

## BUZLANMA NEDİR ?

- Buzlanma, aşırı soğumuş sıvıların varlığında ve çevre şartlarının da uygun olması sonucu havadaki buhar veya sıvı haldeki nemin soğuyarak yüzeyler üzerinde donmasıdır.

## BUZLANMANIN ETKİLERİ VE RİSKLERİ

- Ulaşım Güvenliği Riskleri:** Buzlanma, özellikle kış aylarında yolların ve yürüme yollarının kayganlaşmasına neden olur. Araçların kontrolünü zorlaştırır ve trafik kazalarına yol açabilir.
- Hava Ulaşımı Güvenliği Riskleri:** Uçakların kanatlarında ve gövdesinde biriken buzlanma, uçuş güvenliğini tehlikeye atabilir. Buzlanma, aerodinamik performansını olumsuz etkileyerek kalkış ve iniş esnasında risk oluşturabilir.



- Enerji Kaynaklarına Etkiler:** Buzlanma, elektrik hatlarında, rüzgar türbinlerinde ve diğer enerji altyapılarında sorunlara neden olabilir. Buzlanma, enerji hatlarının kesilmesine veya türbinlerin performansının azalmasına yol açabilir.
- Sağlık Riskleri**
- Zaman ve Enerji Kaybı**

## BUZLANMAYA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

- Sıcaklık** 0 ile -40 °C sıcaklıkları arasında buzlanma görülebilen sıcaklık aralığıdır.
- Su Miktarı** Bulutta bulunan su miktarı buzlanma oranının belirlenmesinde oldukça önemlidir. Bulut ne kadar alçak olursa ve sıcaklığı ne kadar yüksek olursa bulutun içindeki su miktarı da o kadar fazla olur. Soğuk su damlacıklarının sayısının artması da buzlanma olasılığını artırır.
- Damlacık Boyutu** Damlacık boyutu buzlanmada önemli bir etkiye sahiptir. Boyut büyüdükçe buzlanma da artar.
- Birikim** Uçak yüzeyinde biriken su damlacıkları arttıkça bulanmanın etkinliği artmaktadır. Burada uçak yüzeyinin yapısı ve büyüklüğü su damlacıklarının tutunmasını belirler.
- Aerodinamik Isınma** Aerodinamik ısınma arttıkça buzlanma azalır. Aerodinamik ısınma uçağın hızına ve yüksekliğine göre değişir. Uçak üzerinde buzlanma meydana gelmesi için sıcaklığın 0° C altında olması gerekir.
- Bulutluluk** Bulutun üzerine yükselmek buzlanma olasılığını azaltır. Bulutların alt tarafında sıcaklık arttıkça buzlanma riski de oluşur.

## BUZLANMA ÖNLEYİCİ KOMPOZİTLERİN UYGULAMA ALANLARI

- Yol Yüzeyleri
- Havaalanı Pistleri
- Yaya Alanları
- Arabaların Pencereleri ve Aynaları
- Güneş Enerjisi Panelleri
- Rüzgar Türbinleri
- Spor ve Rekreasyon Alanları
- Endüstriyel Uygulamalar



Hazırlayan : Ceyda DEMİR

Danışman : Prof.Dr. Taner TANRISEVER

## YÜZEY GERİLİMİNİN BUZLANMA İLE İLİŞKİSİ

Yüzey gerilimi, bir sıvının yüzeyindeki moleküller arasındaki çekim kuvvetini ifade eder. Bu çekim kuvveti, sıvının yüzeyindeki moleküllerin iç kısımlara doğru olan çekimine karşı gelir. Yüzey gerilimi, sıvının moleküllerinin yüzeyde belirli bir şekilde düzenlenmesine neden olan moleküller etkileşimlerinden kaynaklanır. Buzlanma sürecinde, suyun molekülleri düzenli bir buz kristali oluşturmak için donma noktasının altında düzenlenir. Bu düzenlenme sürecinde, su molekülleri arasındaki çekim kuvvetleri güçlenir ve kristal yapı oluştururlar. Eğer yüzey gerilimi yüksekse, suyun molekülleri arasındaki çekim kuvveti artar ve bu da buz kristallerinin oluşumunu kolaylaştırabilir. Daha yüksek bir yüzey gerilimi, su moleküllerinin buz kristallerine katılmak için daha fazla eğilim göstermesine neden olabilir.

Çözücü	Yüzey Gerilimi (dyn cm <sup>-1</sup> )
Su	72,8
Toluen	28,4
İzopropilalkol	23,0
n-Bütanol	24,8
Aseton	25,2
Metil Propil Keton	26,6
Metil Amil Keton	26,1
Propylene Glycol Monomethyl Ether Acetat	28,5

Malzeme	Yüzey Gerilimi (dyn cm <sup>-1</sup> )
Heptadekloroheksil-trimetoksilan	12,0
Polihekzafloropropilen	12,4
Politetrafloroetilen (Teflon)	19,1
Oktadesiltriklorosilan	20-24
Nonafloroheksil-trimetoksilan	23,0
Parafin	26,0
Polivinilidenflorür	30,3
Poliyeten (PE)	32,4
Poli(metil metakrilat) (PMMA)	40,2
Polistiren (PS)	40,6
Polivinilidenklorür	41,5
Polyester	43-45
Poli(etilen teraftalat) (PET)	45,5
Epokspoliamid	46,2

Düşük Yüzey Gerilimi

Yüksek Yüzey Gerilimi

Perfloroalkil < DPMS < Alifatik < Aromatik < Esterler, Ketonlar, Alkoller

Örneğin, yüzey üzerinde polihekzafloropropilenden oluşan bir kaplama, polimetilmetakrilatın kaplamasından daha hidrofobik bir yüzey sağlayacaktır. Genel anlamda, en yüksek hidrofobikliği sağlamak için malzemenin en hidrofobik kısmının yüzeyde konumlandırılması gerekir. Örneğin, yüzey modifikasyonu için bir trimetoksilan kullanılıyorsa, metoksilan grupları yüzeye yerleştirilecek şekilde tasarlanmalıdır. Kaplama yüzeyindeki perfloro ve alifatik gruplar, ester veya alkol gruplarından daha fazla hidrofobiklik sunar.



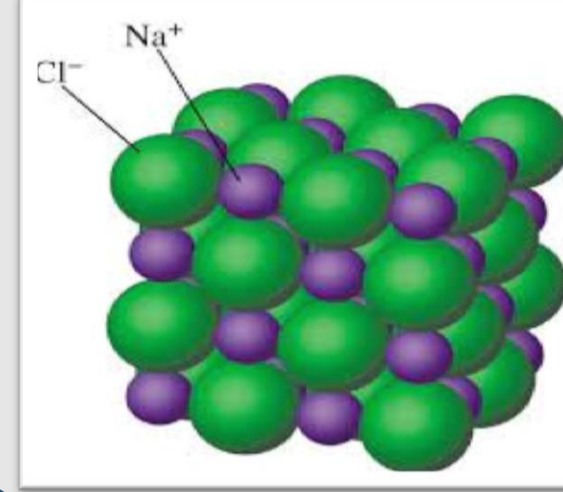
## KAYNAKÇA

- <http://dSPACE.kocaeli.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11493/17052/668164.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>  
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/269160>  
<https://www.mdpi.com/2079-6412/8/6/208>  
<https://www.ulprospector.com/knowledge/13758/pc-fundamentals-of-wetting/>  
[http://www.suhad.org/dosyalar/yazilar/2017\\_2\\_4.pdf](http://www.suhad.org/dosyalar/yazilar/2017_2_4.pdf)  
<https://www.nature.com/articles/s41598-019-49615-x>  
<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/su-gecirmeyen-akilli-yuzeyler>

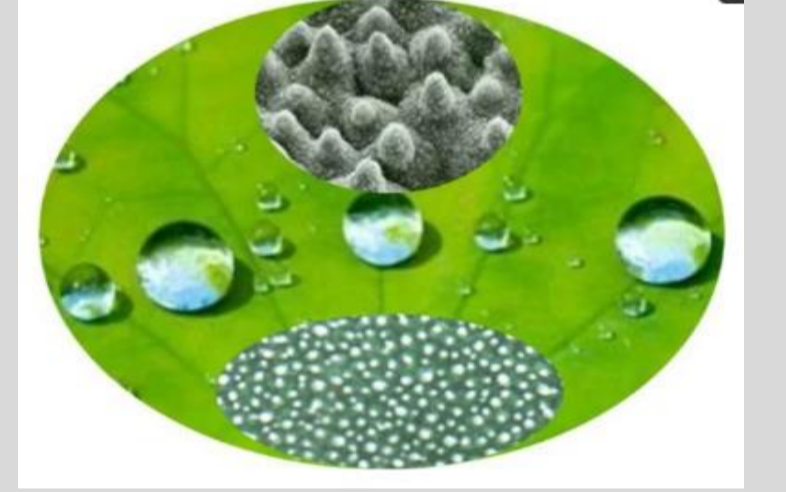
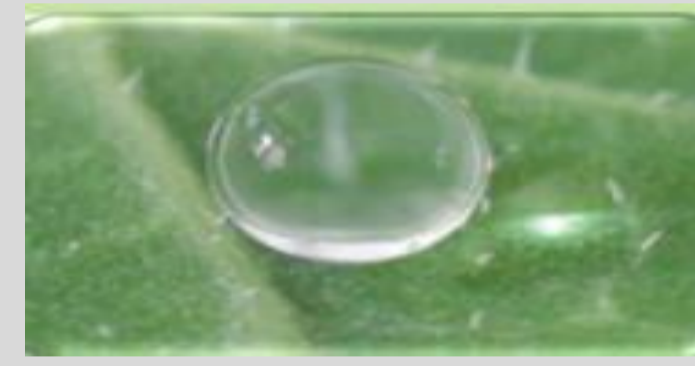
## BUZLANMAYI ÖNLEMEDE TUZLAR

Buz çözücü kimyasallar, suyun donma noktasını düşürerek buzun oluşumunu engeller veya geciktirir.

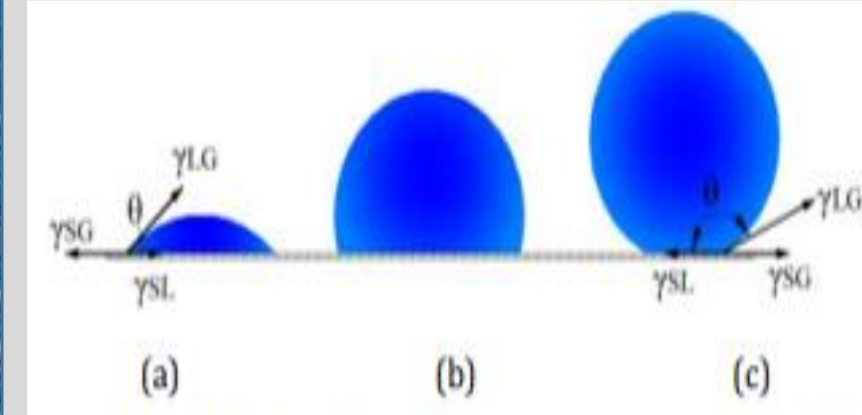
**Tuz (sodyum klorür – NaCl)** : Bir iyonik bileşiktir ve su (H<sub>2</sub>O) molekülleriyle çözüldüğünde iki ayrı iyon haline gelir: sodyum (Na<sup>+</sup>) ve klorür (Cl<sup>-</sup>) iyonları. Bu iyonlar, su moleküllerinin polar doğasına dayalı olarak etkileşime girerler. Su molekülleri, polar bir yapıya sahiptir; yani, bir hidrojen ucu pozitif yüklü (+) ve bir oksijen ucu negatif yüklü (-)dir. Tuzun suda çözülmesi sırasında, tuz kristalleri suyun içine eklenir ve tuz iyonları (Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup>) çevredeki su moleküllerinin etrafına yerleşir. Sodyum iyonu (Na<sup>+</sup>), su moleküllerinin negatif yüklü oksijen uçları ile, klorür iyonu (Cl<sup>-</sup>), su moleküllerinin pozitif yüklü hidrojen uçları ile etkileşime girer. Bu durum, iyonların su molekülleriyle elektrostatik etkileşim kurmasını sağlar. Bu etkileşim sonucunda, su molekülleri tuz iyonlarını çevreler ve onları çözeltide dağıtır. Bu etkileşim suyun donma noktasını düşürerek buzlanmayı engeller.



## YÜZEY KAPLAMALARINDA SÜPERHİDROFOBİKLİK



**Yüzey Kaplamalarında amaç:** Yüzeylerin suyu itme özelliğini artırarak buzlanmayı önler. Hidrofobik (su itici) kaplamalar, suyun yüzeyde yayılmasını sağlar ve bu şekilde buzlanmayı engeller. Yüzey gerilimi yüksek olan su yüzey gerilimi düşük olan yüzeyler üzerinde Şekil 1 (b) veya (c) deki gibi davranarak yüzeyde tutunamaz.



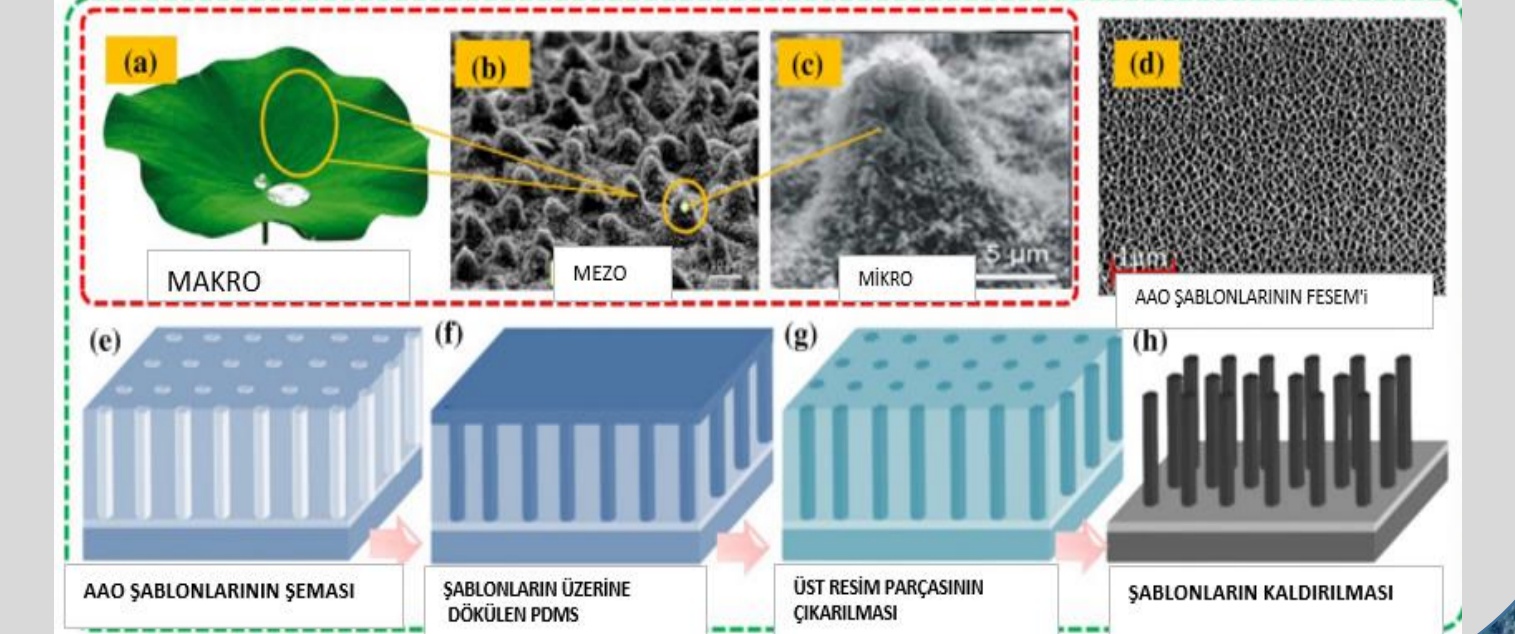
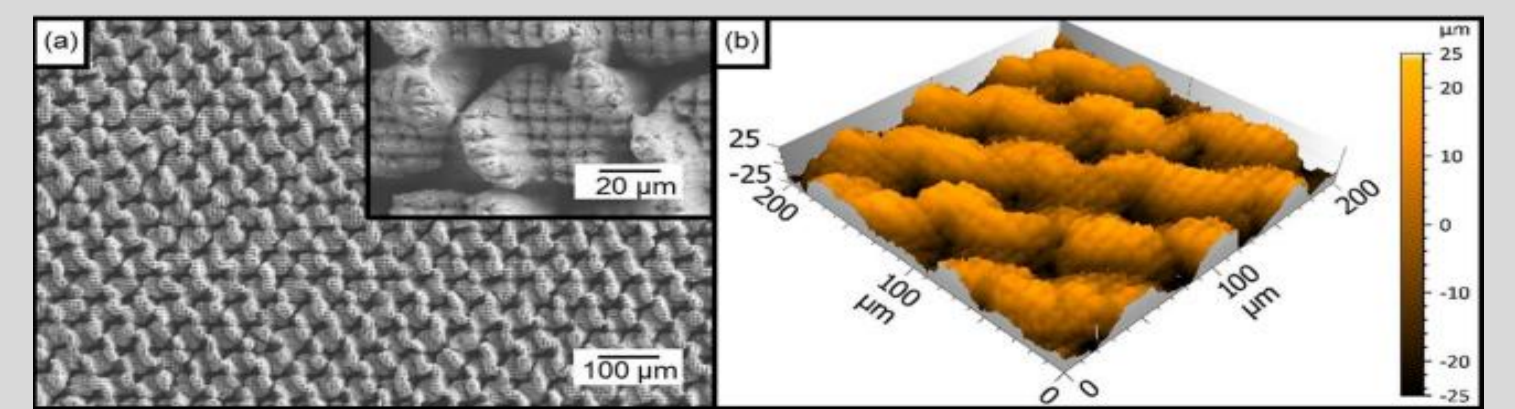
Şekil 1: (a): Hidrofilik, (b): Hidrofobik, (c): Süperhidrofobik yüzeylerin üzerinde sıvı damlasının genel görünüşü.

İslanluluk özelliklerinin belirlenmesi için sıvı damlasının yüzeydeki temas açısına bağlı olarak genel olarak üç farklı durum tanımlanmıştır. Eğer temas açısı 90°'den küçük ise hidrofilik (ıslanır), 90° ile 150° arasında ise hidrofobik (ıslanmaz), 150°'den büyük ise süperhidrofobik (süper ıslanmaz) yüzey olarak isimlendirilmektedir.

Süperhidrofobik ve buzlanmayı önleyici özellikler ya yüzey kimyasını değiştirerek, ya yüzey topografisini kontrol ederek ya da her ikisini aynı anda değiştirerek elde edilebilir. Bu aşırı ıslatma davranışları teknik olarak sıvı taşıma, kendi kendini temizleme uygulamaları, kirlenme önleme veya korozyon önleme için kullanılabilir. Ayrıca, yapışmayan yüzeyler kar birikiminin azalmasına da yol açabilir. Lotus yaprağı gibi çok iyi bilinen doğal örnekler, su itici özelliklerin mekanizması için mükemmel bir şablon oluşturmaktadır. Bu çevrecede, bu ıslatma özelliğini elde etmek için birçok girişimde bulunulmuştur. Örneğin, silan kaplama kullanımının veya çeşitli asitlerle kimyasal aşındırmanın süperhidrofobik yüzeylere yol açabileceği bildirilmiştir. Kimyasal işlemlerin yanı sıra, ıslanabilirlik özelliklerini kontrol etmek için mikro ve/veya nano yapıları yüzeyler de kullanılmıştır. Örneğin, düzenli ve tekrarlayan desenler kullanılarak hava yastığı benzeri davranış sergileyen yüzeyler üretmek mümkün olmuştur, bu da daha düşük yapışma ile sonuçlanmış ve böylece su damlacıklarının malzeme yüzeyinde kolayca yuvarlanmasına yol açmıştır. Özellikle, fotolitografi yöntemleri kullanılan alüminyum üzerinde üçgen benzeri desenler üretilmiş ve hem hidrofobik hem de buz geciktirici özellikler elde edilmiştir. Buna ek olarak, hidrofobik özellikler gösteren mikro/nano-pürüzlü alüminyum yüzeylerin buzlanmayı önleme davranışını azaltabileceği ve böylece daha hızlı buz oluşturabileceği de bildirilmiştir.

## DARBELİ LAZER KAYNAKLARI KULLANILARAK Al-Mg ALAŞIMI ÜZERİNDE SÜPERHİDROFOBİKLİK

Darbeli lazer kaynakları kullanılarak yapılan işlemlerin alüminyum-magnezyum alaşımları üzerinde süperhidrofobik ve korozyon önleyici yüzeyler oluşturabildiği de gösterilmiştir. Bu lazer işlemi, diğer malzemelerin yanı sıra polimer filmler ve titanyum alaşımları üzerinde süperhidrofobik özellikler elde edilmesine de izin vermiştir. Lazer kaynakları kullanarak hidrofobik yüzeyler üretmek için kullanılan tipik yöntemlerden biri doğrudan lazer yazma (DLW) yöntemidir. Önemli ölçüde daha küçük özelliklere sahip periyodik yapılar üretmek için alternatif ve yenilikçi bir teknik de Doğrudan Lazer Girişim Desenlendirme (DLIP). DLIP'de, iki veya daha fazla uyumlu lazer ışını eş yüzey üzerinde üst üste bindirilir ve bunlar birbirine karışarak lazer enerjisinin periyodik bir değişim yaratır. Girişim yapan lazer ışınlarının sayısına, lazer dalga boyuna, ışın polarizasyonuna, geliş açısına ve ışınların geometrik düzenine bağlı olarak, mikrometre altı aralıkta bir çözünürlükle bile çok farklı girişim desenleri elde edilebilir. Girişim deseninin uzamsal periyodu Λ, esas olarak her bir lazer ışını arasındaki keşişme açısı tarafından kontrol edilir. İki ışın bir konfigürasyon durumunda, çizgi benzeri bir geometri elde edilebilir ve uzamsal periyodu hesaplanabilir.



## BUZLANMADA YÜZEY AKTİF MADDE

Bir yüzey aktif madde, suyun yüzey gerilimini azaltabilir ve bu da donma noktasını düşürebilir. Bu, sıvı suyun molekülleri arasındaki çekim kuvvetini zayıflatarak suyun donma sıcaklığını düşürür. Sonuç olarak, buz oluşumu gecikir veya engellenir.Örn;antifriz.

Antifriz maddelerin genellikle etken maddesi etilen glikol veya propilen glikoldür. Su molekülleriyle hidrojen bağları kurarak etkileşime girerler. Propilen glikol (CH<sub>3</sub>CHOHCH<sub>2</sub>OH), bir çift hidroksil grubu (-OH) içeren bir moleküldür. Su (H<sub>2</sub>O) molekülleri de birer hidroksil grubuna sahiptir. Bu hidroksil grupları, hidrojen bağları kurmak için uygun alanlar oluşturur.Propilen glikol molekülleri, hidroksil gruplarını serbest su molekülleriyle etkileşime sokar. Hidrojen bağları, hidrojen atomunun bir molekülün elektropozitif hidrojen atomu ile elektronegatif oksijen, azot veya flor atomu arasında oluşturduğu zayıf bağlardır. Propilen glikol molekülleri, hidrojen bağları kurma yeteneği sayesinde serbest su molekülleriyle hidrojen bağları oluşturur. Bu etkileşim sonucunda, su moleküllerinin hidrojen bağlarına bağlanan propilen glikol molekülleri, suyun moleküller düzenini değiştirir. Bu değişiklik, suyun donma noktasını düşürür ve buz kristallerinin oluşmasını engeller. Bu mekanizma, propilen glikolün antifriz özelliklerini sağlar ve su bazlı sistemlerde donmayı engeller.

