciddi bir şekilde kaynak ve zaman harcanmaktadır. Örneğin maksimum frekans değeri arttıkça akustik dalga boyu küçüldüğü için sonlu eleman ağında yer alan elemanların boyutlarının küçülmesi gerekmektedir. Dolayısıyla sonlu eleman ağında yer alan eleman sayısında artış olduğu için analiz süresi ve çözümde ihtiyaç duyulan RAM miktarı artmaktadır. Bunun yanında yapılar üzerinde oluşan lokal modlarda çözümü olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Actran “Sanal İstatistiksel Enerji” yöntemi ile yüksek frekans bölgelerinde hızlı ve doğru çözümler alınabilir.

1. İSTATİSTİKSEL ENERJİ ANALİZİ

İlk olarak 60'larda Lyon, Maidanik ve Smith tarafından bağımsız çalışmalarla tanıtılan İstatistiksel Enerji Analizi (SEA), kullanıcıya genellikle alt sistemler olarak adlandırılan modellerinin alt bölümleri arasındaki güç dengesini sağlar. İstatistiksel enerji analizleri 3 başlık altında ayrıştırılabilir:

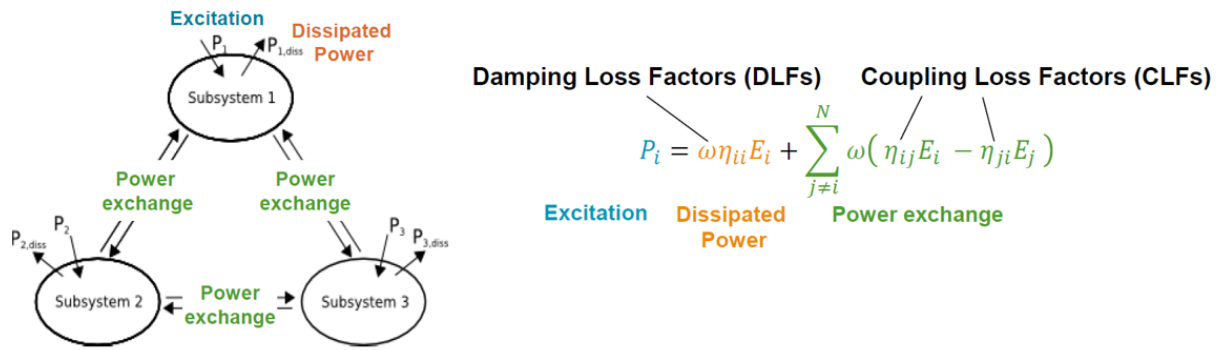
- 1) **Analitik SEA** : Bazı analitik hesaplar yardımı ile çözüm alınmaktadır. Karmaşık geometrilerde kullanılamadığı için bazı basitleştirme yöntemleri uygulanır. Bu nedenle iyi bir mühendislik yaklaşımı gerektirmektedir. Aynı zamanda, yalnızca birbirine bağlı geometrilerde kullanılabilir.
- 2) **DeneySEL SEA** : Test esnasında gerçekleştirilen ölçümlere dayalıdır. Dolayısıyla ilgili makineye ait bir prototip ihtiyacı bulunmaktadır. Bazı enerji ölçümlerinde (in-plane) kısıtlamaları bulunmaktadır. Testlerin yapılabilirliği sistemin boyutuna da bağlıdır.
- 3) **Sanal SEA** : Hesaplamalar sanal ortamda gerçekleştirildiği için herhangi bir prototip ihtiyacı bulunmamaktadır. Bunun yanında çok daha büyük sistemlerde rahatlıkla çalışılabilir. Yalnızca sisteme ait sonlu eleman modeline ihtiyaç vardır.

Sanal istatistiksel enerji analizlerinin bazı avantajları:

- Sistemin serbestlik derecesini azaltır, böylece çözüm süresi hızlanır.
- Büyük modeller üzerinde yüksek frekanslarda çalışırken hızlı ve güvenilir çözümler sunar.
- Düşük frekans bölgesi için hazırlanan sonlu elemanlar modeli bu analizlerde kullanılabilir.
- Kullanıcı isterine bağlı olarak istenilen sayıda alt sistemler (subsystems) oluşturulabilir.

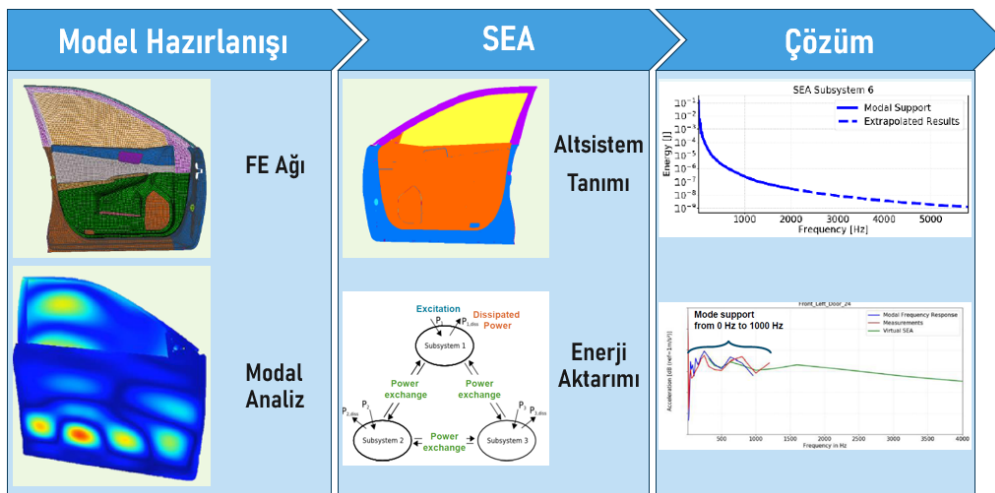
2. ACTRAN İÇERİSİNDE İŞLEYİŞ

Actran içerisinde istatistiksel enerji analizi yapmanın farklı yolları bulunmaktadır. Bu analizler için özelleştirilmiş ve modellemeyi otomatikleştiren yöntemlerin yanı sıra daha kullanıcı kontrollü yöntemlerde tercih edilebilir. Ancak hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın genel işleyiş aynıdır. Şekil 1 ve Şekil 2’de çözüm şeması görülmektedir.



Şekil 1. SEA İşleyiş Şeması

Şekilde de görüldüğü gibi ilk olarak yapı alt sistemlere bölünmelidir. Sonrasında ilgili alt sistem üzerinden enerji girdisi verilir. Sistemler arasında enerji akışı gerçekleşerek çözüm alınır. Bunun yanında sistemler kendi içlerinde enerjinin bir miktarını sönmölemektedir. Buna “Damping Loss Factor” ismi verilir. Sistemler arasında gerçekleşen enerji akışı sırasında da bir miktar enerji kaybı yaşanmaktadır. Buna da “Coupling Loss Factor” denmektedir.



Şekil 2. SEA İşleyiş Şeması

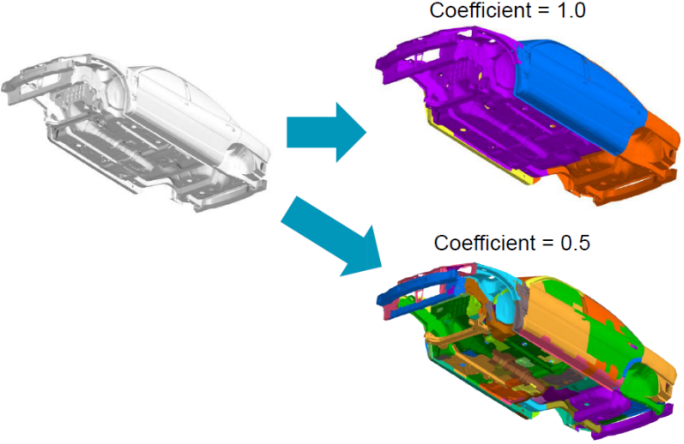
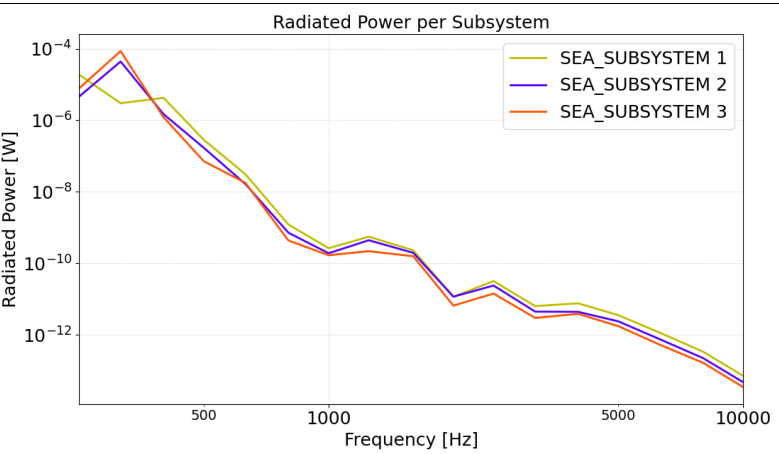
Genel olarak bir istatistiksel enerji analizi gerçekleştirmek için izlenmesi gereken adımlar sırasıyla şöyle olmalıdır:

- Yapıya ait sonlu eleman modeli hazırlanır.
- Bir modal analiz gerçekleştirilir ve yapıya ait katılık/kütle matrisi ile modal analiz sonuç dosyası elde edilir.
- Actran içerisinde yapı alt sistemlere bölünür. Burada otomatikleşmiş araçlar da kullanılabilir.
- Yapıya ait kütle/katılık matrisleri ile birlikte modal analiz çözüm dosyası Actran içerisinde tanımlanır.
- Gerekli sönüm tanımlamaları gerçekleştirilir.
- Akustik sınır şartları tanımlanarak analiz çözdürülür ve sonuçlar Actran içerisinde incelenir.

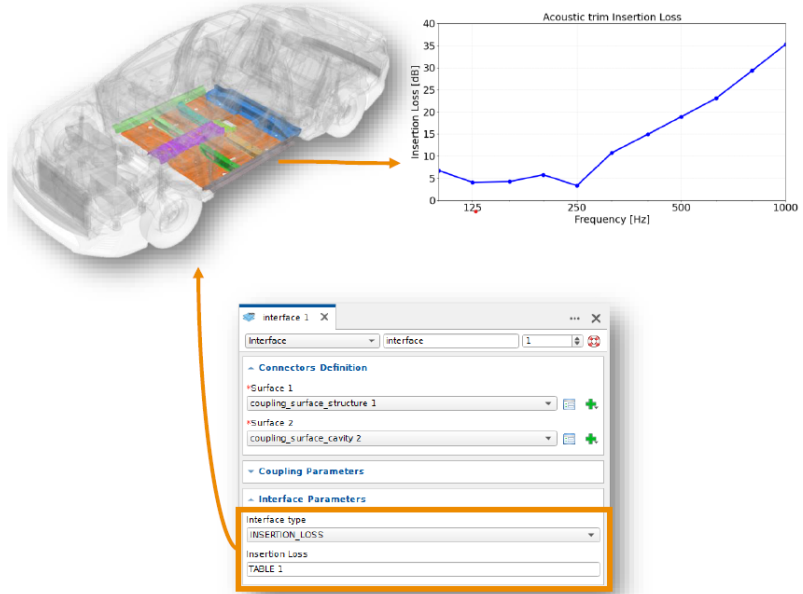
3. BAZI SANAL İSTATİSTİKSEL ENERJİ ANALİZİ KABİLİYETLERİ

Her güncelleme ile birlikte, Virtual SEA çözücüsüne modelleme kabiliyetlerini arttırmak, daha hızlı akustik analiz modeli oluşturmak ve daha güvenilir analiz sonuçları elde etmek için Actran'a yeni özellikler eklenmektedir. Virtual SEA'nın bazı özellikleri Tablo 1'de görülmektedir.

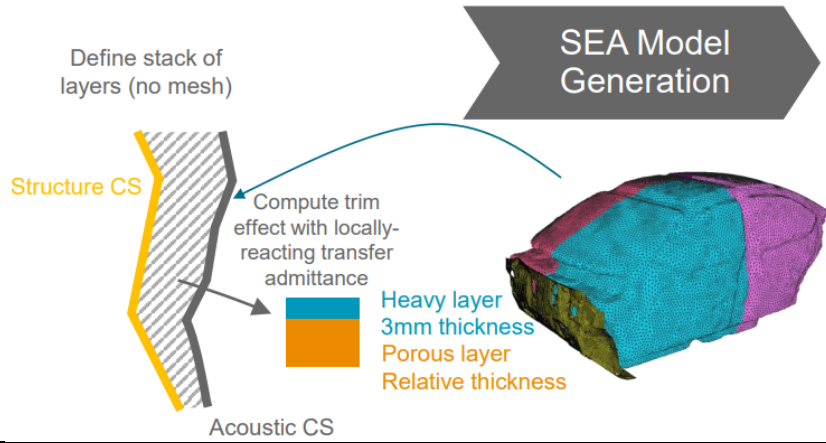
Tablo 1. Bazı SEA Kabiliyetleri

Kullanıcı kontrolünde alt sistem tanımlamaları gerçekleştirilebileceği gibi Actran içerisinde otomatik olarak da alt sistem tanımlamaları gerçekleştirilebilir.	
Yüzeyler üzerinden akustik güç çıktısına ulaşılabilir.	

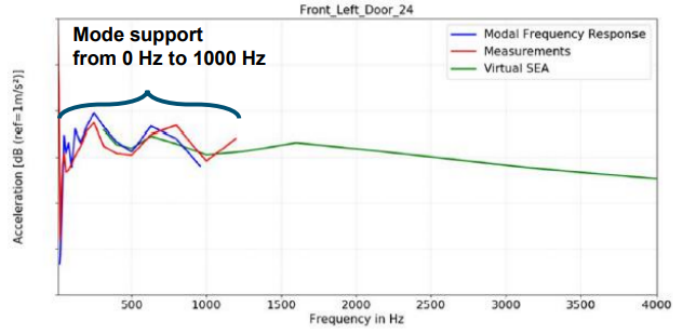
Eğer trim malzemelerin “Insertion Loss” değerleri biliniyorsa, yandaki şekilde görüldüğü gibi tablo olarak tanımlamalar yapılabilir.



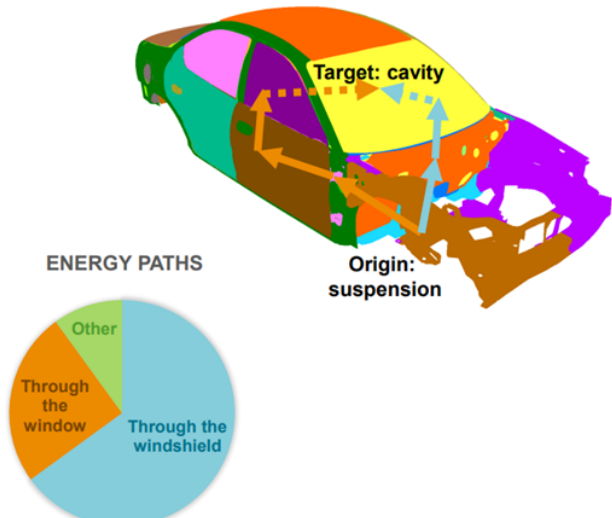
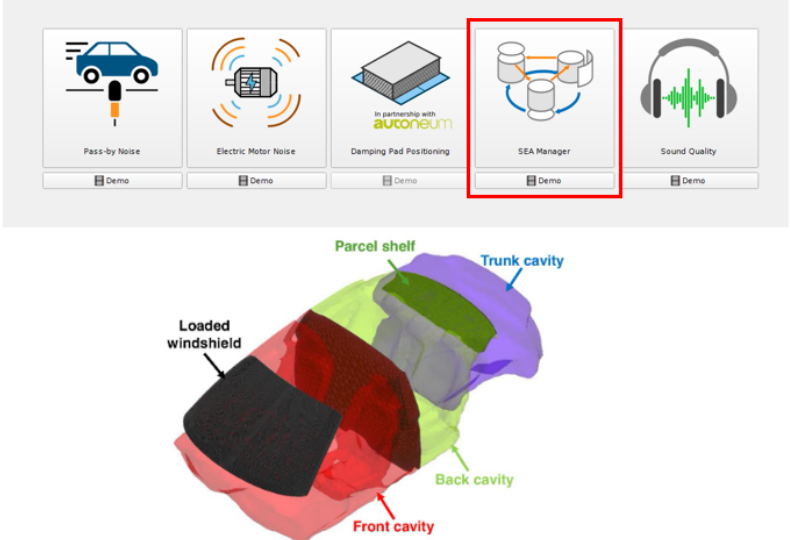
Trim malzemeler analitik olarak SEA analizlerinde modellenenebilir.



Daha yüksek frekans bölgelerinde çalışmak ve çözüm süresini hızlandırmak için frekans ekstrapolasyonu özelliği bulunmaktadır.



Sipos, David, et al. *Extended Solution of a Trimmed Vehicle Finite Element Model in the Mid-Frequency Range*. No. 2020-01-1549. SAE Technical Paper, 2020.

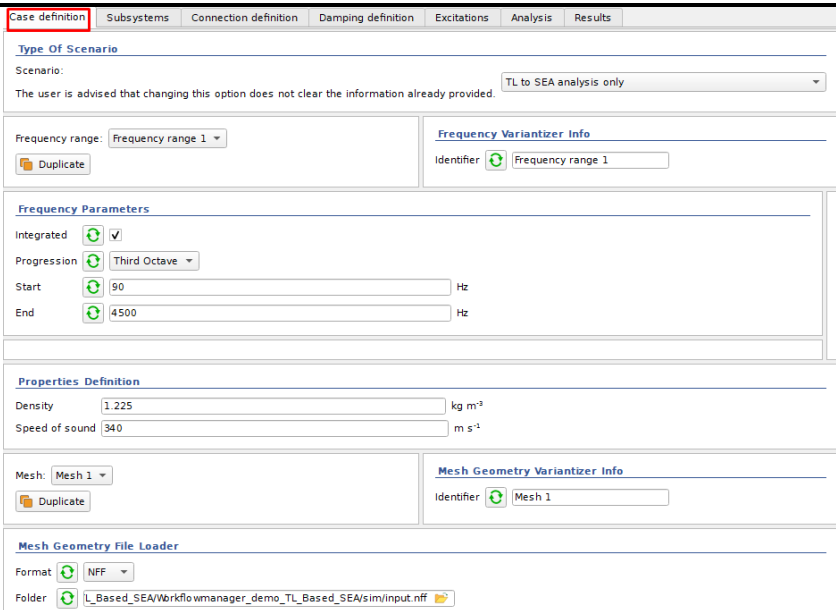
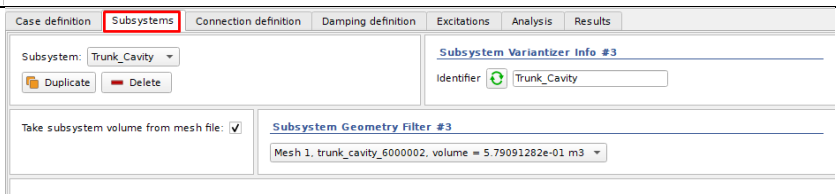
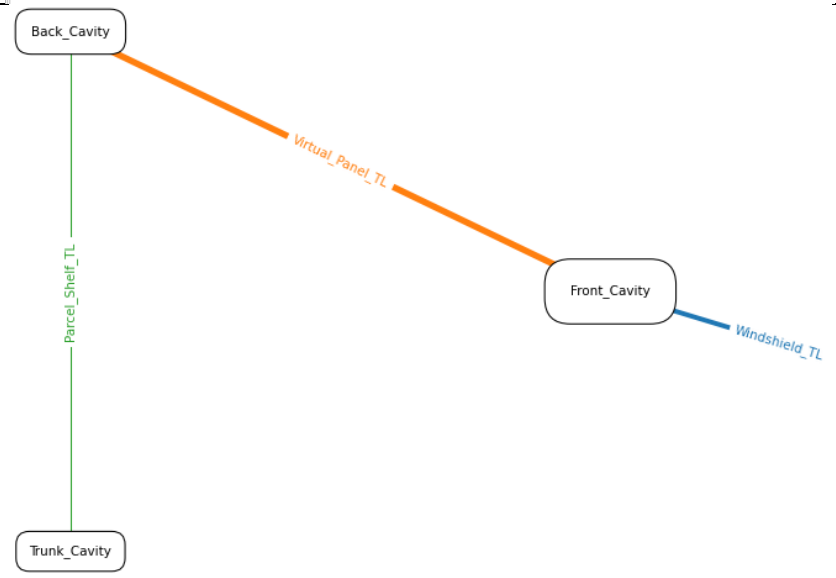
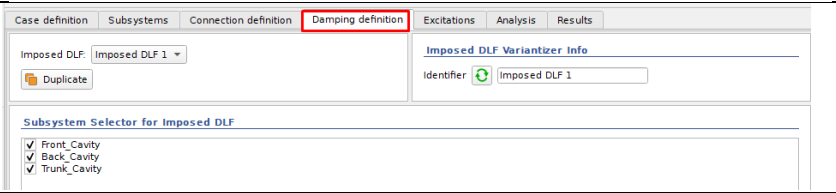
Henüz tasarım aşamasındayken gürültünün izlediği yolları görüntüleyip geliştirme çalışmaları gerçekleştirilebilir.	 Target: cavity Origin: suspension
“Actran Workflow Manager” içerisinde yapıları ait ses iletim kaybı eğrileri kullanılarak otomatize edilmiş simülasyonlar gerçekleştirilebilir.	

4. ACTRAN “WORKFLOW MANAGER” İLE SEA

Actran “Workflow Manager” bazı özelleştirilmiş araçlar ile birlikte kullanıcılarına iş akışı sunmaktadır. Actran 2024.1 versiyonu ile birlikte “Taşıt geçiş gürültüsü, elektrik motoru gürültüsü, sönüm malzemelerinin konumlandırılması, istatistiksel enerji analizleri, ses kalitesi analizleri ve AVAS” için otomatize edilmiş simülasyon akışları bulunmaktadır. Bu dokümanda “Workflow Manager” içerisinde bulunan “SEA” bölümü incelenmiştir. Burada “SEA” için hazırlanan iş akışı aracında ses iletim kaybı temelli bazı hesaplamalar gerçekleştirilmektedir.

Simülasyonları gerçekleştirmek için Tablo 2’de bulunan adımlar sırasıyla izlenmelidir.

Tablo 2. Analiz Adımları

İlk olarak çalışılacak frekans aralığı ve yapıya ait sonlu eleman modeli programa tanımlanır	
Yapıya ait alt sistem tanımlamaları gerçekleştirilir	
Alt sistemlerin birbirleriyle olan bağlantı elemanları ve bu bağlantı elemanlarının ses iletim kayıpları tablo halinde programa tanımlanır.	
Tablo şeklinde sönüm tanımlaması gerçekleştirilir.	

İster frekansa bağlı bir tablo şeklinde ister tek değer şeklinde akustik kaynak tanımlaması gerçekleştirilir ve uygulama yüzeyi seçilir.

Case definition Subsystems Connection definition Damping definition **Excitations** Analysis Results

Excitation: MSP_Windshield
Duplicate

Excitation Variantizer Info
Identifier: MSP_Windshield

Excitation Type
Available types of excitation: Wall Mean Squared Pressure

Imposed Connection For Excitation Filter
☒ Windshield_TL

Excitation Definition
Source: Table
Table: demo_TL_Based_SEA/sim/mean_squared_pressure_windshield.csv

Analiz bölümüne gelindiğinde simülasyona dahil edilecek alt sistemler, sönüm bilgisi ve akustik kaynak seçilerek analiz koşturulur.

Case definition Subsystems Connection definition Damping definition **Excitations** **Analysis** Results

Analysis: Analysis 1
Duplicate

Analysis Variantizer Info
Identifier: Analysis 1

Frequency Filter
☒ Frequency range 1

Subsystem Filter
☒ Front_Cavity
☒ Back_Cavity
☒ Trunk_Cavity

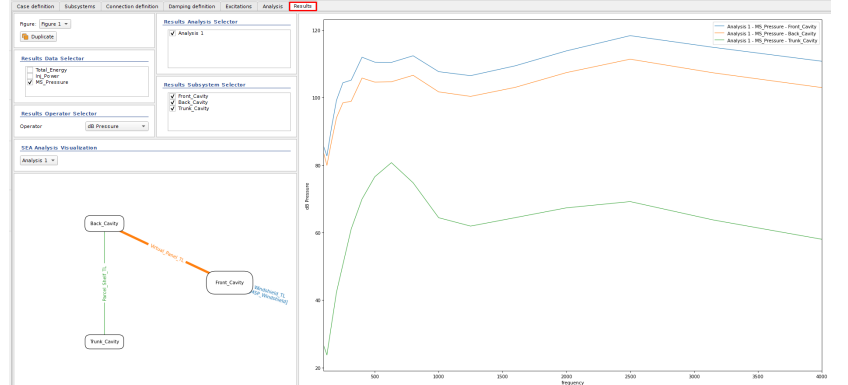
Imposed Connection Filter
☒ Windshield_TL
☒ Virtual_Panel_TL
☒ Parcel_Shelf_TL

Imposed DLF Filter
☒ Imposed DLF 1: Front_Cavity
☒ Imposed DLF 1: Back_Cavity
☒ Imposed DLF 1: Trunk_Cavity

Excitation Filter
☒ MSP_Windshield

Analysis Definition
Status: Update Interactively
Export .edat file: ☒

Sonuç bölümüne geçildiğinde otomatik olarak analiz sonuçlarına ulaşılmaktadır.



5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışma sonucunda sistemler üzerinde yer alan ve akustik sönümü içeren malzemelerin doğrudan ses iletim kaybı değerlerinin Actran içerisinde tanımlanarak sanal istatistiksel enerji analizi gerçekleştirilebildiği görülmüştür.

Kullanıcı girdilerine bağlı olarak güç, enerji ve akustik basınç çıktılarına ulaşılabilir.

Bu çalışmada analiz 3-4 saniye içerisinde sonuçlanmaktadır.

6. REFERANSLAR

- Actran 2022.1 User's Guide Vol. 1
- Actran 2022.1 User's Guide Vol. 2