

# HIZLANDIRILMIŞ KOROZYON ve YAŞLANDIRMA TESTLERİ

## Koruyucu Boya ve Kaplamalar için

**Kısa Açıklama:** BOYA ve KAPLAMA Endüstrisinde kullanılan kimyasalların değişik etki alanlarına dayanımı (nem, güneş, sıcaklık ve kimyasal etkiler gibi) hızlı, doğru ve güvenilir bir biçimde nasıl ölçülebilir? Bu yazıda, Dünya çapında kabul görmüş "hızlandırılmış laboratuvar + saha testleri" ve gelişmiş cihazlar incelenecektir.

### KOROZYON ve YAŞLANDIRMA TESTLERİ nedir? Neden ve Nasıl Gerçekleştirilir?

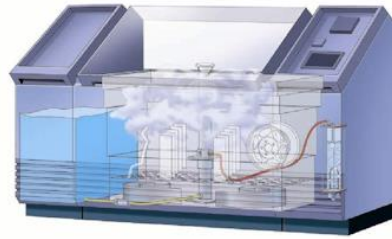
Hiç günlük hayatta kullandığınız bir malzemenin, aletin veya ekipmanın -dış atmosferik ortam veya özel koşullarda- ne kadar süre dayanacağını merak ettiniz mi? Peki bunu çeşitli testler yaparak önceden -belirli bir doğruluk oranında- tespit edebileceğinizi biliyor muydunuz?

Öncelikle, canlı/cansız malzemelerin ve hatta bizlerin yaşlanmamızda en etkili koşulların ve stres faktörlerini belirtmemiz gerekir:

- Solar radyasyon (Güneş ışınları, özellikle UV kısmı)
- Nem/rutubet
- Oksijen
- Isı/sıcaklık değişiklikleri
- Tuzluluk
- Hava kirliliği (Endüstriyel gazlar ve dumanlar)
- Çevre Kirliliği (Endüstriyel, kimyasal atıklar)

Hepimizin iyi bildiği gibi, dünyadaki tüm canlı/cansız maddelerin etrafındaki doğal çevre etkenleri veya endüstriyel koşullar (*güneş, yağmur, toz, kimyasallar gibi*) nedeniyle bozunmakta ve **yaşlanmaktadır**. Bu yaşlanma çeşitli formlarda olabilir, eğer **metal** ve **beton** gibi yapı malzemelerinden konuşuyorsak, bunun teknik ismine KOROZYON denir. (Bu terminoloji ile daha detaylı bilgi için, şu linke bakabilirsiniz: <http://www.korozyondoktoru.org/?p=287>)

Endüstriyel yapı ve inşaat malzemeleri (*metal, beton, kompozit gibi*) ve ürünleri (*boya ve kaplamalar gibi*) "aynı yaşlanma ve korozyon mekanizmalarının uygulanmasına çalışılarak" **normal koşullarda oluşacak korozyon sürelerinden çok daha kısa sürelerde** dayanımlarının belirlenmesi için tasarlanmış testlere de KOROZYON ve YAŞLANDIRMA TESTLERİ denmektedir.



Bu testlerin yapılmasının başlıca amaçları:

- Yeni teknolojik malzemelerin ve boya/kaplamaların geliştirilmesi
- Yeni veya eski ekipmanların üzerine koruyucu boya/kaplama seçimi
- Şartname/spesifikasyona bağlı olarak seçilen malzemenin Kalite Güvencesi-QA
- Korozyon ve boya yaşlanması nedeniyle oluşan malzeme kusurlarının analizi
- Herhangi bir endüstriyel tesisin bakım maliyeti ve amortismanı gibi...

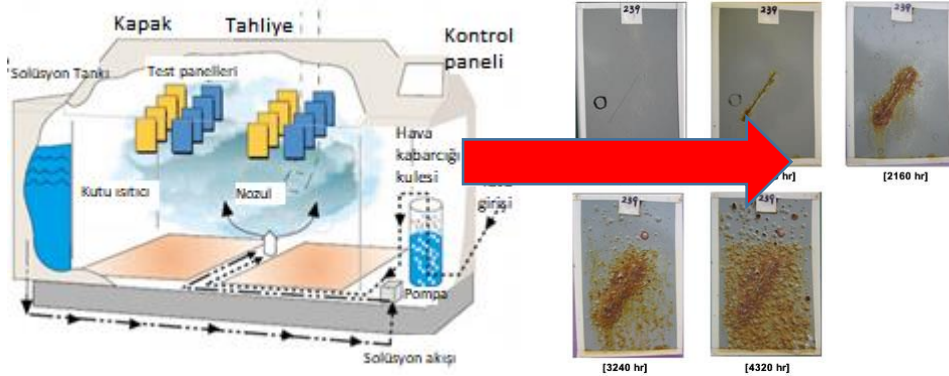
## GENEL TEST TIPLERİ Nelerdir? Ne gibi Farklılıklar İçerir?

Basitçe bu testler iki ayrılmaktadır:

- **Geleneksel Korozyon/Yaşlandırma Testleri**
- **Döngüsel Korozyon/Yaşlandırma Testleri**

### Geleneksel Korozyon/Yaşlandırma Testleri

Bu tip testlerde, sadece bir veya birkaç parametre ile (Tuz spreyi, UV, yağmurlama, nem gibi) test edilecek malzemeler **sürekli aynı ortam koşul(lar)ına** maruz bırakılmaktadır. Örneğin, sabit bir sıcaklıkta sabit konsantrasyonda tuzlu bir çözeltiyi **sürekli** test panellerinin üzerine püskürtülmesi ve bu şekilde test panellerinin yaşlanması/korozyona uğraması beklenmektedir.



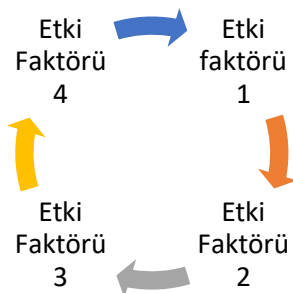
Bu testlerin en bilinen örneği, ilk kez 1937'de yayınlanmış ASTM B117, ISO 7253 veya ISO 9227 standartlarında testin nasıl gerçekleştirileceği ayrıntıları ile anlatılan "Tuz Sisi Püskürtme (ing. *Salt-fog spray*)" testidir. Özetle,  $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'deki saf suyun içinde çözülmüş olarak bulunan %5'li NaCl tuz çözeltisinin, kabin içine yerleştirilen çıplak metal ve boyalı/kaplamalı malzemelerin yüzeylerine sürekli püskürtülerek, metallerin korozyona uğraması ve boya/kaplama malzemelerinin yaşlanması sağlanmaktadır.. Sonrasında, korozyon veya yaşlanma nedeniyle oluşan görünür kusurlar, ASTM D1654, ASTM D3359, ASTM D610, ASTM D661, ASTM D714 ve ASTM D772 veya ISO 3359 ve ISO 4628 standartlarında belirtilen şekillerde değerlendirilerek, sonuç raporları hazırlanmaktadır.

Tuz-sisi püskürtme testi dışında bu tip testlere örnek olarak Neme Dayanım Testi (ISO 6270), UV Işığına Dayanım Testi (ISO 11507) ve Kimyasallara Dayanım Testi (ISO 2812) gibi laboratuvar testleri örnek gösterilebilir.

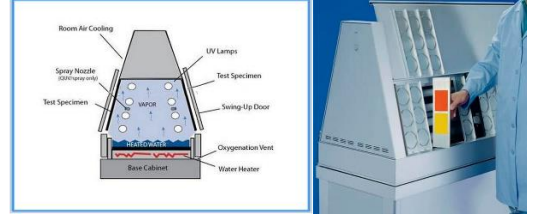
Bu testlerin yegâne ortak özelliği; tuzluluk, nemlilik, sıcaklık, vs. gibi seçilen etki faktörlerinin SÜREKLİ ve SABİT olarak test edilen malzemelere ve boya/kaplamalara saatler boyunca uygulanması ve test planındaki değerlerin hiçbir şekilde DEĞİŞTİRİLMEMESİ olarak belirtilebilir. (Bu yönüyle, bu testlere STATİK KOROZYON/YAŞLANDIRMA testleri de denmektedir.)

### Döngüsel Korozyon/Yaşlandırma Testleri

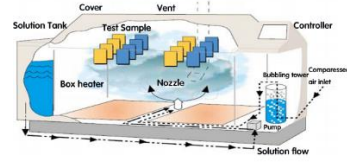
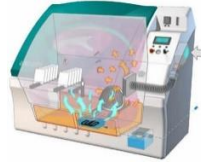
Bu tipteki testlerde ise; *tuzluluk, sıcaklık, güneş, yağmur* gibi etki faktörlerini simule etmek adına – aynı gerçek hayatta olduğu gibi – birbirini takip eden şekilde teste alınmış çıplak metal veya boyalı/kaplanmış malzemelere önceden belirlenmiş bir sıra ile tatbik edilmesidir.



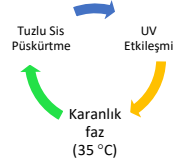
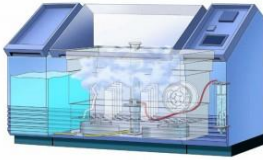
Hızlandırılmış Döngüsel testlere örnek olarak, ASTM G154 standardında ayrıntıları ile anlatılan Floresan Işığı Aparatı ile UV Etkisi testidir. Bu testte, özel floresan lambalar (UVA340, UVA351 ve UVB313) ve içindeki su haznesi/su püskürtücüler vasıtasıyla, Işık ve Nemlilik Döngüleri oluşturulmaktadır. Buradaki amaç, *doğadaki güneş ışığı ve nemlilik/yağmur olaylarının* simule edilmesidir.



Bir diğer DÖNGÜSEL korozyon testi, teknik ismi PROHEZYON olarak bilinen ASTM G85 Modifiye Tuz Sisi Püskürtme testidir. Bu testte ise, önce %0.4'lük amonyum sülfat ile %0.05'lik sodyum klorür çözeltisi 1 saat panellere püskürtülerek uygulandıktan sonra (ISLAK DÖNGÜ), 1 saat boyunca bu paneller (350°C'de kurutulmakta ve bu ikili etkileşim faktörü bir DÖNGÜ olarak birbirini takip etmektedir. Buradaki amaç, deniz koşullarına maruz kalan malzemelerin, önce ıslanıp sonra kurumalarını hızlı bir biçimde simule etmektir.



Dünya çapında güvenilir hızlandırılmış yaşlandırma testlerinden biri de ASTM D5894 standardında ayrıntıları ile anlatılan Döngüsel Tuz Sisi/UV Maruziyeti (Birbirini takip eden Sis/Kuru Faz ve UV/Yoğuşma Testi) Bu hızlandırılmış test programında ise, kabinler (2 farklı cihaz) içindeki özel düzenekler sayesinde Tuz Sisi Püskürtme ve UV etkileşimi birini takip edecek şekilde boyalı metal panellere uygulanmaktadır.



## Geleneksel ve Döngüsel Hızlandırılmış Testleri Karşılaştırsak, Hangisi Daha Güvenilir ve Sağlıklı Sonuçlar Verir?

Bu sorunun cevabını sağlıklı ve ölçülebilir olarak şu şekilde cevaplayabiliriz:

Gerçek hayattaki sonuçlar ile hızlandırılmış testlerin sonuçlarının ne kadar birbirleri ile uyduğu, aşağıdaki şu terminolojiler ile açıklanabilir:

**Korelasyon** (ing. Correlation): Her iki sınıftaki testin sonuçları, bir matematik denklem veya katsayı ile karşılaştırılır. Bu sayısal değer, -1 ile +1 değer arasında olabilir ve +1 değerine ne kadar yaklaşırsa, hızlandırılmış test gerçek hayatı o kadar iyi temsil edebilir denmektedir.. Örneğin, korelasyonu 0.95 olan hızlandırılmış test ile gerçek hayat yaşlanma veya korozyon değeri, korelasyonu 0.80 olan hızlandırılmış test ile gerçek hayat yaşlanma ve korozyon değeri ikilisinden, ilki 0.95 değeri ile **daha güvenilir** olarak adlandırılır

$$\text{Korelasyon: } \frac{\text{Gerçek hayat maruziyet sonucu}}{\text{Hızlandırılmış test sonucu}}; -1 \leq R \leq 1$$

**Güvenilirlik** (ing. Reliability): Her iki sınıftaki testlerin ölçüm kararlılığını ve tutarlılığını gösteren parametredir. Güvenirliği güçlü olan testlerde çoğu zaman, ölçüm sonuçları bir önceki ölçümlere çok yakın çıktığı bilinmektedir. Örneğin, %95 güvenilir olan bir test(ler)de, bir sonraki test sırasında %5'lik bir sapma ile aynı tutarlılıkta aynı sonuçlar elde edilecektir.

Günümüzde en çok kullanılan hızlandırılmış testlerden biri olan **Tuz Sisi Püskürtme ASTM B117/ISO 9227** testi, maalesef **en düşük KORELASYON** ve **GÜVENİLİRLİK katsayılarına** sahip olduğu, geçtiğimiz 20 yıl içerisinde yapılan sayısız araştırmalarca kanıtlanmıştır. <sup>8</sup> Yani bu testte iyi sonuçlar veren bir boya veya kaplama, gerçek hayat koşullarında beklenmedik kötü sonuçlar ile karşılaşılabilir. Tersine, **bu testte diğer boyalara/kaplamalara göre daha kötü sonuçlar veren bir boya/kaplama, gerçek hayatta çok uzun sürelerde gayet iyi sonuçlar verebilir.** (Bu konu özellikle Sıcak-daldırma Galvaniz için geçerlidir ve [GALDER](#) ve [EGGA](#) yayınladığı bir teknik bültenlerde bu konuda açıkça bahsedilmiştir !)<sup>21,22,23</sup>

Avrupa ve ABD'de farklı komitelerce yapılan kapsamlı çalışmalar sonucunda, Tuz Sisi Püskürtme gibi Geleneksel hızlandırılmış testlerin gerçek hayat ile ilişkisinin zayıf olması nedeniyle, daha doğru ve güvenilir sonuçlar vermesi için çeşitli DÖNGÜSEL (ing. cyclic) testler geliştirip bunları standart haline getirip yayınlamışlardır. <sup>8</sup>Bugüne kadar standardize olmuş DÖNGÜSEL YAŞLANDIRMA TESTLERİ'nden bazıları aşağıdaki tabloda bulabilirsiniz:

Standart	Açık İsmi	Açıklama
ASTM G154 / ISO 4892	Laboratuvar Işık Kaynakları ile UV Maruziyeti	Güneş ışığını ve yoğuşma (Gündüz/gece döngüsü) simule etmek için tasarlanmış bir döngüsel testtir
ASTM G85 Annex A5 (PROHESION)	Modifiye Tuz-sisi Püskürtme Testi Standart Pratiği (Annex 5)	%0.4'lük amonyum sülfat ile %0.05'lik sodyum klorür çözeltisi kullanan tuz sisi püskürtme ve kuruma aşamalarını içeren 2-aşamalı döngüsel bir testtir.
ASTM D5894 / ISO 11997	Boyalı Metallerin Döngüsel Tuz Sisi/UV Maruziyeti Testi Standardı	Tuz sisi/Kuruma/UV/Yoğuşma aşamalarını içeren 4-aşamalı döngüsel bir hızlandırılmış testtir.
ASTM D4587	Boya ve İlgili Kaplamaların Floresan UV-Yoğuşma maruziyetlerini içeren standart test	Floresan UV-Yoğuşma döngülerini içeren 2 aşamalı döngüsel bir hızlandırılmış testtir.
SAE J2334	Laboratuvar Döngüsel Korozyon Testi	Yoğuşma/Tuz Spreyi/Kurutma evrelerini içeren 3 aşamalı bir hızlandırılmış korozyon testidir.
ISO 20340 / NORSOK	Offshore ve ilgili yapılarında kullanılacak boya ve kaplamaların performans gereksinimleri	UV/Yoğuşma/Nötral Tuz-sisi Püskürtme ve -20 °C'de bekletmeyi içeren 4-fazlı döngüsel bir hızlandırılmış yaşlandırma testidir.

Bu testlerin her biri, sözkonusu test edilecek metal/boya/kaplama malzemelerinin hizmet vereceği iklim koşullarına uygun olarak tasarlanmış döngüsel testlerdir. Örneğin, çöl ortamında hizmet verecek bir malzemenin Offshore ortamları için tasarlanmış ISO 20340 / NORSOK Hızlandırılmış Döngüsel Test ile yaşlandırılması pek bir anlam ifade etmeyecektir. (Döngüsel test, iklim ve ortam koşullarına göre seçilmelidir!)



**norsok**  
standard



### **SORU: Hızlandırılmış testin kaç saati, gerçek hayat koşullarında 1 yılına eşittir?**

Bu sorunun her zaman geçerli doğru bir cevabı yoktur! Zira aşağıdaki faktörler sürekli değişeceği için, hızlandırılmış testlerde, bu faktörlere bağlı olarak değişmesi gerekebilir:

- **Hava koşulları ve iklim:** Boya/kaplama ve diğer malzemeler hangi iklim koşullarına maruz kalacak ise (*Tropik, Çöl, Kutup, Akdeniz gibi*) ona uygun bir hızlandırılmış bir test seçilmelidir. Zira Tropik bir ortamda sıcaklık nispeten daha istikrarlı ve yağış miktarı yüksekken, Çöl ikliminde ise sıcaklık farkları çok yüksek ve yağış miktarı çok düşük olacaktır.
- **Farklı seneler oluşan farklılıklar:** Aynı iklim olsa dahi, bazı senelerde iklimlerde son derece değişik yağmur miktarları veya güneşli gün sayıları olabilir. Bu durumda, cihazın verdiği sonuçlar ile o seneki sonuçlar örtüşmeyebilir.
- **Test Cihazının hangi parametreler ile çalıştırılacağı:** Yazımızın ilk paragrafında bahsettiğimiz gibi, canlı/cansız malzemelerin yaşlanmasında birçok faktör rol aldığı için (sıcaklık, güneş, nemlilik, tuzluluk, kimyasallar vb.), bunlardan hangilerini teste alındığını ve ne oranda şiddetli maruz bırakıldıkları önemlidir. Genel kural, bir test ne kadar hızlandırılırsa o kadar sonuçların korelasyonu o kadar düşük olacaktır. (Sonuçlar gerçek hayat ile örtüşmeyecektir.)

Ancak yukarıdaki tespitlere rağmen, senelik ortalamalar alınarak belirli bir güvenilirlik katsayısı etrafında, hızlandırılmış test ile gerçek hayat arasında korelasyon kurulabilmektedir. Bunun için ise, sözkonusu hızlandırılmış teste tabii tutulan malzemeler ile gerçek hayattaki malzemeler, belirli sürelerde gerekli ölçüm ve gözlemler yapılarak sonuçlar karşılaştırılmalı ve eş sonuçlar yakalanınca her iki test için de geçen süre birbirine orantı kurulmalıdır. (Örneğin, hızlandırılmış testte 6 ay sonunda edilen sonuçlar, -belirli bir iklim ve ortam koşullarında- gerçek hayatta 3 senede ortaya çıkıyorsa, bu hızlandırılmış testte geçen 2 aylık sürenin gerçek hayatta 2 seneye karşılık geldiği söylenebilir.)

### **ÖZET**

Korozyon ve Yaşlandırma Testlerinin endüstri için son derece faydalı sonuçlar verdiği bilinen bir gerçektir. Ancak, standart KOROZYON ve YAŞLANDIRMA testleri çok büyük miktarlarda zaman (uzun yıllar) gerektirdiği için, bu testlerin çok daha kısa sürelerde belirli bir korelasyon ve güvenilirlikte sonuçlar veren HIZLANDIRILMIŞ TESTLERİ tasarlanmaktadır.

Yazımızın başında belirttiğimiz gibi, bu konuda EVRENSEL olarak dünyanın her yerinde ve her koşulda geçerli bir KOROZYON veya YAŞLANDIRMA TESTİ yoktur! Bu testleri her biri, gerçek hayattaki koşulları ile ne kadar örtüştüğünü gösteren KORELASYON\* FAKTÖRÜ ile GÜVENİLİRLİKLERİ (*ing. reliability*) anlaşılabilir.

Yaklaşık 50 yıldır yapılan çalışmalar göstermektedir ki, en eski ve en yaygın olarak kullanılan **ASTM B117/ISO 9227 Tuzlu-Sis Püskürtme Testi**, son derece zayıf korelasyona sahip olduğu için, endüstri uzmanlarının **güvenilmemekte** ve bu test yerine farklı çevre ve ortam parametrelerini içine alan **DÖNGÜSEL yaşlandırma/korozyon testleri** tasarlanmaktadır. (Bunlardan uluslararası literatürde en sık karşılaşmalarını yukarıdaki tabloda bulabilirsiniz.) Ancak bunlardan başka, özellikle otomotiv endüstrisinin büyük oyuncularını da (BMW, CHRYSLER, GENERAL MOTORS, HONDA VOLKSWAGEN, MERCEDES-BENZ ve VOLVO gibi) benzeri DÖNGÜSEL testler tasarlayıp, buna uygun olarak malzemelerin test edilmesini istemektedir.

Bu nedenle, herhangi bir çevresel koşullar altında boya/kaplama malzemesi HIZLANDIRILMIŞ testlere maruz bırakılacaksa, o boya/kaplama malzemesinin HİZMET/OLAY GEÇMİŞİ (*ing. service/case history*) bakılarak, o testin ne kadar doğruyu yansıttığı sağlıklı olarak tespit edilebilir.

Yukarıda bahsedilen hususlar sadece özet bilgiler içermektedir. Daha ayrıntılı bilgileri aşağıda bulunan "Referanslar" kısmından edinilebilir.

Yeni bir teknik yazımızda görüşünceye kadar, güzel günler ve iyi çalışmalar dilerim.  
Hoşçakalın...

*PCS. Tolga DIRAZ*

*Kimya Mühendisi*

*Koruyucu Boyalar ve Kaplamalar Uzmanı*

## Referanslar

1. ASK THE COATING EXPERTS Coating Performance: Offshore Service vs. Lab Tests. – L.D “Lou Vincent, Ph. D. , Technical Editor
2. Handbook of Painting and Coating Testing Manual\_Gardner Sward Handbook\_15th edition
3. A Comparison of Accelerated Tests for Steel Bridge Coatings in Marine Environments – Shuang-Ling Chong, Federal Highway Administration
4. Accelerated Testing Correlation between Four Accelerated Tests – By Ole O. Knudsen, Unni Steinsmo, Marit Bjordal, and Sarbjyot Nijjer SINTEF Materials Technology, Corrosion and Surface Technology, Trondheim, Norway
5. ASTMs New Coating Test\_Method – Gary Gardner The Sherwin-Williams Company
6. Latest Literature New\_Accelerated Corrosion Test Performs Well – Marinus Hoeflaak
7. Meeting Industry Needs for Improved Tests – Simon K. Boocock, SSPC
8. Philosophy of Testing – Bernard R. Appleman Executive Director, SSPC
9. Problem Solving Forum – Accelerated Testing of Inorganic Zinc
10. Problem Solving Forum – Which Accelerated Test Is Best
11. Q-FOG Döngüsel Korozyon Test Cihazları
12. Tuz Püskürtme Testi farklı tip kaplamaları karşılaştırırken neden kullanılmamalıdır? – Genel Galvanizciler Derneği GALDER
13. An Update and Review: Offshore Systems and Current Testing Scenarios – Mike Mitchell, International Paint Ltd, Worldwide Protective Coatings, Gateshead, Tyne & Wear, England
14. More Realistic Tests for Atmospheric Corrosion – Douglas M. Grossman, Q-Panel Lab Products
15. Accelerated Corrosion and Weathering Tests in Estimation of Durability of materials – Kauko Jyrkas
16. ASTM D5894 – Boyalı Metallerin Döngüsel Tuz Sisi/UV Maruziyeti Testi Standardı
17. ASTM G85 Annex 5 (PROHESION) – Modifiye Tuz-sisi Püskürtme Testi Standardı
18. ASTM G154 – Laboratuvar Işık Kaynakları ile UV Maruziyeti Testi
19. ICL Accelerated Weathering – David Tarjan
20. Applying the Fundamental Principles of-Weathering-to-Environmental-Durability-Testing-of-PV-Backsheets – Allen-Zielnik
21. EGGA warns against use of salt spray testing to compare corrosion performance of metallic coatings for steel  
<https://www.egga.com/salt-spray-testing/>
22. Salt spray testing – why it should not be used to compare different types of coatings – EGGA information sheet  
<https://www.egga.com/wp-content/uploads/2016/09/Salt-Spray-Testing-Information-Sheet.pdf>
23. Tuz Püskürtme Testi – Neden Farklı Tip Kaplamaları Karşılaştırmak için Kullanılmamalıdır?  
[https://drive.google.com/open?id=1ULnhJBO7x\\_kQf2B4OGT9NOYP2VvEpfYF](https://drive.google.com/open?id=1ULnhJBO7x_kQf2B4OGT9NOYP2VvEpfYF)