

[TB50172]
[Rev. 00]

CoCo LOKOMOTİF PROJESİ Termoakustik Davranış

Yayın Tarihi: 06/08/2025

Revizyon Tarihi:

Revizyon Geçmişi

| Rev. No | Revizyon Bilgisi | Tarih |
|---------|------------------|------------|
| 00 | İlk yayınlanma | 06/08/2025 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

İÇİNDEKİLER

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | GİRİŞ | 6 |
| 1.1 | KONU | 6 |
| 1.2 | DOKÜMAN VE STANDARTLAR | 6 |
| 2 | TERMOAKUSTİK YALITIM AÇIKLAMASI | 7 |
| 2.1 | GENEL GİRİŞ | 7 |
| 2.1.1 | TERMOAKUSTİK YALITIM İÇİN GENEL STRATEJİ | 7 |
| 2.1.2 | MALZEME TEKNİK VERİLERİ | 7 |
| 2.1.2.1 | DRENAJ MALZEMESİ | 7 |
| 2.1.2.2 | ISI YALITIMI | 8 |
| 2.1.2.3 | AKUSTİK YALITIM | 9 |
| 2.1.2.4 | KLİPSLER | 10 |
| 2.1.2.5 | BANT | 10 |
| 2.2 | MALZEME GEREKSİNİMLERİ | 11 |
| 2.2.1 | GENEL ŞARTLAR | 11 |
| 2.2.2 | YAPISAL GEREKLİLİK | 11 |
| 2.2.3 | YANGINA KARŞI DAVRANIŞ | 11 |
| 2.2.4 | DUMAN OPAKLİĞİ VE TOKSİSİTE | 11 |
| 2.3 | TERMOAKUSTİK YALITIM KATMANI DİZİLİMİ VE YERLEŞİMİ | 12 |
| 2.3.1 | TERMO-AKUSTİK YALITIM KATMANI DİZİLİMİ | 12 |
| 2.3.1.1 | YAN DUVAR, TAVAN, ÖN DUVAR - "A" TİPİ | 12 |
| 2.3.1.2 | ZEMİN - "B" TİPİ | 12 |
| 2.3.1.3 | ÖN CAM - "C" TİPİ | 12 |
| 2.3.1.4 | PENCERELER - "D" TİPİ | 12 |
| 2.3.1.5 | KAPI - "E" TİPİ | 12 |
| 2.3.2 | MAKİNİST KABİNLERİ YALITIM DÜZENİ | 13 |
| 2.3.3 | MAKİNE DAİRESİ YALITIMI (DİZEL MOD) | 13 |
| 3 | TERMAL DAVRANIŞ | 13 |
| 3.1 | MAKİNİST KABİNLERİ: K-FAKTÖRÜ HESAPLAMA | 13 |
| 4 | AKUSTİK DAVRANIŞ | 14 |
| 4.1 | GÜRÜLTÜ GEREKSİNİMLERİ | 14 |
| 4.2 | GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI SINIRLARI | 15 |
| 4.3 | DIŞ GÜRÜLTÜ | 17 |
| 4.3.1 | BİLEŞENLERİN DIŞ GÜRÜLTÜSÜNÜ DEĞERLENDİRME METODOLOJİSİ | 18 |
| 4.3.2 | DIŞ GÜRÜLTÜ SEVİYESİNİN HESAPLANMASI | 21 |
| 4.4 | İÇ GÜRÜLTÜ | 23 |
| 4.4.1 | MAKİNİST KABİNİNE GELEN TOPLAM GÜRÜLTÜ | 24 |
| 4.4.1.1 | ELEKTRİKLİ MOD | 24 |
| 4.4.1.2 | DİZEL MODU | 26 |
| 4.4.2 | SES YALITIM HESAPLAMASI | 29 |
| 4.4.3 | ARAÇ İÇİ GÜRÜLTÜ SEVİYESİNİN HESAPLANMASI | 30 |
| 5 | SONUÇLAR | 32 |

I. TABLOLAR LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Tablo 1 - Referans Standartlar | 6 |
| Tablo 2 - Referans Dokümanlar | 6 |
| Tablo 3 - 40 mm Isı yalıtımı için gürültü emme katsayısı α | 8 |
| Tablo 4 - 2mm Akustik Yalıtım için ses yalıtım kapasitesi | 9 |
| Tablo 5 - Makinist kabini, K-faktörü hesaplaması | 13 |
| Tablo 6 - Elektrikli modu için gürültü gereksinimleri | 14 |
| Tablo 7 - Dizel modu için gürültü gereksinimleri | 14 |
| Tablo 8 - Sistem gürültü kaynakları | 16 |
| Tablo 9 - Hesaplama kullanılan ilave gürültü kaynakları | 16 |
| Tablo 10 - Ekipman SWL_{Eff} hesaplaması | 20 |
| Tablo 11 - Toplam Dış Gürültü Elektrikli Mod | 21 |

| | |
|---|----|
| Tablo 12 - Toplam Dış Gürültü Dizel Modu | 22 |
| Tablo 13 - Her iki makinist kabine gelen toplam gürültü 120 km/h- Elektrikli Mod | 24 |
| Tablo 14 - Odalardaki İç Gürültü Seviyesi - Dizel Modu | 27 |
| Tablo 15 - 120 km/h çalışma koşulunda gelen toplam gürültü, Ön Makinist Kabini- Dizel Modu | 27 |
| Tablo 16 - 120 km/h çalışma koşulunda gelen toplam gürültü, Arka Makinist Kabini- Dizel Modu..... | 27 |
| Tablo 17 - Malzeme ve Bileşenlerin Ses Yalıtımı Makinist Kabini | 29 |
| Tablo 18 - Malzeme Yalıtım Katmanı Dizilimi Makinist kabini..... | 29 |
| Tablo 19 - Toplam Araç İç Gürültü Elektrikli Mod | 30 |
| Tablo 20 - Toplam Araç İç Gürültü Dizel Modu | 31 |

II. ŞEKİLLER LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Şekil 1 - Drenaj malzemesi örnekleri: solda metalik ağ, sağda çukurlu membran..... | 8 |
| Şekil 2 - Klips uygulaması için örnek | 10 |
| Şekil 3 - Klips örneği | 10 |
| Şekil 4 - Alüminyum yapışkan bant örneği | 10 |
| Şekil 5 - Yan duvar kesiti | 12 |
| Şekil 6 - Zemin kesiti | 12 |
| Şekil 7 - Gürültü seviyesi değerlendirmesi için ölçüm pozisyonlarının dağılımı örneği..... | 17 |
| Şekil 8 - Elektrikli Mod Ekipman Yerleşimi | 18 |
| Şekil 9 - Dizel Mod Ekipman Yerleşimi..... | 18 |
| Şekil 10 - Toplam Dış Gürültü Elektrikli Mod - solda Durma, sağda Kalkış | 21 |
| Şekil 11 - Toplam Dış Gürültü Elektrikli Mod - Çalışma: solda @80km/h, sağda @120km/h | 21 |
| Şekil 12 - Toplam Dış Gürültü Dizel Modu - solda Durma, sağda Kalkış..... | 22 |
| Şekil 13 - Toplam Dış Gürültü Dizel Modu – Çalışma: solda @80km/h, sağda @120km/h | 22 |
| Şekil 14 - Gürültü Kaynağı Yönü | 23 |
| Şekil 15 - Elektrikli Mod Ekipman Yerleşimi | 24 |
| Şekil 16 - 120 km/h Çalışma Koşulunda Gelen Toplam Gürültü - Elektrikli Mod | 25 |
| Şekil 17 - Dizel Modu Ekipman Yerleşimi..... | 26 |
| Şekil 18 - 120 km/h Çalışma Koşulunda Gelen Toplam Gürültü- Dizel Modu | 28 |
| Şekil 19 – Araç İç Gürültü Seviyesi - Elektrikli Mod..... | 30 |
| Şekil 20 – Araç İç Gürültü Seviyesi - Dizel Modu | 31 |

III. AKRONİMLER & KISALTMALAR

| | |
|------------------|--|
| Loco | Lokomotif |
| SI | Uluslararası Birimler Sistemi |
| dB | Desibel |
| dBA | A filtreli Desibel |
| HVAC | Isıtma Havalandırma ve İklimlendirme |
| SPL | Ses Basınç Seviyesi |
| SWL | Ses Gücü Seviyesi |
| L_p, L_{pAeqT} | Ünitenin A ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesidir; |
| L_{pAeqT} | Ana hava kompresörü dikkate alınarak en yakın ölçüm konumu l'deki A ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basıncı seviyesidir. |
| RW | Ses Azaltma Endeksi |

1 GİRİŞ

1.1 KONU

Bu doküman CoCo Loco projesi için termoakustik davranış analizini açıklar. İlk bölümde, makinist kabini ve makine dairesinin termo-akustik yalıtımı için önerilen malzemeleri ve katmanlı tabakaları tanımlarken, ikinci bölümde, önerilen yalıtım katmanlarının dizilimine dayanarak, hem Elektrikli hem de Dizel lokomotifin termoakustik davranışını analiz etmektedir.

1.2 DOKÜMAN VE STANDARTLAR

Milli Co-Co Tipi Ana Hat Lokomotif Geliştirme Teknik Şartnamesi'ne (ref. 1 Tablo 2) uygun olarak, lokomotif; Tablo 1'de belirtilen öncelik sırasına göre dikkate alınacak olan EN, IEC, UIC, TSI ve diğer uluslararası standartların en güncel yayımları esas alınarak tasarlanacak, monte edilecek ve test edilecektir.

Aşağıdaki Tablo 1'de, bu dokümanın konusuyla ilgili referans standartlar verilmiştir.

| # | Standart | Başlık |
|---|----------------------------------|---|
| 1 | EN 14813-1/2 | Demiryolu uygulamaları - Makinist kabinleri için klima |
| 2 | TSE 1304-2014 Tadil 2023/1694 | Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik Şartnamesi: Gürültü - 10Ağustos 2023 |
| 3 | EN 45545:2013-2 | Demiryolu uygulamaları - Demiryolu araçlarında yangından korunma - Bölüm 2: Malzeme ve bileşenlerin yangın davranışına ilişkin gereklilikler |
| 4 | EN ISO 354 | Akustik - Bir yankılanma odasında ses emiliminin ölçülmesi |
| 5 | EN ISO 10140 - 1/2 | Akustik - Yapı elemanlarının ses yalıtımının laboratuvar ölçümü |
| 6 | EN 12667 | Yapı malzemeleri ve ürünlerinin ısı performansı -Korumalı sıcak plaka ve ısı akış ölçer yöntemleri ile ısı direncin belirlenmesi -Yüksek ve orta ısı dirençli ürünler |
| 7 | EN ISO 6946 | Yapı bileşenleri ve yapı elemanları - Isıl direnç ve ısı geçirgenlik - Hesaplama yöntemleri |
| 8 | UNI EN ISO 3095 | Akustik-Demiryolu uygulaması-Demiryoluna bağlı araçlardan yayılan gürültünün ölçümü |
| 9 | UNI EN ISO 3381 | Akustik-Demiryolu uygulaması-Demiryolu araçlarının içinde gürültü ölçümü |

Tablo 1 - Referans Standartlar

Aşağıda Tablo 2'de, bu dokümanın konusuyla ilgili referans dokümanlar verilmiştir.

| # | Doküman | Başlık |
|---|--------------|--|
| 1 | TŞ 250.900 | Milli Co-Co Tipi Ana Hat Lokomotifi Geliştirme Teknik Şartnamesi |
| 2 | TS400048 | Elektrikli CoCo Lokomotifinin Genel Teknik Şartnamesi |
| 3 | TS400049 | Dizel CoCo Lokomotifin Genel Teknik Şartnamesi |
| 4 | 012GX2000201 | CoCo Loco Elektrik Lokomotif Yerleşim Planı |
| 5 | 012GX2000301 | CoCo Loco Dizel Lokomotif Yerleşim Planı |

Tablo 2 - Referans Dokümanlar

2 TERMOAKUSTİK YALITIM AÇIKLAMASI

2.1 GENEL GİRİŞ

Bu bölümde, ısı ve ses yalıtımı hedeflerinin karşılanabilmesi amacıyla yalıtım malzemelerinin malzeme özellikleri, gereksinimleri ve yalıtım katmanlarının dizilimi verilmiştir. Ayrıca, yalıtım malzemelerine ilişkin metraj cetveli de sunulmuştur. Yalıtım malzemelerinin uygulanmaya hazır şekilde sevk edilmesi öngörülmektedir. Montaj gereklilikleri ile yüzey hazırlığı işlemleri ve gerekli olabilecek ön işlem malzemeleri/aletlerine ilişkin detaylar tasarım faaliyetinin kapsamı dışındadır. Bu hususlar, Yüklenici tarafından tedarik ile birlikte tanımlanacaktır. Montaj sırasında oluşabilecek hasarların kapatılmasında kullanılmak üzere alüminyum yapışkan bant da tedarik kapsamında yer almalıdır. Araç gövdesi çelik malzemeden imal edilmiştir.

2.1.1 TERMOAKUSTİK YALITIM İÇİN GENEL STRATEJİ

Termoakustik yalıtım malzemeleri, aşağıdaki iki performans kriterini karşılamak üzere gereklidir:

- Isı yalıtımı: HVAC (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme) sisteminin enerji tüketimini azaltmak ve makinist kabininde iç konforu artırmak amacıyla,
- Ses yalıtımı: Dış gürültü seviyesini ve makinist kabini içindeki gürültü seviyesini azaltmak amacıyla.

Bu hususlar aşağıda belirtilen genel stratejilerle ele alınmaktadır:

- Isı yalıtımı: Araç gövdesinin ve çoğu içyapı malzemesinin çok düşük ısı dirence sahip olması nedeniyle, ısı yalıtımının büyük bölümü ısı yalıtım malzemesi tarafından sağlanmaktadır. Bu nedenle, söz konusu malzeme araç gövdesinin tüm yüzeylerine uygulanmaktadır.
- Ses yalıtımı: Bu, taşıtın tüm malzemelerinin ortak katkısıyla sağlanmakta olup, özellikle çelik gövde yapısı ve cam elyaf (fiberglas) paneller ön plandadır. Bu malzemelerin birleşik etkisi, aynı zamanda ısı yalıtımı amacıyla da kullanılan ses emici malzemenin varlığı ile daha da artırılmaktadır. Söz konusu malzeme araç gövdesinin tüm yüzeylerine önceden uygulanmış durumdadır. Ancak, araç gövdesinin bazı bölgelerinde (örneğin makinist kabini zemini gibi), sadece gövde malzemeleri yeterli yalıtım sağlayamadığından, ek olarak ince bir ses yalıtım katmanı yerleştirilmiştir. Bu nedenle, ses yalıtım performansına ilişkin hedef değer (Rw), yalnızca bu bölgelere özel olarak tanımlanmıştır.

2.1.2 MALZEME TEKNİK VERİLERİ

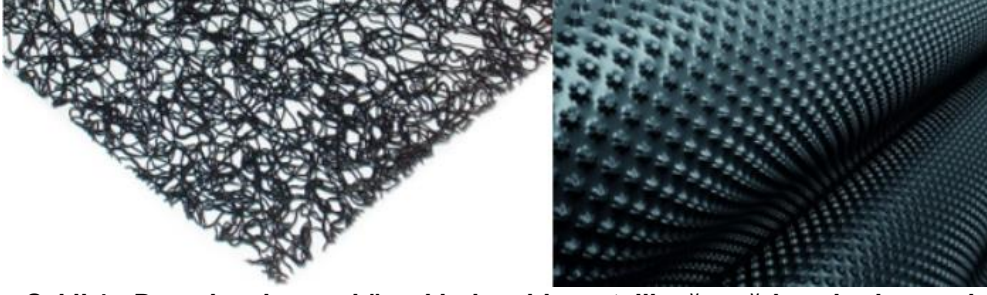
2.1.2.1 DRENAJ MALZEMESİ

Drenaj malzemesi, yalıtım malzemesi ile araç gövdesi arasında yoğunlaşan suyun her yönde serbestçe akmasını sağlamalıdır.

Ana teknik veriler (referans olarak):

| | |
|--------------------|----------------------------|
| Çalışma sıcaklığı: | -50°C ile 100° C |
| Maksimum yoğunluk: | 20 kg/m ³ ± %20 |
| Kalınlık Aralığı: | 7-10 mm |
| Yanıcılık | EN 45545-2, R1-HL2 |

Drenaj malzemesi, üzerindeki ısı yalıtım malzemesine lamine edilecektir. Bazı drenaj malzemesi örnekleri aşağıdaki resimde verilmiştir, genellikle metalik ağ veya çukurlu bir membrandan oluşurlar. İlk çözüm, ağırlığı ve kapladığı alanın daha düşük olması nedeniyle tercih edilmektedir.



Şekil 1 - Drenaj malzemesi örnekleri: solda metalik ağ, sağda çukurlu membran.

2.1.2.2 ISI YALITIMI

Isı yalıtım paneli, farklı sıcaklıklardaki iki ortam arasındaki ısı transferini azaltmaya yöneliktir. Ayrıca, sesleri absorbe etme ve alevi yayma kabiliyeti sınırlıdır, alevi karşı güçlü bir direnç ve sınırlı duman emisyonuna sahiptir ve araç gövdesiyle temas etmeyen bir yüzü 20 ila 40 µm kalınlığında bir alüminyum folyo ile kaplanmalıdır.

Ana teknik veriler (referans olarak):

| | |
|-----------------------------|---|
| Maksimum çalışma sıcaklığı: | -50°C ila 150° C |
| Termal iletkenlik: | 0.035± 0.005 W/(m K) |
| Su emilimi: | Suya dayanıklı kaplama |
| Yoğunluk: | 20 kg/m ³ ± 10 ÷ 60 mm kalınlık aralığı için %20 |
| Yanıcılık | EN 45545-2, R1-HL2 |

| Hz | α (40 mm) |
|------|-----------|
| 100 | 0.12 |
| 125 | 0.14 |
| 160 | 0.15 |
| 200 | 0.15 |
| 250 | 0.22 |
| 315 | 0.25 |
| 400 | 0.66 |
| 500 | 0.66 |
| 630 | 0.7 |
| 800 | 0.9 |
| 1000 | 0.9 |
| 1250 | 0.8 |
| 1600 | 0.8 |
| 2000 | 0.8 |
| 2500 | 0.66 |
| 3150 | 0.45 |
| 4000 | 0.42 |
| 5000 | 0.4 |

Tablo 3 - 40 mm ısı yalıtımı için gürültü emme katsayısı α

2.1.2.3 AKUSTİK YALITIM

Akustik yalıtım paneli, hava iletiminde gürültünün yüksek ses geçirmezliği sağlamalıdır. Malzeme testi, gerekli akustik performansı sağlamak için EN ISO 10140 veya eşdeğer standarda uygun olmalıdır.

Ana teknik veriler (referans olarak):

Maksimum Yoğunluk:
Yanıcılık

2000 kg/m³
EN 45545-2, R1-HL2

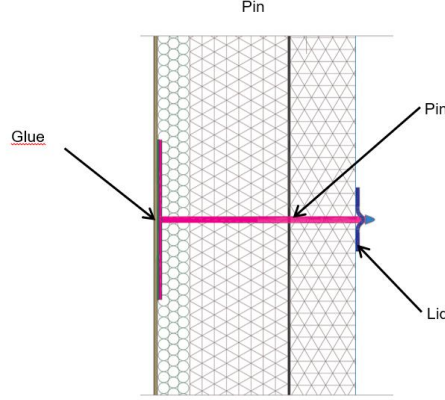
Panel için ses yalıtım kapasitesi yaklaşık olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir.

| Hz | Rw [dBA] |
|-------|----------|
| 31.5 | 0 |
| 40 | 0 |
| 50 | 4 |
| 63 | 4 |
| 80 | 4 |
| 100 | 11 |
| 125 | 11 |
| 160 | 11 |
| 200 | 17 |
| 250 | 17 |
| 315 | 17 |
| 400 | 23 |
| 500 | 23 |
| 630 | 23 |
| 800 | 29 |
| 1000 | 29 |
| 1250 | 29 |
| 1600 | 35 |
| 2000 | 35 |
| 2500 | 35 |
| 3150 | 41 |
| 4000 | 41 |
| 5000 | 41 |
| 6300 | 41 |
| 8000 | 41 |
| 10000 | 41 |

Tablo 4 - 2mm Akustik Yalıtım için ses yalıtım kapasitesi

2.1.2.4 KLİPSLER

Klipsler yalıtım panellerinin montajını kolaylaştıracak şekilde tasarlanacaktır. Klipsler yalıtım panelinin tüm farklı kalınlıklarını sabitleyebilmelidir. Taban üzerinde klipsler yapıştırıcı ile yapıştırılacaktır. Uygulama sıcaklığı tutkalın teknik özelliklerine bağlı olacaktır. Klipsler paslanmaz çelik malzemeden yapılacaktır. Klipslerin uzunluğu, yalıtım paketinin türüne göre uygun doğru montajı garanti etmelidir.

**Şekil 2 - Klips uygulaması için örnek****Şekil 3 - Klips örneği****2.1.2.5 BANT**

Farklı yalıtım paketleri arasındaki bağlantıyı sağlamak ve montaj sırasında açık veya hasarları kapatmak için alüminyum yapışkan bant da temin edilecektir. Alüminyum bant genişliğinin detayı, ihale tanımlama aşamasından sonra, CbC (clause by clause/ madde madde cevap) aşaması sırasında tanımlanacaktır. Ek olarak, bant EN 45545-2 R1-HL2 yanıcılık gerekliliklerini karşılamalıdır.

**Şekil 4 - Alüminyum yapışkan bant örneği**

2.2 MALZEME GEREKSİNİMLERİ

2.2.1 GENEL ŞARTLAR

Malzemeler, kaynak, kesme ve benzeri özel korumalar gerektirmeden normal bakım faaliyetlerine izin vermeye uygun olmalıdır. Ayrıca, atık bertarafı sırasında özel bir önlem gerektirmeyecek şekilde uygun olmalıdır.

2.2.2 YAPISAL GEREKLİLİK

Araç gövdesi üzerindeki tüm ek parçalar ve ara yüzler referans standartlara göre yüklere karşı dayanıklı olmalıdır.

2.2.3 YANGINA KARŞI DAVRANIŞ

Sistem/ekipman/bileşenler ve tüm elemanları, EN 45545 serisi standartlarının (-1, -2, -3, -4, -5, -6) ilgili maddelerine uygun olmalıdır.

Özellikle EN 45545-1 ve -2 standartlarına göre lokomotif, aşağıdaki şekilde 3N sınıflandırmasına tabi tutulmaktadır:

- 3: İşletme kategorisini,
- N: Tasarım kategorisini göstermektedir.

Bu sınıflandırma sonucunda aracın Tehlike Seviyesi HL2 olarak belirlenmiştir.

2.2.4 DUMAN OPAKLIĞI VE TOKSİSİTE

Kullanılan hiçbir malzeme zararlı olabilecek miktarlarda zehirli gazlar yaymamalıdır.

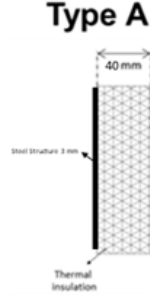
Malzemelerin seçimi için referans alınan parametreler ve karşılamaları gereken gereklilikler, Lokomotifin tehlike seviyesinin sınıflandırılmasına ve malzemenin ilişkili olduğu R(n) gereklilikler setine referansla EN 45545-2 standardının "Tablo 5"inde açıklanmıştır.

2.3 TERMOAKUSTİK YALITIM KATMANI DİZİLİMİ VE YERLEŞİMİ

Bu bölümde CoCo Lokomotif projesi için yalıtım katmanı dizilimi listelenmiştir.

2.3.1 TERMO-AKUSTİK YALITIM KATMANI DİZİLİMİ

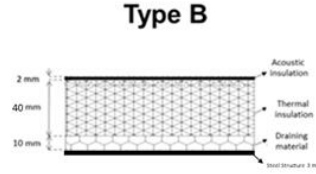
2.3.1.1 YAN DUVAR, TAVAN, ÖN DUVAR - "A" TİPİ



Şekil 5 - Yan duvar kesiti

"A" TİPİ yalıtım katmanı dizilimi, ısı yalıtım malzemesinden (40 mm) oluşmaktadır. Yerel K değeri (ısı transfer katsayısı) 0,762 W/(m²K) ile karakterize edilir.

2.3.1.2 ZEMİN - "B" TİPİ



Şekil 6 - Zemin kesiti

"B" TİPİ yalıtım katmanı dizilimi drenaj malzemesi (10 mm), ısı yalıtım malzemesi (40 mm) ve akustik yalıtımdan (2 mm) oluşmaktadır. Yerel K değeri (ısı transfer katsayısı) 0,762 W/(m²K) ile karakterize edilir.

2.3.1.3 ÖN CAM - "C" TİPİ

Pencereler 5,0 W/(m²K) yerel K değeri (ısı transfer katsayısı) ile karakterize edilir. Bu ısı transferi K değeri varsayılmaktadır ve üçüncü parça tedarikçisine sorulacaktır.

2.3.1.4 PENCERELER - "D" TİPİ

Pencereler 2,4 W/(m²K) yerel K değeri (ısı transfer katsayısı) ile karakterize edilir. Bu ısı transferi K değeri varsayılmaktadır ve üçüncü parça tedarikçisine sorulacaktır.

2.3.1.5 KAPI - "E" TİPİ

Kapı, 5,0 W/(m²K) yerel K değeri (ısı transfer katsayısı) ile karakterize edilir. Bu ısı transferi K değeri varsayılır ve üçüncü parça tedarikçisine sorulacaktır.

2.3.2 MAKİNİST KABİNLERİ YALITIM DÜZENİ

Bir lokomotifin makinist kabini, makinistin lokomotifi kontrol ettiği alandır ve bu alanda konforlu ve güvenli bir ortamın sağlanması çok önemlidir. Makinist kabinindeki termal ve akustik yalıtım, sabit ve konforlu bir iç sıcaklığın korunmasında çok önemli bir rol oynar ve makinisti ister lokomotifin makineleri tarafından üretilen ısıdan ister dış hava koşullarından olsun, dış sıcaklık aşırılıklarından korur.

Makinist kabinindeki etkili yalıtım termal konforu artırır, ısıtma ve soğutma sistemlerine olan bağımlılığı azaltır ve motordan veya çevredeki alanlardan gelen gürültü ve titreşimlerin aktarımını en aza indirerek makinist için daha sessiz ve daha odaklı bir çalışma ortamı yaratır.

Yan duvarlar, çatı ve makine dairesi ile makinist kabinleri arasındaki bölmeler için "A" tipi yalıtım katmanı dizilimi; zemin için "B" tipi yalıtım katmanı dizilimi önerilmektedir.

2.3.3 MAKİNE DAİRESİ YALITIMI (DİZEL MOD)

Bir lokomotifin makine dairesi, tipik olarak yüksek gürültü seviyeleri üreten motor ve çeşitli mekanik sistemleri barındıran kritik bir alandır. Bunu azaltmak için hem termal hem de akustik yalıtım hayati bir rol oynar - sadece makine dairesi ile bitişik alanlar arasındaki ısı transferini sınırlamamalı, daha da önemlisi hem dışarıya hem de makinist kabinine doğru gürültü yayılımını en aza indirmelidir.

Makine Dairesi yan duvarları, Çatı, Zemin, "Makine Dairesi" ile "Makine Soğutma Odası" arasındaki bölme duvarı, "Makine Dairesi" ve "Hava Giriş Odası" arasını ayıran bölme duvarı için "A" tipi yalıtım katmanı dizilimi önerilmektedir.

3 TERMAL DAVRANIŞ

3.1 MAKİNİST KABİNLERİ: K-FAKTÖRÜ HESAPLAMA

K-faktörü, malzemelerin termal performansını değerlendirmek için çok önemli bir parametredir. Isının bir malzemeden iletilme hızını gösterir ve ısı yalıtım sistemlerinin verimliliğinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Daha düşük bir K-faktörü, daha iyi yalıtım özellikleri anlamına gelir, enerji kayıplarını azaltır ve istenen iç sıcaklığın korunmasına yardımcı olur, böylece hem konforu hem de enerji verimliliğini artırır. EN 14813 standardına göre, İklim Bölgesi I'deki A kategorisi kabin için izin verilen maksimum K-faktör değeri 2,3 W/m²K'dir.

| | Tip | Alan [m ²] | Yerel K-değeri [W/(m ² K)] | Yayılan Isı [W/K] |
|------------------------------------|-----|------------------------|---------------------------------------|-------------------|
| Yan duvar | A | 6.1 | 0.762 | 4.62 |
| Zemin | B | 7.5 | 0.762 | 5.70 |
| Çatı | A | 5.7 | 0.762 | 4.35 |
| Ön | A | 3.2 | 0.762 | 2.45 |
| Arka | A | 5.6 | 0.762 | 4.26 |
| Ön Cam | C | 1.9 | 5.0 | 9.35 |
| Pencereler | D | 0.6 | 2.4 | 1.42 |
| Kapılar | E | 2.5 | 5.0 | 12.72 |
| | | | | |
| Toplam Alan [m²] | | 33.1 | Toplam Isı [W/K] | 44.9 |

Tablo 5 - Makinist kabini, K-faktörü hesaplaması

Her bir derecelik fark için yüzeyler 44,9 Watt ısı yayar.

$$K_{\text{Makinist Kabini}} = \text{Toplam Isı} / \text{Toplam Alan} = 44,9 \text{ W/K} / 33,1 \text{ m}^2 = 1,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

4 AKUSTİK DAVRANIŞ

Bu bölümde Coco Loco projesi için akustik performans kriterleri verilmiştir. Sonuçlar hem önceki bölümlerde açıklanan termo-akustik yalıtımla hem de her bir bileşen tarafından üretilen gürültü limitleriyle bağlantılıdır.

4.1 GÜRÜLTÜ GEREKSİNİMLERİ

Harici ve dahili maksimum Gürültü seviyesi TSI 1304/2014 Tadil 2023/1694 tarafından uygulanmaktadır ve aşağıdaki tablolarda listelenmiştir. Gürültü gereksinimleri moda (Elektrikli/Dizel) bağlıdır.

| Bölge | Durum | Gürültü Maks. Değer | Kaynak |
|---|--|---------------------|--|
| Dışarıdan: Ray merkezinden 7,5 m mesafede ve ray yüzeyi üzerinden 1,2 m yükseklikte ölçülmüştür. | Araç açık alanda durma halinde L_{pAeqT} | 70 dBA | TSE 1304/2014 Tadil 2023/1694 |
| | Araç açık alanda durma halinde L_{pAeqT} | 75 dBA | |
| | Araç Açık Alanda Hareket Etmeye Başlıyor L_{pAFmax} | 84 dBA | |
| | Açık Alanda 80 km/h Hız L_{pAeqT} | 84 dBA | |
| | Açık Alanda 120 km/h Hız L_{pAeqT}[80km/h] | 84 dBA | |
| İçeriden: Makinist Kabini | Açık Alanda 120 km/h L_{pAeqT} | 78 dBA | |

Tablo 6 - Elektrikli modu için gürültü gereksinimleri

| Bölge | Durum | Gürültü Maks. Değer | Kaynak |
|---|--|---------------------|--|
| Dışarıdan: Ray merkezinden 7,5 m mesafede ve ray yüzeyi üzerinden 1,2 m yükseklikte ölçülmüştür. | Araç açık alanda durma halinde L_{pAeqT} | 71 dBA | TSE 1304/2014 Tadil 2023/1694 |
| | Araç açık alanda durma halinde L_{pAeqT} | 78 dBA | |
| | Araç Açık Alanda Hareket Etmeye Başlıyor L_{pAFmax} | 87 dBA | |
| | Açık Alanda 80 km/h Hız L_{pAeqT} | 85 dBA | |
| | Açık Alanda 120 km/h Hız L_{pAeqT}[80km/h] | 85 dBA | |
| Araç içi: Makinist Kabini | Açık Alanda 120 km/h L_{pAeqT} | 78 dBA | |

Tablo 7 - Dizel modu için gürültü gereksinimleri

4.2 GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI SINIRLARI

Maksimum izin verilen gürültü kaynakları Tablo 8'de belirtilmiştir. Bu değerler, bileşen teknik şartnameleri için gereklilik olarak iletilmelidir. Bazı ekipmanlar için farklı lokomotif çalışma koşullarına (Durma/Kalkış/Çalışma) göre birden fazla gereklilik olabileceği unutulmamalıdır. Lokomotif durduğunda daha düşük gürültü hedefi olduğundan, ekipman bu zaman dilimlerinde gürültü emisyonunu sınırlandırmalıdır (örneğin, cer konvertörü soğutması, lokomotif durduğunda fan devrini azaltmalı veya tamamen kapatmalıdır). Ayrıca, Tablo 9'da hesaplamalarda kullanılan fakat gereklilik olarak belirtilmeyen ek gürültü kaynakları yer almaktadır.

| # | Sistem | SWL [dBA] | Durum | Notlar |
|----|---|-----------|---|----------|
| 1 | Cer Motoru Soğutma | 90 | Durma | Hedef |
| | | 100 | Kalkış ve Çalışma | Hedef |
| 2 | Dizel Motor Soğutma | 105 | Durma, Kalkış ve Çalışma | Hedef |
| 3 | Dizel Motor/ Arıtma Sonrası / Emme Filtreleri | 112 | Durma | Hedef |
| | | 118 | Kalkış | Hedef |
| | | 114.8 | 80 km/h hızla hareket ediyor | Hedef |
| | | 114.8 | 120 km/h hızla hareket ediyor | Hedef |
| 4 | Jeneratör | 102 | Durma | Hedef |
| | | 105 | Kalkış | Hedef |
| | | 103 | 80 km/h hızla hareket ediyor | Hedef |
| | | 103 | 120 km/h hızla hareket ediyor | Hedef |
| 5 | Ana Hava Üretimi | 92 | Durma ve Çalışma | Hedef |
| 6 | Yardımcı Hava Üretimi | 88 | Durma ve Çalışma | Hedef |
| 7 | Akü Şarj Cihazı | 85 | Durma ve Çalışma | Hedef |
| 8 | Ana Transformatör | 82 | Durma ve Çalışma | Hedef |
| 9 | Makinist HVAC | 84 | Durma ve Çalışma | Hedef |
| 9A | Dahili HVAC | 62 | Durma ve Çalışma | EN 14813 |
| 10 | Transformatör ve Konvertör Soğutma | 90 | Durma | Hedef |
| | | 100 | Kalkış ve Çalışma | Hedef |
| 11 | Cer Motoru | 0 | Durma | Hedef |
| | | 105.8 | Kalkış (aks başına 101 dBA) | Hedef |
| | | 105.8 | 80 km/h hızla hareket (aks başına 101 dBA) | Hedef |
| | | 110.8 | 120 km/h hızla hareket (aks başına 106 dBA) | Hedef |

| | | | | |
|----|----------------|-------|---|-------|
| 12 | Dişli Kutusu | 0 | Durma | Hedef |
| | | 97.8 | Kalkış (aks başına 93 dBA) | Hedef |
| | | 103.8 | 80 km/h hızla hareket (aks başına 99 dBA) | Hedef |
| | | 107.8 | 120 km/h hızla hareket (aks başına 103 dBA) | Hedef |
| 13 | Fren Reostası | 0 | Durma ve Kalkış | Hedef |
| | | 85 | Çalışma | Hedef |
| 14 | Son Mil Modülü | 90 | Durma ve Kalkış | Hedef |
| | | 0 | Çalışma | Hedef |

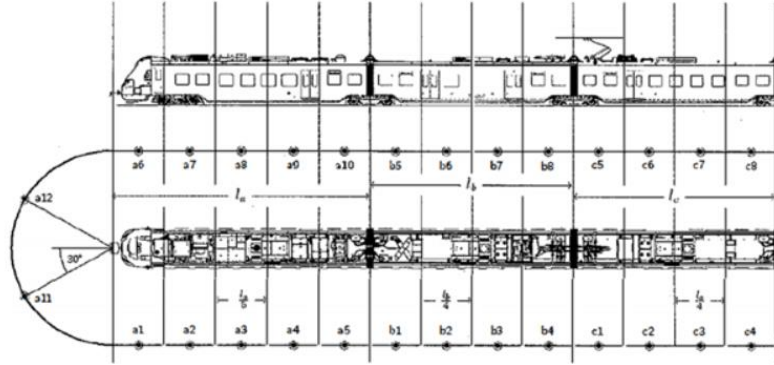
Tablo 8 - Sistem gürültü kaynakları

| # | Kaynak | SWL [dBA] | Durum | Notlar |
|----|---------------------------------|-----------|---|-----------------------|
| 14 | Hareket (Rolling) Gürültüsü | 0 | Durma | İstatistiksel Veriler |
| | | 91.8 | Kalkış (aks başına 87 dBA) | İstatistiksel Veriler |
| | | 100.8 | 80 km/h hızla hareket (aks başına 96 dBA) | İstatistiksel Veriler |
| | | 106.5 | 120 km/h hızla hareket (aks başına 102 dBA) | İstatistiksel Veriler |
| 15 | Yan Taraf Aerodinamik Gürültüsü | 0 | Durma | İstatistiksel Veriler |
| | | 50 | Kalkış | İstatistiksel Veriler |
| | | 70 | 80 km/h hızla hareket ediyor | İstatistiksel Veriler |
| | | 90 | 120 km/h hızla hareket ediyor | İstatistiksel Veriler |
| 16 | Çatı Aerodinamik Gürültüsü | 0 | Durma | İstatistiksel Veriler |
| | | 76 | Kalkış | İstatistiksel Veriler |
| | | 94 | 80 km/h hızla hareket ediyor | İstatistiksel Veriler |
| | | 105 | 120 km/h hızla hareket ediyor | İstatistiksel Veriler |
| 17 | Pantograf Aerodinamik Gürültüsü | 0 | Durma | İstatistiksel Veriler |
| | | 80 | Kalkış | İstatistiksel Veriler |
| | | 98 | 80 km/h hızla hareket ediyor | İstatistiksel Veriler |
| | | 108 | 120 km/h hızla hareket ediyor | İstatistiksel Veriler |

Tablo 9 - Hesaplama kullanılan ilave gürültü kaynakları

4.3 DIŞ GÜRÜLTÜ

Dış gürültünün hesaplanması, çeşitli ses kaynaklarından standart ISO 3095 tarafından tanımlanan ölçüm noktasına kadar gürültü yayılımının hesaplanmasını gerektirir. ISO 3095'un 5.5.1.1 maddesine atfen, lokomotif eşit aralıklı bölümlere ayrılmalı ve her bölüm yatay olarak aynı uzunlukta olmalıdır. Lokomotif uzunluğu, kuplörler veya tamponlar arasındaki mesafe ya da kuplörler veya tamponlar yapıyı kapsıyorsa yapının uçları arasındaki mesafe olarak tanımlanır. Ölçüm noktaları, aracın her iki tarafında, her bölümün orta noktasına yerleştirilmelidir.



Şekil 7 - Gürültü seviyesi değerlendirme için ölçüm pozisyonlarının dağılımı örneği

Durma durumundaki her bir ölçüm konumu, ray üst yüzeyinden 1,2 m yükseklikte, ray merkez hattından 7,5 m mesafede bulunmalıdır.

Ölçüm lokomotifin her iki tarafında da yapılmalıdır. Ünitenin her iki tarafı da akustik olarak aynıysa (yani gürültü kaynaklarının simetrik dağılımı varsa), lokomotifin bir tarafındaki ölçüm konumlarının ihmal edilmesine izin verilebilir.

ISO 3095'in 6.4.1 bölümüne göre, 120 km/saat çalışma koşulu için ölçüm konumu durma koşuluyla aynıdır, çünkü çalışma hızı 200 km/saatten daha düşüktür.

Dış gürültü hesaplaması aşağıda verilen yayılma formülü kullanılarak yapılabilir:

$$SPL = SWL + 10 \log \left[\frac{Q}{4 \pi r^2} \right]$$

Bu formülde:

- L_p SPL, kaynaktan belirli bir r uzaklığında hesaplanan ses basıncı seviyesidir
- L_w SWL gürültü kaynağı ses gücü seviyesidir
- QQ yönlülük faktörüdür ve yarım küre yayılımı için 2'ye eşittir

Her bir ölçüm noktasındaki genel gürültü, yayılma formülü ile elde edilen gürültü kaynaklarından gelen bireysel ses basıncı seviyesinin birleştirilmesiyle belirlenmiştir.

A ağırlıklı eşdeğer sürekli Ses Basıncı Seviyesi L_{pAeqT} , aşağıdaki formül kullanılarak her bir ölçüm noktasında ortaya çıkan gürültünün uzamsal olarak ortalaması alınarak elde edilir:

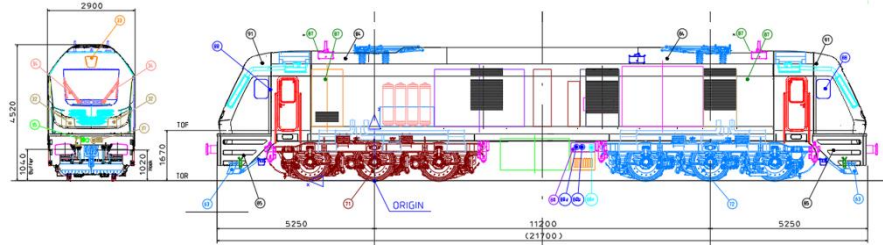
$$L_{pAeqT} = 10 \log \sum_{i=1}^N \frac{l_i}{l_{tot}} 10^{\frac{SPL_i}{10}}$$

Bu formülde:

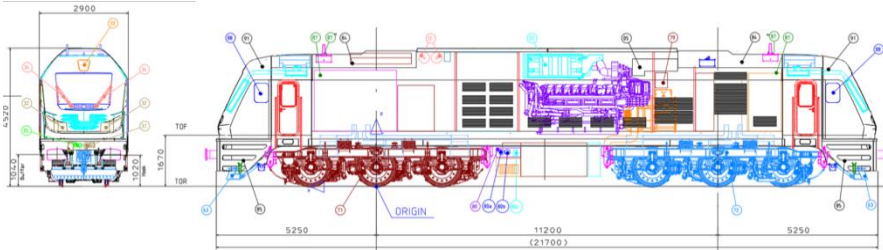
- $SPL_{(i)}$, i ölçüm konumunda ölçülen ses basıncı seviyesidir
- N ölçüm pozisyonlarının sayısıdır
- l_i ardışık iki ölçüm noktası arasındaki mesafedir

4.3.1 BİLEŞENLERİN DIŞ GÜRÜLTÜSÜNÜ DEĞERLENDİRME METODOLOJİSİ

Ekipman yerleşimlerine dayanarak dört olası tip tanımlanabilir:



Şekil 8 - Elektrikli Mod Ekipman Yerleşimi



Şekil 9 - Dizel Mod Ekipman Yerleşimi

- A. **Alt Gövde ve Üst Gövde Ekipmanı:** Bunlar dışarıda bulunur. Bu tür ekipmanlar için Tablo 8 'deki ses gücü seviyesini (SWL) ve Bölüm DIŞ GÜRÜLTÜ 'de açıklanan ses yayılım formülünü dikkate almak yeterlidir. $SWL_{Eff} = SWL$
- B. **Makine Dairesi (sadece Dizel Mod için):** Bu öğeler Makine odasının içinde yer almaktadır. Bu oda için, Tablo 8'deki ses gücü seviyesi (SWL), 3mm çeliğin gürültü azaltımını ve ısı yalıtım malzemesinin ses emilimini hesaba katmak için ayarlanmalıdır, ardından Bölüm DIŞ GÜRÜLTÜ 'de özetlenen ses yayılım formülü uygulanabilir.
- C. **İzgaralı Araç İçi Ekipmanları:** Bunlar Makine odasının içinde yer almaktadır. Bu bileşenler için Tablo 8 'deki ses gücü seviyesi (SWL), kabinin 3 mm çeliğini ve bir ızgaranın varlığını hesaba katmak için ayarlanmalıdır, ardından Bölüm DIŞ GÜRÜLTÜ 'de özetlenen ses yayılım formülü uygulanabilir.
- D. **İzgarasız Araç İçi Ekipmanları:** Bunlar Makine odasının içinde yer almaktadır. Bu bileşenler için, Tablo 8 'deki ses gücü seviyesi (SWL), 3 mm çeliğin gürültü azaltma ve ses emme katsayısını hesaba katacak şekilde ayarlanmalıdır, ardından Bölüm DIŞ GÜRÜLTÜ 4.3 'de özetlenen ses yayılım formülü uygulanabilir.

| # | Sistem | SWL [dBA] | Tip | SWL _(Eff) [dBA] | Notlar |
|----|---|-----------|-----|----------------------------|---|
| 1 | Cer Motoru Soğutma | 90 | A | 90 | Alt Gövde Ekipmanları |
| | | 100 | | 100 | |
| 2 | Dizel Motor Soğutma | 105 | C | 97 | Yanlarda hava ızgaraları |
| 3 | Dizel Motor/ Arıtma Sonrası / Emme Filtreleri | 112 | B | 80 | Makine Dairesi tamamen yalıtılmış olup, ses enerjisinin büyük bir kısmı yalıtım katmanları içerisinde etkin bir şekilde emilmektedir. |
| | | 118 | | 85 | |
| | | 114.8 | | 80 | |
| | | 114.8 | | 80 | |
| 4 | Jeneratör | 102 | C | 94 | Yanlarda hava ızgaraları |
| | | 105 | | 97 | |
| | | 103 | | 95 | |
| | | 103 | | 95 | |
| 5 | Ana Hava Üretimi | 92 | D | 81 | Araç İçi Ekipman |
| 6 | Yardımcı Hava Üretimi | 88 | D | 75 | Araç İçi Ekipman |
| 7 | Akü Şarj Cihazı | 85 | A | 85 | Alt Gövde Ekipmanları |
| 8 | Ana Transformatör | 82 | A | 82 | Alt Gövde Ekipmanları |
| 9 | Makinist HVAC | 84 | A | 84 | Üst Gövde Ekipmanları |
| 9A | Araç içi HVAC | 62 | - | 62 | Araç İçi Ekipman |
| 10 | Transformatör ve Konvertör Soğutma | 90 | C | 88 | Yanlarda hava ızgaraları |
| | | 100 | | 98 | |
| 11 | Cer Motoru | 0 | A | 0 | Alt Gövde Ekipmanları |
| | | 105.8 | A | 105.8 | |
| | | 105.8 | A | 105.8 | |
| | | 110.8 | A | 110.8 | |
| 12 | Dişli Kutusu | 0 | A | 0 | Alt Gövde Ekipmanları |
| | | 97.8 | A | 97.7 | |
| | | 103.8 | A | 103.8 | |
| | | 107.8 | A | 107.8 | |
| 13 | Fren Reostası | 0 | A | 0 | Üst Gövde Ekipmanları |
| | | 85 | A | 85 | |

| | | | | | |
|----|----------------|----|---|----|------------------|
| 14 | Son Mil Modülü | 90 | D | 88 | Araç İçi Ekipman |
| | | 0 | D | 0 | Araç İçi Ekipman |

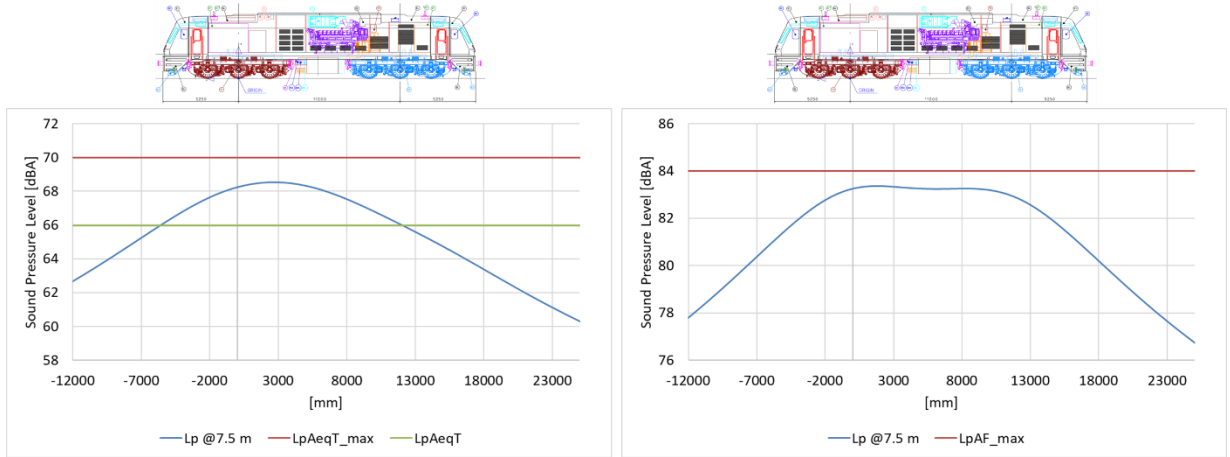
Tablo 10 - Ekipman SWL_{Eff} hesaplaması

4.3.2 DIŞ GÜRÜLTÜ SEVİYESİNİN HESAPLANMASI

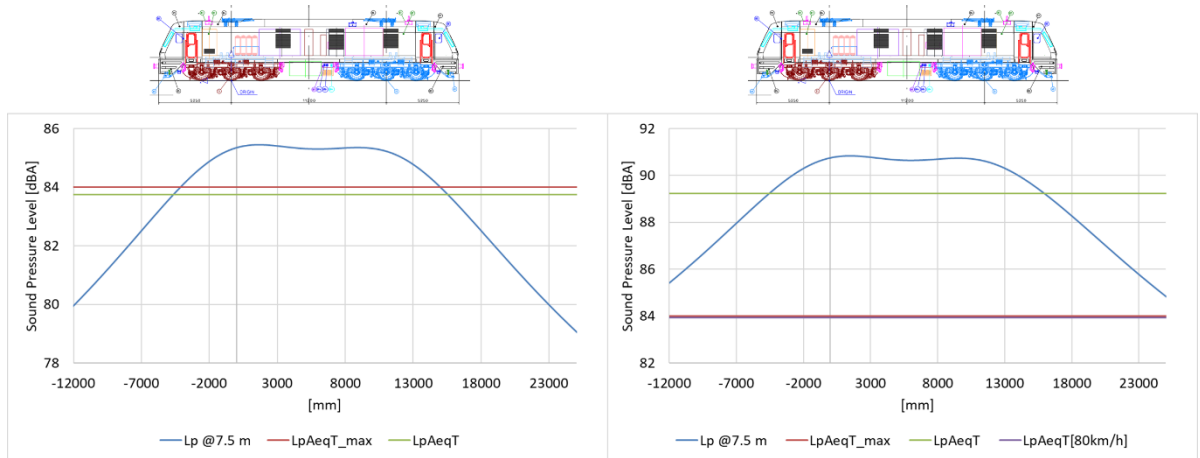
Elektrikli mod için sonuçlar aşağıda verilmiştir:

| Bölge | Durum | Sonuçlar [dBA] | Gürültü Maks. Değer [dBA] |
|---|---|----------------|---------------------------|
| Dışarıdan: Ray merkezinden 7,5 m mesafede ve ray yüzeyi üzerinden 1,2 m yükseklikte ölçülmüştür. | Araç açık alanda durma halinde LpAeqT | 66.0 | 70 |
| | Araç açık alanda durma halinde LpAeqT | 68.3 | 75 |
| | Araç Açık Alanda Hareket Etmeye Başlıyor LpAFmax | 83.4 | 84 |
| | Açık Alanda 80 km/h Hız LpAeqT | 83.8 | 84 |
| | Açık Alanda 120 km/h Hız LpAeqT[80km/h] | 83.9 | 84 |

Tablo 11 - Toplam Dış Gürültü Elektrikli Mod



Şekil 10 - Toplam Dış Gürültü Elektrikli Mod - solda Durma, sağda Kalkış

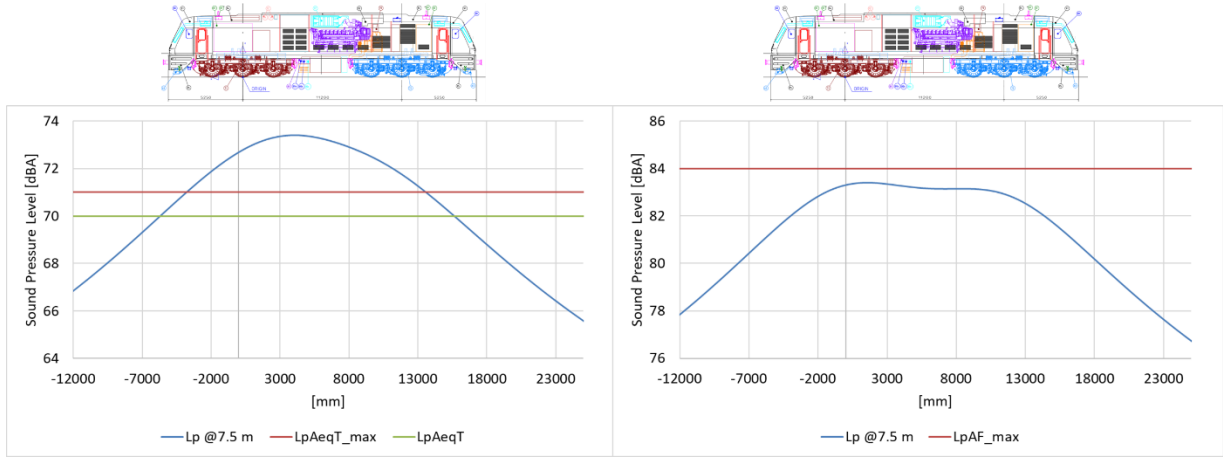


Şekil 11 - Toplam Dış Gürültü Elektrikli Mod - Çalışma: solda @80km/h, sağda @120km/h

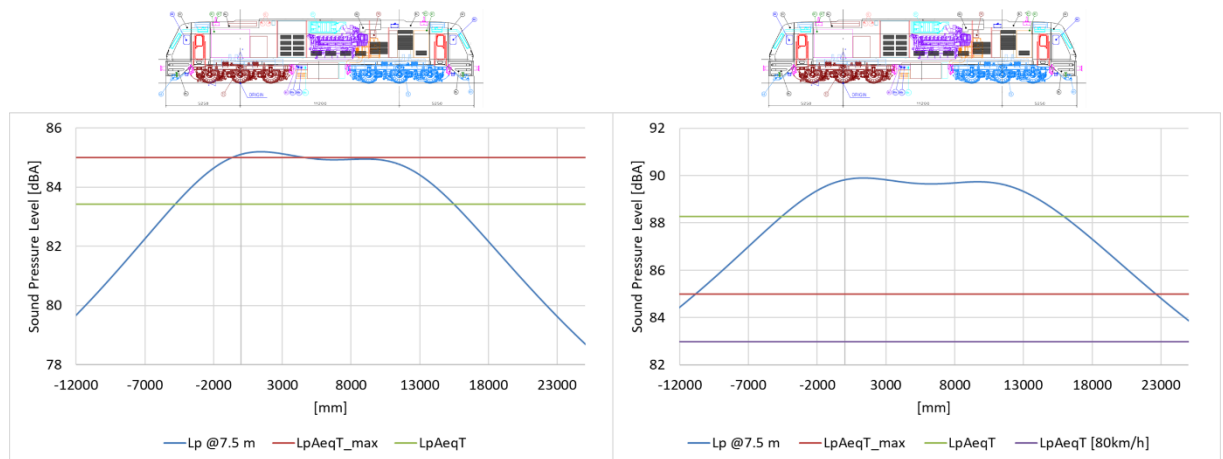
Dizel Modu için sonuçlar aşağıda verilmiştir:

| Bölge | Durum | Sonuçlar [dBA] | Gürültü Maks. Değer [dBA] |
|---|---|----------------|---------------------------|
| Dışarıdan: Ray merkezinden 7,5 m mesafede ve ray yüzeyi üzerinden 1,2 m yükseklikte ölçülmüştür. | Araç açık alanda durma halinde LpAeqT | 70.8 | 71 |
| | Araç açık alanda durma halinde LpAeqT | 72.7 | 78 |
| | Araç Açık Alanda Hareket Etmeye Başlıyor LpAFmax | 83.4 | 84 |
| | Açık Alanda 80 km/h Hız LpAeqT | 83.4 | 85 |
| | Açık Alanda 120 km/h Hız LpAeqT[80km/h] | 83.0 | 85 |

Tablo 12 - Toplam Dış Gürültü Dizel Modu



Şekil 12 - Toplam Dış Gürültü Dizel Modu - solda Durma, sağda Kalkış

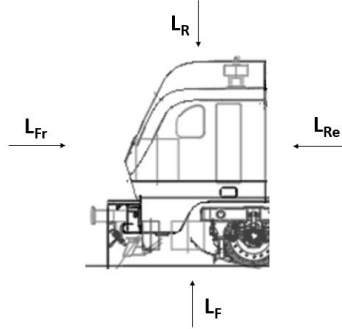


Şekil 13 - Toplam Dış Gürültü Dizel Modu - Çalışma: solda @80km/h, sağda @120km/h

4.4 İÇ GÜRÜLTÜ

Bu bölümde, makinist kabinlerine ait yan duvar, çatı ve taban bölümleri için gürültü kaynaklarının değerlendirilmesi ve tipik yalıtım yerleşimi açıklanmaktadır. Bu değerlendirmede tüm gürültü kaynaklarının araç yüzeyine dağılmış olduğu varsayılmış ve buna göre iki boyutlu bir analiz yapılmıştır. Gerçek durumda ise gürültü kaynakları aracın farklı bölümlerinde konumlandığından, doğrudan toplanmazlar. Dolayısıyla, mevcut analiz gerçek duruma kıyasla ihtiyatlı bir yaklaşımdır.

Hesaplamalar yalnızca makinist kabinleri için gerçekleştirilmiştir.



Şekil 14 - Gürültü Kaynağı Yönü

Toplam gelen gürültüyü değerlendirmek için çeşitli kaynakların ses gücü toplanır:

$$L_i(f) = 10 \log \sum_j 10^{\frac{SWL_j(f)}{10}}$$

Tablo 8 ve Tablo 9'da tanımlanan gürültü kaynakları dikkate alınarak, aracın her bir yüzeyi ve her bir frekans f için toplam gelen (incident) gürültü seviyesi değerlendirilmiştir.

Daha sonra, her bir taraf için toplam gürültü yalıtımı eşit kabul edilir:

$$R_p(f) = R_s(f) + R_i(f) - f(R_s(f), R_i(f), R_a(f))$$

Bu formülde:

- R_s yapısal malzemenin ses yalıtımıdır
- R_i nihai akustik yalıtım malzemesinin ses yalıtımıdır
- $f(R_s(f), R_i(f), R_a(f))$ yalıtım katmanı dizilimine bağlı olarak termal emici malzemenin veya havanın akustik yalıtım gücünün bir tahminidir

Son olarak, frekansın bir fonksiyonu olarak makinist kabinine giren gürültü aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$L_{interior}(f) = L_i(f) - R_{equivalent}(f)$$

Bu formülde:

- $L_{interior}$ makinist kabinine giren toplam gürültüdür
- L_i gelen gürültüdür
- $R_{equivalent}$ eşdeğer güç yalıtımıdır

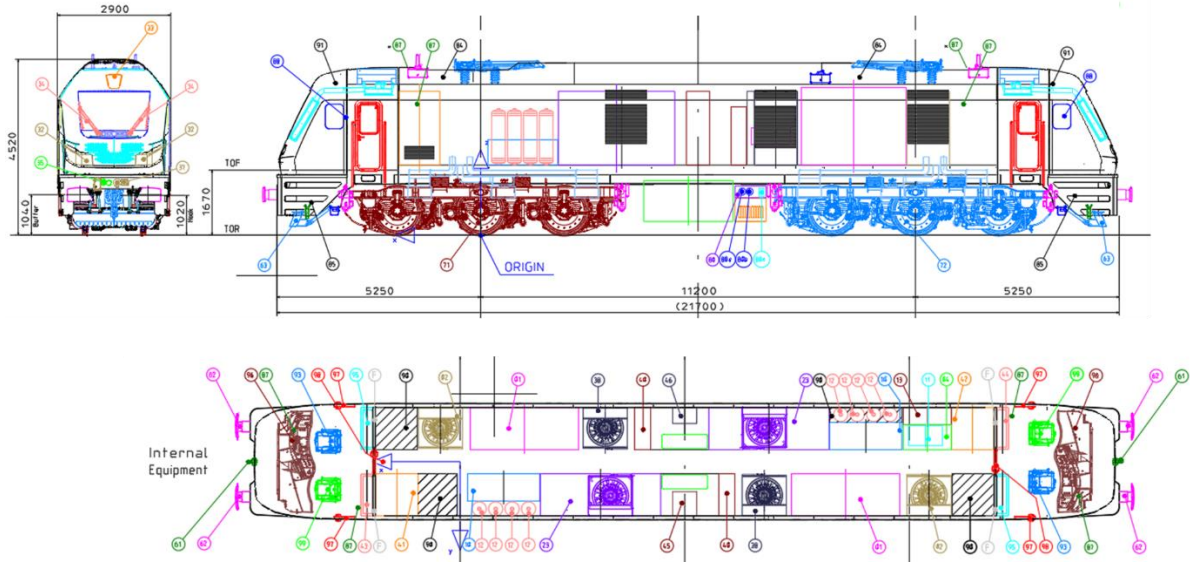
4.4.1 MAKİNİST KABİNİNE GELEN TOPLAM GÜRÜLTÜ

Farklı Loko modu için makinist kabininin çeşitli taraflarında meydana gelen toplam gürültü aşağıdaki bölümde gösterilmektedir.

4.4.1.1 ELEKTRİKLİ MOD

Kabinin arkasından giren gürültüyü değerlendirmek için iki katkıyı göz önünde bulundurmak gerekir:

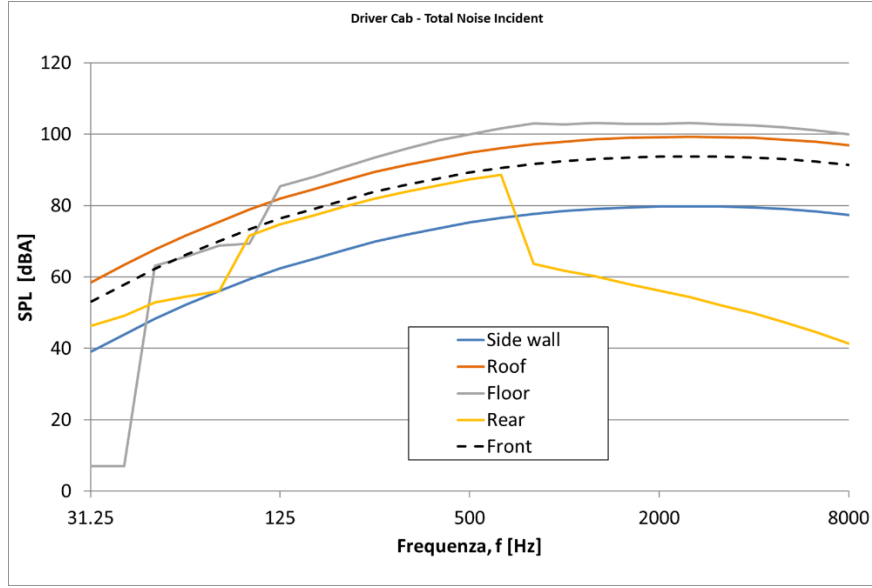
- Makine dairesine giren **dış ekipman gürültüsü**, 3 mm çelik RW ile azaltılmıştır.
- **Makine dairesi ekipman gürültüsü**



Şekil 15 - Elektrikli Mod Ekipman Yerleşimi

| Mod | Taraf | Gürültü | Toplam Gürültü [SWL] |
|------------|-----------|---------------------------------|----------------------|
| Elektrikli | Ön | Ön/Tavan Aerodinamik Gürültüsü | 104,2 dBA |
| | | HVAC | |
| | Çatı | Ön/Tavan Aerodinamik Gürültüsü | 109,7 dBA |
| | | Pantograf Aerodinamik Gürültüsü | |
| | | HVAC | |
| | Yan Duvar | Yan Duvar Aerodinamik Gürültüsü | 90.0 dBA |
| | Zemin | Hareket (Rolling) Gürültüsü | 113,8 dBA |
| | | Cer Motoru | |
| | | Dişli Kutusu | |
| | Arka | Dış Gürültü | 95 dBA |
| | | Makine Dairesi Ekipmanları | |

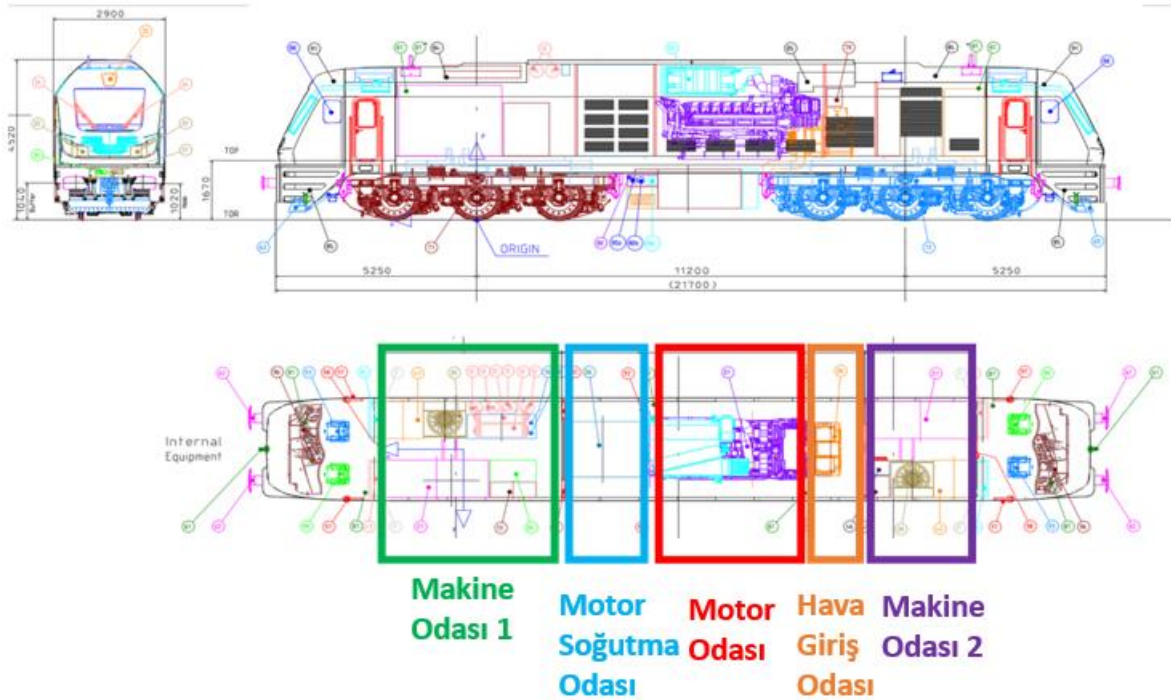
Tablo 13 - Her iki makinist kabine gelen toplam gürültü 120 km/h- Elektrikli Mod

**Şekil 16 - 120 km/h Çalışma Koşulunda Gelen Toplam Gürültü - Elektrikli Mod**

4.4.1.2 DİZEL MODU

Kabinin arkasından giren gürültüyü değerlendirmek için iki katkıyı göz önünde bulundurmak gerekir:

- Makine dairesine giren **dış ekipman gürültüsü**, 3 mm çelik RW ile azaltılmıştır.
- **Makine odası ekipman gürültüsü**: tek bir ortam olmadığından, ancak odaları ayıran iç kapılar olduğundan, aşağıdaki prosedür izlenmelidir:
 1. Makine Dairesindeki ekipman tarafından üretilen gürültü seviyesini hesaplayın.
 2. Motor Soğutma Odasındaki ekipman tarafından üretilen gürültü seviyesini hesaplayın, buna ısı yalıtımının katkısı ile azaltılan Motor Odasından gelen katkı eklenmelidir.
 3. Hava Giriş Odasındaki ekipman tarafından üretilen gürültü seviyesini hesaplayın, buna ısı yalıtımının katkısı ile azaltılan Makine Dairesinden gelen katkı eklenmelidir.
 4. Makine Dairesi 1'deki ekipman tarafından üretilen gürültü seviyesini hesaplayın, buna iç kapı etkisi ile azaltılan Motor Soğutma Odasından gelen katkı eklenmelidir.
 5. Makine Odası 2'deki ekipman tarafından üretilen gürültü seviyesini hesaplayın, buna iç kapı etkisiyle azaltılan Hava Giriş Odasından gelen katkı eklenmelidir.



Şekil 17 - Dizel Modu Ekipman Yerleşimi

| Mod | Oda | Gürültü | Gürültü [SWL] |
|-------|----------------|--|---------------|
| Dizel | Motor | Araç içi Ekipman | 114,8 dBA |
| | Motor Soğutma | Araç için Ekipman Makine Dairesi İç Gürültüsü azaltıldı | 105.0 dBA |
| | Hava Girişi | Araç için Ekipman Makine Dairesi İç Gürültüsü azaltıldı | 103.0 dBA |
| | Makine Odası 1 | Araç içi Ekipman Motor Soğutma Odası İç Gürültüsü azaltıldı | 102.0 dBA |
| | Makine Odası 2 | Araç içi Ekipman Hava Giriş Odası İç Gürültü azaltıldı | 100,8 dBA |

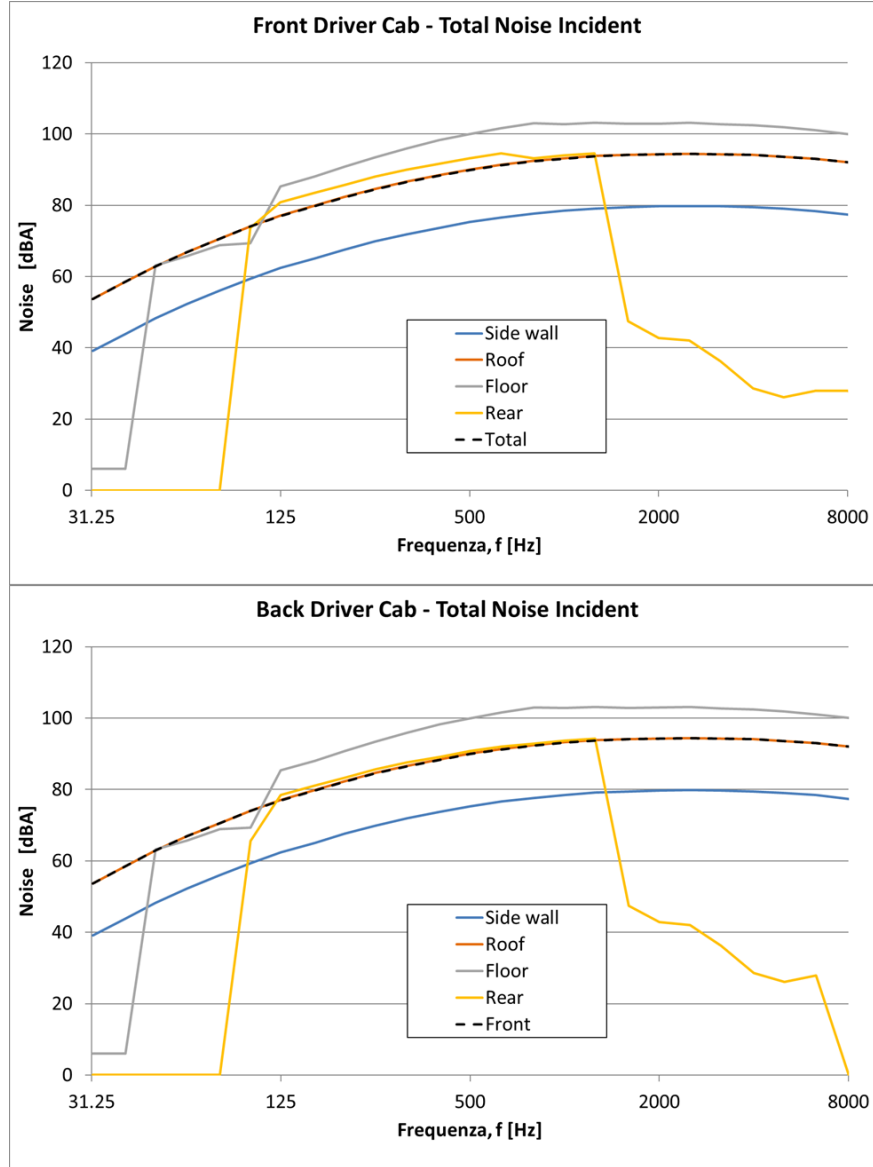
Tablo 14 - Odalardaki İç Gürültü Seviyesi - Dizel Modu

| Mod | Taraf | Gürültü | Toplam Gürültü [SWL] |
|-------|-----------|---------------------------------|----------------------|
| Dizel | Ön | Ön/Tavan Aerodinamik Gürültüsü | 104,9 dBA |
| | | HVAC | |
| | Çatı | Ön/Tavan Aerodinamik Gürültüsü | 104,8 dBA |
| | Yan Duvar | Yan Duvar Aerodinamik Gürültüsü | 90.0 dBA |
| | Zemin | Hareket (Rolling) Gürültüsü | 113,8 dBA |
| | | Cer Motoru | |
| | | Dişli Kutusu | |
| | Arka | Dış Gürültü | 102.0 dBA |
| | | Makine Dairesi ekipmanları | |

Tablo 15 - 120 km/h çalışma koşulunda gelen toplam gürültü, Ön Makinist Kabini- Dizel Modu

| Mod | Taraf | Gürültü | Toplam Gürültü [SWL] |
|-------|-----------|---------------------------------|----------------------|
| Dizel | Ön | Ön/Tavan Aerodinamik Gürültüsü | 104,9 dBA |
| | | HVAC | |
| | Çatı | Ön/Tavan Aerodinamik Gürültüsü | 104,8 dBA |
| | Yan Duvar | Yan Duvar Aerodinamik Gürültüsü | 90.0 dBA |
| | Zemin | Hareket (Rolling) Gürültüsü | 113,8 dBA |
| | | Cer Motoru | |
| | | Dişli Kutusu | |
| | Arka | Dış Gürültü | 100,8 dBA |
| | | Makine Dairesi ekipmanları | |

Tablo 16 - 120 km/h çalışma koşulunda gelen toplam gürültü, Arka Makinist Kabini- Dizel Modu



Şekil 18 - 120 km/h Çalışma Koşulunda Gelen Toplam Gürültü- Dizel Modu

4.4.2 SES YALITIM HESAPLAMASI

Ses yalıtımı, her malzemenin yalıtım özelliklerinden yola çıkılarak hesaplanabilir. Aşağıdaki tabloda, dikkate alınan tüm malzemeler için ses emici faktör RW verilmiştir.

| # | Malzemeler | RW [dBA] | Not - ref. |
|---|-----------------------------|----------|---------------------------------------|
| 1 | Çelik levha 3 mm | 37 | Kütle Kanunu |
| 2 | Fiberglas 4 mm | 29 | Kütle Kanunu |
| 3 | Fiberglas 6 mm | 32 | Kütle Kanunu |
| 4 | Gürültü Yalıtımı 2 mm | 27 | Mevcut Malzemenin Teknik Veri Sayfası |
| 5 | Dış Kapı | 24 | Mevcut Malzemenin Teknik Veri Sayfası |
| 6 | Pencereler | 32 | Mevcut Malzemenin Teknik Veri Sayfası |
| 7 | Termoakustik yalıtım - 40mm | N/A | Mevcut Malzemenin Teknik Veri Sayfası |
| 8 | İç Kapı | 13 | Eski projeler |

Tablo 17 - Malzeme ve Bileşenlerin Ses Yalıtımı Makinist Kabini

Malzeme yalıtım katmanı dizilimi dikkate alınmalıdır. Aşağıdaki tablolarda malzemenin hangi bölümde yer aldığı belirtilmiştir.

| Bölüm\Malzeme. Ref. Numarası | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A -Yan duvar Düşük | • | • | | | | | • | |
| B - Zemin | • | | | • | | | • | |
| C -Çatı/Yan duvar Yüksek | | • | • | | | | • | |
| D – Pencereler | | | | | | • | | |
| E - Ön Cam | | | | | | • | | |
| F - Dış Kapı | | | | | • | | | |
| G - İç Kapı | | | | | | | | • |
| H - Yangın Önleyici Kapı | • | | | | | | | |

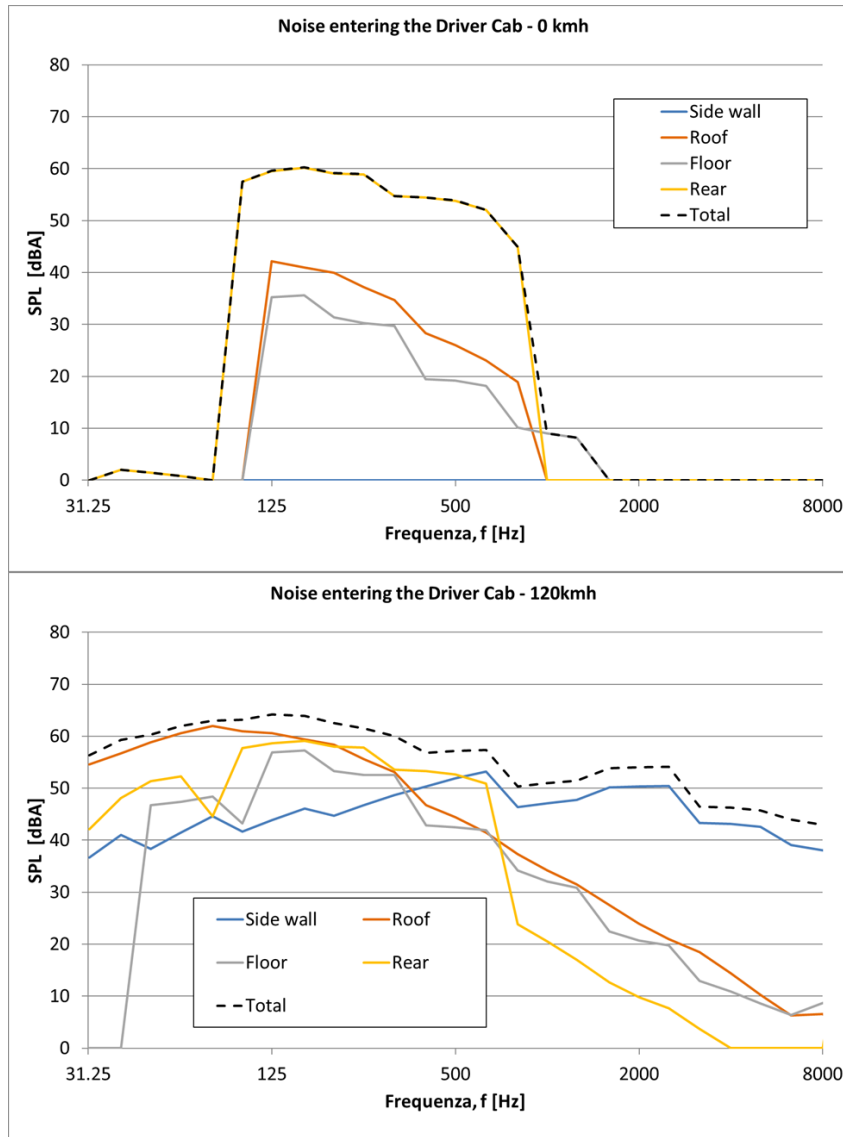
Tablo 18 - Malzeme Yalıtım Katmanı Dizilimi Makinist kabini

4.4.3 ARAÇ İÇİ GÜRÜLTÜ SEVİYESİNİN HESAPLANMASI

Elektrikli Mod için sonuçlar aşağıda verilmiştir:

| Bölge | Durum | Sonuçlar [dBA] | Gürültü Maks. Değer [dBA] |
|---------------------------|--|----------------|---------------------------|
| Araç içi, Makinist Kabini | Araç açık alanda durma halinde LpAeqT | 68.3 | N/A |
| | Açık Alanda 120 km/h Hız LpAeqT | 73.4 | 78 dBA |

Tablo 19 - Toplam Araç İçi Gürültü Elektrikli Mod



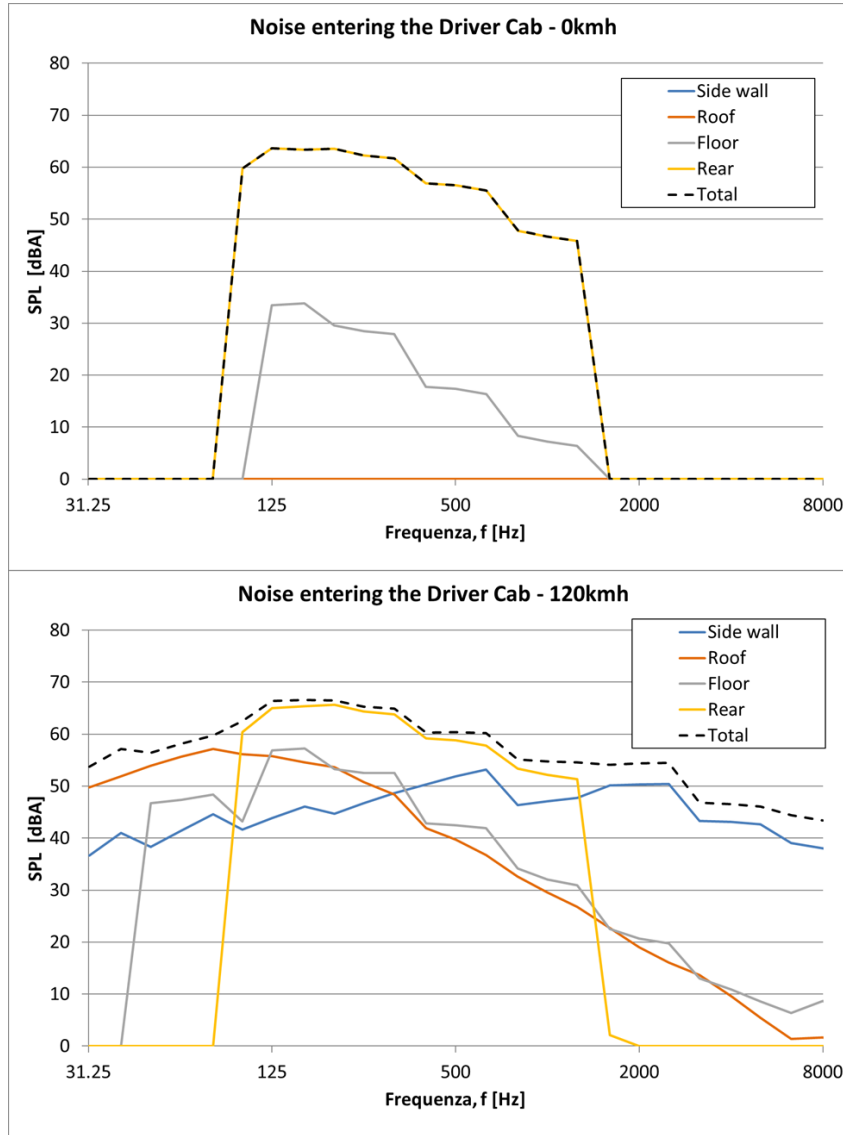
Şekil 19 – Araç İçi Gürültü Seviyesi - Elektrikli Mod

Dizel Mod için sonuçları aşağıda verilmiştir:

| Bölge | Durum | Sonuçlar* [dBA] | Gürültü Maks. Değer [dBA] |
|---------------------------|--|-----------------|---------------------------|
| Araç içi, Makinist Kabini | Araç açık alanda durma halinde LpAeqT | 71.4 | N/A |
| | Açık Alanda 120 km/h Hız LpAeqT | 74.9 | 78 dBA |

Tablo 20 - Toplam Araç İçi Gürültü Dizel Modu

* Ön Makinist Kabini ve Arka Makinist Kabini arasındaki İç Gürültü maksimum değeri



Şekil 20 – Araç İçi Gürültü Seviyesi - Dizel Modu

5 SONUÇLAR

Bu dokümanda dış ve iç gürültü hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

Dış ve iç gürültü hedeflerine, ekipmanların Tablo 8’de belirtilen gürültü emisyonu gerekliliklerini ve bileşenlerin Tablo 17’de belirtilen gürültü yalıtımı gerekliliklerini karşılaması durumunda ulaşılabilir.

DOKÜMAN SONU