

## Yapı Kabuğu Su Buharı Kontrolünde Malzeme

Uluç ALGAN<sup>1</sup> Çiğdem TEKİN<sup>2</sup>

### Öz

Buhar kesici, buhar dengeleyici ve nefes alabilen su yalıtım örtüsü; su buharının hareketini kontrol etmek amaçlı kullanılan malzemeler olup, farklı işlevleri ve kullanım alanları vardır. Ancak bu malzemelerin işlev ve kullanımına ilişkin hem ticari hem de teknik olarak tüketici tarafında doğru bilginin oluşmamış olduğu, mevcut binalarda bu malzemelerin kullanımına sahip yapı örneklerinden gözlenebilmektedir. Binalarda yapı ve kullanıcı sağlığının sağlanabilmesinde doğru su buharı kontrolü oldukça önemlidir. Buna ilişkin hesaplara bağlı olarak uygun malzemenin doğru seçimi, yapı elemanlarının zarar görmesini, iç mekân konforunun bozulmasını önleyerek, yapıların uzun ömürlü olmasına, enerji verimliliğinin artmasına ve yaşam kalitesinin yükselmesine katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, yapı kabuğunda su buharı kontrolünün yapılması amaçlı piyasada ticari olarak yer alan; nefes alan örtü, buhar kesici ve buhar dengeleyici malzemelerin işlev olarak farklılığı, kullanım yeri ve ölçütleri konusunda doğru bilginin oluşturulmasıdır. Bu makalenin sonucunda, akademik literatür, ürün sorumlularıyla yapılan röportajlar ve teknik bilgi föyleri incelenerek, buhar dengeleyici ile buhar geciktiricinin; buhar bariyeri, nem bariyeri ve buhar kesicinin eş anlamlı malzemeler olduğu belirlenmiş, buhar dengeleyici/buhar geciktirici, buhar kesici/nem bariyeri/buhar bariyeri ve nefes alan su yalıtım örtüsü gibi malzemelerin birbirinden farklı fonksiyonlara sahip malzemeler olduğuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Buhar Kesici, Buhar Dengeleyici, Nefes Alan Örtü, Su Buharı Kontrolü, Yapı Kabuğu

## Materials for Vapour Control in Building Envelope

### Abstract

Vapor barriers, vapor retarders, and breathable waterproofing membranes are materials used to control the movement of water vapor, each with distinct functions and areas of application. However, it can be observed in existing buildings that both commercially and technically, accurate information regarding the function and use of these materials has not been properly established on the consumer side. Proper water vapor control is crucial to ensuring the health of both the building structure and its occupants. Based on relevant calculations, selecting the appropriate material prevents damage to building components and deterioration of indoor comfort, while contributing to the longevity of buildings, increased energy efficiency, and improved quality of life. The purpose of this study is to provide accurate information on the functional differences, application areas, and criteria of commercially available breathable membranes, vapor barriers, and vapor retarders used for vapor control in building envelopes. As a result of this study, through the analysis of academic literature, interviews with product managers, and technical data sheets, it

<sup>1</sup> Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID NO: 0000-0001-5748-8615)

\*İlgili Yazar/Corresponding author: ulucalganmail.com

<sup>2</sup> Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID NO: 0000-0002-1777-8594)

has been determined that vapor retarders and vapor equalizers are synonymous with vapor barriers and moisture barriers. Additionally, it was found that materials such as vapor retarders/equalizers, vapor/moisture barriers, and breathable waterproofing membranes have distinct functions.

**Keywords:** Vapor Barrier, Vapor Retarder, Breathable Membrane, Vapor Control, Building Envelope

## 1. Giriş

Fiziksel çevre verilerine bağlı olarak yapı için servis ömrünce sorun oluşturabilecek olan etkiler; deprem ve taşıyıcı sisteme ilişkin veriler dışında iklim; güneş, rüzgâr, yağış türü ve miktar verilerine bağlı olarak belirlenebilir. Değişken ve kontrol edilemeyen dış ortam koşulları, yapı kabuğunda, dış ortam etkilerinin türüne bağlı olarak, gerekli önlemler ile kontrol edilemediğinde, kullanıcı açısından; ısı konfor anlamında, bina için; özellikle yapı kabuğunda su, su buharı ve ısı akışının oluşturduğu etkilere bağlı hasarlar şeklinde kendini göstermektedir.

Dış ortamın yapı üzerindeki etkileri; ısı yalıtımı, su yalıtımı, ses yalıtımı, su buharı kontrolü ve ışık yalıtımı gibi farklı önlemler adı altında kontrol edilebilmesine rağmen, hepsi birbiri ile etkileşim alanına sahip olduğu için bütüncül bir yaklaşım ile dıştan gelebilecek her etkinin birlikte ele alınması gerekmektedir. Bu sürecin en önemli aşaması ön detay tasarımının; yapı elemanında doğru kalınlıkta doğru malzemelerin doğru yerde kullanımını içeren şekilde yapılmış olmasıdır.

Yapı kabuğunda ısı ve suya ilişkin sorunlar bazı yapı elemanlarında telafisi mümkün olmayan hasar ve güvenlik tehditleri oluşturabilir. Bu nedenle sorunun tespiti ve çözüm önerilerinde, sistem tasarımı ve malzeme seçimi oldukça önemlidir. Ancak, son yıllarda malzeme bilim ve teknolojisinin gelişmesi, neoliberal üretim ve rekabet ortamının oluşturduğu malzeme çeşitliliği, tüketici tarafında malzemeyi tanımak ve doğru malzemeyi seçebilmek konusunda önemli bir problem oluşturmaktadır.

2020 Hazır Beton Sektör Raporu'na göre, Türkiye'deki yapı stokunun yaklaşık olarak %95'i beton ve demir kullanılarak inşa edilen betonarme taşıyıcı sistemlere sahiptir. Bu durum, hazır betonun inşaat sektöründeki önemini gözler önüne sermektedir. Ülkemizde yerleşim dokusunun yaklaşık %70'i deprem riski altında bulunduğu için, betonarme yapıların ısı, su ve su buharı denetiminin doğru yapılması büyük önem taşımaktadır. Özellikle betonarme yapılar için en önemli hasarlardan biri olan korozyon, olası bir deprem durumunda ciddi hasarlara ya da yıkıma yol açabilmektedir. Bu nedenle, betonun üretimden uygulamaya kadar olan süreçlerinin standartlara uygun olması, yapı fiziği sorunlarının yönetilmesi açısından hayati önem taşımaktadır (URL-1).

Diğer taraftan su ve su buharı denetiminde kullanılacak olan malzemeler hem daha teknik bilgi gerektirmekte hem de daha fazla ürün seçeneği bulundurmaktadır. Ayrıca bu malzemelerin teknik bilgisi dışardan ithal edilmektedir. Bu nedenle su buharı denetimine ilişkin olarak hem malzeme hem de malzeme işlevine ilişkin önemli bir bilgi açığı ve bilgi kirliliği bulunmaktadır.

Sağlıklı bir yapı kabuğu tasarımının en önemli ölçütlerinden biri nefes alabilmesi ama su buharını gerektiği şekilde kontrol edebiliyor olmasıdır. Su buharı kontrolünün ısı yalıtımı ile birlikte düşünülmesi gerekmektedir. Isı yalıtımının sistem kurgusu, yönetmeliğe (TS 825) uygun olarak yapılırsa, su buharı kontrolü de sağlanmış olmaktadır. Ancak bu düzey iklim bölgesine uygun doğru hesapların yapıldığı kâğıt düzleminde kalan bir aşamadır.

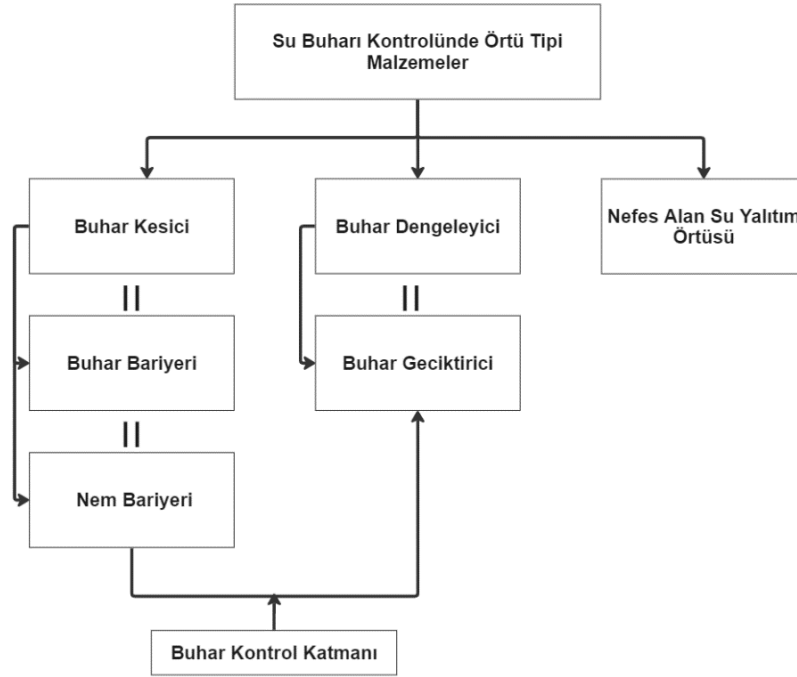
Bir sonraki aşama ısı yalıtımı ya da su buharı kontrolü amaçlı doğru malzemenin işlevine uygun olarak seçilebilmesidir. Özellikle su buharına ilişkin yapı kabuğunda kullanım gereklilikleri tespit edildiğinde doğru malzemeyi seçebilmek ve yapı elemanı kesitinde doğru yere yerleştirebilmek önem teşkil etmektedir.

Mimari yapılarda su buharı kontrolü; ısı konfor gerekliliklerine göre iç ortamdaki nem dengesini sağlayarak, yapı elemanlarının nem kaynaklı zararlardan korunmasını, su buharının neden olabileceği küf ve mantar gibi mikrobiyal ortamların oluşmasını, malzemelerde meydana gelebilecek bozulma ve hasarların ortaya çıkmasını önlemeyi içermektedir. Böylece; bir yapının servis ömrünce sağlıklı bir şekilde hizmet verebilmesi, gerekli iç ortam ısı konforunun sağlanabilmesi ve enerjinin etkin kullanımı sağlanmış olmaktadır.

Malzeme endüstrisi ile değişen yapı ve sistemleri yapı üretiminde tasarım ve kullanıcı için kolaylıklar içermesine rağmen, özellikle yapı kabuğunda yapı fiziği problemleri şeklinde ortaya çıkmaya başlamıştır. Böylece, bu soruna yönelik çözüm arayışları, 1950'lerde polimer endüstrisinin gelişimiyle birlikte hız kazanmıştır (Şimşek, 2019, s. 229). Malzeme endüstrisinin bugün geldiği noktada, su buharının yol açtığı sorunlar; buhar kesici, buhar dengeleyici ve nefes alan su yalıtım malzemeleri gibi farklı işlevler için üretilmiş olan malzemelerin yapı elemanlarında hesaplara bağlı olarak, uygun bileşen sıralamasında kullanılması ile önlenmektedir.

Yapı kabuğunun su buharı kontrolünde önemli bir rol oynayan kesit tasarımında; malzemelerin su buharı geçirgenlik değerlerine göre planlanması, buharın yoğunlaşma olmadan gaz fazda, su buharı olarak yapı elemanı kesitinden uzaklaştırılması gerekmektedir. Bunun için gerekli koşullar içinde hem yapı elemanı kesitine giren malzemelerin buhar geçirgenlik değerleri hem de ihtiyaç durumunda kullanılması gereken buhar kontrol malzemelerinin Sd ve Perm değerleri önem teşkil etmektedir.

Ticari olarak temin edilebilen ya da akademik olarak çeşitli çalışmalarda konu edilen su buharı kontrolüne ilişkin malzemeler için, işlevi üzerinden tanımlanan çeşitli isimler mevcuttur (Şekil 1). Teknik olarak belli bir işlev üzerinden üretilmiş malzemeler işlevi üzerinden isimlendirilirler; ısı yalıtım malzemesi, su yalıtım malzemesi, buhar dengeleyici gibi. Ancak su buharı kontrolü amaçlı üretilen ve temin edilebilen malzemelerin ticari isimleri birbirine çok yakın hatta birbiri yerine kullanılabilir mesajı veren malzemelerdir.



Şekil 1. Su Buharı Kontrolünde Örtü Tipi Malzemeler (Yazar,2024)

Bu nedenle su buharının kontrolünde yapılan yanlışların başında su buharının hareketini kontrol eden malzemelerin yanlış ve birbirleri yerine kullanımı gelmektedir. Örneğin; teknik olarak nem bariyeri ile nefes alan su yalıtım malzemeleri farklı ürünler olmakla birlikte, piyasada genellikle nefes alan su yalıtım örtüsü, nem bariyeri olarak adlandırılmaktadır. Bu ürün aynı zamanda pazarda, buhar dengeleyici olarak da bilinmektedir. Nefes almayan su yalıtım örtüleri aynı zamanda bir buhar bariyeri olabilirken, nefes alan su yalıtım örtüleri ise işlevleri gereği buhar bariyeri olamazlar. Tam tersine buharı geçirmeleri ve/veya dengelemeleri istenmektedir. Bu kavramlar pazarda kullanıcılara, satıcılara ve uygulayıcılara göre farklı ürünler için ve bazen de aynı ürünler için kullanılabilirlerdir.

Amerika Birleşik Devletleri menşeli "W. R. Meadows, Inc." adlı yapı malzemeleri üreten şirketin internet sitesinde yer alan buhar kesici ve dengeleyiciler ile ilgili "Vapor Barriers and Vapor Retarders-What's the Difference? (Buhar Bariyerleri ve Buhar Geciktiriciler-Aralarındaki Fark Nedir?)" adlı bir metinde, iki malzemenin birbirinden farklı olduğuna, inşaat sektöründe bir anlam karmaşasının olduğuna ve çoğu zaman doğru olmamasına rağmen birbirlerinin yerlerine kullanılıyor olduğuna dikkat çekilmiştir (URL-2). ABD Enerji Bakanlığı (DOE)'nin internet sitesinde ise buhar kesici ve dengeleyici malzemeler ile ilgili bir bilgilendirme yazısında; "ABD'nin çoğu ikliminde buhar bariyerleri veya daha doğru bir ifadeyle buhar difüzyon geciktiricilerinin (buhar geciktiriciler), yapılarda nem kontrol stratejisinin bir parçası olması gerekmektedir. Buhar geciktirici, su buharının bir malzemedeki geçme hızını azaltan bir malzemedir. "Buhar geciktirici" daha doğru olsa da eski "buhar bariyeri" terimi hala kullanılmaktadır." şeklinde buhar kesici ve buhar dengeleyicilerin aynı malzeme olduğundan ve birbirleri yerine kullanıldığından bahsedilmektedir (URL-3).

Doğru malzeme kullanımı; yapı içindeki ve dışındaki su buharının akışını etkin bir şekilde yöneterek, yapısal dayanıklılığın korunmasına ve iç mekanların sağlıklı bir ortama sahip olmasına katkı sağlamaktadır. Yapı kesitinde, su buharının hareketini kontrol etmek için kullanılan; nefes alan su yalıtım örtülerinin, buhar bariyerlerinin (buhar kesici, nem bariyeri) ve buhar dengeleyicilerin (geciktiricilerin) yanlış yerde veya birbirleri yerine

kullanılması yapı fiziği problemlerini çözmek yerine problemleri arttırabilmektedir. Yanlış malzemenin, yanlış sistem tasarımı dahilinde kullanılması, su buharının doğru yönde hareket etmesini engelleyerek de yoğunlaşma meydana getirebilmekte hatta bu durum ısı yalıtım malzemesini de işlevsizleştirebilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, yapı kabuğunda su buharı kontrolü amaçlı piyasada ticari olarak yer alan; nefes alan örtü, buhar kesici ve buhar dengeleyici malzemelerin işlev olarak farklılığı, kullanım yeri ve ölçütleri konusunda doğru bilginin oluşturulmasıdır. Bu çalışmanın kapsamı Türkiye’de; su buharının kontrolü amaçlı yakın geçmişini değerlendirmek, mevcut koşullarda ise kullanılan; nefes alan su yalıtım örtüleri, buhar kesici ve buhar dengeleyici malzemeleri incelemektir. İşlevleri farklı olan bu üç malzemenin su buharı yönetimindeki işlevlerini, buharın hareketiyle olan etkileşimlerini araştırmayı ve değerlendirmeyi içermektedir. Bu malzemelerin bilgi havuzunun oluşturulmasında yöntem; akademik literatür, üretici firma ürün sorumlusu röportajları ve teknik bilgi föyleridir.

## 2. Su ve Su Buharı Kontrolünde Yakın Geçmiş

Yalıtımın Türkiye’deki yakın geçmişine bakıldığında, tek bir malzeme dışında (celoteks) 1970’lere kadar ısı yalıtımı gibi bir uygulamanın bilinmediği gibi ısı yalıtım malzemesi de üretilmemektedir. Bu tarih yani 1970 öncesi yapı üretiminde ısı yalıtımına ilişkin bir talep oluşmadığını, böyle bir sorun farkındalığının gelişmediğini ya da ısıya ilişkin hasarların kullanıcı tarafından bir binanın normali olarak düşünülüğünü göstermektedir. Diğer taraftan ülkenin bulunduğu koşullar içinde mimari üretim ortamının da yasal olarak çok sağlıklı ve kontrol edilebilir nitelikte olmaması da önemli bir sorundur.

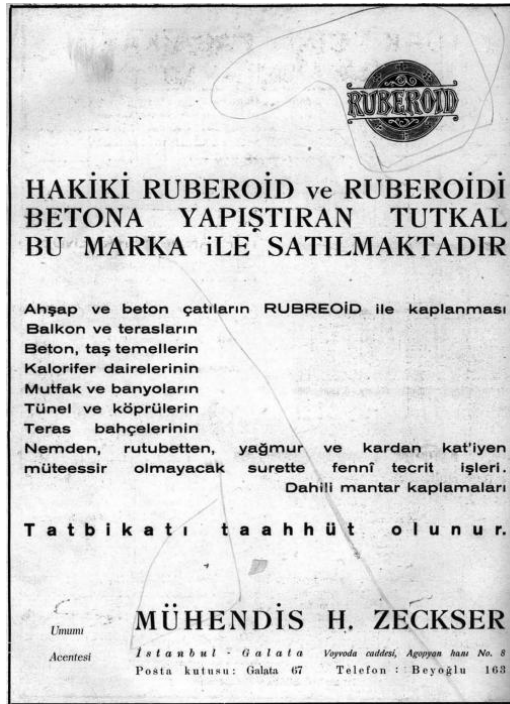
Ülke koşulları içinde; ısı ve ısı akışının oluşturabileceği sorunlara ilişkin farkındalık geç gelişmiş olmasına rağmen, su ve su buharına ilişkin farkındalığın çok daha erken yıllarda gelişmiş olduğu yayınlardan görülmektedir. Bu durum su ve su buharının, bir malzeme ya da yapı elemanında gösterdiği olumsuz etki ya da hasarların daha çok ve hızlı yaşanmış olduğunu ifade etmektedir. Özellikle bu tür teknik malzemeler ya da işlevi üzerinden tanımlanan malzemeler bir sorun dahilinde üretilmekte ve sorunu olan kullanıcılar tarafından da talep edilmektedir.

Dönem koşulları içinde bilim, teknik ve üretim imkanları çok az sayıda malzeme üretebilme ve kullanabilme olanağı sunmaktadır. Malzemeyi seçebilme ve detay alternatifleri geliştirebilme söz konusu değildir. Zaten hali hazırda birkaç malzeme ile su ve su buharına ilişkin sorunların çözülmeye çalışıldığı tespit edilmiştir.

Erken Cumhuriyet döneminin siyasi, bilim ve sanayi ortamına bakıldığında çok az sayıda yerel malzemenin ilkel yöntemler ile üretilebildiğini ihtiyaç dahilinde ağırlıklı olarak ithal ürünler kullanıldığı yayınlarda görülmektedir. Erken Cumhuriyet Dönemi’nde gerçekleştirilen yenilikler, dönemin birçok mimarı tarafından kabul görerek yeni bir mimarlık anlayışının ortaya çıkmasına ve yayılmasına öncülük etmiştir. Bu döneme dair bilgiler, o zamanlar Türkiye’de yayımlanan tek mimarlık dergisi olan Arkitekt’e ve daha önce 'Mimar' adıyla bilinen dergiye ait metinlerden ve reklamlardan elde edilebilmektedir. Bu dergiler hem projeleri hem de kullanılan malzemelerin reklamları aracılığıyla, dönemin teknik ve eğilimleri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (Ergut, 2009, s.122). Arkitekt Dergisi’ 1930’lu yıllar itibari ile yayınlanan 1931 ile 1980 yılları arasındaki sayıları incelendiğinde su ve su buharına ilişkin malzemeler hakkında bilgi edinmek de mümkündür.

Dergi sayılarında yapılan incelemede; doğrudan nem kontrolü ve su yalıtımının uygulanmasına dair detaylı bilgiler yer almamakta, ancak örnek olarak yer alan projelerde ya da malzeme reklamlarında “*mücerret bir madde (maddeler) ile rutubete karşı tecrit edilmiştir*” gibi genel ifadelerin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Bazı yapı analizlerinde ise sadece “*sıcak asfalt ile tecrit edilmiştir.*” yazmaktadır. Su yalıtımı uygulamalarında sıkça asfalt doyurulmuş karton olan ruberoit, nem kontrolünün sağlanmasında ise çeloteks (Celotex) kullanılmış olduğu görülmüştür.

Ruberoit'in Mimar (Arkitekt) dergisinde yayınlanmış olan reklamında; ahşap ve beton çatıların, balkon ve terasların, beton, taş temellerin, kalorifer dairelerinin, mutfak ve banyoların, tünel ve köprülerin, teras bahçelerinin ruberoit ile kaplandığında nemden, rutubetten, yağmur ve kardan kesinlikle etkilenmeyeceği yazmaktadır (Şekil 2) (Reklamlar, 1931, s.312).



Şekil 2. Mimar Adlı Dergide Yer Alan-Ruberoit Reklamı (Reklamlar, 1931, s.312)

Arkitekt Dergisi'nde ilk ruberoit reklamı 1931 senesinde son reklam ise 1977 senesinde yayınlanmıştır. Bu zaman aralığında ruberoit, yapıların su yalıtımının sağlanmasında aktif olarak kullanılmıştır (Şekil 3). Dergideki yapı analizleri incelendiğinde ruberoit adlı yapı malzemesinin özellikle teras çatılarda kullanılmış olduğu görülmektedir. Bu dönemde inşa edilmiş olan müstakil konut projelerinin birçoğunda, inşaat tuğla duvar üzerine oturtulmuş betonarme döşeme olup, çatı kaplamasında ise ruberoit tercih edilmiştir (İhsan, 1933, s.17).



Şekil 3. Arkitekt Dergisi'nde Yer Alan-Ruberoid Reklamı (Reklamlar, 1938b, s.133)

Bu dönemde Arkitekt Dergisi'ndeki yapı analizlerinde ve yalıtım reklamlarında, duvarlarda, bölmelerde ve tavanlarda kullanılmış, şeker kamışı elyafından yapılmış olan çeloteks veya celotex şeklinde geçen yalıtım levhaları, yapıları yazın serin kışın ise sıcak tutarken nem kontrolünü de sağlamaktadır. Celotex'in Arkitekt Dergisi'ndeki bir reklamında, bu levhaların yapı tasarımında kullanıldığı takdirde, kışın kömür kullanımının %40 oranında sarfiyatını azaltacağı, ses yalıtımı sağlayacağı ve sinema, tiyatro, konferans salonları, garaj, buzhane gibi büyük, küçük inşaatlarda kullanılabileceği bilgisi yer almaktadır (Şekil 4) (Reklamlar, 1947).

Senelerdenberi Memleketimizin mahrum kaldığı

# CELOTEX

**Tecrid Levhalarımız Gelmiştir.**

**ÇELOTEKS** Her nevi binaları kışın soğuk, yazın sıcak havalara ve rutubete karşı muhafaza eder.

**ÇELOTEKS** Kışın kömürün %40 nisbetinde sarfiyatını azaltır.

**ÇELOTEKS** İkametgâhlarda SES ve GÜRÜLTÜNÜN kattan kata, dahilden harice, hariceden dahile nakline mâni olur.

**ÇELOTEKS** SİNEMA, TİYATRO, KONFERANS salonları, GARAJ, BUZHANE ve büyük küçük inşaatlarda kullanılır.

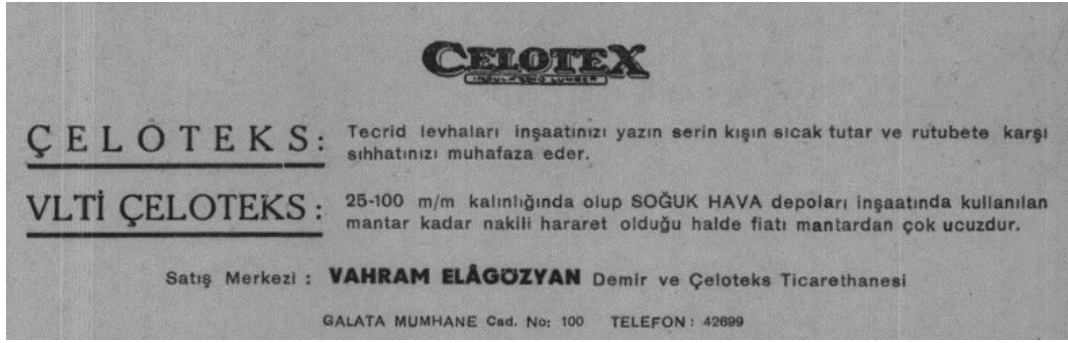
**ÇELOTEKS** Diğer benzerlerine K A L İ T E itibarile üstündür.

**Türkiye Mümessili:**  
**SERETTAR İthalât-İhracat T. A. Ş.**

Sirkeci, Kavseri han 5-6-7, Telefon: 21719  
SATIŞ DEPOSU  
SERETTAR T. A. Ş. Mumhane caddesi No. 100, Telefon: 42699

Şekil 4. Arkitekt Dergisi'nde Yer Alan-Celotex Reklamı (Reklamlar, 1947)

Yapılarda nem kontrolünün sağlanmasında da kullanılan Celotex'in Arkitekt dergisindeki reklamında ürün; "Tecrid levhaları inşaatınızı yazın serin kışın sıcak tutar ve rutubete karşı sıhhatinizi muhafaza eder." şeklinde tanıtılmıştır (Şekil 5) (Reklamlar, 1947)



**ÇELOTEKS:** Tecrid levhaları inşaatınızı yazın serin kışın sıcak tutar ve rutubete karşı sıhhatinizi muhafaza eder.

**VLTİ ÇELOTEKS:** 25-100 m/m kalınlığında olup SOĞUK HAVA depoları inşaatında kullanılan mantar kadar nakili hararet olduğu halde fiatı mantardan çok ucuzdur.

Satış Merkezi : **VAHRAM ELÂĞOZYAN** Demir ve Çeloteks Ticarethanesi

GALATA MUMHANE Cad. No: 100 TELEFON : 42699

Şekil 5. Arkitekt Dergisi'nde Yer Alan-Celotex Reklamı (Reklamlar, 1938a, s.99)

Çimento ilavesi olan sika adlı malzeme için Arkitekt Dergisi'nde "su tecridinde tam çözüm" başlıklı reklamları görülmektedir. Sika maddesinin farklı özelliklere sahip farklı türleri de reklamlarda tanıtılmıştır (Şekil 6).



**SİKA G.m.b.H. - Durmersheim (Baden)**

BETON ve DUVAR İNŞAATINI RUTUBET ve SUDAN MUHRIP SIZINTILARDAN VİKAYE EDER AZAMI SU TAZYİKİNDE BİLE SERTLEŞİR.

**SİKA maddesinin tatbik edildiği sahalar :**

Tazyıklı sulara ve hızlı yağmurlara karşı mukavemetli su geçmez sivalarla bilhassa aşağıda yazılı işlerde :

|           |                |           |
|-----------|----------------|-----------|
| cepheler  | tuneller       | menfezler |
| bodrumlar | maden ocakları | hazneler  |
| terasalar | kaideler       | bendler   |

Muhafız sıva halinde aşağıdaki nevi tahribata karşı

|                 |            |                          |
|-----------------|------------|--------------------------|
| zaif kireçli su | kireçli su | karbon muhteviyatı sular |
| batakhk suları  | acı su     | mayyat ve saire          |

Köprü ayakları ve payandaları için beton imali, temeller, temel kazıkları için, taş civatalarının imlaları hususatı için beton imallerinde.

Normal vaziyette sertleşen sıva ilâve maddesi, beton ve sıva tekaiflerine mahsus

**SİKA 1** (Ancak su tazyikinin bertaraf edilmesinden sonra istimal edilmek üzere)

**SİKA 2**  
Yüksek tazyikte bile gıatında teksif için, Ani sertleşir fevkalâde seri sertleşme kabiliyetinde.

**SİKA 3**  
Hattı fasıl sikası, çimentoyu 1-5 dakika içinde tulturur, hattı fasıların teksifi ve fabrika döşemeleri imalindeki betonlar için.

**SİKA 4**  
Sath teksifleri için, duvar ve döşemelerde su sızıntısı esnasında, yağ, mazut, petrol gibi mevadda karşı da teksif eder, deniz suyuna karşı fevkalâde mukavimdir.

**SİKA 4<sub>a</sub>**  
Beton ve sıva sikası, muhrıp sulara karşı, evsafı 1 numaralı Sika gibidir, ayrıca seri tutan Sika halinde akar su içinde de istimal edilebilir.

Şekil 6. Arkitekt Dergisi'nde Yer Alan Sika Reklamı (Reklamlar, 1938c, s.216)

Türkiye'de yalıtım sektörünün ilk firmasının ise günümüzde varlığını hala sürdüren, 1935 yılında kurulmuş, likit su yalıtımı ürünleri üreten Emülzer olduğu görülmüştür. Arkitekt dergisinin 1940'lı yıllardaki sayılarında Emülzer reklamları ile karşılaşılmaktadır. Derginin 1943 yılındaki bir sayısında yayınlanan Emülzer'in reklamında, sıva ilacı şeklinde geçen Emülzer-F'nin çimento ve kireç harcına katıldığında su ve rutubetin kontrol edilebildiği bilgisi yer almaktadır.



Reklamlar dışında proje örnekleri incelendiğinde su ve su buharı kontrolüne ilişkin kullanımlarda; katranlı maddeler, sıcak asfalt, Ruberoid, Çeloteks Hydroteks macunu gibi malzeme isimleri yer almaktadır. Bu malzemeler ağırlıklı olarak sürme şeklinde uygulanan malzemelerdir. Aynı malzeme ile hem su hem de su buharı kontrolünün yapıldığı ifade edilmektedir.

Görüldüğü üzere su ve su buharı kontrolünde kullanılan malzemeler oldukça az sayıdadır, kullanım yeri ve şekli de sınırlıdır. 1950 sonrası polimer bilimi ile beraber örtü tipi malzemelerin gelişmesi ile su ve su buharı kontrolünde çok sayıda malzeme üretilmeye başlamıştır. Bu süreç malzeme biliminin gelişmesine paralel yapılar da ısı, su ve su buharına ilişkin olan problemlerin bir yapının normali olmadığı ve doğru malzeme kullanımı ile kontrol edilebileceği farkındalığının gelişmesi birbirine paraleldir. Yani hem malzeme üretim ortamı teknik olanaklarının gelişmesi hem de kullanıcı bilincinin artması ile talep ve malzeme çeşitliliği artmıştır. Malzeme çeşitliliği olumlu bir gelişme olmasına rağmen, bu durum malzemenin doğru seçimi ve doğru yerde kullanımı sorunlarına neden olmuştur.

### 3. Kesit Tasarımında Buhar Difüzyonu ve Yoğuşma Yönetimi

Yapı kabuğunda su buharı; difüzyon ve konveksiyon yolları ile hareket etmektedir. Buhar difüzyonu, su buharı moleküllerinin gözenekli malzemeler boyunca, yüksek buhar basıncı veya sıcak hava olan taraftan düşük buhar basıncı veya soğuk hava olan tarafa doğru, başka bir ifade ile su buharının yoğun olduğu alanlardan daha az yoğun olduğu alanlara doğru yayılmasıdır. Bu süreç ısı transferine benzer bir şekilde moleküllerin hareketi sonucu gerçekleşmektedir. Konveksiyon ise su buharının, havanın kendi kütle hareketi ile taşınmasıdır (Straube, 1998, s.58). Soğuk iklimlerde, su buharı daha sıcak olan iç ortamdaki daha soğuk olan dış ortama doğru hareket etmektedir. Sıcak iklimlerde ise su buharı, sıcak olan dış ortamdaki daha soğuk olan iç ortama doğru hareket etmektedir (URL-4). Dolayısıyla bu durum farklı iklimler için farklı stratejilere ihtiyaç olduğu anlamına gelmekte ve yaz-kış arasındaki farklılıkların da dikkate alınması gerekmektedir (Lstiburek, 2009, s.345).

Su buharı, yapı elemanlarının yüzeyinde terlemeye, eleman kesitinin içinde ise biriktiğinde, yoğuşmaya (kondensasyona) neden olabilmektedir. *“Yoğuşma, havanın içindeki su buharının, ortam sıcaklığı ve bağıl nem miktarına bağlı olan terleme sıcaklığından daha düşük sıcaklıktaki bir yüzeye temas etmesi sonucu gaz halinden sıvı hale geçmesidir.”* (Kaya, 2015, s.46-47).

Su buharı difüzyonu, yapı malzemelerinde yoğuşma riskini arttırmaktadır. Yoğuşma ise, yapı malzemelerinde küf ve mantar oluşumuna, korozyona, ısı kayıplarına ve yapısal sorunlara neden olabilmektedir. Yapı elemanı yüzeyinde ya da kesitinde özellikle kış aylarında meydana gelen yoğuşma ya da terleme olayı; hava ile temas eden yapı malzemesinin yüzey sıcaklığının, havanın çığ noktası sıcaklığının altına düşmesiyle oluşmaktadır. Bu durum, kış aylarında hava sıcaklığının düşük olması nedeniyle yapı malzemelerinde yoğuşma riskini arttırmaktadır (Heperkan vd., 2001, s.461).

Buhar difüzyonu açısından yapı elemanı bileşen tasarımında malzemelerin buhar difüzyon direnç faktörünün içerden dışarıya doğru küçülmesi gerekmektedir. Su buharı geçişi malzemenin kendi buhar difüzyon direnç faktörüne ( $\mu$ ) bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Dalkıran, 2008, s.27).

Buhar kesici veya buhar dengeleyici kullanılan sistemlerde en dışta kullanılacak olan çok hızlı buhar geçişine açık, nefes alan bir su yalıtım örtüsü, dışarıdan bir su girme riskine

karşı emniyet sibobu olarak kullanılabilir. Su buharının sistemden atılmasının gerektiği durumlarda, su buharının kesit içerisinde yoğunlaşmadan sistemi terk edebilecek şekilde planlanması gerekir. Bunun için ise kesit içerisinde bazen buharını yavaşlatacak bazen de hızlandıracak ama yoğunlaşma durumunda nemi bünyesine almayacak, ıslanmayacak yüksek dansiteli (yoğunluklu) polietilen (HDPE) gibi bir malzemeden üretilen ürünlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Su buharının aşağıdan yukarıya ve aynı zamanda sıcaktan soğuğa doğru hareket etme eğilimi göz önünde bulundurularak, kesit içerisinde su buharının yoğunlaşmasını önleyip yapıdan uzaklaştırmak amacıyla kesit tasarımının yapılması gerekmektedir. Kesit ister çatı ister duvar olsun, su buhar kontrolü tasarımı bakımından ikisi arasında tasarım açısından hiçbir fark bulunmamaktadır. Tek fark, 90 derece açıyla dik duran duvar kesiti, çatıda 45, 30 vs. gibi farklı açılarla tasarlanabilmekte ve dış kaplama malzemesi değişkenlik gösterebilmektedir (Sayılar, 2023).

Yapıların nem kontrolünde önemli bir rol oynayan kesit tasarımının, malzemelerin su buharı geçirgenliğine göre düzenlenmesi ve kesitteki Sd değerinin buhar hareket yönünde giderek azalması gerekmektedir. Sd değeri, bir malzemenin su buharı difüzyon direncini metre cinsinden ölçen bir parametredir ve bu, malzemenin su buharına karşı ne kadar direnç gösterdiğini ifade etmektedir. *“Bir yapı malzemesi tabakasının, su buharı difüzyonu eş değer hava tabakası kalınlığı (Sd), kalınlığı (d) ve su buhar difüzyon direnci katsayısı ( $\mu$ ) kullanılarak eşitlik”  $Sd = \mu \cdot d$  ile hesaplanır.”* (Dalkıran, 2008, s.31). Su buharı geçirgenliği (perm) ise bir malzemenin su buharının geçmesine karşı gösterdiği direnç anlamına gelmektedir.

Yüksek Sd değeri, malzemenin su buharına karşı daha fazla direnç gösterdiği ve dolayısıyla daha az geçirgen olduğu anlamına gelmektedir. Sd değeri ne kadar büyükse, su buharı geçirgenliği o kadar düşük olmaktadır. Yapının nem kontrolünü sağlamak ve yoğunlaşma riskini azaltmak için, kesit tasarımında malzemelerin sıralanışı Sd değerleri göz önüne alınarak yapılmalıdır. Yüksek Sd değerine sahip malzemeler, yapının iç ve dış yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkından dolayı oluşan su buharının, iç yüzeye doğru hareket etmesini engellemektedir. İç ortam sıcaklığı yüksek olan bir duvarda, su buharının iç yüzeye doğru hareketini engellemek için yüksek Sd değerine sahip bir buhar kesici malzeme kullanılabilir. İşlevine bağlı olarak yoğun buhar üretimi olan yapılarda su buharının (nem) tamamını kesmek için kullanılan buhar kesici (buhar bariyeri, nem bariyeri) malzemeler, su buharını geçirmeyen bir yapıya sahip olmalarının doğrultusunda Sd değerleri yüksektir. Buhar dengeleyici (geciktirici) malzemeler, su buharının bir yönden diğerine geçişini kontrol eden bir yapıya sahip olmalarının doğrultusunda Sd değerleri orta seviyededir. Nefes alan su yalıtım malzemesi, su buharını geçirgen bir yapıya sahip olmasının doğrultusunda, Sd değerleri diğer malzemelere göre çok daha düşüktür (Şekil 7, Şekil 8) (Sayılar, 2023).

| Malzemeler                                 | Sınıf        | Nefes Alan | Kısmi Nefes Alan | Nefes Almayan |
|--|--------------|------------|------------------|---------------|
| Buhar Kesici(Buhar Bariyeri/ Nem Bariyeri) | 1.Sınıf      |            |                  | ⊗             |
| Buhar Dengeleyici(Buhar Geciktirici)       | 2.ve 3.Sınıf |            | ⊗                |               |
| Nefes Alan Örtü                            | 4.Sınıf      | ⊗          |                  |               |

Şekil 7. Su buharı yönetiminde kullanılan malzemelerin nefes alabilirlik özellikleri (Yazar,2024)

| Buhar Geciktiricilik Sınıfları |   |  |                       |  |   |
|--------------------------------|---|--|-----------------------|--|---|
| Buhar Geciktirme Sınıfı        | Tanım   | Tanımlayıcı terim                            | Özellik               | Malzeme Örneği   | Sd Değeri   |
| 1                              | 0.1 perm (geçirgenlik) veya daha az (< 0.1 Perm)                  | Buhar Kesici / Buhar Bariyeri / Nem Bariyeri | Buhar geçirimsiz      | Poliyeten levha/örtü, metal levha, delikli olmayan alüminyum folyo...  | Sd değerleri nefes alan su yalıtım örtülerine ve buhar dengeleyici malzemelere göre çok daha yüksek |
| 2                              | 0.1 geçirgenlikten büyük, 1.0 geçirgenlikten küçük (0.1-1.0 perm) | Buhar Dengeleyici / Buhar Geciktirici        | Buhar yarı geçirimsiz | Kraft kağıdı kaplı cam yünü levhalar, düşük geçirgenlikli boyalar, buhar dengeleme ve geciktirme özelliklerine sahip özel astarlar, vinil kaplamalar ... | Sd değerleri nefes alan su yalıtım örtülerine ve buhar kesici malzemelere göre orta                 |
| 3                              | 1.0 geçirgenlikten büyük, 10 geçirgenlikten küçük                 | Buhar Dengeleyici / Buhar Geciktirici        | Buhar yarı geçirimsiz | Latex boya, enamel boya, yönlendirilmiş yonga levha(OSB), kontrplak, asfalt keçesi   | Sd değerleri nefes alan su yalıtım örtülerine ve buhar kesici malzemelere göre orta                 |
| 4                              | 10 geçirgenlikten büyük >10                                       | Nefes Alan                                   | Buhar Geçirgen        | Typar, Tyvek   | Sd değerleri buhar kesici ve dengeleyici malzemelere göre çok daha düşük                            |

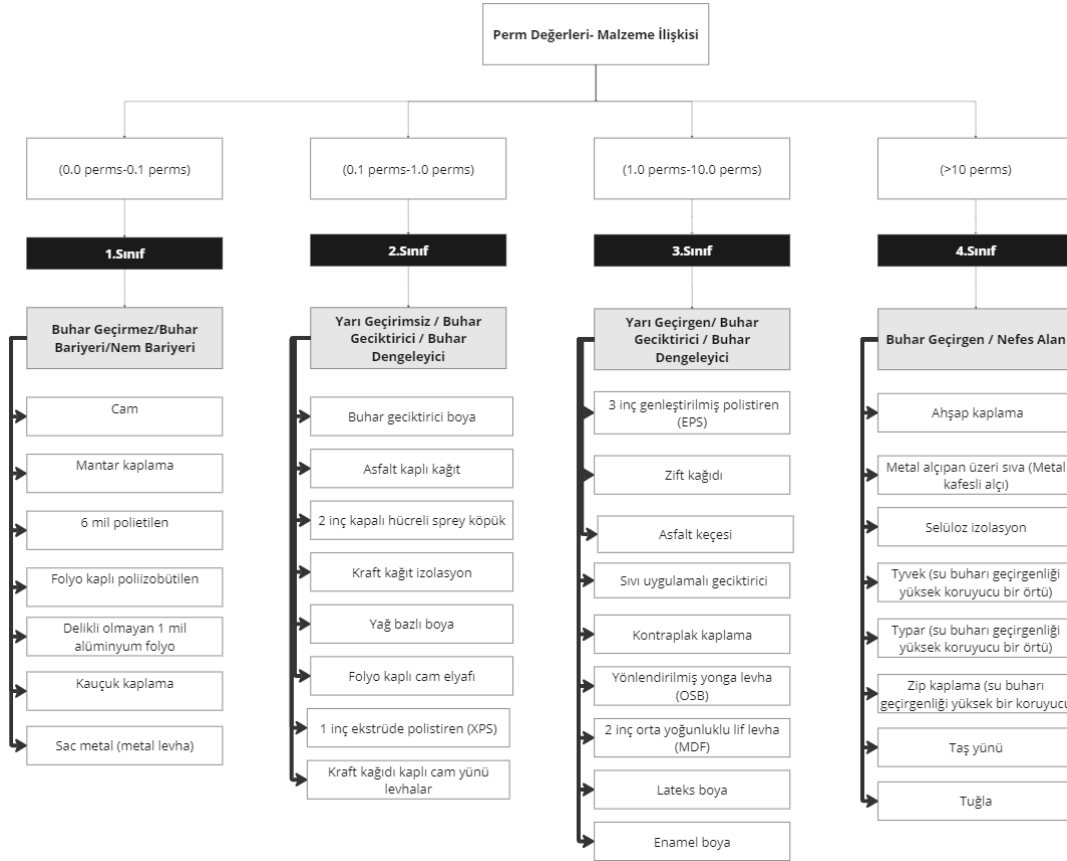
Şekil 8. Buhar Geciktirme Sınıfları ve özellikleri (Yazar,2024)

Perm ve Sd değerleri, bir malzemenin buhar geçirgenliğini ifade eden iki farklı birimdir. Perm değeri, bir malzemenin 1 saatte 1 metrekare alandan geçen su buharının ağırlığını, Sd değeri ise, bir malzemenin su buharının geçişine karşı gösterdiği direnci ifade etmektedir. Bu iki değer arasında doğrudan ve sabit bir matematiksel dönüşüm olmamasına rağmen Perm ve Sd değerleri arasında ters orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Perm değeri, malzemenin genel "nefes alabilirliğini" gösterirken, Sd değeri, belirli bir kalınlıkta malzemenin su buharına ne kadar direnç gösterdiğini ifade etmektedir. Bu iki özellik farklı yönlerden malzemenin su buharı ile etkileşimini göstermektedir. Perm değeri yüksek olan bir malzeme, su buharını daha kolay geçirmekte ve bu nedenle, bu malzemenin Sd değeri düşük olmaktadır. Perm değeri düşük olan bir malzeme ise, su buharını daha zor geçirmekte ve bu nedenle, bu malzemenin Sd değeri yüksek olmaktadır (Şekil 9, Şekil 10).

İç ortam sıcaklığı yüksek olan ortamlarda, su buharının iç yüzeye doğru hareketini engellemek için yüksek Sd değerine sahip buhar kesici (buhar bariyeri, nem bariyeri) veya daha düşük Sd değerine sahip su buharının bir yönden diğerine geçişini kontrol eden buhar dengeleyici (geciktirici) malzemeler kullanılması gerekmektedir. Bu malzemelerin kullanımı, iç mekânın nemini kontrol altında tutmaya yardımcı olmaktadır.



Şekil 9. Perm Değerlerine Göre Malzeme Fonksiyon Değişimi (Yazar,2024)

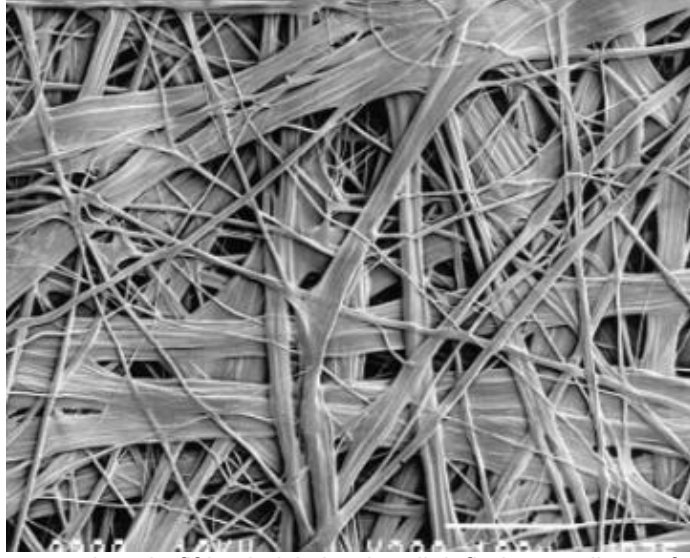


Şekil 10. Perm Değerleri-Malzeme İlişkisi (URL-4).

Çatı ve duvar gibi yapı sistemlerinin kesit tasarımında, yoğuşma meydana gelmeden su buharının sistemden etkin bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlamak, yapısal bütünlüğü korumak ve iç mekân konforunu artırmak oldukça önemlidir.

#### 4. Nefes Alan Su Yalıtım Örtüleri

Nefes alan su yalıtım örtüleri, su buharını geçirgen bir yapıya sahip olup, Sd değerleri buhar kesici ve dengeleyici malzemelere göre çok daha düşük, perm değerleri ise yüksektir. Sağlam, esnek ve hafif kesintisiz bağlı poliolefinden üretilen bu malzemeler (Şekil 11), su buharının hızlı ve sağlıklı geçişinin gerekli olduğu çatı ve duvar gibi dış ortamla temas kuran yapı elemanlarında kullanılmaktadır. Nefes alan su yalıtım örtüleri hava geçirimsiz olduklarından taşınım yoluyla ısı yalıtımına katkı sağlamaktadır (Sayılar, 2023). Genellikle yapının dış yüzeyine uygun en yakın yerde kullanılan ve yüksek su buharı geçirgenliğine (düşük Sd değerine) sahip bu örtüler, su buharının yapının içinden dışına doğru hareketini kolaylaştırırken, suyun yapının içine girmesini engellemektedir. Nefes alan sentetik malzemeler, yapı kabuğunda nemi yönetme yöntemlerini önemli ölçüde değiştirmiştir.



Şekil 11. Sağlam, esnek ve hafif kesintisiz bağlı poliolefinden üretilen nefes alan su yalıtım örtüsünün mikroskopik görüntüsü (URL-5).

Nefes alan örtüler, yapılar için ikinci bir savunma katmanı olarak tanımlanabilmektedir. Dış cephe kaplama malzemesinin altında, ikinci bir koruyucu destek katmanı olarak görev yapmakta ve kaplama malzemesinin altındaki yalıtım tabakasının korunmasında da önemli bir rol oynamaktadır. Rüzgarla gelen yağmur ve kar da kaplamanın kendisinden ya da ek yerleri arasından geçebilmektedir. Nefes alan örtüler, suyu yapının duvar strüktüründen uzaklaştırarak, yapısal kaplama ve yapı iskeletine suyun ulaşmasını önlemeye yardımcı olmaktadır. Derzlerin düzgün bir şekilde kapatıldığı varsayıldığında, nefes alan örtüler hava sızıntısını ve potansiyel hava akımlarını azaltarak, yapı içi ısı konfor düzeyini artırmakta ve enerji maliyetlerini düşürmektedir (Tabor ve Ghosh, 2019, s.327).

İlgili yapı elemanı kesitinde su buharı geçişinin kontrolünde yoğuşma meydana gelmemesi için her katmanın kendinden bir önceki katmana göre daha fazla buhar geçirgen olması gerekmektedir. Bu doğrultuda, nefes alan örtülerin önlerinde bir boşluk bulunması, yoğuşma riskini ortadan kaldıracak önemli bir önlemdir. Bu tür çok ve hızlı buhar geçirgen nefes alan ürünlerin önüne siva gibi kapiler boşlukları bulunan ve nefes alan örtülere göre çok daha yavaş su buharı geçiren ürünler geldiğinde, yoğuşma meydana gelmesi kaçınılmaz olmaktadır. Bu nedenle bu tür nefes alan ürünlerin önüne siva, boya vb. uygulamalar yapılamaz/yapılmamalıdır. Zaten bu örtü tipi malzemeler, nefes alan bir yapıya sahip olduğu için, malzeme yüzeyine aderans problemlerinden dolayı tutunma da gerçekleşmemektedir.

“PVC Siding” cephe sistemlerinde nefes alan su yalıtım örtüsü, ahşap veya PVC Siding dış cephe kaplamasının altına, ısı yalıtım malzemesinin ise üzerine uygulanmaktadır. Metal konstrüksiyonlu (iskeletli) duvar uygulamalarında da bu malzeme en dışta yer alan metal levha kaplamanın ve taşıyıcı profillerin altına ısı yalıtım malzemesinin ise üzerine, dış tarafına uygulanmaktadır. Bu tür sistemlerde iç cephe kaplamasının dış tarafına buhar kesici veya buhar dengeleyici malzeme de uygulanması gerekmektedir. Çatı sistemlerinde nefes alan su yalıtım malzemeleri “Shingle” gibi dış çatı kaplamasının hemen altına, çatı tahtalı baskı çitallı kiremit çatı uygulamalarında dikey ve yatay lataların altında, çatı tahtasız baskı çitallı kiremit çatı uygulamalarında ise yine dikey ve yatay lataların altında karkas aralarında bulunan ısı yalıtım malzemesinin üzerinde, dış yüzeyine uygulanmaktadır (URL-6).

## 5. Buhar Kontrol Katmanı

Buharın hızı değiştirilmek istendiğinde buhar dengeleyici, buharın hızla geçişine müsaade etmek istendiğinde nefes alan su yalıtım malzemeleri, buharı tamamen kesmek istendiğinde ise buhar kesici (buhar bariyeri, nem bariyeri) malzeme kullanılması gerekmektedir. Buhar dengeleyici ve kesici malzemeler buharı yavaşlatma ve durdurma fonksiyonundan ötürü genel olarak "Buhar Kontrol Katmanı ((Vapour Control Layer) (VCL))" olarak adlandırılmaktadır (Sayılar, 2023).

Buhar bariyeri veya buhar geciktirici kullanılması gereken her durumda, ürünün uygulandığı iklim bölgesi belirleyici bir faktör olmaktadır. Çeşitli iklimler farklı su buharı kontrolü uygulamaları gerektirmektedir. Kuzey Amerika Yalıtım Üreticileri Birliği'ne göre, Amerika Birleşik Devletleri'nin sıcak ve nemli iklime sahip bölgelerinde, duvar sisteminin dış tarafına yakın bir buhar geciktirici katman kullanılması tavsiye edilmektedir (URL-7).

Buhar kontrol katmanları yapı yalıtımının önemli bir parçası olarak rol oynamaktadır. İklim bölgesi özellikleri, mekânın işlevi ve hesaplara bağlı olarak bu malzemelerin kullanımına karar verilmelidir. Yüksek nem düzeyine sahip ortamlarda çatı sisteminin havalandırılmalı mı, havalandırmasız mı olduğuna bakılmaksızın buhar kontrol tabakasının mutlaka kullanılması gerekmektedir. Mutfak, banyo ve özellikle yüzme havuzu ve sauna gibi nem düzeyi yüksek işlevli ortamlarda, buhar kontrol tabakası önemli bir rol oynamaktadır. Ofis ve benzeri düşük nemli ortamlar için buhar kontrol tabakası gerekmediği düşünülse de bu tabakanın kullanılması sistemin verimliliğini arttırmaktadır (URL-6). Bu malzemeler duvarın iç yüzeyine yakın uygulandığında, nemi yönetmeye ve hava hareketini kontrol etmeye yardımcı olarak temel bir koruma sağlamaktadır.

### 5.1. Buhar Kesiciler (Buhar Bariyerleri, Nem Bariyeri)

Su buharı geçişinin tamamen kesilmek istendiği durumlarda kullanılan hava ve buhar kontrol katmanlarından buhar kesiciler (buhar bariyerleri, nem bariyerleri); havayı ait olduğu mekânın içinde tutmakta ve yapı kabuğunda zararlı ve sağlıksız yoğunlaşma oluşumunu önlemektedir. Bu malzeme, bir iç astar olarak çalışmakta olan buhar kesici malzemelerin yapılarda ısı ve su buharının aktarımını kontrol ederek, binaların kışın sıcak, yazın ise serin tutulmasına yardımcı olması ile yapılarda enerji tasarrufuna önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (URL-6). Buhar kesici malzemelerin Sd değerleri nefes alan su yalıtım örtülerine ve buhar dengeleyici malzemelere göre çok daha yüksek seviyededir ve su buharının geçişine karşı çok yüksek direnç göstermektedir. Buhar kesici, buhar bariyeri veya nem bariyeri adıyla bilinen bu malzemeler, nefes almayan malzemeler olarak da değerlendirilebilmektedir. Buhar kesici malzemenin, çok özel bir durum olmadığı sürece kesit içinde, daima sıcak olan, iç mekâna yakın bir noktada, olabilecek en iç katmanda konumlanması gerekmektedir. Buhar kesici malzeme örnek olarak endüstriyel çatıda, altta yer alan trapez sacın hemen üstüne, sıcak konut çatılarında ise yine alttan görülecek olan ahşap ya da alçıpan levhanın hemen üzerine konumlandırılması gerekmektedir (Sayılar,2023).

Duvar veya çatılarda kullanılan buhar kesiciler genel olarak 3 (üç) grup altında incelenmektedir. İlk olarak tek tabakalı keçe veya plastikten üretilen buhar hareketlerini geciktirici bariyerlerin ortalama hava buhar direnci değeri  $R=\mu L=10$  m veya daha azdır. Keçe veya plastikten üretilen koruyucu bariyerlerin hava buhar direnci  $R=10-100$  m'dir. Buhar geçirmez bariyerlerin ise hava buhar direnci  $R>1000$  m'dir (Candan, 2007, s. 45).

*“Soğuk iklimlerde su buharı, yapı kabuğunda, daha sıcak ve nemli olan iç mekândan daha soğuk ve kuru olan dış ortama doğru ilerleme eğilimindedir. Bu nedenle buhar kesici malzemenin, yalıtım katmanının iç mekâna bakan sıcak tarafına yerleştirilmesi gerekmektedir. Sıcak ve nemli iklimlerde buhar, daha sıcak ve nemli olan dış ortamdan daha soğuk ve kuru olan iç mekâna doğru ilerleme eğilimindedir. Bu nedenle buhar kesici, yalıtım katmanının dış ortama bakan soğuk tarafına yerleştirilmesi gerekmektedir. Karma iklimlerde ise buharın her iki yönde de ilerleme eğilimi gösterebileceği durumlar söz konusu olduğunda buhar kesici kullanmamak ve bileşenin nefes almasını sağlayacak konstrüktif önlemler almak önerilmektedir” (Ülker, 2009, s.35).*

Konvektif ısı kaybını önleyen buhar kesici malzemeler sıcak ve soğuk havanın duvarlardan hareketini önlemek için bir bariyer katmanı olarak da görev yapmaktadır (Tabor ve Ghosh, 2019, s.327). Buhar kesici malzeme ışımayla ısı kaybını azaltarak yapının U-değerini de azaltmaktadır. Çatı veya cephe detayında ısı yalıtım malzemesinden önce kullanıldığı zaman konveksiyon (taşınım-hava kaçağı) yoluyla yapının bünyesinden kaybedilen ısı kaybını önlemektedir. Özellikle yapı içi/dışı sıcaklık farklarının ve yapı içindeki su buharı üretiminin yüksek olduğu endüstriyel ve yaşamsal yapılarda, su buharının tamamını kesmektedir. Yansıtıcı alüminyum kaplı yüzeye sahip olan buhar kesiciler ise reflektif yüzeye sahip olmaları ile sağladığı ilave ısı direnç yapının enerji verimini arttırmaktadır (URL-6).

Su buharı direnci yüksek olan polimer, bitüm veya kauçuk kopolimeri bazlı membranlar, buhar geçişini engelleyerek buhar kesici malzemeler olarak örnek gösterilebilmektedir. Genellikle yüksek buhar direncine sahip, su buharını bir taraftan bir diğer tarafa geçirmeyen polimer kökenli olanlardan PVC (Polivinil klorür) ve PE (Polietilen) ile iki farklı polimerden oluşan kopolimer kullanılmaktadır.

Ancak, kışın soğuk, yazın ise klima kullanılacak kadar sıcak olan iklimlerde buhar bariyeri için en iyi konumu belirlemek zor olmaktadır. Kışın nemi dışarıda tutması amaçlanan buhar bariyerleri, yaz aylarında arka tarafta yoğunlaşma oluşması halinde duvarın kurumasını da engelleyebilmektedir (URL-3). Taş yünü ve cam yünü gibi ısı yalıtım malzemelerinin buhar difüzyon dirençlerinin düşük olmalarının doğrultusunda bu malzemelerin kullanıldığı sistemlerde buhar kesici kullanılması önerilmektedir (Kizirgil, 2021, s.18-19).

Çatılarda özellikle de teras çatılarda su buharı kontrolünde duvardan farklı olarak bir de doğrudan su etkisi (yağmur- kar suyu) söz konusudur. Hem su buharı kontrolü hem de doğrudan ve dış kaynaklı su kontrolü amaçlı sistem tasarımı yapmak önemlidir. Teras çatılarda su yalıtımının ısı yalıtım malzemesinin üzerine uygulanması durumunda, ısı yalıtım malzemesinin iç mekân kaynaklı su buharı etkisi ile işlevsiz kalmasını önlemek amacı ile döşeme üzerine buhar kesici malzeme kullanmak gerekir. Buhar kesicinin kullanılmadığı durumlarda ısı yalıtım malzemesi su yalıtım katmanının üstüne alınabilir. Ancak her iki durum için de farklı malzeme katmanlarında olabilecek yoğunlaşma riskleri mutlaka hesaplanmalıdır.

Binalarda Su Yalıtım Yönetmeliği'nde buhar kontrolüne ilişkin olarak yalıtım yöntemleri ve malzeme seçimi başlığı Madde 11(2) de; *“Yapısal yalıtım uygulamalarında su buharı geçişinin istenmediği durumlarda su buharı bir katman oluşturularak ilave yalıtım önlemleri alınmalıdır.”* şeklinde ifade edilmiştir (URL-8).

Yalıtım sisteminin teşkili başlığı altında Madde 15 (4)'de; *“Çatı detaylarında kullanılacak olan su yalıtım malzemesinin su buharı geçirgenlik özellikleri dikkate alınarak, gerekmesi durumunda, sıcak tarafta buhar kesici katman kullanımı ve/veya kesintisiz*

*olarak devam eden havalandırma boşluğunun oluşturulması gibi ilâve tedbirler alınır.”* Şeklinde ifade edilmiştir. Burada sadece su yalıtım malzemesinin buhar geçirgenlik özelliği yanında iç mekân nem düzeyi, ısı yalıtım hesapları kullanılacak olan ısı yalıtım malzemesinin türü ve çatı için düşünülen sistem detayı ile hepsi birlikte hesaplanarak karar verilmelidir (URL-8).

## 5.2. Buhar Dengeleyici (Buhar Geciktirici)

Su buharının geçişinin hızı değiştirilmek istendiğinde kullanılan buhar kontrol katmanlarından buhar dengeleyici malzemeler, çatılar, duvarlar ve zeminler için hava kaçağı bariyeri/ buhar kontrol katmanı olarak kullanılmaktadır. Yapıların nem yönetimi ve enerji verimliliği açısından önemli bir rol oynayan buhar dengeleyici malzemeler, her iki yönden de az miktarda su buharının geçmesine izin verecek şekilde tasarlanmış oldukları için geçirgen/nefes alabilen malzemeler olarak da tanımlanmaktadır. Bu malzeme; su buharı geçişine açık cephe ve çatı sistemlerinde buhar kesici yerine kullanılmakta ve aynı zamanda taşınım (konveksiyon) yoluyla gerçekleşen ısı kayıplarını da azaltmaktadır (URL-6).

Buhar geciktirici (buhar dengeleyici) malzemelerin Sd değerleri nefes alan su yalıtım örtülerine ve buhar kesici malzemelere göre orta bir seviyededir ve su buharının geçişine karşı kısmi olarak direnç göstermektedir (Kasap, 2011, s.25). Bu malzeme, çok özel bir durum olmadığı sürece kesit içinde, daima sıcak olan, iç mekâna yakın bir noktada, olabilecek en iç katmanda yer alması gerekmektedir. Buhar dengeleyici malzeme örnek olarak endüstriyel çatıda, altta yer alan trapez sacın hemen üstüne, sıcak konut çatılarında ise yine alttan görülecek olan ahşap ya da alçıpan levhanın hemen üzerine konumlandırılması gerekmektedir (Sayılar, 2023).

Yapı kabuğunda çok çeşitli sebeplere bağlı olarak konveksiyon yolu ile ısı kayıpları meydana gelmektedir. Yapıların ilk inşa edildiği zamanlarda da rastlanan bu durumlar, yapının kullanıldığı süre boyunca oturma ve termal hareketler sonucunda da görülebilmektedir. Hava kaçağı bariyeri fonksiyonundaki buhar dengeleyici malzemelerin kullanım alanları incelendiğinde örnek olarak içteki alçıpan kaplamanın arkasına buhar dengeleyici malzeme uygulanması, yapıdan hava giriş ve çıkışını kontrol altına alacak ve konvektif ısı kayıplarını azaltacak bir yöntem olabilmektedir. Buradaki amaç ısı yalıtım tabakasının iç kısmı ile temasta olan yaşama mekânında hava dolaşımına sürekli bir bariyer sağlamaktır. Bu ara katların ayırıcı duvarları ve kenarları için de geçerli olmaktadır. Buhar dengeleyici malzemeler, hava kaçış bariyeri olarak da kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Bu malzeme herhangi bir sistemdeki buhar geçiş kontrolüne de yardımcı olmaktadır. Bu özellikle buhar geçirgen bir alt örtünün tanımlandığı buhar geçirgen çatı sistemlerinde önemli bir kullanım alanı olmaktadır. Sistemin toplam geçirgenliği buhar dengeleyici malzemenin iç ve dış buhar dirençlerinde bir denge oluşturması ile kontrol edilmektedir (URL-6).

## 5. Sonuç ve Değerlendirme

Yalıtım etkin yapı kabuğu tasarımında; “yalıtım sorunu” bir sistem olarak ele alınmalıdır. Yapı ve insan sağlığını, enerji maliyetlerini doğrudan etkileyen su, su buharı ve ısı yalıtımı öncelikli olmasına rağmen, insan psikolojisi ve sağlığını etkileyen ses yalıtımı ve bir afet olarak nitelendirilebileceğimiz insan ve yapı güvenliğini tehdit eden yangın yalıtımı ile birlikte düşünülmeli, hesaplanmalı, sistem tasarımı ve malzeme seçimi birlikte yapılmalıdır.



Malzeme seçimi çok boyutlu bir süreçtir; gereklilikler, estetik, farklılık gibi tasarımcıya, kullanıcıya, iklime, kültüre, gelenek hatta ritüellere bağlı birçok neden sayılabilir. Ancak, gereklilikler bireysel kararlardan ziyade doğal çevre koşulları içinde tasarlanan yapma çevrenin fiziksel iç mekân şartlarının yaşanabilir ve sürdürülebilir hale getirilmesi için tasarlanmış olan bir sisteme ve doğru malzemelerin kullanımına işaret eder. Bu durum daha çok mikroiklim koşullarının zaman içinde yapı kabuğunda oluşturabileceği olası risklerin öngörülmesi ve teknik olarak çözümlenebilmesi için gerekli olan önlemlerin alınmasıdır. Bu gereklilikler öncelikle mikroiklimin verilerine göre belirlenebilir sonra yapı içi işlevin oluşturacağı şartlar ile ilişkilendirilerek sağlıklı ve sürdürülebilir iç-dış dengesinin sağlanmasında yapı kabuğunun sistem şeklinde tasarlanmasını gerektirir.

Bir yapının rengi, kaplama malzemesi sonradan değiştirilebilir. Ancak planlama aşamasında su, su buharı ve ısı kontrolü gerektiği şekilde hesaplara bağlı olarak dikkate alınmaz, sistem tasarımı ve malzeme seçimi yapılamaz ise o yapıda yüksek enerji sarfiyatına ek olarak, hasarlara bağlı bakım ve onarım ihtiyaçları artar. Diğer taraftan Türkiye'nin önemli deprem kuşağında yer alıyor olması korozyona bağlı; hasar, can kaybı riskleri nedeni ile su, su buharı ve ısı denetimi oldukça önemlidir. Mimari yapılarda nem kontrolünün etkin yönetimi, yapıların ömrünü ve performansını, enerji verimliliğini, kullanıcı sağlık ve konforunu sağlama ve sürdürülemede önemli bir faktör olarak ön plana çıkmaktadır.

Buharın geçiş hızı değiştirilmek istendiğinde buhar dengeleyici(geciktirici), buharın hızla geçişine müsaade etmek istendiğinde nefes alan su yalıtım örtüsü, buharı tamamen kesmek için ise buhar kesici veya diğer bir ifade ile nem veya buhar bariyeri adlı malzemeler kullanılmaktadır. Nefes almayan su yalıtım örtüleri aynı zamanda bir buhar bariyeri olurken nefes alan su yalıtım örtüleri buharı geçirmeleri veya dengelemeleri gibi işlevleri gereği buhar bariyeri olamamaktadırlar. Mimari sistemlerin kesit tasarımında temel amaçlardan biri, su buharının yapının içinden dışına yoğunlaşmadan geçişini sağlamaktır. Bu amaçla, kesitte bazen su buharını yavaşlatacak, bazen hızlandıracak, ancak nemle temas halinde bile nemi emmeyecek ve ıslanmayacak malzemelerin kullanılması gerekmektedir.

Buharın aşağıdan yukarıya ve aynı anda sıcaktan soğuğa doğru hareket etme eğiliminde olduğu ve su buharını yoğunlaşmasına müsaade etmeden yapıdan uzaklaştırmak gerektiği göz önünde bulundurularak kesit tasarımı yapılması gerekmektedir. Bu yaklaşım, Sd-Perm ilişkisini dikkate alarak yapısal dayanıklılık ve iç mekân konforunu artırmanın temelini oluşturmaktadır. Yapı kesitlerinde, su buharının içten dışa doğru etkin bir şekilde hareketini sağlamak ve yoğunlaşma riskini en aza indirmek için, malzemelerin Sd değerleri içten dışa doğru giderek azalacak, perm değeri ise artacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Havalandırmalı (giydirme cephe sistemlerinde) en hızlı buhar geçiren nefes alan su yalıtım örtüsü ise en dışta ve son kaplama malzemesinin hemen altında, arada hava katmanı bırakılacak şekilde konumlandırılması gerekmektedir.

Kesitte buhar dengeleyici veya buhar kesici ürünlerden sadece bir tanesi duvar veya çatı sisteminde aynı anda kullanılabilir. Bir sistemde aynı anda hem buhar dengeleyici hem de buhar kesici kullanılmamaktadır. Kullanıcı talepleri göz önüne alınarak içten dışa en iç katmanda ya buhar kesiciye ya da buhar dengeleyiciye karar verilerek biri tercih edilmekte ve en dışta da nefes alan su yalıtım örtüsü konumlandırılarak kesit tasarımı yapılmaktadır. Böylece, yapı içi nem kontrolü optimize edilmekte, iç mekânın daha kuru ve sağlıklı kalması sağlanmakta ve yapısal bileşenler nemden kaynaklı zarar görmemektedir.

## **Katkı Oranı**

Yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulduklarını beyan etmektedirler.

## **Çıkar Çatışması Beyanı**

Çalışmanın tüm yazarları bu çalışmada, sonuçları veya yorumları etkileyebilecek herhangi bir maddi veya diğer asli çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

## **Kaynaklar**

Candan, N. (2007). Isı yalıtım sistemleri ve özelliklerinin karşılaştırılması. (Yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi, Sakarya.

Dalkıran, M. Y. (2008). Ahşap iskelet yapı sisteminin ısı ve buhar geçişi açısından değerlendirilmesi. (Yüksek lisans tezi). Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Ergut, E. A. (2009). Cumhuriyet Dönemi Mimarlığı: Tanımlar, Sınırlar, Olanaklar. Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi(13), 121-130.

Heperkan, H. A., Bircan, M. M., ve Sevindir, M. K. (2001). Yapı Malzemelerinde Buhar Difüzyonu ve Yoğuşma. In V. National HVAC and Sanitary Engineering Conference 461-470.

İhsan, B. (1933). Ev Projeleri. Mimar, 1933-01 (25), 17-18.

Kasap, P. (2011). Metal levhanın çatı kaplama malzemesi olarak analizi. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kaya, S. (2015, Kasım). Binalarda su buharı. Yalıtım Dergisi, (140). [https://www.yalitim.net/yayin/500/binalarda-su-buhari\\_14815.html](https://www.yalitim.net/yayin/500/binalarda-su-buhari_14815.html)

Kizirgil, S. (2021). Türkiye'nin Soğuk İklim Bölgeleri için Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Çevresel Etki Analizi. (Yüksek lisans tezi). Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Lstiburek, J. (2009). Moisture control for new residential buildings. H. R. Trechsel ve M. T. Bomberg (Ed.), Manual on moisture control in buildings: The key factor in mold prevention içinde (ss. 342-363). West Conshohocken, PA: ASTM International.

Reklamlar. (1931). Mimar, (9), 312.

Reklamlar. (1938a). Arkitekt, (03 (87)), 99.

Reklamlar. (1938b). Arkitekt, (4), 133.

Reklamlar. (1938c). Arkitekt, 07 (91)), 216.

Reklamlar. (1947). Arkitekt, (1-2)

Sayılar, Erkan. (2023). Erkan Sayılar ile Söyleşi: DuPont Tyvek Eğitim. [Görüntülü Görüşme]. 06 Kasım 2023.

Straube, J. F. (1998). Moisture Control and Enclosure Wall Systems. (Doktora Tezi). University of Waterloo, Waterloo.

Şimşek, Z. (2019). Çatı ve Cephede Su Yalıtım Malzemelerinin Seçim Kriterlerinin İncelenmesi. Journal of Awareness (JoA), 4(2), 227-238.

Tabor, J., & Ghosh, T. (2019). Building and Construction Textiles. In R. Paul (Ed.), High Performance Technical Textiles (ss. 319-349). John Wiley & Sons.

Ülker, S. (2009). Isı yalıtım malzemelerinin özelliklerinin uygulamaya etkileri. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

### İnternet Kaynakları

URL-1: <https://www.thbb.org/media/490761/thbb-hazir-beton-sekt%C3%B6r-raporu.pdf>  
Erişim tarihi: 11/06/2024

URL-2: <https://www.wrmeadows.com/concrete-vapor-barriers/vapor-barriers-vapor-retarders-explain-the-difference/> Erişim tarihi: 27/02/2024

URL-3: <https://www.energy.gov/energysaver/vapor-barriers-or-vapor-retarders#:~:text=A%20vapor%20retarder%20is%20a,as%20%22perms%22%20or%20permeability.>Erişim tarihi: 27/02/2024

URL-4: <https://www.youtube.com/watch?v=f5w-kgQ4GhE&t=262s> Erişim tarihi: 05/03/2024

URL-5: <https://www.dupont.com.tr/content/dam/dupont/amer/us/en/performance-building-solutions/public/documents/tr/DuPont-DuPont-MOB.pdf> Erişim tarihi: 05/03/2024

URL-6: [https://www.dupont.com.tr/content/dam/dupont/amer/us/en/performance-building-solutions/public/documents/tr/Dupont\\_TyvekBrosur\\_July\\_2020\\_Print\\_OK.pdf](https://www.dupont.com.tr/content/dam/dupont/amer/us/en/performance-building-solutions/public/documents/tr/Dupont_TyvekBrosur_July_2020_Print_OK.pdf)  
Erişim tarihi: 05/03/2024

URL-7: <https://deltaacademy.dorken.com/resources/difference-between-vapor-barriers-and-vapor-retarders/> Erişim tarihi: 05/03/2024

URL-8: <https://www.mevzuat.gov.tr/anasayfa/MevzuatFihristDetayIframe?MevzuatTur=7&MevzuatNo=24025&MevzuatTertip=5> Erişim tarihi: 05/03/2024