

TÜRKİYE RÜZGARLA İTİLEN YAĞMUR İNDEKSİ VE YAĞMUR KONTROLÜ İÇİN DIŞ DUVAR SİSTEM TASARIMI

Y. Doç. Dr. Nil Şahal

İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Taşkışla, TR- 34437, İstanbul.

Özet

Türkiye'nin çeşitli coğrafi bölgelerinde yer alan bazı binaların dış duvar sistemlerinde rüzgarla itilen yağmur kaynaklı hasarlar bulunmaktadır. Hasarlardan bazıları, metal bileşenlerde korozyon, ahşap bileşenlerde deformasyon, ısı yalıtım malzemelerinde ısı iletkenlik katsayısının artması, çirçeklenme, kaplama malzemelerinde kabarma ve dökülmedir. Hasarlar, rüzgarla itilen yağmur etkisindeki dış duvar sisteminin performans gereksinmesini karşılayamadığı ve performans gereksinmesini karşılamak için verilen tasarım kararlarının yanlış olduğunu ortaya koymaktadır. Rüzgarla itilen yağmur etkisi altında dış duvar sisteminden beklenen performans gereksinmesi; sisteminin, bileşenlerin bünyesinde/ara kesitlerinde oluşacak sıvı su hareketini (taşınması, depolanması, drenajı), bileşenlerde hasara neden olmadan kontrol altına almasıdır. Performans gereksinmesinin karşılanması için dış duvar sistemine gelen rüzgarla itilen yağmur miktarına bağlı olarak belirlenen ve yağmurun sistemdeki hareket tipini, yerini ve süresini kontrol altına alan çeşitli tasarım alternatiflerinden biri seçilmektedir. Türkiye'deki binaların dış duvar sistemlerinde rüzgarla itilen yağmur kaynaklı hasarların önlenmesi için çeşitli yerleşim bölgelerinde yer alan dış duvar sistemlerine etki eden farklı yağmur miktarlarını ortaya koyan bir sınıflandırmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Sınıflandırma, yağmur kontrolü için doğru tasarım alternatifinin seçilmesinde önemli bir araç olarak hizmet edecektir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'yi kapsayan yerleşim bölgelerinde yer alan binaların dış duvar sistemine etki eden rüzgarla itilen yağmur miktarına bağlı olarak bir sınıflandırma ortaya koymaktır. Ayrıca, sınıflandırmaya bağlı olarak dış duvar sistem tasarım önerileri sunmaktır. Çalışmada, ilk olarak, dış duvar sistemine etki eden rüzgarla itilen yağmur miktarının hesaplanmasında kullanılan yöntemler incelenmiştir. Mevcut yöntemler arasında yıllık rüzgarla itilen yağmur indeksi yöntemi seçilmiştir. Türkiye'yi kaplayan 238 adet meteoroloji istasyonunun her biri için aylık değerlerden yıllık rüzgarla itilen yağmur indeksi değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, Türkiye rüzgarla itilen yağmur haritası hazırlanmıştır. İndeks değerlerine göre kuzey kıyı (Şile, Amasra, Zonguldak, İnebolu, Pazar, Hopa) ve güney kıyı bölgelerindeki (Antalya, Samandağ) binaların dış duvar sistemleri orta derecede, karasal bölgedeki sistemler ise düşük derecede rüzgarla itilen yağmura maruz kalmaktadır. Kuzey kıyı bölgesinde yer alan dış duvar sistemleri tüm yıl boyunca, güney kıyı bölgesinde yer alan sistemler ise Eylül ve Mayıs ayları arasında rüzgarla itilen yağmura maruz kalmaktadır. Yıllık rüzgarla itilen yağmur indeksi değerlerine bağlı olarak önerilen dış duvar sistem alternatiflerine göre Şile, Amasra, Zonguldak, İnebolu, Pazar, Hopa, Antalya, Samandağ'da yer alan binaların dış duvar sistemleri iç drenaj sistemi veya hava tabakalı sistem olarak tasarlanır. Söz konusu yerleşimlerde, basınç dengeli sistem de tasarlanabilir. Geri kalan yerleşimlerde ise kütle sistem veya yüzeyde drenaj sistemi tasarlanması önerilmekle beraber iç drenaj sistemi, hava tabakalı sistem veya basınç dengeli sistem de tasarlanabilir.

Giriş

Türkiye'nin çeşitli coğrafi bölgelerinde yer alan bazı binaların dış duvar sistemlerinde rüzgarla itilen yağmur (RİY) kaynaklı hasarlar bulunmaktadır, [1,2]. RİY'un dış duvar sistemlerinde neden olduğu hasarlardan bazıları, metal bileşenlerde korozyon, ahşap bileşenlerde deformasyon, ısı yalıtım malzemelerinde ısı iletkenlik katsayısının artması, çiçeklenme, kaplama malzemelerinde kabarma ile dökülme ve küf oluşumudur. İncelenen yapı stoğunda tespit edilen hasarlar; yapının Yapı Malzemeleri Yönetmeliği'nde (The Construction Products Directive-Council Directive 89/106/CE) verilen Hijyen, Sağlık ve Çevre temel gereği ile ilgili Açıklayıcı Döküman'da (Interpretative Document No. 3) tanımlanan kullanıcıya sağlıklı bir iç çevre sağlama koşulunu yerine getiremediğini; ayrıca dış duvar sisteminin RİY için belirlenen performans gereksinmesini karşılayamadığını ve performans gereksinmesini karşılamak için verilen tasarım kararının yanlış olduğunu ortaya koymaktadır. RİY etkisi altında dış duvar sisteminden beklenen performans gereksinmesi; sisteminin, bileşenlerin bünyesinde/ara kesitlerinde oluşacak sıvı su hareketini (taşınması, depolanması, drenajı), bileşenlerde hasara neden olmadan kontrol altına almasıdır. Performans gereksinmesini etkileyen faktörler, sisteme gelen yağmur miktarı, sistemdeki hareketinin tipi, yeri ve süresidir. Bu nedenle, dış duvar sistemine gelen RİY miktarına bağlı olarak belirlenen ve yağmurun sistemdeki hareket tipini, yerini ve süresini kontrol altına alan çeşitli tasarım alternatifleri bulunmaktadır. Performans gereksinmesinin karşılanması için RİY miktarına bağlı olarak belirlenen dış duvar sistem tasarım alternatiflerinden biri seçilmektedir. Mevcut hasarlar, tasarım sürecinde rol alan kişilerin, Türkiye'deki yerleşim bölgelerinde yer alan binaların dış duvar sistemine etki eden yağmur miktarını ortaya koyan, bir yerleşimdeki binanın dış duvar sistemine etki eden yağmur miktarı ile diğer bir yerleşimdeki binanın dış duvar sistemine etki eden yağmur miktarının kıyaslanmasını sağlayan ve en yüksek yağmur miktarına maruz kalan yerleşimlere işaret eden; dolayısıyla dış duvar sisteminde yağmur kaynaklı hasarların oluşmasını önlemek ve sistemin performans gereksinmesini karşılamak için doğru tasarım kararının verilmesinde önemli bir araç olarak hizmet edecek RİY'a bağlı bir sınıflandırmaya ihtiyaç duyduklarını ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'yi kapsayan yerleşim bölgelerinde yer alan binaların dış duvar sistemine etki eden RİY miktarına bağlı olarak bir sınıflandırma ortaya koymaktır. Ayrıca, dış duvar sisteminin RİY performans gereksinmesini karşılamak için sınıflandırmaya bağlı olarak dış duvar sistem tasarım alternatifleri sunmaktır. Çalışmada, ilk olarak, dış duvar sistemine etki eden RİY miktarının hesaplanmasında kullanılan yöntemler ve bu yöntemlerde yer alan meteorolojik veriler incelenmiştir. Mevcut yöntemler arasında, Türkiye meteoroloji istasyonlarında ölçülen verileri içeren yöntem belirlenmiş ve bu yöntem ile sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırmaya bağlı olarak Türkiye rüzgarla itilen yağmur haritası hazırlanmıştır. Son olarak, Türkiye'yi kapsayan yerleşim bölgelerinde yer alan binaların dış duvar sisteminde RİY kaynaklı hasarların oluşmasını önlemek ve sistemin performans gereksinmesini karşılamak için sınıflandırmaya bağlı olarak tasarım alternatifleri verilmiştir.

Dış duvar sistemine gelen rüzgarla itilen yağmur miktarının hesaplanmasında kullanılan yöntemler

Türkiye'de, düşey yağmur miktarına bağlı olarak iklim sınıflandırması yapan değerli çalışmalar bulunmaktadır, [3,4]. Ancak, bir yağışta, dış duvar yüzeyine etki eden RİY miktarı, sadece düşey yağmur miktarına değil; yağmur damlalarının boyutu, damla boyutlarının yağış içinde dağılım yüzdeleri, damlaların son düşme hızı, rüzgar hızı, rüzgar yönü, bina cephesinin rüzgar yönüne olan açısı, bina geometrisi (yükseklik, genişlik, saçak genişliği, cephe elemanlarının tipleri) ve yağışın

süresi gibi parametrelere de bağlıdır, [5-7]. Kısaca, mevcut sınıflandırmalar dış duvar sistemine gelen RİY miktarını ortaya koyamamaktadır. Bu nedenle, dış duvar yüzeyine gelen RİY miktarının hesaplanmasında kullanılan yöntemler incelenmiştir, [7]. Bunlar, ampirik yöntemler ve numerik yöntem olarak sınıflandırılmıştır.

Numerik yöntem, ilk olarak, Choi [8] tarafından ortaya konulmuş ve yöntem daha sonra Choi [9], Sankaran ve Peterson [10], Karagiozis ve Hadjisophocleous [11], Karagiozis ve Cao [12], van Mook [13] ve Blocken ve Carmeliet [14] tarafından yapılan çalışmalar ile geliştirilmiştir. Yöntemde, seçilen bir bölgede gerçek bir yağıştaki kısa süreli (5- veya 10-dk) düşey yağmur miktarı, ortalama rüzgar hızı ve yönü değerleri ele alınır. Best formülü [15] ile yağışta yer alan yağmur damlalarının boyutu ve damla boyutlarının yağış içinde dağılım yüzdeleri hesaplanır. Ele alınan belirli bir geometrideki binanın dış cephesine dik geldiği kabul edilen ortalama rüzgar hızının, binanın cephesinde ve çevresinde oluşturduğu hava akım modeli CFD (Computational Fluid Dynamics) yöntemi ile simüle edilerek hesaplanır. Hesaplanan hava akımı modeline, bir damla boyutu hesaplanan oranda eklenerek yağmur damlalarının yörüngeleri elde edilir. Yağışı oluşturan farklı oranlardaki diğer damla boyutları için işlem tekrarlanır. Sonuçta, söz konusu geometrideki bina cephesinin farklı bölgelerine gelen RİY miktarları hesaplanır. Numerik yöntem, kısa süreli (5- veya 10-dk) düşey yağmur miktarı, ortalama rüzgar hızı ve yönü ölçüm değerleri gerektirmesi ve hesaplama işlemlerinin uzun ve zahmetli olması nedeniyle pratik olmayan bir yöntem olarak kabul edilmektedir.

Ampirik yöntemler ise, ölçülmüş 5- veya 10-dk düşey yağmur miktarı, ortalama rüzgar hızı ve yönü değerleri ile çeşitli bina geometrilerinde, bina cephelerinin farklı bölgelerinde ölçülmüş RİY miktarı arasında ilişki kurularak geliştirilmiş olan matematiksel modelleri içerir. Ampirik yöntemler ve bu yöntemlerde yer alan meteorolojik veriler, Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Dış duvar sistemine etki eden rüzgarla itilen yağmur miktarının hesaplanmasında kullanılan ampirik yöntemler ve meteorolojik veriler

| Yöntem | Meteorolojik veri | | |
|-------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------|
| | Düşey yağmur miktarı (mm) | Rüzgar hızı (m/san) | Rüzgar yönü (°) |
| Yıllık RİYİ* [16] | Yıllık ortalama | Yıllık ortalama | - |
| Yönlü RİYİ* [17] | Saatlik | Saatlik | Saatlik |
| Lacy [18] | Saatlik | Saatlik | Saatlik |
| BS 8104, 1992 [19] | Saatlik | Saatlik | Saatlik |
| Straube ve Burnett [20] | Saatlik | Saatlik | Saatlik |

*RİYİ: Rüzgarla itilen yağmur indeksi

Dış duvar sistemine gelen RİY miktarını belirleyen en eski yöntem, Lacy ve Shellard [16] tarafından ortaya koyulmuş olan rüzgarla itilen yağmur indeksidir, (RİYİ). En basit hali ile RİYİ, yıllık düşey yağmur miktarı (mm/1000) ile yıllık ortalama rüzgar hızının (m/san) çarpımından elde edilen değerdir, (m²/san). RİYİ değeri, dış duvar sistemine gelen RİY miktarı ile orantılıdır. Lacy [18], 1-m²/san indeks değerinin 200-L/m² yağmur miktarına eşit olduğunu belirlemiştir. Lacy ve Shellard [16], RİYİ değerlerine bağlı olarak bir sınıflandırma önermişlerdir. Buna göre, 0 ile 3 arasındaki RİYİ değerleri düşük, 3 ila 6 arasındaki indeks değerleri orta ve 6’dan büyük değerler yüksek derecede RİY’a maruz kalma derecesini ifade etmektedir. RİYİ değerlerine bağlı olarak, İngiltere [16], Danimarka, Polonya, Romanya, İspanya, Almanya [21], Kanada [22], Amerika Birleşik Devletleri [23], Çin [24] ve Hindistan’ın [25] RİY haritaları hazırlanmıştır. Robinson ve Baker [26], Kanada’nın Toronto şehri için, 15 yılın aylık düşey yağmur miktarı ile aylık ortalama rüzgar hızı değerlerinden aylık ve yıllık RİYİ değerlerini hesaplamışlardır. Ayrıca, aylık verilerden hesaplanan yıllık RİYİ değerlerinin, yıllık değerlerden hesaplanan yıllık RİYİ değerlerine nispeten daha doğru sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır. Aylık RİYİ değerleri, Toronto’da bir dış duvar sistemine gelen RİY miktarının mevsimlere bağlı olarak değişimini göstermiştir.

Yönlü RİYİ yöntemi, Prior [17] tarafından geliştirilmiştir. Yöntemde, saatlik düşey yağmur miktarı ile saatlik ortalama rüzgar hızı değerlerinin çarpımı, rüzgar yönlerine bağlı olarak hesaplanmakta; böylece rüzgarın bina cephesine geliş yönü de dikkate alınmaktadır. Lacy [18] yönlü RİYİ yöntemine yağmur damla boyutunu ifade eden bir katsayı ekleyerek mevcut yöntemi geliştirmiştir. BS 8104 standardında [19], yönlü RİYİ değeri Lacy'nin [18] ortaya koyduğu 200-L/m² yağmur miktarı değeri ile çarpılarak, yönlere bağlı olarak Birleşik Krallık'da dış duvar sistemine gelen RİY miktarı ortaya koyulmuştur. Straube ve Burnett [20] tarafından geliştirilen yöntemde ise, saatlik düşey yağmur miktarı, yağmur damlalarının boyutu, damla boyutlarının yağış içinde dağılım yüzdeleri, damlaların son düşme hızı, saatlik rüzgar hızı, rüzgar yönü, bina cephesinin rüzgar yönüne olan açısı, bina geometrisi (yükseklik, genişlik, saçak genişliği, cephe elemanlarının tipleri) ve yağışın süresi gibi tüm parametreler dikkate alınarak, bir cephedeki çeşitli bölgede yer alan dış duvar sistemine gelen RİY miktarı hesaplanmaktadır.

Tablo 1 incelendiğinde, sadece yıllık RİYİ yönteminde yıllık ilgili meteorolojik veriler kullanılarak bir dış duvar sisteminin maruz kaldığı RİY şiddetinin hesaplandığı, diğer yöntemlerde ise saatlik düşey yağmur miktarı ile saatlik ortalama rüzgar hızı değerlerinin kullanıldığı tespit edilmektedir. T.C. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye genelindeki meteoroloji istasyonlarında 7, 14, 21 saatlerinde düşey yağmur miktarını ölçmektedir. Bu nedenle, Türkiye'yi kaplayan yerleşimlerdeki dış duvar sistemine gelen RİY miktarının hesaplanması için, Tablo 1'de verilen yöntemler arasında yıllık RİYİ yöntemi seçilmiştir.

Türkiye rüzgarla itilen yağmur indeksi

T.C. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden, Türkiye'yi kaplayan 238 adet meteoroloji istasyonunun her biri için 10-yıllık (1994-2003) aylık düşey yağmur miktarı (mm) ve aylık ortalama rüzgar hızı (m/sn) değerleri elde edilmiştir. Bir istasyon için, aylık düşey yağmur miktarı (mm/1000) ve aylık ortalama rüzgar hızı (m/sn) değerlerinin çarpım değerlerinin toplam değerinin 10-yıl için aritmetik ortalaması alınarak yıllık RİYİ hesaplanmıştır. Söz konusu hesaplama, Türkiye genelinde 238 adet meteoroloji istasyonunun her biri için yapılmıştır. Lacy ve Shellard'ın çalışmasına [16] bağlı olarak, 238 istasyon iki grupta sınıflandırılmıştır: (a) yıllık RİYİ değeri 3'e eşit veya 3'den az olan 230 adet istasyon ve (b) yıllık RİYİ değeri 3 ila 6 arasında olan 8 adet istasyon. (a) ve (b) grupları, söz konusu gruplarda yer alan binaların dış duvar sistemlerinin RİY'a maruz kalma derecesinin, sırasıyla, düşük ve orta derecede olduğuna işaret etmektedir. Türkiye'de yıllık RİYİ değeri 6'dan yüksek olan istasyon bulunmamaktadır. Orta derecede RİY'a maruz kalan istasyonlar ve söz konusu istasyonların yıllık ve aylık RİYİ değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

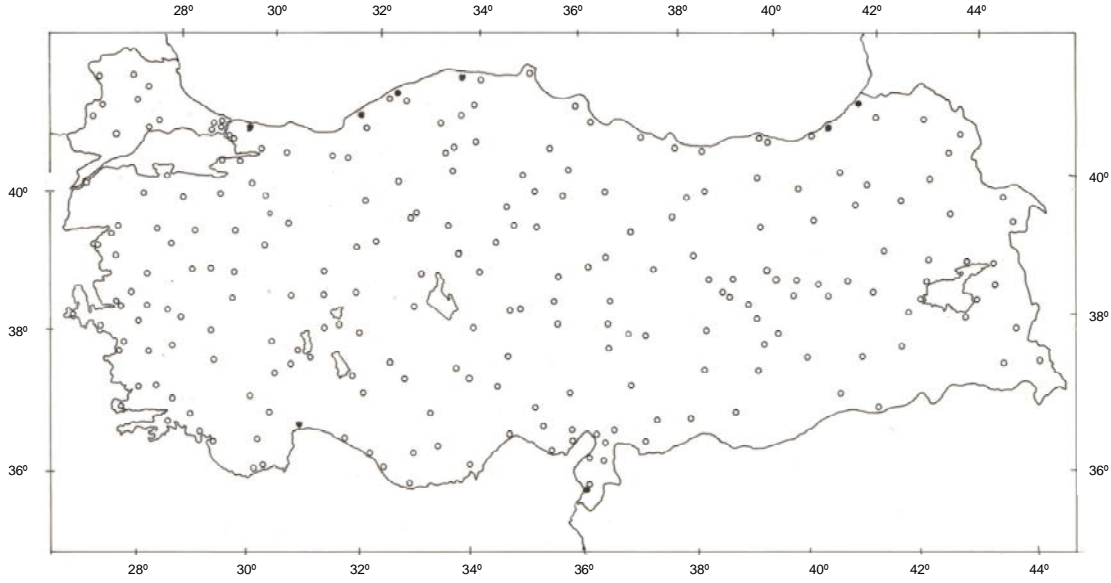
Tablo 2. Orta derecede RİY'a maruz kalan istasyonların aylık ve yıllık RİYİ değerleri

| İl. no. | İl adı | Enlem (der dk) | Boylam (der dk) | Yıllık | RİYİ | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------|----------------------|-----------------------|--------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| | | | | | Aylık | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Ocak | Şub. | Mart | Nis. | May. | Haz. | Tem. | Ağus. | Eyl. | Ekim | Kas. | Ara. |
| 17022 | Zonguldak | 41 27 | 31 48 | 3.32 | 0.30 | 0.24 | 0.27 | 0.16 | 0.13 | 0.15 | 0.17 | 0.28 | 0.35 | 0.41 | 0.40 | 0.45 |
| 17024 | İnebolu | 41 59 | 33 46 | 3.26 | 0.31 | 0.20 | 0.24 | 0.12 | 0.11 | 0.13 | 0.13 | 0.19 | 0.29 | 0.55 | 0.43 | 0.56 |
| 17042 | Hopa | 41 24 | 41 26 | 5.26 | 0.55 | 0.49 | 0.34 | 0.13 | 0.13 | 0.21 | 0.18 | 0.28 | 0.56 | 0.77 | 0.80 | 0.82 |
| 17300 | Antalya | 36 53 | 30 42 | 3.76 | 0.52 | 0.38 | 0.45 | 0.22 | 0.09 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.21 | 0.71 | 1.12 |
| 17602 | Amasra | 41 45 | 32.23 | 5.80 | 0.51 | 0.45 | 0.44 | 0.26 | 0.21 | 0.33 | 0.33 | 0.41 | 0.63 | 0.75 | 0.70 | 0.79 |
| 17610 | Şile | 40 47 | 30 25 | 3.13 | 0.28 | 0.30 | 0.30 | 0.18 | 0.06 | 0.08 | 0.10 | 0.33 | 0.23 | 0.43 | 0.32 | 0.51 |
| 17628 | Pazar | 41 11 | 40 53 | 4.51 | 0.37 | 0.36 | 0.30 | 0.15 | 0.13 | 0.22 | 0.23 | 0.35 | 0.51 | 0.72 | 0.59 | 0.57 |
| 17986 | Samandağ | 36 05 | 35 58 | 4.05 | 0.63 | 0.58 | 0.50 | 0.28 | 0.10 | 0.03 | 0.07 | 0.08 | 0.24 | 0.32 | 0.45 | 0.79 |

İl = İstasyon

Yıllık RİYİ değerlerine bağlı olarak, Türkiye'nin RİY haritası hazırlanmış ve Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'de, "o" ve "●" olarak işaretlenen istasyonlar, RİY'a maruz kalma derecesinin, sırasıyla, düşük

ve orta derecede olduğunu göstermektedir. Şekil 1 incelendiğinde, kuzey kıyı (Şile, Amasra, Zonguldak, İnebolu, Pazar, Hopa) ve güney kıyı bölgelerindeki (Antalya, Samandağ) istasyonların RİYİ değerlerinin, karasal bölgedeki istasyonların RİYİ değerlerine nispeten daha yüksek değerde olduğu görülmektedir. Tablo 2’de verilen aylık RİYİ değerlerine göre, kuzey kıyı bölgelerinde dış duvar sistemleri tüm yıl boyunca, güney kıyı bölgelerinde ise Eylül ayı ile Mayıs ayının sonuna kadar RİY’ a maruz kalmaktadır.



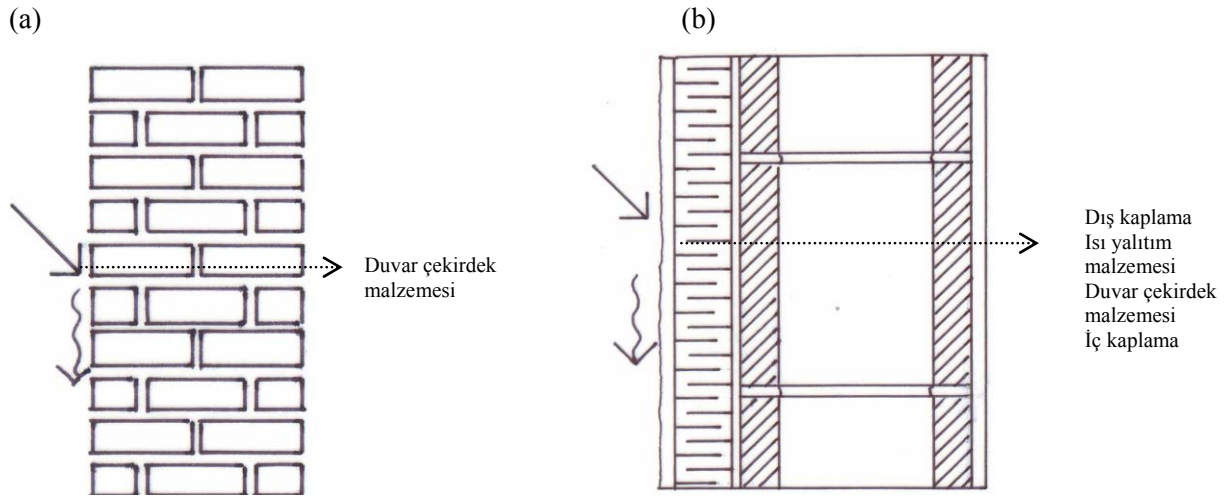
Şekil 1. Türkiye rüzgarla itilen yağmur haritası

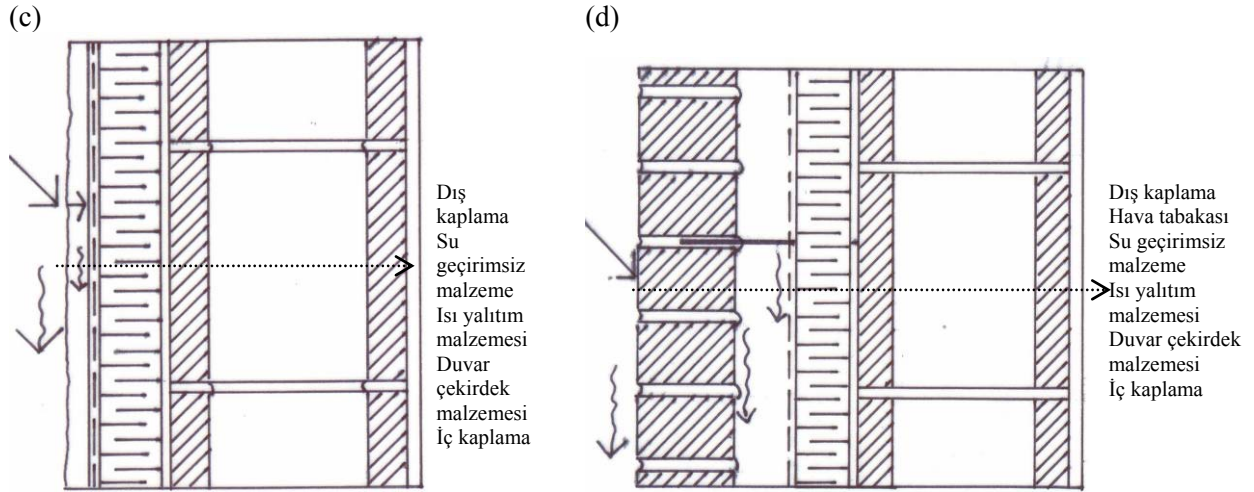
Türkiye rüzgarla itilen yağmur indeksine bağlı olarak dış duvar sistem tasarımı

Dış duvar sisteminde RİY kaynaklı hasarların önlenmesi ve sistemin RİY için tanımlanan performans gereksinmesini karşılaması; diğer bir anlatımla yağmur kontrolü için RİYİ değerlerine bağlı olarak beş adet dış duvar sistem tasarımı önerilmektedir. RİYİ değeri 3'e eşit veya 3'den az olan yerleşimlerdeki binaların dış duvar sistemi kütle sistem veya yüzeyde drenaj sistemi; RİYİ değeri 3-6 arasında olan yerleşimlerdeki binaların dış duvar sistemi iç drenaj sistemi veya hava tabakalı sistem, RİYİ değeri 6'ya eşit ve daha yüksek olan yerleşimlerdeki binaların dış duvar sistemi ise basınç dengeli sistem olarak tasarlanması önerilmektedir.

Bir yağışta, yağmur damlaları dış duvarın dış yüzeyine çarpınca nispeten küçük boyutlu damlalar oluşur. Bazı damlalar sıçrayarak duvardan uzaklaşır, geri kalanlar ise dış kaplama malzemesinin, varsa, dışa açık ve birbiriyle ilişkili gözeneklerine kılcal kuvvetler ile emilir. Yüzeyin suya doymuş hale geldiği, veya dış kaplama malzemesinin su emici olmadığı veya yağmur miktarının malzeme su emme oranından daha fazla olduğu durumlarda, emilemeyen yağmur damlaları yüzey gerilimiyle yüzeyde tutunur ve birleşerek yüzeyde bir film tabakası oluşturur. Su, yüzeyde yer çekimi etkisi ile aşağı doğru akar ve eşzamanlı rüzgarın etkisiyle yanlara veya yukarı doğru hareket eder. Kütle sistemde, dış yüzeyinden yerçekimi kuvveti ile akarak uzaklaşan yağmur miktarı haricindeki gelen yağmur duvar bünyesindeki dışa açık birbiriyle ilişkili gözeneklere kılcal kuvvetler ile emilir, duvar bünyesinde depolanır, duvarı oluşturan malzemede hasara neden olmadan ve iç yüzeye ulaşmadan dış ortama kuruyarak atılır, Şekil 2a. Bu sistemde, depolanan su miktarı ile kütle arasında doğrusal bir

ilişki vardır; diğer bir anlatımla, depolanan su miktarı artıkça malzeme kalınlığı artar. Bu nedenle, sistem, yağmur miktarının az olduğu ve kısa sürede dış ortama kuruyarak atılacağı şartlarda uygulanır. Yüzeyde drenaj sisteminde, dış kaplama malzemesi gözeneksiz bir yapıya sahiptir, diğer bir anlatımla, dış yüzeye gelen yağmur, bu yüzeyden yerçekimi kuvveti ile akarak uzaklaşır. Dış duvar kaplama malzemesinin ve birleşim noktalarının dış yüzeyinin oluşturduğu düşey düzlem sistemin tek yağmur drenaj düzlemidir, Şekil 2b. Sistemde, tek bir drenaj düzlemi yer alır ve aynı düzlem bozucu özellikteki bazı dış ortam etmenlerine de açıktır; bu nedenle söz konusu sistem, yağmur miktarının az olduğu durumlarda uygulanır. İç drenaj sisteminde, dış duvar yüzeyine gelen yağmurun bir miktarı dış kaplama malzemesinin yüzeyinden aşağı doğru akar, geri kalan miktar ise duvar bünyesindeki dışa açık birbiriyle ilişkili gözeneklere kılcal kuvvetler ile emilir, burada depolanır ve bitişikteki bileşene kılcal kuvvetler ile taşınır. Ayrıca, dış kaplama malzemesinin birleşim noktalarından yerçekimi, kılcal kuvvetler, yüzey gerilimi, yağmur damlasının kinetik enerjisi vb. kuvvetler etkisinde de bitişikteki bileşene taşınabilir. Sistemde, dış kaplama malzemesine bitişik bileşen olarak su geçirimsiz bir malzeme yer alır. Su geçirimsiz malzeme yüzeyine gelen su, yerçekimi kuvveti etkisiyle düşeyde akar ve kat hizalarında dış kaplamada düzenlenen deliklerden su geçirimsiz malzeme düzleminde düzenlenen metal, plastik etekler ile dış ortama atılır. Dış kaplama malzemesinin dış yüzeyi ve su geçirimsiz malzeme yüzeyi ile etekler, sistemin yağmur drenaj düzlemlerini oluşturur, Şekil 2c. İç drenaj sisteminde, dış kaplama malzemesi ile su geçirimsiz malzeme arasında hava boşluğu düzenlendiği durumda, hava tabakalı sistem oluşur, Şekil 2d. Sistemde, dış duvar yüzeyine gelen yağmurun bir miktarı dış kaplama malzemesinin yüzeyinden aşağı doğru akar, geri kalan miktar ise dış kaplama malzemesinin dışa açık birbiriyle ilişkili gözeneklerine kılcal kuvvetler ile emilir, burada depolanır, ve dış kaplamanın arka yüzeyinden yerçekimi kuvveti etkisi altında aşağı doğru akar. Dış kaplamanın gözeneksiz/kapalı gözenekli olduğu ancak kaplama birleşim noktalarından çeşitli kuvvetler nedeniyle suyun kaplamanın arka yüzeyine geldiği durumda da su, bu yüzeyden aşağı doğru akar. Sistemde hava tabakası, dış kaplama arka yüzeyindeki suyun kılcal yolla bitişikteki bileşene (su geçirimsiz malzemeye) ulaşmasını engeller. Ancak, bazı durumlarda, dış kaplama arka yüzeyindeki su, dış ortam/hava tabakası arasındaki hava basınç farkı nedeniyle su geçirimsiz malzemenin yüzeyine taşınabilir. Bu durumda, su geçirimsiz malzeme yüzeyine gelen su, yerçekimi kuvveti etkisiyle düşeyde akarak kat hizalarında dış kaplama bünyesinde düzenlenen deliklerden su geçirimsiz malzeme düzleminde düzenlenen metal, plastik etekler ile dış ortama atılır. Hava tabakalı sistemde, tabakada havalandırma sağlanabilir veya sağlanmaz. Tabakada hava sirkülasyonunun sağlanmasıyla dış kaplama malzemesinin birleşim noktalarından ve/veya kaplama malzemesinin bünyesinden geçen suyun kurutulması hedeflenir. Basınç dengeli sistem ise hava sirkülasyonu sağlanmış hava tabakalı sistemde, hava tabakası bölümlere ayrılmış olup, su geçirimsiz malzeme yerine hava geçirimsiz bir malzeme yer alır. Böylece, sistemde, dış ortam/hava tabakası arasındaki hava basınç farkı eşitlenerek suyun hava geçirimsiz malzeme yüzeyine taşınması engellenir.





Şekil 2. Yağmur kontrolü için dış duvar sistemi tasarım önerileri (düşey kesit),
 (a) Kütle sistem (b) Yüzeyde drenaj sistemi (c) İç drenaj sistemi (d) Hava tabakalı sistem

Yıllık rüzgarla itilen yağmur indeks değerlerine bağlı olarak önerilen sistemlere göre Şile, Amasra, Zonguldak, İnebolu, Pazar, Hopa, Antalya, Samandağ'da yer alan binaların dış duvar sistemleri iç drenaj sistemi veya hava tabakalı sistem olarak tasarlanır. Söz konusu yerleşimlerde, basınç dengeli sistem de tasarlanabilir. Geri kalan yerleşimlerde ise kütle sistemi veya yüzeyde drenaj sistemi tasarlanması önerilmekle beraber iç drenaj sistemi, hava tabakalı sistem veya basınç dengeli sistem de tasarlanabilir.

Sonuç

Türkiye'deki binaların dış duvar sistemlerinde rüzgarla itilen yağmur kaynaklı hasarların önlenmesi için sistemin dış yüzeyine gelen rüzgarla itilen yağmur miktarının hesaplanmasında aylık değerlerden yıllık rüzgarla itilen yağmur indeksi yöntemi uygulanmış ve Türkiye'yi kaplayan 238 adet meteoroloji istasyonunun her biri için yıllık ve aylık rüzgarla itilen yağmur indeks değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, Türkiye rüzgarla itilen yağmur haritası hazırlanmıştır. İndeks değerlerine göre kuzey kıyı (Şile, Amasra, Zonguldak, İnebolu, Pazar, Hopa) ve güney kıyı bölgelerindeki (Antalya, Samandağ) binaların dış duvar sistemleri orta derecede, karasal bölgedeki sistemler ise düşük derecede rüzgarla itilen yağmura maruz kalmaktadır. Kuzey kıyı bölgesinde yer alan dış duvar sistemleri tüm yıl boyunca; güney kıyı bölgesinde yer alan sistemler ise Eylül ayı ile Mayıs ayının sonuna kadar rüzgarla itilen yağmura maruz kalmaktadır. Yıllık rüzgarla itilen yağmur indeks değerlerine bağlı olarak önerilen sistemlere göre Şile, Amasra, Zonguldak, İnebolu, Pazar, Hopa, Antalya, Samandağ'da yer alan binaların dış duvar sistemleri iç drenaj sistemi veya hava tabakalı sistem olarak tasarlanır. Söz konusu yerleşimlerde, basınç dengeli sistem de tasarlanabilir. Geri kalan yerleşimlerde ise kütle sistemi veya yüzeyde drenaj sistemi tasarlanması önerilmekle beraber iç drenaj sistemi, hava tabakalı sistem veya basınç dengeli sistem de tasarlanabilir.

Kaynaklar

- [1] Tüz Ö. Bina cephelerindeki hasarlar, nedenleri ve giderilme yolları. Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., İstanbul, 1996.
- [2] Koçu N, Dereli M. Yapılarda su ve nem uygulama sorunlarının cephe hasarlarına etkisi. Bildiriler Kitabı, Sürdürülebilir Çevre için Enerji Denetimi-Yalıtım Kongresi, İstanbul, 2004.
- [3] Erinç S. Klimatoloji ve Metotları. İstanbul Üniversitesi Yayınları; 1984.

- [4] Akgündüz S. Türkiye’de yağış, sıcaklık ve nem verilerinin klimatolojik analizi, DMİ Yayın No: 2000/07.
- [5] Şahal AN. Rüzgarla itilen yağmur simulasyonunda kullanılan laboratuvar deney aletleri. *Yalıtım - Yapı ve Yalıtım Teknolojileri Dergisi*, Mayıs - Haziran 2005, Yıl 9, Sayı 54, s. 72-78.
- [6] Şahal AN. Rüzgarla itilen yağmur etkisinde dış duvar sisteminin su geçirimsizlik performansının değerlendirilmesinde kullanılan laboratuvar deney yöntemleri. *Yalıtım - Yapı ve Yalıtım Teknolojileri Dergisi*, Mart-Nisan 2005, Yıl 9, Sayı 53, s. 87-94.
- [7] Sahal AN, Lacasse MA. Water penetration of wall cladding overview of climatic parameters, related test standards, and test and research facilities. Internal Report, Vol. 863. Institute for Research in Construction, National Research Council Canada; 2004 [IRC-IR-863].
- [8] Choi ECC. Numerical simulation of wind-driven rain falling onto a 2-D building. Hong Kong: Asia Pacific Conference on Computational Mechanics, 1991; pp. 1721-1728.
- [9] Choi ECC. Determination of wind-driven-rain intensity on building faces. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 1994; 51: 55-69.
- [10] Sankaran R. Paterson DA. Computation of rain falling on a tall rectangular building. Summary of Papers for Ninth International Conference on Wind Engineering 1995; pp. 141-142, 1995.
- [11] Karagiozis A, Hadjisophocleous G. Wind-driven rain on high-rise buildings. Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Buildings VI. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, 1996.
- [12] Karagiozis A, Cao S. Wind-driven rain distributions on two buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 1997; 67 and 68: 559-572.
- [13] van Mook F. Computer simulation of driving rain on building envelopes. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 1998; 74 and 76: 1059-1066.
- [14] Blocken B, Carmeliet J. Spatial and temporal distribution of driving rain on a low-rise building. *Journal of Wind & Structures* 2002; 5 (5): 441-462.
- [15] Best AC. The size distribution of raindrops. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 1950; 76: pp. 16-36.
- [16] Lacy RE, Shellard HC. An index of driving rain. *The Meteorological Magazine* 91, 1962 (1080):177-84.
- [17] Prior MJ. Directional driving rain indices for the United Kingdom-computation and mapping. Building Research Establishment Report. Garston UK: Department of the Environment, Building Research Establishment, Building Research Station; 1985.
- [18] BS 8104: British Standard Code of Practice for assessing the exposure of walls to wind-driven rain, British Standards Institution, 1992.
- [19] Lacy RE. Driving-rain maps and the onslaught of rain on buildings. Proceedings of the RILEM/CIB Symposium on Moisture Problems in Buildings, Helsinki, Finland, 1965.
- [20] Straube JF, Burnett EFP. Simplified prediction of driving rain on buildings. Proceedings of the International Building Physics Conference. Eindhoven the Netherlands: Eindhoven University of Technology; 2000, p. 375-82.
- [21] Bert B, Hugo H, Carmeliet J. Methods for the quantification of driving rain on buildings. *ASHRAE Transactions* 2002; 108.
- [22] Boyd DW, Driving rain map of Canada. Technical note no. 398. Division of Building Research, National Research Council Canada; 1963.
- [23] Grimm CT. A driving rain index for masonry walls. Borchelt JG, editor. *Masonry: Materials, properties and performance*. ASTM STP 778. p. 171-7.
- [24] Sauer P. An annual driving rain index for China. *Building and Environment* 1987; 22:239-40.
- [25] Chand I, Bhargava PK. Estimation of driving rain index for India. *Building and Environment* 2002; 37:549-54.
- [26] Robinson G, Baker MC. Wind-driven rain and buildings. Technical paper 445, Division of Building Research, National Research Council Canada, 1975.