

Türkiye Kar Verilerinin İstatistiksel Analiziyle Türk Standartlarındaki Zemin Kar Yüklerinin Değerlendirilmesi

Mustafa DURMAZ*

Ayşe DALOĞLU**

ÖZ

Türkiye’de pek çok çatı tasarım kar yükünden fazla kar yüküne maruz kalarak çökmekte veya hasar görmektedir. Türk standartlarına göre çatı kar yükü, zemin kar yükü ile çatı özelliklerine bağlı olan dönüşüm katsayılarının çarpılması ile hesaplanır. Bu çalışmada Devlet Meteoroloji İşleri’ne ait 92 istasyonun kar derinliği ve kar-su eşdeğeri verilerinin istatistiksel analizi yapılarak Türk standartlarında önerilen zemin kar yükleri değerlendirilmektedir. Kar verileri için en uygun dağılım Gumbel, lognormal ve Weibull dağılımları arasından Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı testi ile seçilmiştir. Seçilen dağılımlarla belirlenen 50 yıllık zemin kar yükleri ve kar derinlikleri ile Türk standartlarında önerilen değerler karşılaştırılmıştır. TS 498’in Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgeleri için emniyetsiz olduğu ve TS 7046’da önerilen Gumbel dağılımının kar verilerinin yarısına uymadığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çatı kar yükü, zemin kar yükü, istatistiksel analiz, TS 498, TS 7046.

ABSTRACT

Evaluation of Ground Snow Loads in Turkish Codes Via Statistical Analysis of Turkey Snow Data

In Turkey many roofs exposed to snow loads exceeding the design snow loads are damaged or collapsed. Roof snow load specified for structural design in Turkish codes is calculated as the product of a ground snow load multiplied by the conversion factors that depend on the roof properties. In this study, the ground snow loads in Turkish codes are evaluated via statistical analysis of Turkey snow data obtained from 92 Turkish State Meteorological Service stations. The probability plot correlation coefficient test for Gumbel, lognormal and Weibull distributions are used to determine the best fit of the probability distribution considering the snow data. 50-year design ground snow loads and snow depths of the stations determined by using the selected distributions are compared to those proposed in

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu’na 26.09.2012 günü ulaşmıştır.
- 31 Aralık 2014 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Gümüşhane Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane - mdurmaz77@hotmail.com

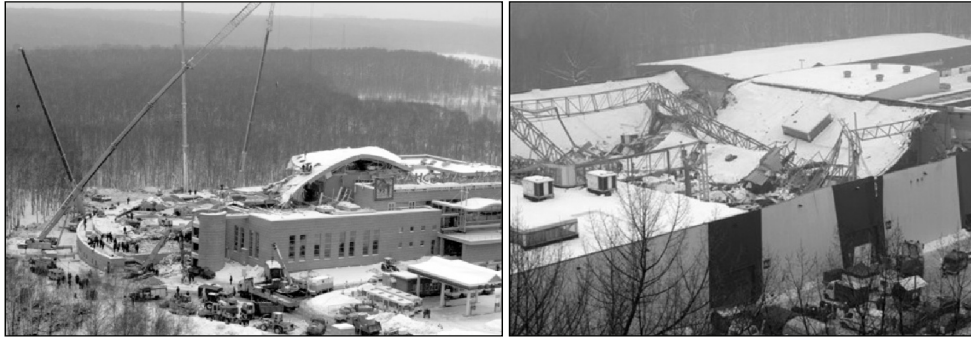
** Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon - aysed@ktu.edu.tr

Turkish codes. It is concluded that TS 498 is unsafe for Eastern Black Sea and Eastern Anatolia regions and Gumbel distribution used in TS 7046 does not represent half of the snow data.

Keywords: Roof snow load, ground snow load, statistical analysis, TS 498, TS 7046.

1. GİRİŞ

Her yıl kışların çok sert geçtiği pek çok ülkede çatılardaki kar yığılmasına bağlı olarak meydana gelen binlerce olayda çatılar çökmekte ve yapılar büyük hasar görmektedir. Bu olaylarda yüzlerce insan yaralanmakta ve onlarcası da ölmektedir. 15 Şubat 2004'de Rusya'nın başkenti Moskova'daki Transvaal su parkının çatısı aşırı kar yükünden dolayı çökmüştür. Bu olayda 25 kişi ölmüş, en az 106 kişi de yaralanmıştır [1]. Ayrıca 2006'da Polonya'da bir sergi binası biriken kar nedeniyle çökmüş ve bu kazada 65 kişi ölmüş, en az 170 kişi de yaralanmıştır [2]. Şekil 1'de kar nedeniyle çöken bu çatılar gösterilmektedir.



Şekil 1. Kar nedeniyle Rusya ve Polonya'da çöken çatılar [1,2]

Türkiye'de kar yükünden dolayı çöken çatılarda şimdiye kadar büyük can kaybı yaşanmamış, ancak büyük maddi zararlar ortaya çıkmıştır [3]. Bu tür olaylar genellikle çok geniş açıklıklı çelik konstrüksiyon çatılara sahip spor tesislerinde, endüstri ve hal yapılarında meydana gelmektedir. Makas, kiriş, aşık vb. çatı elemanları şiddetli kar yağışı, ardışık kar yağışlarıyla çatı üzerindeki karın birikmesi, çatıdaki karın rüzgarla sürüklenerek belirli bir bölgede yığılması veya kar üzerine yağın aşırı yağmurun kar yoğunluğunu artırması gibi nedenlerle tasarımlarında kullanılan çatı kar yüklerinden fazla yüklere maruz kalırlar. Bu elemanların sehim yapmalarından dolayı çatıda bir yığılma bölgesi oluşur. Kar, kar suyu ve yağmur suyu bu tür bölgelerde biriktikçe sehim yapma eğilimi artmakta ve oluşan çukurlar derinleşmektedir. Eğer yapının bu sürece direnecek yeterli rijitliği yoksa belirli bir bölgeye yığılmış bu aşırı yükün neden olduğu bir çökme olur. Diğer bir deyişle, sabit yükleri tasarım yüklerinden (sabit yük+kar yükü) çok az olan çelik çatılar düşük emniyet katsayılarına göre (genellikle 1,2-1,7) tasarlandıklarından aşırı yüklere direnemezler. Bu nedenle bu tür yapıların tasarımında kullanılacak çatı kar yüklerinin azami hassasiyet gösterilerek belirlenmesi gerekmektedir.

Günümüzde pek çok ülkenin ilgili yönetmeliklerinde tasarım çatı kar yükü için tasarım zemin kar yükünün dönüşüm katsayısı veya katsayılarıyla çarpılarak elde edilen değeri önerilmektedir. Zemin kar yükü, yapının bulunduğu bölgeye bağlı olup temel meteorolojik verilerden yararlanılarak belirlenir. Dönüşüm katsayıları ise yapının rüzgara karşı konumuna, çatının geometrik ve ısı özelliklerine bağlı olarak belirlenir [4].

Meteorolojik olaylar doğada gelişigüzel bir davranış sergilediklerinden kar yüklemesine etki eden parametreleri belirleyebilmek için istatistiksel yöntemlerden yararlanılmaktadır. Bu şekilde kar verilerinin analizinden tasarım zemin kar yükü elde edilebilir [5]. Bir bölgede gelecekteki 25, 50 veya 100 yılda beklenen maksimum zemin kar yükü belirli bir olasılıkla tahmin edilebilir. Yıllık maksimum zemin kar yüklerine en çok uyan olasılık dağılım fonksiyonu belirlendikten sonra maksimum zemin kar yükünün herhangi bir yılda belli bir değeri aşma olasılığı hesaplanabilir [6]. Diğer bir ifadeyle, yapı tasarımında kullanılan zemin kar yükü herhangi bir yılda aşılma olasılığına sahip bir değer olarak ifade edilebilir. Bu olasılık 0,01-0,04 arasında değişerek genelde 0,02 değerini alır. Bu, zemin kar yükünün bu olasılığın tersine eşit olan $(1/0,02=50)$ 50 yıllık bir ortalama tekerrür süresine (OTS) sahip olduğu anlamına gelir. Avrupa ve Amerika'da OTS 50 yıl, Kanada ve Rusya'da 30 yıl alınarak tasarım zemin kar yükleri belirlenir [7].

Bu çalışmada, Durmaz ve Daloğlu [8] tarafından Doğu Karadeniz bölgesinden ve çevre illerden temin edilen kar verileri için yapılan çalışmadaki metodoloji takip edilerek Devlet Meteoroloji İşleri'ne (DMİ) ait 92 istasyonun tümünden elde edilen en az 30 yıllık kar derinliği verileri ve 60'ından elde edilen en az 30 yıllık kar-su eşdeğeri verilerinin istatistiksel analizi yapılmıştır. DMİ'ye ait 60 istasyondan hem kar-su eşdeğeri hem de kar derinliği verileri elde edildiğinden kolaylık olması amacıyla çalışmanın bundan sonraki kısmında bunlardan 1. sınıf istasyonlar, diğer 32 istasyondan ise 2. sınıf istasyonlar olarak söz edilecektir. İstasyonlara ait kar verileri için en uygun teorik dağılım fonksiyonunu belirlemek için Gumbel, lognormal ve Weibull yığılımlı dağılım fonksiyonları Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı testi ile test edilmiştir. İstasyonlara ait kar verileri için en uygun dağılımların kullanılmasıyla 50 yıllık zemin kar yükleri belirlenerek TS 498 ve TS 7046'nın konuya yaklaşımı değerlendirilmiştir.

2. ZEMİN KAR YÜKÜ VERİLERİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

2.1. Zemin Kar Yükü Verileri

Kar yağışına ait temel meteorolojik veriler kar-su eşdeğeri ve kar tabakasının kalınlığını ifade eden kar derinliği olmak üzere çeşitli tip istasyonlarda toplanırlar. Kar-su eşdeğeri, kar yağışıyla birlikte kış mevsimi boyunca kar tabakası üzerine yağın yağmur yağışlarını da yansıtır. Kar-su eşdeğerleri, kar kütlelerinin yoğunluğunun belirlenmesine gerek kalmadan doğrudan zemin kar yüküne çevrilebilirler ($1 \text{ mm kar-su eşdeğeri} = 9,807 \text{ N/m}^2$). Bunlar, kar yükleri için uygun olasılık dağılımına karar verilmesinde en güvenilir verilerdir. Ancak dünyada pek çok meteoroloji istasyonu, verilerini kar derinliği cinsinden toplar. Bu kar derinlik verileri, kar derinliği ve yoğunluğu arasında bir bağıntı kullanılarak kar yüklerine çevrilebilir [9].

Kar-su eşdeğerleri kullanılarak belirlenen zemin kar yükleri ile daha hassas çözümlerin elde edilmesi mümkün olmakla birlikte bu verilerin elde edildiği istasyonların konumu ve ölçüm

sıklığı da ayrıca verilerin güvenilirliğini etkilemektedir. Dünyada yerleşim yerlerine yakın günlük ölçümler yapan kar rasat istasyonlarının verilerine genellikle dağlık bölgelerde olan ve aylık veya 15 günlük ölçümler yapan kar kurslarının verilerinden daha çok önem verilmektedir [7]. Ülkemizde DMİ'ye ait kar rasat istasyonları ve Devlet Su İşleri'ne ait kar kursları bu çerçevede değerlendirilebilir.

Bu çalışmada istatistiksel analizi yapılan veriler DMİ'ye ait 1. ve 2. sınıf toplam 92 istasyondan 1956-2005 yılları arasında gözlenen en az 30 yıllık kar derinliği verileri ve 1. sınıf 60 istasyondan 1972-2005 yılları arasında gözlenen en az 30 yıllık kar-su eşdeğeri verileridir. Bu istasyonlar adlarını aldıkları yerleşim merkezlerinde bulunmaktadır.

2.2. Zemin Kar Yüklerinin Olasılık Dağılım Fonksiyonları

Literatürde tasarım zemin kar yüklerinin belirlenmesinde kullanılan pek çok olasılık dağılım fonksiyonundan bahsedilmektedir. Ancak özellikle lognormal dağılımı, ekstrem değer dağılımı tip I (Gumbel) ve iki parametrelilik ekstrem değer dağılımı tip III (Weibull) üzerinde durulmaktadır. [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. Bu çalışmada da kar verileri için en uygun dağılım bu üç dağılım arasından seçilmektedir.

Zemin kar yükleri için lognormal ve tip I (Gumbel) dağılımları Ellingwood [18] tarafından sırasıyla

$$F_{LN}(x) = \Phi\left(\frac{\ln x - \lambda}{\zeta}\right) \quad 0 < x < \infty \quad (1)$$

$$F_I(x) = \exp\{-\exp[-\alpha(x - u)]\} \quad -\infty < x < \infty \quad (2)$$

ifadeleri ile tanımlanırken, Weibull dağılımı ise Bayazit [19] tarafından

$$F_W(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x}{\eta}\right)^{1/k} \quad x \geq 0, k > 0 \quad (3)$$

ifadesi ile tanımlanmaktadır.

(1), (2) ve (3) denklemlerinde x , zemin kar yükü olup, λ ve ζ lognormal dağılımının, u ve α Gumbel dağılımının, η ve k Weibull dağılımının parametreleridir.

2.3. Olasılık Dağılımının Seçimi ve Parametrelerin Tahmini

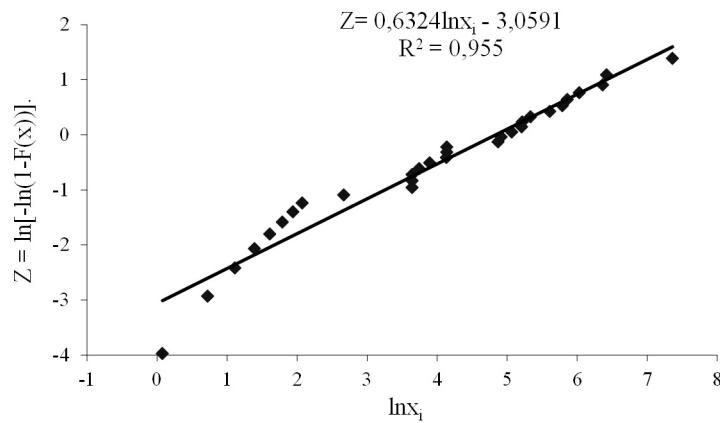
Kar ve rüzgarla ilgili temel meteorolojik veriler için en uygun olasılık dağılımının seçimine bağlı olarak karakteristik kar yükleri ve rüzgar hızları farklı değerler alabilirler [18]. Bir veri seti için çeşitli olasılık dağılımları arasından en uygununu belirlemek için kullanılan pek çok test vardır. Steyaert vd. [20], Thom [11] ve Tobiasson ve Redfield [12], çalışmalarında çeşitli veri dizilerine en çok uyan dağılımları belirlemek için χ^2 (ki-kare) ve Kolmogorov-Smirnov gibi klasik testleri kullanmışlar, ancak bu testlerin aynı veriler için

farklı sonuçlar verebildiğini belirlemişlerdir [18]. Son zamanlarda yıllık ekstrem rüzgar hızlarını ve zemin kar yüklerini modellemek için uygun olasılık dağılımlarını seçmeyi amaçlayan çalışmalar [4, 8, 16, 17, 21, 22, 23] uygunluk testi olarak Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı (OÇKK) [24] testinden yararlanmışlardır. Bu teste Maksimum Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı (MOÇKK) testi de denilebilmektedir [8, 19].

Bu çalışmada da her istasyon verisi için en uygun dağılımı bulmak üzere OÇKK yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde her istasyondaki kar verileri $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_i \leq \dots \leq x_n$ olacak şekilde dizilirler ve bu sırayla test edilen dağılımın olasılık kağıdına işlenirler. Ancak verilerin olasılık kağıdına işlenmesinden önce her bir veriye karşılık gelen aşılma olasılığının tahmin edilmesi gerekir. i . eleman için P_i

$$P_i = (i - a)/(n - 2a + 1) \quad (4)$$

formülü ile hesaplanır. Burada a kuantillerin tarafsız değerlerini elde edebilmek için kullanılması gereken bir değerdir ve x 'in dağılımına bağlıdır. Normal ve lognormal dağılımda $a=0,375$ veya $a=0,40$ kullanılırken ekstrem dağılımlarda $a=0,44$ kullanılır [25]. En küçük kareler yöntemi kullanılarak olasılık kağıdına işlenen verileri arasından bir doğru geçirilir. Test istatistiği en küçük kareler analizinden hesaplanan korelasyon katsayısıdır. Buna olasılık çizgisi korelasyon katsayısı denir ve r ile gösterilir. OÇKK testinden elde edilen r ile seçilen α anlamlılık düzeyine göre tablodan alınan kritik değer (r_{α}^*) karşılaştırılır. Eğer $r > r_{\alpha}^*$ ise “veriler test edilen dağılıma uygundur” hipotezi kabul edilir, aksi halde hipotez reddedilir. Eğer veriler test edilen dağılıma çok iyi uyuyorsa işlenmiş veriler neredeyse düz bir çizgi meydana getirirler ve r değeri 1'e çok yakın çıkar. Bu çalışmada veriler için seçilen dağılım $r_{0,05}^*/r < 1$ şartını sağlayan ve $r_{0,05}^*/r$ değerini en küçük yapan dağılımdır [19]. 50 yıllık tekrür sürelerinin hesaplanabilmesi için seçilen dağılımın parametrelerinin de tahmin edilmesi gerekir. Bu parametreler seçilen dağılımın olasılık kağıdından kolayca tahmin edilebilir. Seçilen dağılımın olasılık kağıdına işlenen veriler arasından en küçük kareler yöntemi ile geçirilen doğrunun denklemindeki eğim ve sabit, dağılımın parametrelerini verir [21]. Buna ait bir örnek Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2. Adıyaman kar yükü verilerinin Weibull dağılımı olasılık kağıdına işlenişi

2.4. Zemin Kar Verilerinin Analizi

İstasyonlara ait zemin kar yükü verilerinin yıllık ekstrem değerlerinin istatistiksel analizi yukarıda belirtilen esaslar dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Her istasyon verisi için en uygun dağılım ve bu dağılımla elde edilen 50 yıl tekrür süreli veya 50 yıllık maksimum değerler Tablo 1 ve 2'de verilmektedir.

Tablo 1. 1. sınıf istasyonlardaki yıllık ekstrem kar verilerinin analiz sonuçları

İstasyon (1)	Rakım, m (2)	Yıllık kar yükü verileri için seçilen dağ. (3)	50 yıllık kar yükü L ₅₀ , kPa (4)	Yıllık kar derin. verileri için seçilen dağ. (5)	50 yıllık kar derin. D ₅₀ , m (6)	TS 498'e göre kar yükü bölğ. (7)	TS 498'e göre kar yükü P _{ko} , kPa (8)	TS 7046'ya göre kar yükü S _o , kPa (9)	TS 7046'ya göre kar derin. D _o , m (10)	$\frac{L_{50}}{P_{ko}}$ (11)	$\frac{L_{50}}{S_o}$ (12)	$\frac{D_{50}}{D_o}$ (13)
Manisa	71	L	0,21	L	0,38	1	0,75	0,17	0,22	0,29	1,69	1,77
Balıkesir	153	W	0,29	G	0,36	1	0,75	0,33	0,39	0,39	1,18	0,93
Aksaray	961	G	0,53	G	0,37	1	0,8	0,55	0,40	0,67	1,21	0,92
Kırşehir	1007	W	0,82	G	0,43	1	0,88	0,83	0,46	0,93	1,13	0,94
Kayseri	1092	W	0,52	W	0,45	1	0,88	0,59	0,52	0,59	1,00	0,86
Nevşehir	1260	G	0,93	G	0,69	1	0,88	0,98	0,71	1,06	1,08	0,98
İstanbul	33	G	0,47	G	0,49	2	0,75	0,5	0,52	0,62	1,25	0,95
Kırklareli	232	L	0,40	W	0,29	2	0,75	0,39	0,34	0,53	1,37	0,85
Adıyaman	672	W	1,09	W	0,48	2	0,75	1,13	0,47	1,45	1,28	1,01
Diyarbakır	674	G	0,52	G	0,36	2	0,75	0,59	0,38	0,70	1,19	0,94
Çorum	776	W	0,66	G	0,42	2	0,85	0,69	0,43	0,78	1,12	0,98
Eskişehir	787	G	0,50	G	0,34	2	0,85	0,55	0,36	0,59	1,07	0,94
Iğdır	858	G	0,25	G	0,31	2	0,95	0,26	0,33	0,27	1,03	0,95
Ankara	891	L	0,53	G	0,35	2	0,95	0,44	0,37	0,56	1,26	0,95
Siirt	896	G	0,60	G	0,61	2	0,95	0,65	0,62	0,63	0,97	0,99
Uşak	919	L	0,33	L	0,35	2	1,05	0,3	0,34	0,31	1,04	1,03
Burdur	957	L	0,57	L	0,50	2	1,05	0,46	0,43	0,54	1,18	1,16
Isparta	997	W	1,12	W	0,40	2	1,05	0,93	0,40	1,06	1,14	1,00
Karaman	1023	W	0,59	G	0,47	2	1,16	0,75	0,51	0,51	0,68	0,92
Konya	1031	G	0,42	G	0,41	2	1,16	0,47	0,42	0,37	0,78	0,97
Mardin	1050	G	0,48	G	0,60	2	1,16	0,52	0,61	0,41	0,80	0,98
Niğde	1211	W	0,41	G	0,41	2	1,16	0,47	0,42	0,35	0,75	0,96
Ordu	4	G	0,53	G	0,60	3	0,75	0,56	0,61	0,70	1,25	0,98
Samsun	4	W	0,63	L	0,61	3	0,75	0,53	0,36	0,84	1,59	1,71
Sakarya	30	W	0,73	W	0,63	3	0,75	0,59	0,61	0,98	1,65	1,03
Sinop	32	L	1,16	L	0,79	3	0,75	0,41	0,42	1,55	3,79	1,86
Edirne	51	G	0,79	G	0,54	3	0,75	0,9	0,56	1,06	1,18	0,96
Zonguldak	135	G	1,14	W	0,92	3	0,75	1,34	0,93	1,52	1,13	0,99

Tablo 1. 1. sınıf istasyonlardaki yıllık ekstrem kar verilerinin analiz sonuçları (devam)

İstasyon (1)	Rakım, m (2)	Yıllık kar yükü verileri için seçilen dağ. (3)	50 yıllık kar yükü L ₅₀ , kPa (4)	Yıllık kar derin. verileri için seçilen dağ. (5)	50 yıllık kar derin. D ₅₀ , m (6)	TS 498'e göre kar yükü P _{ko} , kPa (7)	TS 498'e göre kar yükü P _{ko} , kPa (8)	TS 7046'ya göre kar yükü S _o , kPa (9)	TS 7046'ya göre kar derin. D _o , m (10)	$\frac{L_{50}}{P_{ko}}$ (11)	$\frac{L_{50}}{S_o}$ (12)	$\frac{D_{50}}{D_o}$ (13)
Karabük	259	G	0,33	G	0,36	3	0,75	0,35	0,38	0,44	1,25	0,96
Amasya	412	G	0,34	G	0,33	3	0,75	0,37	0,36	0,45	1,22	0,93
Bilecik	539	G	0,68	G	0,44	3	0,8	0,7	0,48	0,85	1,22	0,92
K.maraş	572	W	0,46	G	0,35	3	0,8	0,45	0,37	0,58	1,29	0,95
Tokat	608	W	0,59	G	0,57	3	0,85	0,71	0,57	0,70	0,99	0,99
Bolu	743	G	0,79	G	0,73	3	1,25	0,82	0,78	0,63	0,77	0,93
Çankırı	751	G	0,59	W	0,34	3	1,25	0,6	0,34	0,47	0,79	1,00
Kastamonu	800	G	0,55	W	0,38	3	1,25	0,61	0,44	0,44	0,72	0,86
Malatya	948	G	0,55	G	0,56	3	1,35	0,61	0,61	0,41	0,67	0,92
Kütahya	969	G	0,53	W	0,50	3	1,35	0,55	0,57	0,39	0,71	0,87
Elazığ	990	W	0,57	W	0,41	3	1,35	0,64	0,46	0,42	0,66	0,90
Afyon	1034	G	0,81	L	0,73	3	1,49	1,09	0,68	0,54	0,50	1,07
Erzincan	1218	L	0,96	W	0,41	3	1,49	0,85	0,52	0,64	0,75	0,80
Gümüşhane	1219	W	1,36	G	0,93	3	1,49	1,6	0,91	0,91	0,57	1,02
Yozgat	1298	G	1,66	G	0,74	3	1,49	1,8	0,83	1,12	0,62	0,90
Bayburt	1584	L	1,38	L	0,82	3	1,55	1,55	0,88	0,89	0,58	0,94
Erzurum	1869	L	2,01	G	0,94	3	1,55	1,93	1,04	1,30	0,67	0,91
Rize	9	W	1,68	W	0,97	4	0,75	1,32	1,00	2,24	1,70	0,97
Trabzon	30	G	0,50	G	0,44	4	0,75	0,53	0,48	0,66	1,25	0,91
Hopa	33	W	2,02	G	0,92	4	0,75	1,72	1,04	2,69	1,57	0,89
Giresun	38	W	0,67	G	0,59	4	0,75	0,79	0,60	0,89	1,13	0,98
Bursa	100	G	0,59	G	0,59	4	0,75	0,65	0,65	0,79	1,21	0,90
Artvin	628	L	2,92	G	1,48	4	0,9	2,74	1,48	3,24	1,18	1,00
Tunceli	981	W	2,19	W	1,33	4	1,6	3,25	1,97	1,37	0,42	0,68
Bingöl	1177	W	3,59	W	1,45	4	1,76	4,3	1,88	2,04	0,47	0,78
Ş.karahisar	1364	W	2,57	G	1,18	4	1,76	3,01	1,15	1,46	0,48	1,03
Bitlis	1573	L	7,04	G	2,78	4	1,84	7,15	3,54	3,82	0,53	0,79
Ağrı	1632	W	4,25	G	1,82	4	1,84	5,56	2,17	2,31	0,42	0,84
Van	1671	L	1,50	W	0,72	4	1,84	1,33	0,97	0,82	0,61	0,74
Hakkari	1728	W	3,38	G	2,81	4	1,84	4,24	2,60	1,84	0,43	1,08
Kars	1775	L	1,46	G	0,96	4	1,84	1,67	0,96	0,79	0,47	1,00
Ardahan	1829	L	1,26	G	0,98	4	1,84	1,39	1,05	0,68	0,49	0,93

Tablo 1'deki (1) no'lu sütun DMİ'ye ait 1.sınıf istasyonun adını, (2) no'lu sütun bu istasyonun deniz seviyesinden yüksekliğini, (3) no'lu sütun yıllık ekstrem kar yükü verileri için seçilen dağılımın baş harfini, (4) no'lu sütun kar yükü verileri için seçilen dağılımla hesaplanan 50 yıllık zemin kar yükünü (L₅₀), (5) no'lu sütun yıllık ekstrem kar derinliği

verileri için seçilen dağılımın baş harfini, (6) no'lu sütun kar derinliği verileri için seçilen dağılımla hesaplanan 50 yıllık zemin kar derinliğini (D_{50}) göstermektedir.

Tablo 2'deki (1) no'lu sütun DMI'ye ait 2.sınıf istasyonun adını, (2) no'lu sütun bu istasyonun deniz seviyesinden yüksekliğini, (3) no'lu sütun yıllık ekstrem kar derinliği verileri için seçilen dağılımın baş harfini, (4) no'lu sütun kar derinliği verileri için seçilen dağılımla hesaplanan 50 yıllık zemin kar derinliğini (D_{50}) göstermektedir.

Tablo 2. 2. sınıf istasyonlardaki yıllık ekstrem kar derinliği verilerinin analiz sonuçları

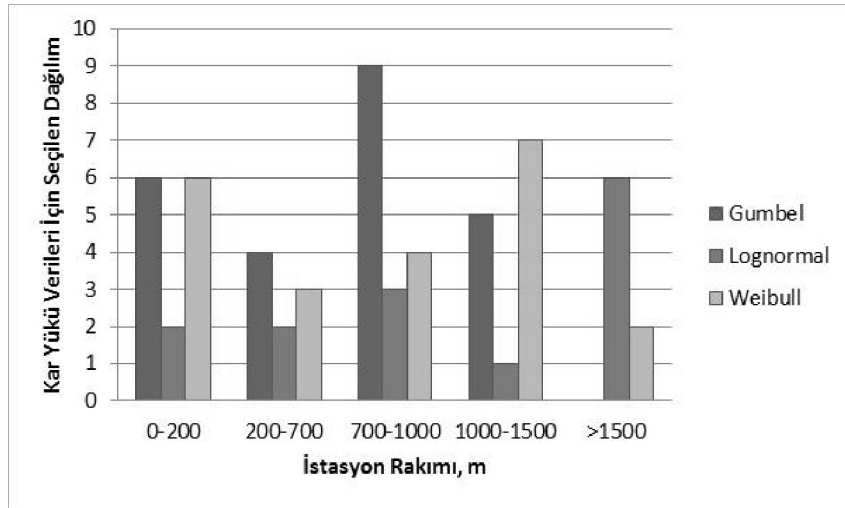
İstasyon (1)	Rakım, m (2)	Yıllık kar derinliği verileri için seçilen dağılım (3)	50 yıllık kar derinliği D_{50} , m (4)	TS 7046'ya göre kar derinliği D_o , m (5)	$\frac{D_{50}}{D_o}$ (6)
Tekirdağ	4	G	0,52	0,55	0,94
Akçaabat	6	G	0,49	0,51	0,96
Pazar	79	G	1,03	1,06	0,98
Denizli	425	G	0,33	0,35	0,95
Batman	610	G	0,22	0,23	0,94
Kilis	650	G	0,15	0,16	0,95
Gemerek	1171	G	0,53	0,55	0,98
Şarkışla	1180	G	0,69	0,71	0,97
Hafik	1275	G	0,72	0,77	0,94
Sivas	1285	G	0,78	0,88	0,89
Zara	1347	G	0,81	0,85	0,95
Yıldızeli	1415	G	0,84	0,85	0,99
Horasan	1540	G	0,93	0,95	0,98
Kangal	1541	G	1,23	1,48	0,84
Tortum	1572	G	0,78	0,87	0,90
Hınıs	1715	G	2,01	2,05	0,98
Yalova	4	L	0,66	0,37	1,82
Çanakkale	6	L	0,80	0,42	1,90
Antakya	100	L	0,24	0,16	1,53
Düzce	146	L	0,97	0,96	1,01
Şanlıurfa	547	L	0,56	0,21	2,66
Muğla	646	L	0,45	0,23	1,95
Kırkkale	751	L	0,60	0,50	1,19
İspir	1222	L	1,06	1,04	1,02
Oltu	1322	L	0,58	0,60	0,97
Bartın	33	W	1,06	1,12	0,94
Kocaeli	76	W	0,89	0,77	1,15
Gaziantep	854	W	0,47	0,45	1,06
Divriği	1120	W	0,57	0,75	0,76
Suşehri	1163	W	0,79	0,87	0,91
Muş	1323	W	1,55	1,83	0,84
İmranlı	1550	W	1,74	1,85	0,94

Kar yükü verileri analiz edilen 60 1.sınıf istasyondan 24'ünün (%40) verileri en iyi Gumbel dağılımına, 22'sinin (%37) verileri en iyi Weibull dağılımına uyarken 14'ünün (%23) verileri en iyi lognormal dağılımına uymaktadır.

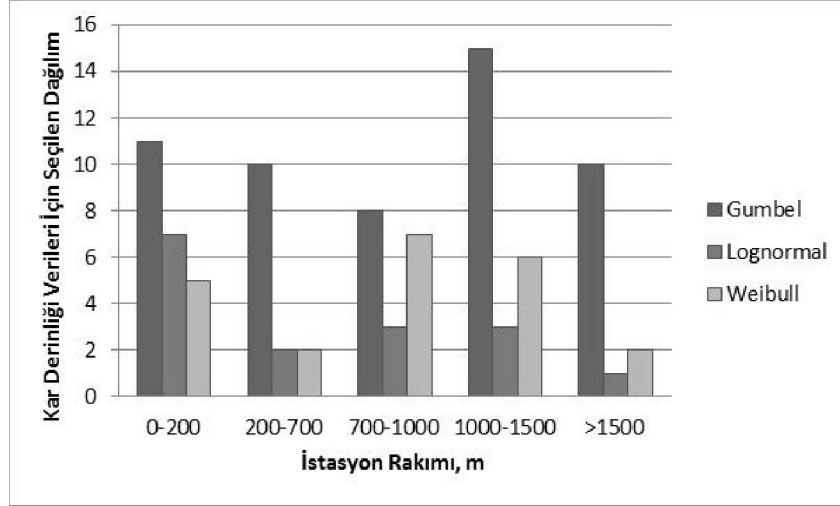
Kar yükü verileri için seçilen dağılımların istasyonların rakımlarına göre nasıl dağılım gösterdiği Şekil 3'de gösterilmektedir. Buna göre rakımı 200 m'ye kadar olan ve rakımı 1000 m ile 1500 m arasında olan istasyonlarda Gumbel ve Weibull dağılımlarının uygun olduğu; rakımı 200 m ile 700 m arasında olan istasyonlarda Gumbel, lognormal ve Weibull dağılımlarının üçünün de uygun olabildiği; rakımı 700 m ile 1000 m arasında olan istasyonlarda daha çok Gumbel dağılımının uygun olduğu ve rakımı 1500 m'den fazla olan istasyonlarda lognormal dağılımın daha uygun olduğu sonucu çıkmaktadır.

Kar derinliği verileri analiz edilen 92 istasyondan (60 1.sınıf, 32 2.sınıf) 54'ünün (%59) verileri en iyi Gumbel dağılımına, 22'sinin (%24) verileri en iyi Weibull dağılımına uyarken 16'sinin (%17) verileri en iyi lognormal dağılımına uymaktadır.

Kar derinliği verileri için seçilen dağılımların istasyonların rakımlarına göre nasıl dağılım gösterdiği Şekil 4'de gösterilmektedir. Buna göre rakımı 200 m'ye kadar olan istasyonlarda Gumbel dağılımı daha uygun olmakla birlikte lognormal ve Weibull dağılımlarının da uygun olduğu çok sayıda istasyon bulunmaktadır. Rakımı 200 m ile 700 m arasında olan ve rakımı 1500 m'den fazla olan istasyonlarda Gumbel dağılımının daha uygun olduğu görülmektedir. Rakımı 700 m ile 1000 m arasında istasyonlarda Gumbel ve Weibull dağılımlarının uygun olduğu; rakımı 1000 m ile 1500 m arasında olan istasyonlarda Gumbel dağılımı daha uygun olmasına rağmen Weibull dağılımına uyan pek çok istasyon bulunmaktadır.



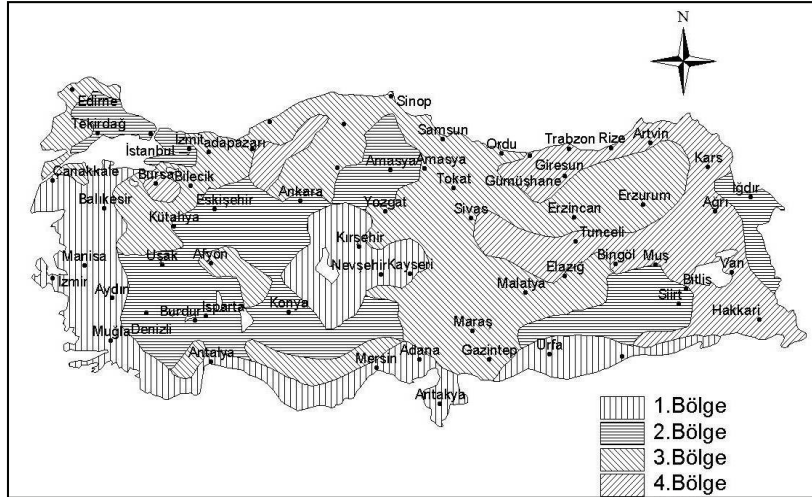
Şekil 3. Kar yükü verileri için seçilen dağılımların istasyon rakımlarına bağlı değişimi



Şekil 4. Kar derinliği verileri için seçilen dağılımların istasyon rakımlarına bağlı değişimi

3. TÜRK STANDARTLARINDA ZEMİN KAR YÜKLERİ

Türkiye’de, yapı tasarımında kullanılan çatı kar yüklerinin belirlenmesi amacıyla iki standart bulunmaktadır. Bunlardan TS 498’te [26] zemin kar yükü yerine kar yükü, P_{ko} ifadesi kullanılmaktadır. Bu standartta kar yükü, P_{ko} değeri Şekil 5’de verilen kar yağış yüksekliklerine göre düzenlenmiş haritadaki bölgelerin numarası ile Tablo 3’den alınır.



Şekil 5. Kar yağış yüksekliği haritası [26]

Tablo 3. Zati kar yükü, P_{ko} değerleri, kPa [26]

Rakım, (m)	BÖLGELER			
	I	II	III	IV
≤ 200	0,75	0,75	0,75	0,75
300	0,75	0,75	0,75	0,80
400	0,75	0,75	0,75	0,80
500	0,75	0,75	0,75	0,85
600	0,75	0,75	0,80	0,90
700	0,75	0,75	0,85	0,95
800	0,80	0,85	1,25	1,40
900	0,80	0,95	1,30	1,50
1000	0,80	1,05	1,35	1,60
> 1000	1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500 m'ye kadar %10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde %15 artırılır.			

TS 7046'da [27] karakteristik zemin kar yükü yerine yerdeki karakteristik kar yükü, S_0 ifadesi kullanılmaktadır. Bu standarda göre S_0 , yerdeki kar yükünün doğrudan ölçümü, ya da söz konusu bölgenin diğer meteorolojik verilerinin istatistiksel değerlendirilmesi ile belirlenir.

İhtimal veya tekerrür süresi verilmişse, yerdeki karakteristik kar yükü, S_0 değeri Gumbel olasılık dağılım fonksiyonundan türetilen aşağıdaki formül kullanılarak bulunabilir.

$$S_0 = a - b \cdot \ln\{-\ln[F(S_0)]\} \quad (5)$$

Burada, $a = (\bar{x} - \sigma) \cdot \bar{y}_N / \sigma_N$, $b = \sigma / \sigma_N$ ve $F(S_0) = 1 - (1/T_r)$; \bar{x} , gözlenen kar yükü uç değerlerinin aritmetik ortalaması; σ , gözlenen uç değerlerin standart sapması; \bar{y}_N ve σ_N sırasıyla gözlem sayısına bağlı olarak TS 7046'daki Çizelge 1 ve 2'den alınan azaltılmış ortalama ve azaltılmış standart sapma ve T_r , tekerrür süresidir. $F(S_0)$, 50 yıllık tekerrür süresi için 0,98 alınır. Kar tabakasının kalınlığı, d kullanılarak yerdeki kar yükü, S_0 (Pa)

$$S_0 = \rho \cdot g \cdot d \quad (6)$$

ifadesiyle bulunur. Burada ρ , karın yoğunluğu (kg/m^3); g , yerçekimi ivmesi (m/sn^2) ve d , kar tabakası kalınlığıdır (m). ρ , TS 7046'ya göre aşağıdaki ifade ile belirlenir.

$$\rho = 300 - 200 \cdot \exp(-1,5 \cdot d) \quad (7)$$

4. BELİRLENEN 50 YILLIK ZEMİN KAR YÜKLERİ VE DERİNLİKLERİNİN TÜRK STANDARTLARININ ÖNERDİĞİ DEĞERLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde Türk standartlarındaki tasarım zemin kar yüklerinin değerlendirilmesi amacıyla daha önce belirlenen 50 yıllık zemin kar yükleri ve derinliklerinin TS 498 ve TS 7046'da önerilen değerlerle karşılaştırılması yapılmaktadır. 1. sınıf istasyonlar için belirlenen 50 yıllık zemin kar yükü (L_{50}) değerleri bu istasyonların bulunduğu yerleşim merkezleri ve rakımları göz önünde bulundurularak TS 498 tarafından önerilen kar yükü (P_{ko}) değerleri ile karşılaştırılmaktadır. TS 7046'da 50 yıllık karakteristik kar değerlerinin belirlenmesinde kullanılan Gumbel dağılımının uygunluğunu araştırmak için 1. ve 2. sınıf istasyonlar için belirlenen 50 yıllık zemin kar yükü (L_{50}) ve 50 yıllık zemin kar derinliği (D_{50}) değerleri bu istasyonlara ait kar verileri kullanılarak TS 7046 tarafından önerildiği şekliyle belirlenen 50 yıllık değerlerle karşılaştırılmaktadır. Ayrıca kar derinliği verilerini kar yükü verilerine çevirmek için TS 7046'da önerilen (7) no'lu yoğunluk formülünün değerlendirilmesi amacıyla 1. sınıf istasyonların kar su eşdeğeri verilerine karşılık gelen kar derinliği verileri kullanarak hesaplanan yoğunluklar (7) formülü kullanılarak hesaplanan yoğunluklarla karşılaştırılmaktadır. TS 498 ve TS 7046'ya göre hesaplanan 50 yıllık değerler Tablo 1 ve 2'de verilmektedir.

Tablo 1'deki (7) no'lu sütun TS 498'e göre istasyonun bulunduğu bölgenin numarasını, (8) no'lu sütun TS 498'e göre istasyonun rakımından ve bulunduğu bölgeden belirlenen kar yükünü (P_{ko}), (9) no'lu sütun TS 7046'ya göre yıllık ekstrem kar yükü verilerinden Gumbel dağılımıyla hesaplanan kar yükünü (S_o), (10) no'lu sütun TS 7046'ya göre yıllık ekstrem kar derinliği verilerinden Gumbel dağılımıyla hesaplanan karakteristik zemin kar derinliğini (D_o), (11) no'lu sütun L_{50}/P_{ko} oranını, (12) no'lu sütun L_{50}/S_o oranını ve (13) no'lu sütun D_{50}/D_o oranını göstermektedir.

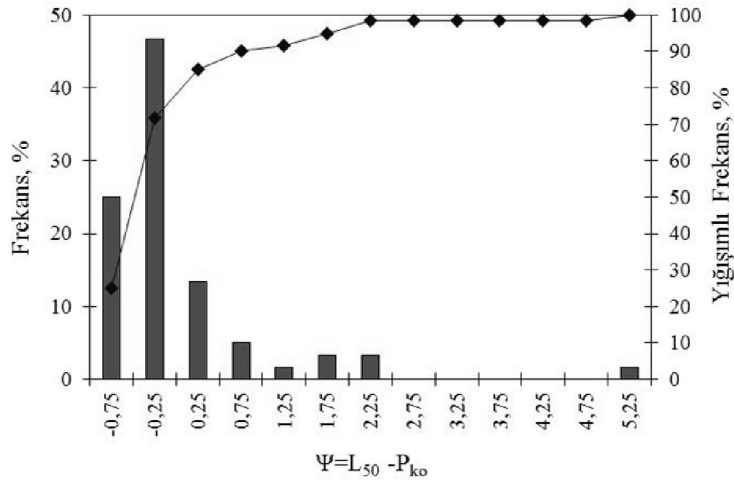
Tablo 2'deki (5) no'lu sütun TS 7046'ya göre yıllık ekstrem kar derinliği verilerinden Gumbel dağılımıyla hesaplanan karakteristik zemin kar derinliğini (D_o) ve (6) no'lu sütun D_{50}/D_o oranını göstermektedir.

$\Psi = L_{50} - P_{ko}$ ve $\Omega = L_{50} / P_{ko}$ değerlerinin frekans histogramı ile yığılımlı frekans dağılımı sırasıyla Şekil 6 ve 7'de verilmektedir. Buna göre, 1. sınıf istasyonların bulunduğu 60 yerleşim merkezinin 43'ünde (%71,7) Ψ değeri -0,82 ve -0,02 arasında değişmekte, Ω oranı 0,27 ve 0,98 arasında değişmektedir. Geriye kalan merkezler arasından 12'si (%20) için Ψ değeri 0,04 ve 1,83 arasında ve Ω değeri 1,06 ve 2,04 arasında değişirken 5'i (%8,3) için Ψ değeri 0,93 ve 5,20 arasında ve Ω değeri 2,24 ve 3,82 arasında değişmektedir.

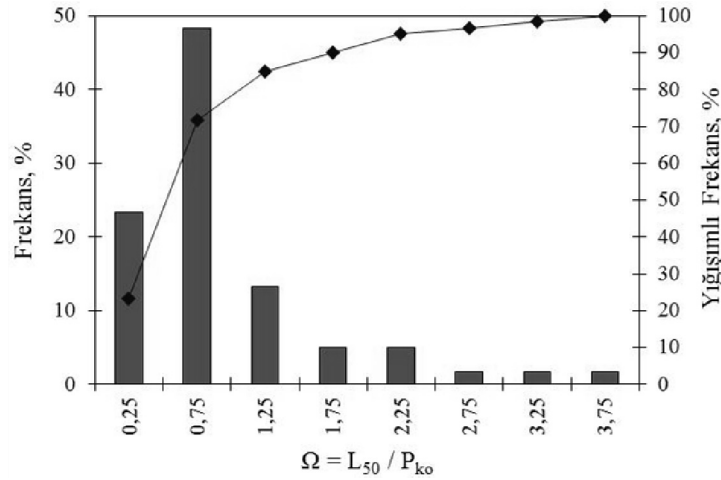
TS 498'in Ψ değerinin 0'dan küçük olduğu 43 (%71,7) yerleşim merkezi için ekonomik olmadığı, geri kalan 17 (%28,3) yerleşim merkezi için emniyetsiz olduğu söylenebilir.

TS 498'i Ω değerlerine göre değerlendirdiğimizde bazı yerleşim merkezlerinde önerilen kar yüklerinin istatistiksel analizle elde edilenlerden yaklaşık dört kat daha fazla olduğu görülmektedir ki bu durum ülke ekonomisi adına oldukça vahimdir. Diğer taraftan TS 498'in istatistiksel analizle elde edilen yüklerin yaklaşık 1/4'ü kadar kar yükü önerdiği yerleşim merkezleri de vardır. Genellikle bu emniyetsizliğe Erzurum, Tunceli, Adıyaman, Şebinkarahisar, Hakkari, Bingöl, Ağrı, Artvin ve Bitlis gibi kışların çetin geçtiği yüksek rakımlı yerler olan Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgeleri ile Zonguldak, Sinop, Rize

ve Hopa gibi kışın biriken kar üzerine sık sık yağın yağmurun görüldüğü Karadeniz kıyı bölgelerinde rastlanmaktadır.



Şekil 6. $\Psi = L_{50} - P_{ko}$ değerlerinin frekans histogramı ve yığılımlı frekans dağılımı



Şekil 7. $\Omega = L_{50} / P_{ko}$ değerlerinin frekans histogramı ve yığılımlı frekans dağılımı

TS 498'i $\Omega=L_{50}/P_{ko}$ oranına göre değerlendirirken her istasyonun TS 498'deki kar yağış yüksekliği haritasındaki bölgesi ve rakımı dikkate alındığında karşımıza çıkan tablo şu olmaktadır. TS 498'e göre 2. bölgede bulunan 672 m rakımlı Adıyaman'da L_{50}/P_{ko} oranının 1,45 olduğu; TS 498'e göre 3. bölgede ve Türkiye'nin kuzey kıyısında bulunan 135 m rakımlı Zonguldak'ta ve 32 m rakımlı Sinop'ta L_{50}/P_{ko} oranının sırasıyla 1,52 ve 1,55

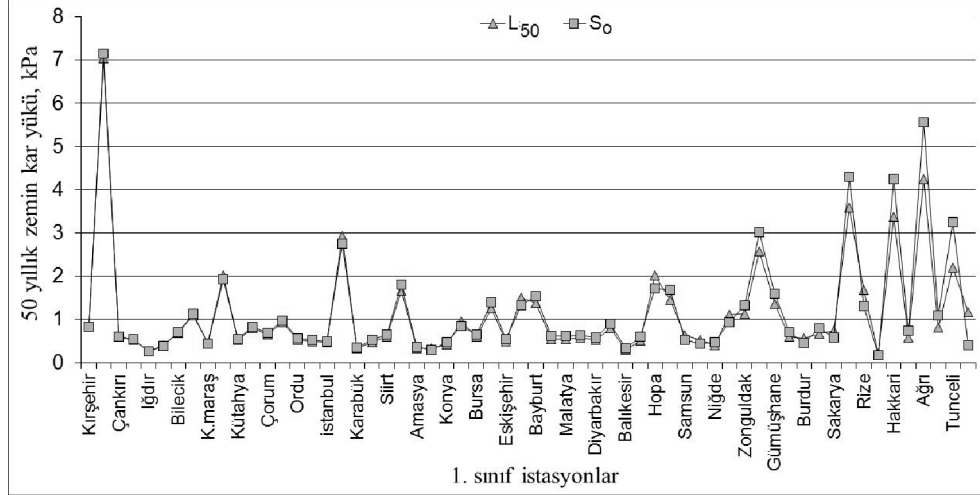
olduğu; yine TS 498'e göre 3. Bölgede ve Türkiye'nin doğusunda bulunan 1869 m rakımlı Erzurum için L_{50}/P_{ko} oranının 1,30 olduğu; TS 498'e göre 4. bölgede ve Türkiye'nin kuzey-doğu kıyısında bulunan 9 m rakımlı Rize, 33 m rakımlı Hopa ve 628 m rakımlı Artvin'de L_{50}/P_{ko} oranının sırasıyla 2,24, 2,69 ve 3,24 olduğu; yine TS 498'e göre 4. bölgede ve Türkiye'nin doğusunda bulunan illerden 981 m rakımlı Tunceli, 1177 m rakımlı Bingöl, 1573 m rakımlı Bitlis ve 1632 m rakımlı Ağrı'da L_{50}/P_{ko} oranının sırasıyla 1,37, 2,04, 3,82 ve 2,31 olduğu, buna ilaveten İç Anadolu'ya daha yakın 1364 m rakımlı Şebinkarahisar'da L_{50}/P_{ko} oranının 1,46 olduğu ve Güney-doğu'da bulunan 1728 m rakımlı Hakkari'de L_{50}/P_{ko} oranının 1,84 olduğu gözlenmiştir. Bu durum, TS 498'in kar yağış yüksekliği haritasındaki 3. ve 4. bölgeler için önerdiği P_{ko} değerlerinin yetersiz olduğunu ortaya koymaktadır.

Durmaz ve Daloğlu [17], TS 648'e [28] göre çelik bir çatının ömrü boyunca maruz kalmasına müsaade edilen çatı kar yükünün TS 498 tarafından bu çatı için önerilen zemin kar yükünün 2,17 katı olduğunu hesaplamışlardır. Bu durum dikkate alınarak Ω değerlerine göre çelik çatılar için bir değerlendirme yapılırsa, Ω değerlerinin 1,06 ve 2,04 arasında değiştiği merkezlerde TS 498'e göre elde edilen değerlerdeki hatanın TS 648'deki 1,67'lik emniyet katsayısıyla tolere edilebileceği söylenebilir. Ancak, Ω değerinin 2,24 ile 3,82 arasında değiştiği yerleşim merkezlerinde TS 498'e göre tasarlanan çelik çatıların emniyetinden söz etmek mümkün değildir.

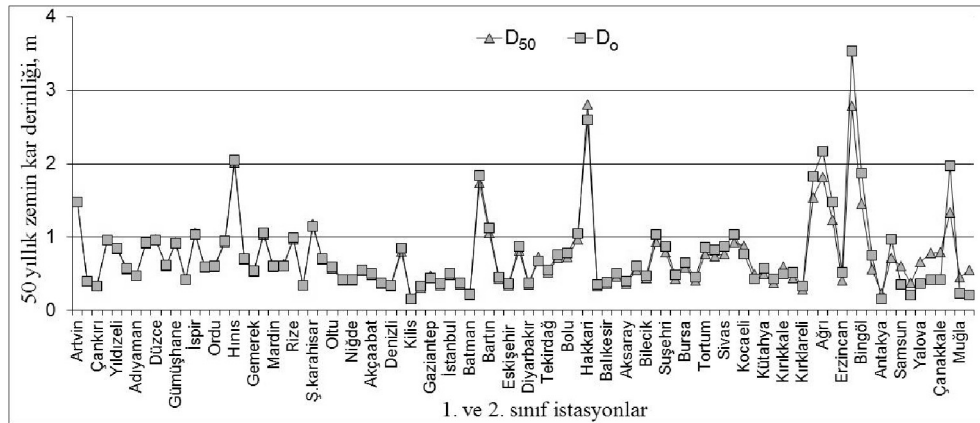
60 adet 1. sınıf istasyonun kar yükü verilerinden bu çalışmadaki şekliyle belirlenen L_{50} değerleri ile TS 7046'daki Gumbel dağılımından elde edilmiş (5) denklemi ile istasyonların kar yükü verilerinden hesaplanan S_0 değerlerinin karşılaştırıldığı grafik Şekil 8'de verilmektedir. Şekil 8'de istasyonlar $(L_{50}-S_0)/L_{50}$ değerinin mutlak değerce en küçüğünden en büyüğüne doğru soldan sağa sıralanmışlardır. Buradan, kar yükü verileri Gumbel dağılımına uyan 24 (%40) 1. sınıf istasyonun L_{50} ve S_0 değerlerinin birbirlerine oldukça yakın çıktığı görülmektedir. TS 7046'ya göre S_0 değerleri hesaplanırken Gumbel dağılımının kullanılmasından dolayı bu durum gayet olağandır. Ancak kar yükü verileri Weibull ve lognormal dağılımına uyan diğer 36 1. sınıf istasyondan 27'sinin (%45) L_{50} ve S_0 değerleri birbirlerinden oldukça farklılık göstermektedir. Özetle, TS 7046 standardında yalnızca Gumbel dağılımının kullanılması uygun görüldüğü için 1. sınıf istasyonların yaklaşık yarısı için emniyetsiz kar yükleri ya da ekonomik olmayan kar yükleri önerildiği ortaya çıkmıştır.

92 adet 1. ve 2. sınıf istasyonun kar derinliği verilerinden bu çalışmadaki şekliyle belirlenen D_{50} değerleri ile TS 7046'ya göre (5) formülü kullanılarak hesaplanan karakteristik zemin kar derinliği (D_0) değerlerinin karşılaştırıldığı grafik Şekil 9'de verilmektedir.

Şekil 9'da istasyonlar $(D_{50}-D_0)/D_{50}$ değerinin mutlak değerce en küçüğünden en büyüğüne doğru soldan sağa sıralanmışlardır. 1. sınıf istasyonların L_{50} ve S_0 değerlerinde olduğu gibi burada da kar yükü verileri Gumbel dağılımına uyan istasyonların D_{50} ve D_0 değerlerinin birbirlerine oldukça yakın çıktığı görülmektedir. Gumbel dağılımına uyan 54 (%59) istasyona karşılık kar yükü verileri Weibull ve lognormal dağılımına uyan diğer 38 istasyondan 22'sinin (%24) D_{50} ve D_0 değerleri birbirlerinden oldukça farklılık göstermektedir. Özetle, TS 7046 standardında önerilen Gumbel dağılımı ile kar derinliği verilerinin çoğunu analiz etmek mümkün olsa da önemli bir kısmı için yalnızca bu dağılımın kullanılması yanlış sonuçlara götürebilmektedir.



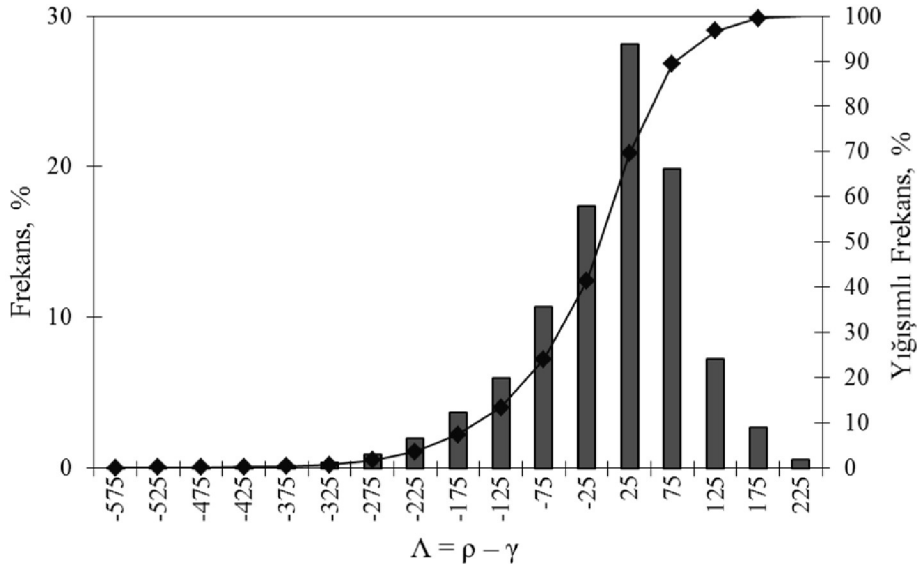
Şekil 8. 1.sınıf istasyonlar için L₅₀ ve S₀ değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 9. 1. ve 2. sınıf istasyonlar için D₅₀ ve D₀ değerlerinin karşılaştırılması

TS 7046'da önerilen yoğunluk formülünün performansını değerlendirmek amacıyla 1. sınıf istasyonların kar su eşdeğeri verilerine karşılık gelen kar derinliği verileri kullanılarak hesaplanan yoğunluklar ile (7) formülü kullanılarak kar derinliği verilerinden hesaplanan yoğunluklar karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırmada istasyonların en az 30 yıllık kayıtlarından ocak, şubat, mart, kasım ve aralık aylarında gözlenen toplam 12716 adet kar su eşdeğeri verisinden ve bu kar su eşdeğeri verilerine karşılık gelen 12716 adet kar derinliği verisinden yararlanılmıştır. Şekil 10'da $\Lambda = \rho \cdot \gamma$ değerlerine ait histogram görülmektedir. Burada γ 1. sınıf istasyonların kar verilerinden elde edilen kar yoğunluğu (1000 x kar su eşdeğeri / kar derinliği) değerini (kg/m^3), ρ ise TS 7046'ya göre yalnızca kar derinliği verisi kullanılarak belirlenen yoğunluk değerini (kg/m^3) göstermektedir. 12716

adet Λ değerinden 5267'si (%41) 0'dan küçük, 7449'u (%59) 0'dan büyüktür. Λ değerlerinin ortalaması 1,2, standart sapması ise 94,1'dir. Buradan, TS 7046'da kullanılan yoğunluk formülü ile yalnızca kar derinliği verilerinin gözlemlendiği istasyonlar için gerçeğe yakın yoğunlukların dolayısıyla kar yüklerinin elde edilemeyeceği anlaşılmaktadır. TS 7046'da kullanılan formülde yoğunluk yalnızca kar derinliğine bağlı hesaplanmaktadır. Halbuki, karın dane çapı, bulunduğu konum, yükseklik, zaman, karın kirliliği ve karın kuru veya yaş olması gibi yoğunluğa etki eden pek çok faktör mevcuttur.



Şekil 10. $\Lambda = \rho - \gamma$ (kg/m³) değerlerinin histogramı ve yığılımlı frekans eğrisi

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Türkiye kar verilerinin istatistiksel analizi ile Türk Standartlarındaki tasarım zemin kar yüklerinin değerlendirilmesi amacıyla DMİ'ye ait toplam 92 istasyonun tümünden elde edilen kar derinliği verileri ve 60'ından elde edilen kar-su eşdeğeri verileri kullanılarak her istasyona ait en az 30 yıllık kar verileri için en uygun olasılık dağılımı Gumbel, lognormal ve Weibull dağılımları arasından Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı testi ile seçilmiş ve seçilen dağılımlar kullanılarak istasyonların 50 yıllık tasarım zemin kar yükleri ve kar derinlikleri hesaplanmıştır. Ayrıca TS 7046'da önerilen yoğunluk formülünün performansını değerlendirmek amacıyla 1. sınıf istasyonların kar verileri kullanılarak hesaplanan gerçek yoğunluklar ile TS 7046'a göre hesaplanan tahmini yoğunluklar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar eşliğinde yapılan değerlendirmelerde TS 498'e ve TS 7046'a dair ortaya çıkan en önemli sonuçlar aşağıda verilmektedir.

TS 498'e göre Türkiye'deki yerleşim merkezlerinin %71,7'si için ekonomik olmayan zemin kar yükleri önerilmektedir. Bir yerleşim merkezi için istatistiksel analizle elde edilen kar yükünün TS 498'e göre önerilen kar yüküne oranını ifade eden Ω değeri anılan

merkezlerde 0,27 ve 0,98 arasında değişmektedir. Bu tip yerleşim merkezleri özellikle Ege, Akdeniz gibi kar yağışının hemen hemen görülmediği ve Marmara ve İç Anadolu gibi kış mevsimlerinin çok şiddetli geçmediği bölgelerde bulunmaktadır.

TS 498'e göre Türkiye'deki yerleşim merkezlerinin %28,3'ü için ise emniyetsiz zemin kar yükleri önerilmektedir. Yerleşim merkezlerinin %20'sinde Ω değeri 1,06 ve 2,04 arasında değişirken %8,3'ü için Ω değeri 2,24 ve 3,82 arasında değişmektedir. Genellikle bu emniyetsizliğe kışların sert geçtiği yüksek rakımlı yerler olan Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgeleri ile kışın biriken kar üzerine sık sık yağan yağmurun görüldüğü Karadeniz kıyı bölgelerinde rastlanmaktadır. Bununla birlikte Ω değerinin 2,24'den büyük olduğu yerleşim merkezlerinde TS 648'e göre tasarlanan çelik çatıların emniyetinden söz etmek mümkün değildir, çünkü bu tip yerlerde TS 498'e göre önerilen emniyetsiz kar yüklerinden kaynaklanan tasarım hatası TS 648'deki 1,67'lik emniyet katsayısıyla dahi tolere edilememektedir.

TS 7046 standardında yalnızca Gumbel dağılımının kullanılması uygun görüldüğü için 1. sınıf istasyonların yaklaşık yarısı için ya emniyetsiz kar yükleri ya da ekonomik olmayan kar yükleri önerildiği ortaya çıkmıştır. TS 7046 standardında önerilen Gumbel dağılımı ile 1. ve 2. sınıf istasyonların kar derinliği verilerinin %59'unu analiz etmek mümkün olsa da %24'ü için yalnızca bu dağılımın kullanılması oldukça yanlış sonuçlara götürebilmektedir.

TS 7046'da kullanılan yoğunluk formülü ile yalnızca kar derinliği verilerinin gözlemlendiği istasyonlar için gerçeğe yakın yoğunlukların dolayısıyla kar yüklerinin tahmin edilemeyeceği anlaşılmıştır.

Semboller

a	$(\bar{x} - \sigma) \cdot \bar{y}_N / \sigma_N$
a	Normal ve lognormal dağılımda 0.375 veya 0.40, ekstrem dağılımlarda 0.44 olan kuantil değeri
b	σ / σ_N
d	Kar tabakası kalınlığı, m
D ₅₀	50 yıl OTS'li kar derinliği, m
D ₀	TS 7046'ya göre hesaplanan karakteristik zemin kar derinliği, m
F(S ₀)	Karakteristik zemin kar yükünün aşılması olasılığı
g	Yerçekimi ivmesi, m/sn ²
k	Weibull dağılımının parametresi
L ₅₀	50 yıl OTS'li zemin kar yükü, kPa
n	Kar verileri sayısı
P _i	Aşılmama olasılığı
P _{ko}	Zati kar yükü, kPa

r	Korelasyon katsayısı
$r_{0.05}^*$	0,05 anlamlılık düzeyine göre r 'nin kritik değeri
R^2	Regresyon katsayısı
r_α^*	α anlamlılık düzeyine göre r 'nin kritik değeri
S_0	Yerdeki karakteristik kar yükü, kPa
T_r	Tekerrür süresi
u	Gumbel dağılımının parametresi
x	Zemin kar yükü, kPa
x_i	Kar verileri, $i=1,2,\dots,n$
\bar{x}	Gözlenen kar yükü uç değerlerinin aritmetik ortalaması
\bar{y}_N	TS 7046'ya göre azaltılmış ortalama
Z	Test edilen dağılımın olasılık kağıdına göre azaltılmış değişken
α	Anlamlılık düzeyi
α	Gumbel dağılımının parametresi
γ	1. sınıf istasyonların kar verilerinden elde edilen gerçek kar yoğunluğu, kg/m^3
ζ	Lognormal dağılımının parametresi
η	Weibull dağılımının parametresi
λ	Lognormal dağılımının parametresi
Λ	$\rho-\gamma$, kg/m^3
ρ	TS 7046'ya göre kar yoğunluğu, kg/m^3
σ	Gözlenen uç değerlerin standart sapması
σ_N	TS 7046'ya göre azaltılmış standart sapma
$\Phi(.)$	Standard normal olasılık integrali
Ψ	$L_{50} - P_{k0}$, kPa
Ω	L_{50} / P_{k0}

Teşekkür

Bu çalışmayı 2005.112.01.2 kod numaralı araştırma projesi kapsamında destekleyen Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- [1] <http://clubs.calvin.edu/chimes/article.php?id=6700>
- [2] <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/4659030.stm>
- [3] Topçu, A., “Kar Yüğü ve Çöken Çatılar”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Yapı Mekaniğı Semineri, 2006.
- [4] Ellingwood, B. and Redfield, R., Ground Snow Loads for Structural Design, Journal of Structural Engineering, 109, 4, 950-964, 1983.
- [5] Rusten, A., Sack, R. L., Molnau, M., Snow Load Analysis for Structures, Journal of the Structural Division, 106, St1, 11-21, 1980.
- [6] O’Rourke, M. J., Redfield, R., Bradsky, P.V., Uniform Snow Loads on Structures, Journal of the Structural Division, 108, St12, 2781-2798, 1982.
- [7] Sack, R. L., Designing Structures for Snow Loads, Journal of Structural Engineering, 115, 2, 303-315, 1989.
- [8] Durmaz, M., Daloğlu A., “Kar Verilerinin İstatistiksel Analizi ve Doğı Karadeniz Bölgesinin Zemin Kar Yüğü Haritasının Oluşturulması”, İMO Teknik Dergi, 16, 3, 3619-3642, 2005.
- [9] Ellingwood, B., O’Rourke, M. J., Probabilistic Models of Snow Loads on Structures, Structural Safety, 2, 4, 291-299, 1985.
- [10] Boyd, D. W., Maximum Snow Depths and Snow Loads on Roofs in Canada, Proceedings of the 29th Annual Meeting Western Snow Conference, Ottawa, Canada, 1961.
- [11] Thom, H., Distribution of Maximum Annual Water Equivalent of Snow on the Ground, Monthly Weather Review, 94, 4, 265-271, 1966.
- [12] Tobiasson, W., Redfield, R., Snow Loads for the United States, CRREL Report, Hanover, N. H., 1983.
- [13] Ellingwood, B. and Redfield, R., Probability Models for Annual Extreme Water-equivalent Ground Snow, Monthly Weather Review, 112, 6, 1153-1159, 1984.
- [14] Newark, M. J., Welsh, E., Morris, R. J., Dnes, W. V., Revised Ground Snow Loads for the 1990 National Building Code of Canada, Canadian Journal of Civil Engineering, 16, 3, 267-278, 1989.
- [15] Del Corso, R., Formichi, P., Stiefel, U., Recent European Research Advances Snow Loading and Their Possible Implementation in the Eurocodes, Prograssive Structural Engineering Material, 2, 5, 483-494, 2000.
- [16] Durmaz, M., Daloğlu, A., Özgen P., “Production of the Ground Snow Load Map For Turkey Using GIS Techniques”, Proceedings of The 5th International Conference on Geographic Information Systems, Istanbul, Turkey, 559-566, 2008.

- [17] Durmaz, M., and Daloğlu A., Frequency analysis of ground snow data and production of the snow load map using geographic information system for the Eastern Black Sea region of Turkey, *Journal of Structural Engineering*, 132, 7, 1166-1177, 2006.
- [18] Ellingwood, B., Statistical Tests of Environmental Load Data, *Journal of Structural Engineering*, 110(6), 1400-1404, 1984.
- [19] Bayazit, M., İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1996.
- [20] Steyaert, L., Estimating Water Equivalent Snow Depth from Related Meteorological Variables, NUREG/CR-1389, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C., 1980.
- [21] Simiu, E., Filliben, J. J., Probability Distributions of Extreme Wind Speeds, *Journal of the Structural Division*, 102, St9, 1861-1877, 1976.
- [22] Simiu, E., Bietry, J., Filliben, J. J., Sampling Errors in Estimation of Extreme Winds, *Journal of the Structural Division*, 104, St3, 491-501, 1978.
- [23] Simiu, E., Heckert, N. A., Filliben, J. J., Johnson, S. K., Extreme Wind Load Estimates Based on the Gumbel Distribution of Dynamic Pressures: An Assesment, *Structural Safety*, 23, 2001, 221-229, 2001.
- [24] Filliben, J. J., The Probability Plot Correlation Coefficient Test for Normality, *Technometrics*, 17, 1, 111-117, 1975.
- [25] Stedinger, J. R., Vogel, R. M., and Foufoula-Georgiou, E., *Handbook of Hydrology*, McGraw-Hill, New York, 1992.
- [26] T.S.E., Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, TS-498, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1997.
- [27] T.S.E., Yapıların Tasarımı İçin Esaslar- Çatılardaki Kar Yüklerinin Tespiti, TS-7046, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1989.
- [28] T.S.E., Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, TS-648, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1982.