

KURU SOĞUTUCULU DOĞAL SOĞUTMA UYGULAMALARI İLE İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Hasan ACÜL
Makina Mühendisi
Ar-Ge Bölüm Şefi

ÖZET

Binalarda enerji yoğunluğunun azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması günümüzde en temel küresel konulardan bir tanesidir. Enerji verimliliğinin artırılması için doğal kaynakların kullanımı her geçen gün yaygınlaşmakta; bu amaca hizmet eden yeni teknolojilerin ve ürünlerin geliştirilmesinin önemi daha da fazla hissedilmektedir.

Kış ve bahar aylarında binalarda ısıtma yapılması gerekirken (dış kabuk), binaların iç kısmında (iç kabuk) soğutma ihtiyacı olan bölümler olabilmektedir. Yirmi dört saat soğutma ihtiyacı olan büyük bilgisayar ve server odaları, Internet ve telekomünikasyon veri merkezleri, konferans salonları, alışveriş merkezlerinin enerji yoğun bölümleri, ısı yoğun ofisler vb. kış aylarında soğutma gerektiren iç ortam hacimlerindendir.

Dış ortam sıcaklıklarının gerekli olan soğutma suyu sıcaklıklarının altına düşmesi ile birlikte doğal soğutma sistemleri kullanılabilir ve bu sayede önemli derecede enerji tasarrufu sağlanır. Bu çalışmada dış ortamın düşük sıcaklığından faydalanarak doğal soğutma için kullanılan kuru soğutuculu sistemler hakkında detaylı bilgiler verilecek; ülkemizdeki şehirlere ait bin verilerini kullanmak vasıtasıyla doğal soğutma ile enerji verimliliğinin ne oranda artırılacağı hesaplanacak ve soğutma tesisatlarında, (dolayısıyla binalarda) enerji verimliliği vurgusu öne çıkartılacaktır. Bu bilgilerin yanı sıra kuru soğutucu ünitelerin malzeme, performans, enerji kullanımı ve konstrüktif özellikleri hakkında da bilgi verilecektir.

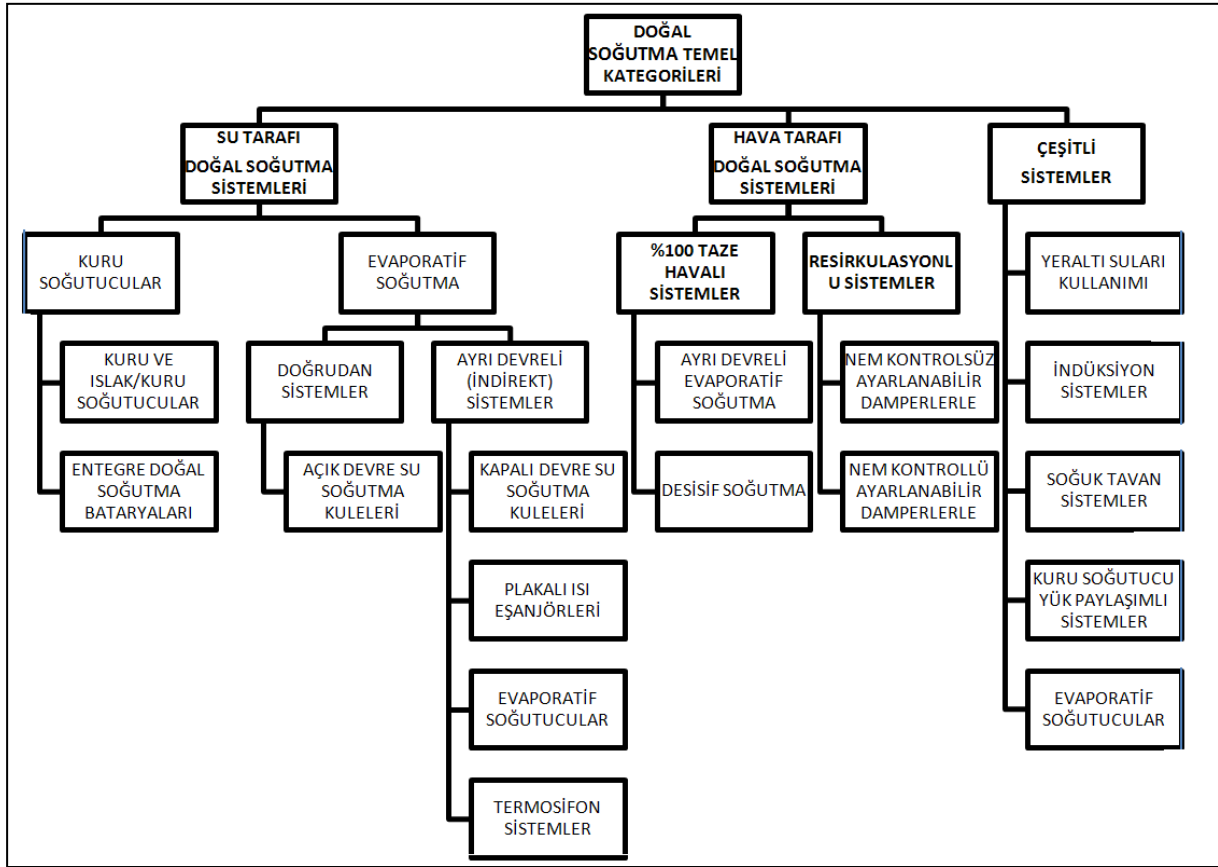
1. GİRİŞ

Doğal Soğutma sistemleri Havalı ve Sulu Sistemlerde yapılan uygulamalar olmak üzere iki temel kategoridedir [1]. Şekil 1.'de doğal soğutma temel kategorileri sınıflandırılmış bir biçimde verilmektedir.

Havalı sistem soğutma uygulamaları için doğal soğutma, düşük dış hava sıcaklığı koşullarında, bir ortamın soğutulmasında doğrudan dış havadan faydalanmak sureti ile soğutma için harcanacak enerji maliyetini azaltmaya yönelik uygulamaları kapsar.

Sulu sistem soğutma uygulamaları için doğal soğutma, merkezi bir soğutma grubundan sağlanan soğuk su üretiminin maliyetini azaltmaya yönelik uygulamaları kapsamaktadır. Soğutma suyu ihtiyacı olan sistemlerde uygulanan doğal soğutma, ortamın düşük hava sıcaklığından faydalanarak soğuk su üretici grubun (chiller) kompresörünün çalışması olmaksızın yada kısmen çalıştırılarak soğutma suyu elde edilmesidir [1],[2].

Sekil 1. Doğal Soğutma Temel Kategorileri [1]



Şekil 1.'de verilen farklı doğal soğutma sistemlerinden her biri kendi avantaj ve dezavantajlarına sahip olmakla birlikte uygulanacak sistem seçimini etkileyen en önemli unsurlardan biri soğutma sisteminin hangi amaç doğrultusunda kullanıldığı veya kullanılacak olduğudur. Bu durum sistem tasarımını doğrudan etkilemektedir.

Aşağıda belirtilen noktalar da sistem seçiminde göz önüne alınması gereken diğer önemli etkenlerdir:

- Sistemin soğutma kapasitesi
- Soğutma grubunun çalışma aralıkları ve operasyon zamanı
- Doğal soğutma maliyeti ve uygulama ile geri ödeme süresi
- Sistemde kullanılan diğer yardımcı ekipmanların sisteme etkisi
- Sistemin kurulacağı bölgenin elektrik, su vb. maliyetleri

Tablo 1.'de doğal soğutma sistemleri ve bina karakteristiklerinin eşleştirilmesi görsel bir yaklaşım ile aktarılmaktadır. Eşleştirme, doğal soğutma sisteminin türüne göre enerji tasarrufu potansiyeli, harici kazançlardan elde edilen yük büyüklükleri, dahili kazançlardan elde edilen yük büyüklükleri, kurulu sisteme uyarlama potansiyeli, düşük bakım maliyeti gereksinimi, düşük chiller soğutma suyu sağlama özelliği, minimum tasarım/işletme riski, sistemi işletmek için uzman operatör bilgisi gereksinimi, yatırım maliyeti yönlerinden ele alınmaktadır [1].

Tablo 1. Doğal Soğutma Sistemleri ve Bina Karakteristiklerinin Eşleştirilmesi [1]

Doğal Soğutma Sisteminin Türü	Enerji Tasarrufu Potansiyeli	Harici Kazançlardan Elde Edilen Yük Büyüklükleri	Dahili Kazançlardan Elde Edilen Yük Büyüklükleri	Kurulu Sisteme Uyarlanma Potansiyeli	Düşük Bakım Maliyeti Gereksinimi	Düşük Chiller Soğutma Suyu Sağlama Özelliği	Minimum tasarım/işletme riski	Uzman Operatör Bilgisi Gereksinimi	Yatırım Maliyeti
Soğutma Kuleleri ve Plakalı Isı Değiştirgeçleri (Ayrı, Kapalı devreli - indirek doğal soğutma)	+	-	+++	+	+	H	+	I	+
Soğutma Kuleleri ve Plakalı Isı Değiştirgeçleri (Kapalı devreli İndirek doğal soğutma - yük paylaşımlı)	+++	+	+++	+	+	E	+	I	+
Soğutma kuleleri ve pislik tutucular (Açık devreli Doğrudan doğal soğutma)	+++ (1)	-	+++	+	-	H	-	E	+
Termosifon sistemli soğutma grubu chillerler	+++ (3)	+	+++	-	+++	E	+++	I	+
Ayarlanabilir damperler (Tüm hava sistemi nem kontrolsüz)	++ (3)	+	++	-	+++	-	+++	H	-
Ayarlanabilir damperler (Tüm hava sisteminde evaporatif nem kontrollü)	+++ (3)	++	++	+	++	-	++	I	++ (5)
% 100 Taze havalı sistem (Evaporatif nemlendirici ve ısı geri kazanımı)	+++ (3)	++	++	-	++	-	++	I	-
Nem Almalı (Desisif) Soğutma Sistemleri	+++ (6)	++	++	-	+	-	+	I	+
Yeraltı suları ile doğrudan soğutma	+++	+++	+++	+	++	H	+	E	+
Fancoiller	+	-	+++	+++	+++	-	++	H	++
Soğuk Tavan sistemleri	++	-	+++	+++	+++	-	++	H	++
Kuru Soğutucular (yük paylaşımlı ve tamamen doğal soğutmalı)	+	-	+++	+	+++	-	+++	H	+
Doğal Soğutma Bataryalı Chillerler (yük paylaşımlı ve tamamen doğal soğutmalı)	++	-	+++	+++	+++	E	++ +	H	+
Evaporatif ön soğutmalı (yük paylaşımlı)	+	+++	++	+++	+	-	++	I	+
Evaporatif Soğutucular	+++	+++	++	++	++	-	++	H	+

+: Olumlu, -: Olumsuz, + -: Olumlu ve Olumsuz yönler var, E: Evet, H: Hayır, I: İdeal

1. Evaporatif kondenserlerin kullanımıyla, kazanç en üst düzeye çıkartılabilir.
2. Bu kabul mevcut chiller'lerin yenileneceği düşünülerek yapılmıştır.
3. Genel enerji kazanç potansiyeli, sistem için gerekli olan minimum taze hava oranına bağlıdır.
4. Evaporatif nemlendirici ve enerji verimliliği olan kontrol stratejilerinin eklenmesi ile.
5. Nem kontrolün sistem için gerekli olduğu düşünülmektedir.
6. İyi düzeyde bir enerji kazancı potansiyelinde, atık ısı veya solar enerji, rejenerasyon prosesi için kullanılabilirler.

Soğutma sisteminin kurulu olduğu-kurulacağı bölgenin iklim koşulları, doğal soğutmadan elde edilebilecek faydanın belirlenmesinde en önemli unsurdur. Soğutma sistemi proje aşamasında iken doğal soğutma uygulanmasının avantajlı olup olmadığının belirlenebilmesi ve sağlıklı bir yatırım kararı alınabilmesi için sıcaklık değerlerin yıllık tekrar edilme sıklıklarının bilinmesi (Bin değerleri) ve bu verilerin değerlendirilmesi (Bin metodu) çok önemlidir. Tablo 2 ve Tablo 3'te bazı şehirlerimiz için örnek veriler görülmektedir [3].

Tablo 2. Farklı şehirlerimiz için -günlük 6 farklı zaman periyodunda- Yıllık toplam Bin değerleri (Nbin) (saat/Yıl) [3]

Sıcaklık (°C)	-36/-33	-33/-30	-30/-27	-27/-24	-24/-21	-21/-18	-18/-15	-15/-12	-12/-9	-9/-6	-6/-3	-3/0	0/3	3/6	6/9	9/12	12/15	15/18	18/21	21/24	24/27	27/30	30/33	33/36	36/39	39/42	42/45	
Saat Aralığı	İstanbul																											
1-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	22	88	186	205	203	192	200	223	127	11	0	0	0	0	0	0	0
5-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	22	95	179	198	198	180	171	205	162	45	2	0	0	0	0	0	0
9-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11	48	120	189	165	154	147	155	175	195	87	12	0	0	0	0	0
13-16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	38	102	170	162	150	144	149	157	185	153	36	3	0	0	0	0
17-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13	52	149	188	171	164	149	160	198	156	49	7	1	0	0	0	0
21-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	17	68	177	194	191	185	172	213	201	37	2	0	0	0	0	0	0
Toplam	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	95	389	913	1144	1090	1025	983	1105	1020	629	293	55	4	0	0	0	0
Saat Aralığı	İzmir																											
1-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	46	113	157	204	197	177	181	211	142	22	2	0	0	0	0	0
5-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	55	121	159	192	191	168	170	212	146	32	3	0	0	0	0	0
9-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	14	49	113	160	180	153	136	132	176	199	115	29	3	0	0	0
13-16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	24	63	138	180	165	137	128	142	182	188	88	17	3	0	0	0
17-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13	49	111	171	191	162	142	140	172	176	104	25	3	0	0	0
21-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	29	84	146	191	203	165	148	178	194	102	14	2	0	0	0	0
Toplam	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	162	440	749	1056	1142	990	914	1001	972	913	426	144	23	3	0	0	0
Saat Aralığı	Ankara																											
1-4	0	0	0	0	0	0	0	4	15	37	73	118	164	172	171	173	191	189	120	30	3	0	0	0	0	0	0	0
5-8	0	0	0	0	0	0	2	8	21	40	77	124	170	176	158	165	177	177	120	40	5	0	0	0	0	0	0	0
9-12	0	0	0	0	0	0	0	1	5	19	45	87	124	138	127	117	113	124	159	168	139	70	20	4	0	0	0	0
13-16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	23	65	95	117	128	120	104	117	123	138	156	153	87	27	3	0	0	0
17-20	0	0	0	0	0	0	0	0	2	13	44	77	124	127	133	126	123	127	135	141	136	100	42	10	0	0	0	0
21-24	0	0	0	0	0	0	0	1	8	28	56	104	146	148	159	150	158	165	166	117	48	6	0	0	0	0	0	0
Toplam	0	0	0	0	0	0	2	14	52	140	318	575	823	878	876	851	866	899	823	634	487	329	149	41	3	0	0	0
Not: 1) Bin değerleri, günlük belirli zaman dilimlerinde aralıklara bölünmüş sıcaklık değerlerinin yıl içerisinde kaç saat görüldüğünü gösteren verilere denir. Tablo 2'den anlaşılacağı üzere örneğin, İstanbul'da 9°C - 12°C arasındaki sıcaklık değerleri 13.00 - 16.00 saatleri arasında yıl içerisinde 162 saat görülmüştür. Bu değer 1983-1998 arasındaki 16 yıllık değerlerin ortalamasıdır. Enerji hesabı için kullanılan üç metottan birisi olan Bin metodu, belirli sıcaklıkların oluştuğu zamanların tüm yıl boyunca toplanması esasına dayanır; sistem kurmak ve fizibilite yapmak için gerekli verileri anlaşılır biçimde ortaya koyar. Her sıcaklık dilimi 3 veya daha fazla sıcaklıktan oluşabilir [4]. 2)Tablolarda şehirlere ait verilen değerlerin ölçüm yıllarının başlangıçları ve bitişleri birbirinden bir miktar farklılık göstermekle birlikte, ölçüm yılları aralığı 1981-1998 arasındadır. Ortalama veri toplama süresi 16 yıldır.																												

Tablo 2. (Devamı)

Sıcaklık (°C)	-36/-33	-33/-30	-30/-27	-27/-24	-24/-21	-21/-18	-18/-15	-15/-12	-12/-9	-9/-6	-6/-3	-3/0	0/3	3/6	6/9	9/12	12/15	15/18	18/21	21/24	24/27	27/30	30/33	33/36	36/39	39/42	42/45		
Sağ Aralığı																	Erzurum												
1-4	2	4	9	14	26	28	36	50	56	88	117	146	175	171	185	162	114	61	14	2	0	0	0	0	0	0	0		
5-8	1	5	9	19	26	28	38	50	64	89	115	139	163	162	155	152	122	83	36	4	0	0	0	0	0	0	0		
9-12	0	1	2	6	11	17	28	39	55	71	82	99	120	101	112	105	115	129	147	130	68	20	2	0	0	0	0		
13-16	0	0	0	0	2	5	12	26	43	67	93	100	119	96	95	106	95	105	118	126	135	90	25	2	0	0	0		
17-20	0	0	1	3	10	19	27	38	54	73	92	106	128	102	119	110	117	123	117	101	74	38	8	0	0	0	0		
21-24	0	3	5	11	23	27	35	43	60	73	102	122	144	140	145	154	149	129	71	22	2	0	0	0	0	0	0		
Toplam	3	13	26	53	98	124	176	246	332	461	601	712	849	772	811	789	712	630	503	385	279	148	35	2	0	0	0		
Sağ Aralığı																	Samsun												
1-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	83	174	209	189	205	230	227	108	12	1	0	0	0	0	0		
5-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	18	82	172	198	176	194	195	212	156	51	3	0	0	0	0	0		
9-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	37	106	179	174	161	171	176	199	199	50	2	0	0	0	0		
13-16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	28	92	173	189	157	173	175	190	216	63	2	0	0	0	0		
17-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	51	129	208	188	176	167	177	199	142	13	0	0	0	0	0		
21-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	15	69	163	210	188	194	198	220	169	32	1	0	0	0	0	0		
Toplam	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	68	350	836	1177	1104	1087	1134	1187	1021	652	131	4	0	0	0	0		
Sağ Aralığı																	Diyarbakır												
1-4	0	0	0	0	0	1	0	2	5	20	54	101	150	161	163	147	130	119	132	139	99	34	3	0	0	0	0		
5-8	0	0	0	0	0	0	3	3	8	21	61	102	153	150	146	136	116	118	124	122	100	66	29	2	0	0	0		
9-12	0	0	0	0	0	0	1	0	3	6	10	33	88	128	132	121	106	100	92	90	104	116	142	126	55	7	0		
13-16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	6	14	48	82	130	135	112	104	97	82	81	108	103	140	153	57	4		
17-20	0	0	0	0	0	0	0	1	4	5	12	44	96	124	138	122	113	104	92	89	92	105	117	112	74	15	1		
21-24	0	0	0	0	0	1	0	3	4	9	34	85	131	142	155	136	124	105	115	122	131	111	45	7	0	0	0		
Toplam	0	0	0	0	0	2	4	9	25	64	177	379	666	787	864	797	701	650	652	644	607	540	439	387	282	79	5		

Sıcaklık (°C)	36/-33	33/-30	30/-27	27/-24	24/-21	21/-18	18/-15	15/-12	12/-9	-9/-6	-6/-3	-3/0	0/3	3/6	6/9	9/12	12/15	15/18	18/21	21/24	24/27	27/30	30/33	33/36	36/39	39/42	42/45
Adana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	71	274	635	1024	1023	986	891	972	1164	793	607	253	50	5	0
Adapazarı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	22	152	545	886	1053	977	1035	1090	1089	864	578	332	109	24	2	0	0
Adıyaman	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	40	151	464	811	971	887	737	687	689	708	726	641	521	391	256	69	5
Afyon	0	0	0	0	0	0	2	13	63	149	332	598	797	917	947	916	924	893	761	583	432	285	129	19	0	0	0
Ağrı	6	25	42	78	105	142	170	213	290	373	572	678	786	671	695	774	728	663	551	448	360	258	111	21	0	0	0
Aksaray	0	0	0	0	0	3	9	29	73	159	283	511	753	793	892	883	881	896	812	652	519	366	193	50	3	0	0
Amasya	0	0	0	0	0	2	4	8	36	147	428	751	874	887	888	903	987	899	823	634	487	329	149	41	3	0	0
Ankara	0	0	0	0	0	2	14	52	140	318	575	823	878	876	851	866	899	823	634	487	329	149	41	3	0	0	0
Antakya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	35	160	362	736	1055	992	918	802	942	1412	869	374	71	25	5	0	0
Antalya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	103	336	755	1080	1113	1138	970	955	884	733	406	188	73	18	2	0
Ardahan	0	3	22	50	85	170	234	333	435	530	623	724	757	793	902	923	760	590	402	257	129	35	3	0	0	0	0
Artvin	0	0	0	0	0	0	0	2	30	159	477	846	915	892	929	1037	1231	1165	656	287	94	32	7	1	0	0	0
Aydın	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	59	245	478	810	1066	1082	995	955	916	704	544	461	309	117	16	1	0
Balıkesir	0	0	0	0	0	0	0	1	12	68	251	572	825	1013	972	932	909	959	867	623	448	222	69	15	2	0	0
Bartın	0	0	0	0	0	0	0	3	15	74	336	725	969	1112	1034	1063	1050	902	669	509	229	59	11	0	0	0	0
Batman	0	0	0	0	0	0	5	20	34	96	273	540	755	871	847	756	705	687	697	645	542	450	368	306	149	14	0
Bayburt	0	0	0	1	18	45	102	186	300	433	577	728	843	805	887	978	881	694	523	362	240	122	32	3	0	0	0
Bilecik	0	0	0	0	0	0	0	3	26	174	491	811	904	923	936	975	1088	962	664	436	253	92	20	2	0	0	0
Bingöl	0	0	0	0	2	9	21	48	98	198	368	639	917	768	722	704	682	696	715	661	522	386	332	207	64	1	0
Bitlis	0	0	0	0	0	5	13	42	114	252	474	858	1085	788	734	795	770	689	645	531	422	335	172	35	1	0	0
Bolu	0	0	0	0	0	3	20	45	105	275	667	925	901	985	1061	1090	946	714	473	327	163	51	8	1	0	0	0
Burdur	0	0	0	0	0	0	0	4	52	176	406	689	949	1077	935	841	867	834	698	535	390	240	65	2	0	0	0
Bursa	0	0	0	0	0	0	0	2	5	36	237	568	810	1028	981	942	985	1011	829	618	428	224	49	7	0	0	0
Çanakkale	0	0	0	0	0	0	0	0	1	27	152	405	738	981	1048	1126	1017	991	977	689	416	168	22	2	0	0	0
Çankırı	0	0	0	0	0	8	22	60	167	358	659	943	874	826	831	869	867	749	581	435	284	165	53	9	0	0	0
Çorum	0	0	0	0	0	4	8	16	55	153	348	664	950	899	918	948	862	704	535	392	233	96	29	3	0	0	0
Denizli	0	0	0	0	0	0	0	0	3	31	171	418	684	930	1023	923	848	876	896	750	564	386	199	55	3	0	0
Diyarbakır	0	0	0	0	0	2	4	9	25	64	177	379	666	787	864	797	701	650	652	644	607	540	439	387	282	79	5
Edirne	0	0	0	0	0	0	2	13	55	166	414	749	880	871	864	886	961	915	694	537	406	253	83	9	2	0	0
Elazığ	0	0	0	0	0	3	16	53	136	305	573	836	837	787	750	692	705	730	703	601	447	351	191	43	1	0	0
Erzincan	0	0	0	0	2	12	29	61	131	253	425	639	781	787	812	820	795	812	733	600	471	330	202	59	6	0	0
Erzurum	3	13	26	53	98	124	176	246	332	461	601	712	849	772	811	789	712	630	503	385	279	148	35	2	0	0	0
Eskişehir	0	0	0	0	0	2	12	52	168	365	708	870	887	904	876	920	886	747	546	421	252	118	24	2	0	0	0
G. Antep	0	0	0	0	0	0	0	2	20	84	294	638	920	958	857	738	705	739	794	689	504	425	293	95	5	0	0
Giresun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	290	785	1252	1114	1085	1123	1219	1177	570	101	2	0	0	0	0	0
Gümüşhane	0	0	0	0	0	5	20	47	113	261	475	702	859	846	890	946	995	940	662	447	298	151	76	22	4	1	0
Hakkari	0	0	0	0	0	6	29	88	203	359	599	794	831	659	616	661	630	704	769	697	543	364	178	30	0	0	0
Iğdır	0	0	0	0	0	4	22	48	104	207	440	723	691	649	661	724	740	787	790	708	557	419	324	144	18	0	0
İsparta	0	0	0	0	0	0	2	20	86	240	528	802	939	1078	975	844	833	743	612	488	351	184	35	0	0	0	0
İskenderun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	78	311	809	1232	1258	1023	1017	1477	1317	217	13	0	0	0	0

Tablo 3. (Devamı)

Sıcaklık (°C)	36/-33	33/-30	30/-27	27/-24	24/-21	21/-18	18/-15	15/-12	12/-9	-9/-6	-6/-3	-3/0	0 / 3	3 / 6	6 / 9	9 / 12	12/15	15/18	18/21	21/24	24/27	27/30	30/33	33/36	36/39	39/42	42/45
İstanbul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	95	389	913	1144	1090	1025	983	1105	1020	629	293	55	4	0	0	0
İzmir	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	162	440	749	1056	1142	990	914	1001	972	713	426	144	23	3	0
Kahramanmaraş	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	30	155	420	775	977	925	788	708	723	883	892	634	460	264	105	17	1
Karabük	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	109	381	750	948	965	934	1054	1085	930	651	463	302	149	23	6	0	0
Karaman	0	0	0	0	4	7	17	36	70	162	336	520	654	811	914	907	874	881	786	615	514	373	216	58	5	0	0
Kars	0	0	7	30	62	119	202	285	411	504	596	691	775	746	839	900	824	651	473	323	210	98	14	0	0	0	0
Kastamonu	0	0	0	0	0	0	2	17	55	133	378	802	1034	940	903	965	996	866	642	456	316	176	63	16	0	0	0
Kayseri	0	0	0	1	7	16	28	61	121	237	416	680	804	804	864	907	886	780	656	528	426	312	167	55	4	0	0
Kırıkkale	0	0	0	0	0	0	5	12	33	118	278	561	833	885	842	823	826	890	826	683	528	369	186	56	6	0	0
Kırklareli	0	0	0	0	0	0	0	1	9	55	140	359	770	883	905	964	938	963	957	670	516	374	199	47	9	1	0
Kırşehir	0	0	0	0	0	3	13	39	83	182	347	579	824	825	847	872	861	903	815	644	482	302	118	21	0	0	0
Kilis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	80	298	713	1059	976	794	733	854	984	774	568	461	313	125	16	0
Kocaeli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	14	115	502	852	1025	978	994	1097	1153	941	592	351	123	21	1	0	0
Konya	0	0	0	0	2	3	9	33	76	169	373	643	796	847	843	808	808	835	799	652	516	344	168	35	1	0	0
Kütahya	0	0	0	0	0	0	2	13	45	144	343	652	822	937	969	968	976	926	724	523	383	224	94	15	0	0	0
Malatya	0	0	0	0	0	0	0	4	32	103	253	540	795	833	792	728	693	715	761	763	651	492	364	188	50	3	0
Manisa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	137	363	668	932	973	899	858	830	883	814	606	427	255	88	13	1
Mardin	0	0	0	0	0	0	0	0	1	19	99	297	613	881	870	798	664	620	631	715	832	763	566	305	83	3	0
Mersin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	42	170	480	943	1108	1148	977	1034	1304	1301	243	8	0	0	0	0
Muğla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	47	220	487	781	1153	1113	868	805	802	793	660	478	347	168	33	1	0
Muş	0	1	6	26	50	82	116	167	233	294	485	683	826	585	631	693	709	695	687	583	462	371	267	99	9	0	0
Nevşehir	0	0	0	0	0	1	11	35	95	224	372	545	807	959	937	954	946	866	727	575	405	218	74	9	0	0	0
Niğde	0	0	0	0	1	8	20	42	97	198	341	586	776	814	879	912	919	907	765	605	478	291	109	12	0	0	0
Ordu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	63	358	811	1221	1154	1089	1099	1174	982	592	207	7	0	0	0	0
Rize	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	52	392	820	1178	1155	1067	1114	1165	1081	615	113	5	0	0	0	0
Samsun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	68	350	836	1177	1104	1087	1134	1187	1021	652	131	4	0	0	0	0
Siirt	0	0	0	0	0	0	0	1	10	30	79	281	670	869	890	782	685	644	645	705	740	638	502	374	190	25	0
Sinop	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	48	287	845	1357	1153	1074	1080	1229	1097	504	81	1	0	0	0	0
Sivas	0	0	0	1	9	22	54	98	178	292	460	658	865	844	859	934	947	808	614	466	353	195	81	21	1	0	0
Şanlıurfa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	23	99	323	687	951	902	749	657	662	712	756	738	616	449	320	109	5
Tekirdağ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	14	60	183	498	893	1074	1084	969	1002	1084	968	688	222	19	1	0	0	0
Tokat	0	0	0	0	0	2	3	7	21	71	209	476	767	807	885	1003	1019	1028	904	650	460	286	123	34	5	0	0
Trabzon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	54	286	788	1205	1095	1044	1141	1233	1153	638	106	10	1	0	0	0
Tunceli	0	0	0	0	2	6	21	42	85	175	300	534	911	791	743	710	694	691	706	679	588	455	347	220	56	4	0
Uşak	0	0	0	0	0	0	0	0	7	50	186	423	748	981	1065	940	873	876	814	668	514	373	195	45	2	0	0
Van	0	0	0	0	0	4	22	70	149	287	470	748	941	827	781	803	785	802	717	588	495	228	39	4	0	0	0
Yalova	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	88	398	836	1088	1091	1042	1095	1125	972	652	312	49	4	0	0	0
Yozgat	0	0	0	0	0	3	17	52	122	272	467	680	940	930	894	928	984	838	658	484	308	138	43	2	0	0	0
Zonguldak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	122	505	1018	1024	989	1120	1228	1339	1018	324	55	6	0	0	0	0

2. KANATLI BORULU TİP ISI DEĞİŞTİRGEÇLİ DOĞAL SOĞUTMA UYGULAMALARI

Doğal soğutmadan faydalanmak için yapılan uygulamalarda kullanılan ürünlerin yaygın bir bölümü kanatlı borulu tip ısı değıştirmeçlerine sahip ürünlerdir. Kanatlı-borulu ısı değıştirmeçli doğal soğutma bataryalı sistemler iki farklı biçimde uygulanabilir:

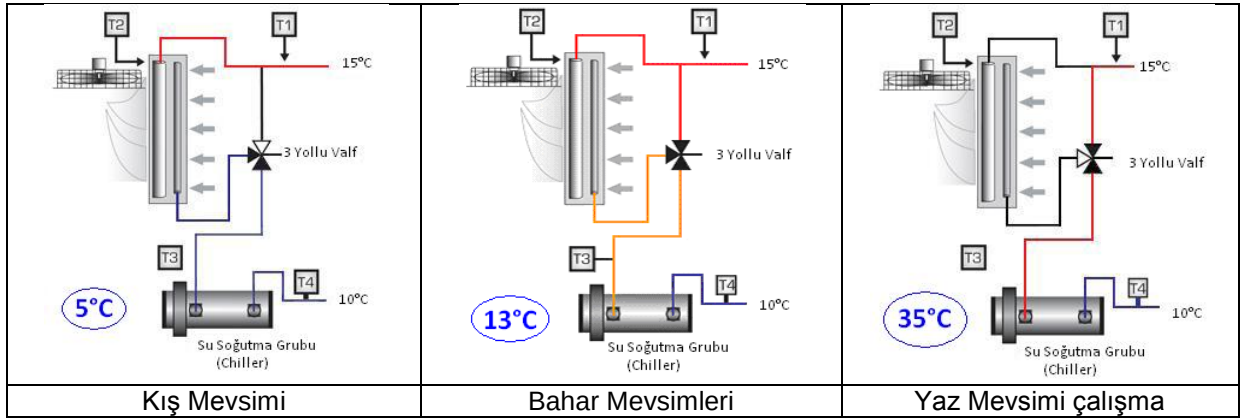
1. Soğutma Grubu ve Entegre Doğal Soğutma Bataryası Uygulamaları
2. Kuru Soğutucu ve Islak/Kuru Soğutucu Uygulamaları

Bu iki kapsama giren ürünler, uygulamada ihtiyaç duyulan soğuk su sıcaklık değerlerine bağlı olarak herhangi bir soğuk su üretici grup olmaksızın çalışabilmekle birlikte doğal soğutma uygulamaları için bir soğuk su üretici grup ile beraber entegre veya bağlantılı olarak da kullanılabilirler. Su kulelerine alternatif olan bu sistemin kapalı devre çalışması sayesinde soğutma suyunun azalması problemiyle karşılaşmaz, bunun yanı sıra devre içerisinde kirlenme vb. riskler bu uygulamalarda tamamen ortadan kalkmaktadır.

Sistemin çalışma yapısı üç değışik yaklaşım ile tanımlanabilir:

- *Tamamen mekanik soğutma* (Doğal soğutma uygulaması yok),
- *Kısmi doğal soğutma* (Yük paylaşımı-ön soğutma. Ortam sıcaklık değerinin istenilen soğutma suyu sıcaklığının 1,5 – 2.0°C altına düşmesi ile birlikte yük paylaşımı olarak kullanılmaya başlanabilir.)
- *Tamamen doğal soğutma* (Soğutma grubu çalışmıyor. Ortam sıcaklık değerinin istenilen soğutma suyu sıcaklığının en az 5°C altına düşmesi ile birlikte kullanılmaya başlanabilir)

Şekil 2.A,B,C Soğutma grubu ile doğal soğutma bataryalı uygulama şematik gösterim [5]



Kış Mevsimi çalışma koşulu: Ortam sıcaklığı istenilen soğuk su sıcaklık değeri ve dönüş suyu sıcaklık değerinin altındadır (Örnek $T_{\text{ortam}}: 5^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{soğutma suyu}}: 10^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{dönüş suyu}}: 15^{\circ}\text{C}$). Sistemde ihtiyaç duyulan soğuk su tamamen ortam havası vasıtasıyla Doğal soğutma bataryası tarafından sağlanır. Bu durumda soğuk su elde edilmesi için harcanacak enerji yalnızca soğutma grubunun üzerindeki fanların çektiği güç kadar olacaktır (Bakınız: Şekil 2.A).

Bahar Mevsimleri çalışma koşulu: Ortam sıcaklığı istenilen soğuk su sıcaklık değerinin üzerinde ve dönüş suyu sıcaklık değerinin altındadır (Örnek $T_{\text{ortam}}: 13^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{soğutma suyu}}: 10^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{dönüş suyu}}: 15^{\circ}\text{C}$). Soğutma dönüş suyu öncelikli olarak doğal soğutma bataryasından geçirilerek ortam havası ile ön-soğutulur. Doğal soğutma kapasitesi ortam sıcaklık değerine bağlıdır. Üç yollu vana ve kontrol ünitesi vasıtasıyla Doğal soğutmadan yararlanılır (Bakınız: Şekil 2.B).

Yaz Mevsimi çalışma koşulu: Ortam sıcaklığı istenilen soğuk su sıcaklık değeri ve dönüş suyu sıcaklık değerinin üzerindedir (Örnek $T_{\text{ortam}}: 35^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{soğutma suyu}}: 10^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{dönüş suyu}}: 15^{\circ}\text{C}$). Soğuk su ihtiyacı tamamen geleneksel soğutma çevrimi içerisinde soğutma grubunun kompresörünün çalışması ile sağlanır. Doğal soğutma bataryası çalışmamaktadır (Bakınız: Şekil 2.C).

2.1 SOĞUTMA GRUBU VE ENTEGRE DOĞAL SOĞUTMA BATARYASI UYGULAMALARI

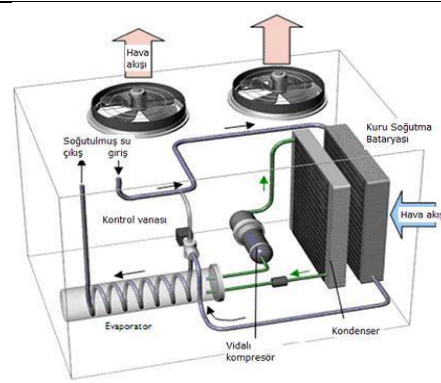
Enerji verimliliğinin tesisatlarda giderek ön plana çıkması tesislerde enerji tüketiminin hatırı sayılır bir kısmını yaratan soğutma gruplarının tasarımlarını da etkilemeye başlamıştır. Geleneksel soğutma gruplarından farklı olarak entegre doğal soğutma bataryalı gruplar uygulamalarda kendilerini hissettirir olmuşlardır. Örneğin İngiltere’de yıllık soğutma ihtiyacının %62’sinin doğal soğutma ile sağlanmasında entegre doğal soğutma bataryalı su soğutma gruplarının etkisi vardır. Bu ülkede yıllık soğutma ihtiyacının yalnızca %38’i mekanik soğutma ile sağlanmaktadır [1], [6].

Entegre doğal soğutma bataryalı gruplar yirmi dört saat soğutma ihtiyacı olan büyük bilgisayar ve server odaları, Internet ve telekomünikasyon veri merkezleri soğutma uygulamaları için alternatif sistemlerdir. Hem mekanik soğutma hem de doğal soğutma (kısmi ve tam) yapabilme kabiliyetine sahiptirler [1].

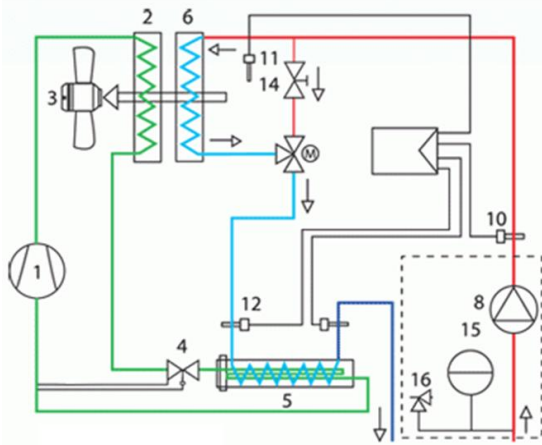
Şekil 3.A’da entegre doğal soğutma bataryalı su soğutma grubunun ünite halinde resmi; Şekil 3.B’de bu tip grupların yapısı ve Şekil 3.C’de devre elemanları basitleştirilmiş olarak gösterilmektedir. Doğal soğutma bataryası hava soğutmalı kondenser bataryasının –ünitenin hava giriş yönüne göre- ön kısmına yerleştirilir. Ortam sıcaklığının dönüş suyu sıcaklığının altına düşmesi ile birlikte kontrol vanası dönüş suyunu doğal soğutma bataryasına ön soğutma yada tam doğal soğutma amaçlı olarak gönderir [1].



Şekil 3.A Entegre Doğal Soğutma bataryalı hava soğutmalı su soğutma grubu [7]



Şekil 3.B Entegre Doğal Soğutma bataryalı hava soğutmalı su soğutma grubu şematik [1]

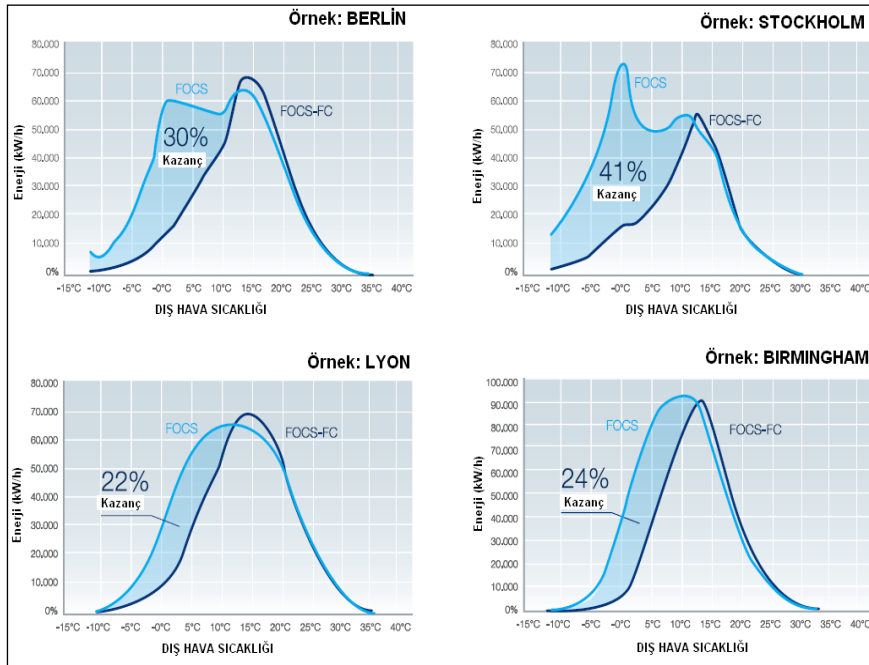


Şekil 3.C Entegre Doğal Soğutma bataryalı su soğutma grubunun basit devre şeması [8]

Devre elemanları:

1. Kompresör
2. Kondenser Bataryası
3. Fan
4. Genleşme Vanası
5. Evaporatör
6. Doğal Soğutma Bataryası
7. 3 Yollu Vana (Doğal Soğutma için)
8. Pompa
9. Mikroprosesör
10. EWT sensörü
11. Ortam sıcaklığı sensörü
12. (Evaporatör girişinde) sıcaklık sensörü
13. Donma Sensörü
14. Kapama Vanası
15. Genleşme tankı
16. Güvenlik vanası

Entegre doğal soğutma bataryalı grupların tasarımı ve seçimi için su soğutma uygulamasının yapılacağı tesisin hangi amaç doğrultusunda kullanılacak olduğu (iklimlendirme veya endüstriyel proses soğutma amaçlı) mutlaka belirtilmelidir. Bunun yanı sıra devrede dolaşan suyun eksi dış ortam sıcaklıkları ile karşılaşp karşılaşmayacağı da tasarım için önemlidir. Sistemin soğutma suyu ihtiyacında %100 su kullanılabileceği gibi, eksi dış ortam sıcaklıkları altında çalışma durumunda donmayı önlemek için glikol-su karışımı (salamuralı) suyun kullanılması gerekmektedir. Örneğin, hacmen %20 etilen-glikollü bir karışım yaklaşık -8°C , hacmen %30 etilen-glikollü bir karışım ise yaklaşık -16°C 'a kadar koruma sağlar (Bkz. Tablo 10) [9]. Glikol-su karışımı sistemin kullanımı durumunda unutulmaması gereken iki önemli konu vardır: Birincisi, soğutucu bataryada donmayı önlemek için kullanılan glikol-su karışımının kapasitesinin %100 su kullanılan sistemlere göre çok daha düşük olduğu ve bu nedenle de daha büyük ısı transfer alanına, dolayısıyla daha büyük (maliyeti daha yüksek) bir soğutma grubuna gereksinim olduğuudur. İkinci nokta ise, klima santrali, fancoil gibi iklimlendirme cihazlarında glikol-su karışımının kullanılmasının istenmemesidir ki bu durumda glikol-su sistemine göre dizayn edilmiş soğuk sulu ünite ile soğuk su devresi arasına ek bir ısı değiştirgeci gereksinimi duyulur. Tasarım öncesi uygulama yeri ve sıcaklıklarına göre yukarıda bahsi geçen noktalar muhakkak dikkate alınmalıdır.



Grafik 1. Doğal soğutmanın iklimlendirme sistemlerinde kullanılması esnasında oluşan kazancı göstermek amaçlı olarak chiller üreticisi bir firmanın entegre doğal soğutma bataryalı soğutma gruplarına yönelik olarak Avrupa'nın dört farklı şehrinde yaptığı ölçümlere bağlı sonuçlar yanda grafikler halinde verilmiştir Soğuk iklim bölgelerindeki yerleşimlerde doğal soğutma veriminin yükseldiği açıklıkla görülmektedir [10].

2.2 KURU SOĞUTUCU VE ISLAK/KURU SOĞUTUCU UYGULAMALARI

2.2.1 Kuru Soğutucular

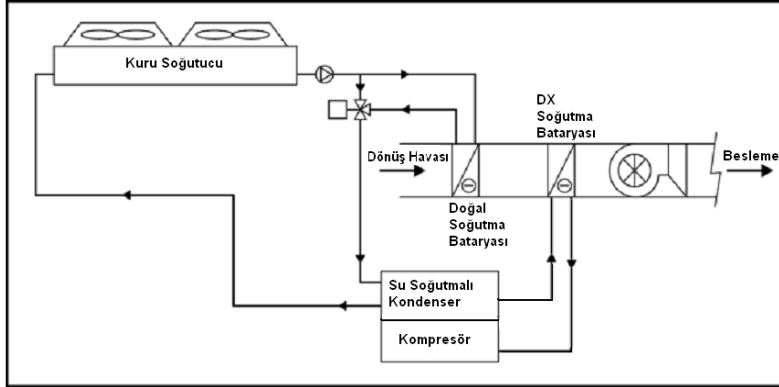
Su soğutma işleminde kullanılan kanatlı-borulu ısı değiştirgeçli bir diğer yöntem de Kuru Soğutucu olarak adlandırılan sistemlerdir (Şekil 4). İklimlendirme ve proses su soğutma sistemlerinde oldukça yaygın kullanım alanına sahiptirler. Temel mantık sistemdeki dönüş suyu yükünün bir fanlı eşanjör sistemi yardımıyla havaya aktarılmasıdır. Fanlar (vantilatörler) ile emilen havanın kanatlar (lameller) arasından geçerken boru içindeki akışkanı soğutması esasına göre çalışır. Bu yöntemde eşanjörün dış yüzeyi kurudur. Bu durumda kanatlarda kireçlenme ve korozyon gibi sorunlar yoktur. Sistemin kapalı devre çalışması sayesinde soğutma suyunun azalması problemiyle karşılaşılmaz.

Şekil 4.A Yatık Tip Kuru Soğutucu [11]	Şekil 4.B V Tipi Kuru Soğutucu [11]	Şekil 4.C Soğutma grubu ve Kuru Soğutucu uygulaması [12]

Kuru soğutucularda elde edilen su sıcaklığı ortamın kuru termometre sıcaklığına bağlıdır ve bu nedenle de kuru soğutucu olarak anılırlar. Kuru soğutucular ile kuru termometre sıcaklığının yaklaşık 5 °C üzerine kadar soğutulmuş su elde edilebilir. Daha düşük sıcaklıklarda soğutma suyuna ihtiyaç duyulan durumlarda Islak-Kuru Soğutucular kullanılır.

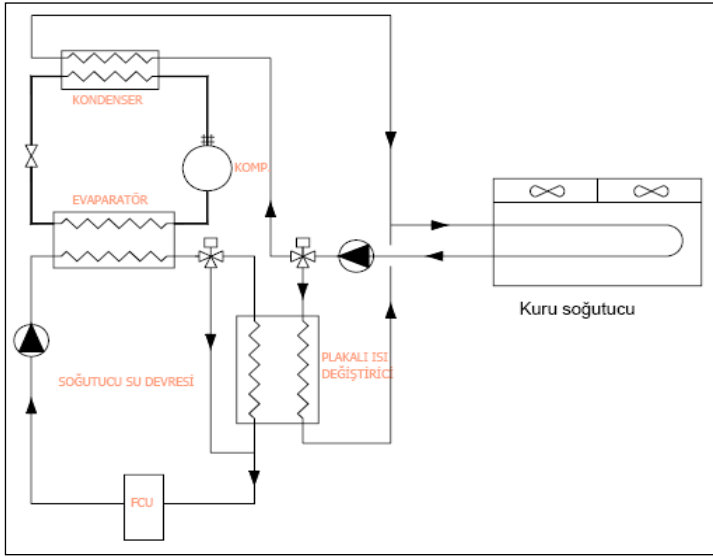
Kuru soğutucular yukarıda açıklaması yapılan entegre doğal soğutma bataryalı sistemler ile aynı mantıkta çalışmaktadır. Tesiste kurulmuş bir su soğutma grubu mevcutsa ve düşük ortam sıcaklıklarında doğal soğutma işleminden faydalanılmak isteniyorsa kuru soğutucu sistemler bu durum için idealdir. Kuru soğutucular plastik, kimya, enerji, iklimlendirme vb. sektörü içindeki uygulamalarda bir soğutma grubu ile birlikte kullanılabilceği gibi ayrıca soğutma suyu sıcaklıklarına bağlı olarak tek başına da kullanılabilirler (Bkz. Şekil 4).

Şekil 5.'de paket tipi iklimlendirme cihazı ile yük paylaşımli olarak çalışan örnek bir kuru soğutucu sisteminin prensip şeması verilmiştir. Özellikle yirmi dört saat sürekli soğutma ihtiyacı olan bilgisayar ve server odaları, İnternet ve telekomünikasyon veri merkezlerinin soğutulması için kullanılan paket tipi iklimlendirme cihazlarında enerji tasarrufu için uygulanan yöntemlerdendir. Sistemin gece periyodunda sağladığı tasarruf ciddi boyuttur [1].



Şekil 5. Paket tipi klima ile yük paylaşımli çalışan kuru soğutucu sistemi prensip şeması [1]

Şekil 6'da Moskova'da uygulaması yapılan bir alışveriş ve iş merkezi projesinde kullanılan doğal soğutma sisteminin prensip şeması verilmiştir. Alışveriş merkezinde kış ve bahar aylarında da soğutma ihtiyacı mevcuttur. Bu mevsimlerde soğutma grubu kullanılmamakta, soğutma için (doğal soğutucu olarak) kuru soğutucu görev yapmaktadır. Kuru soğutucu yaz mevsiminde su soğutmalı kondenserin yoğunlaştırıcı suyunu soğutmak amacı ile kullanılmaktadır. Dış hava sıcaklığının -30 °C derecelere ulaşması nedeniyle kuru soğutucuya yüksek oranda etilen glikol (anti freze) yüklemesi yapılmıştır [13].



Şekil 6. Moskova'da bulunan alışveriş merkezinde kurulu kuru soğutucu prensip şeması [13]

2.2.2 Islak/Kuru (Evaporatif / Adyabatik) Soğutucular

Islak-Kuru, Evaporatif veya Adyabatik Kuru Soğutucular olarak farklı adlandırmalara sahip bu sistemler, temel prensip olarak kuru soğutucular gibi çalışır. Sistemde gerektiğinde ek soğutma sağlayacak bir su spreyleme sistemi veya soğutucu evaporatif petekler bulunmaktadır. Spreylenen su ve soğutucu evaporatif petekler giriş havası akışında adyabatik soğutma etkisi meydana getirir. Bu sistemlerde giriş havası neme doyurur ve giriş hava sıcaklığı ortam yaşı termometre sıcaklığına yaklaştırılmaya çalışılır. Islak-kuru soğutucular Temel mantık aynı olmak üzere 5 farklı biçimde uygulanabilirler:

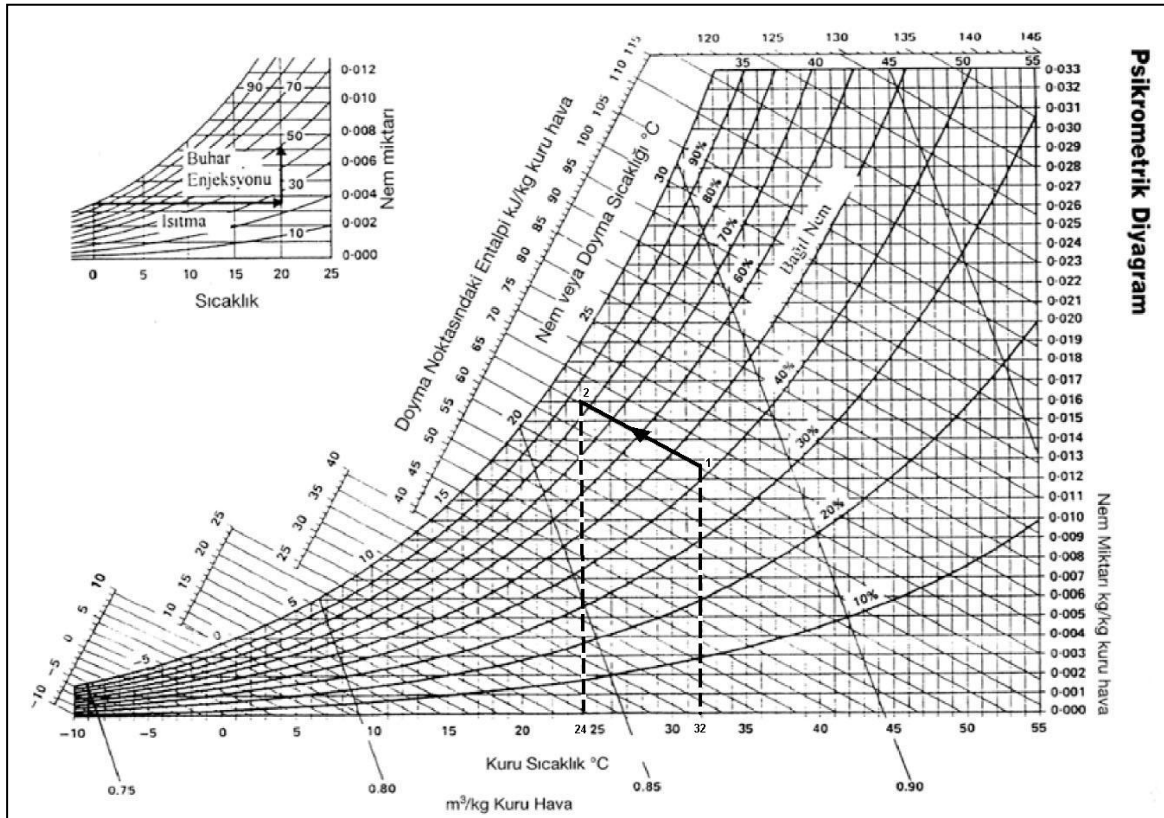
1. Doğrudan Spreyleme Sistemi
2. Sisleme Sistemi
3. Ağ Üzeri Spreyleme Sistemi
4. Ön Soğutucu Evaporatif Petekli Sistem
5. Hibrit Sistemler

Islak-Kuru, Evaporatif veya Adyabatik olarak adlandırılan Kuru Soğutucu sistemlerde adyabatik verimlilik en önemli kavramdır. Adyabatik verimlilik aşağıdaki formül vasıtası ile hesaplanabilir:

$$\text{Adyabatik Verim} = \frac{T_{KT,1} - T_{KT,2}}{T_{KT,1} - T_{YT}}$$

Örnek olarak, Grafik 2.'de psikrometrik diyagramdan da görüldüğü üzere, 32°C kuru termometre ve 22°C yaş termometre sıcaklığındaki (1 durumu) hava, kuru soğutucuya girmeden önce adyabatik ön soğutma işlemine tabi tutulur. Böylelikle 24°C kuru termometre sıcaklığına düşürülür (2 durumu). Psikrometrik diyagramda görüldüğü üzere hava 80%'nin üzerinde bağıl neme ulaşmıştır. Eğer hava %100 bağıl neme doyurulabilseydi giriş sıcaklığı 22°C'ye düşürülebilecekti. Bu durumda örnekteki adyabatik verim:

$$\text{Adyabatik Verim} = \frac{32-24}{32-22} = \frac{8}{10} = 0.8 \rightarrow \%80 \text{ olarak gerçekleşmiştir.}$$



Grafik 2. Psikrometrik diyagram üzerinden örnek noktaların gösterimi [14]

2.2.2.1 Doğrudan Su Spreyleme Sistemli Islak-Kuru Soğutucular

Su püskürtme sistemi yıl boyunca yalnız en sıcak günlerindeki belli saatlerde termostat kontrollü olarak devreye girerek ihtiyaç duyulan ek soğutmayı sağlayarak özel durumlar için ek bir soğutma sistemi ihtiyacını ortadan kaldırır. Diğer zamanlarda kuru çalışma olacağı için sistemde su tüketimi yoktur. Spreyleme sistemi kuru soğutucuların yanı sıra hava soğutmalı su soğutma gruplarının kondenserlerine de uygulanabilir.

Aralıklı olarak yerleştirilmiş nozüllerden giriş havasına püskürtülen su zerrecikleri giriş havasını neme doyurmakta ve ortam yaş termometre sıcaklığına yaklaştırmaktadır. Spreyleme sisteminde kullanılan suyun sertliği alınmış ve filtrelenmiş olması gerekir; aksi halde eşanjör kanatları üzerinde biriken kireç ve tortu, zamanla eşanjörün kapasitesini düşürecek ve ömrünün kısalmasına neden olacaktır. Bu etkiyi önlemek için bir ağ sistemi üzerine su spreyleme yapılan Ağ Üzeri Su Spreyleme Sistemli Islak-Kuru soğutucular geliştirilmiştir.

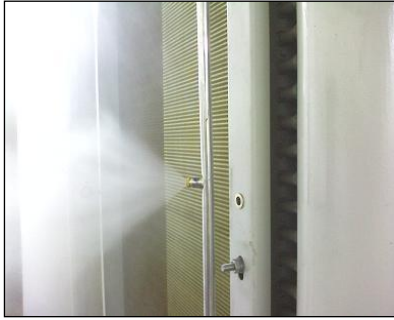


Islak-Kuru Soğutucularda aşındırıcı etkiye karşı ek önlem olarak epoksi kaplı lamel kullanılmalıdır. Epoksi kaplama, ortamdaki tuz ve aside karşı oldukça yüksek dayanıma sahiptir. Ünitenin epoksi toz boyalı galvaniz sac yada ileri korozif ortamlarda paslanmaz çelik olması tercih edilir. Su kulesine kıyasla suyun zararlı etkilerine çok daha az maruz kalmasına karşın, Islak-Kuru Soğutucuların uzun ömürlü olması için bu önlemlerin alınması önemlidir.

Şekil 7. Doğrudan su spreyleme sistemli Islak-kuru soğutucu [11]

Giriş havasının neme doyurulabilmesi amacıyla harcanacak su miktarı kullanılan püskürtücüye ve püskürtme basıncına göre değişiklik gösterir. Seçim, ortam havasının bağıl nemine bağlıdır; bağıl nemi %100'e mümkün olduğunca yaklaştırmak için yeterli miktarda ve kalitede su püskürtüldüğünden emin olunmalıdır. Bu nedenle tamamen buharlaşacak miktardan bir miktar daha fazla su püskürtülür ve artan su ortamda sıvı olarak kalır. Bu önlem, püskürtme sisteminin performansında zamanla oluşabilecek kayıplara karşı da emniyet sağlar. Doğrudan su spreyleme sistemli Islak-kuru soğutucularda herhangi bir su haznesi yoktur.

2.2.2.2 Sisleme (Fogging) Sistemli Islak-Kuru Soğutucular



Doğrudan su spreyleme sistemlerine benzer bu uygulamada yüksek basınçta (70 bar) nozüllerden 35 mikronun altında püskürtülen su zerrecikleri giriş havasını neme doyurmakta ve ortam yaş termometre sıcaklığına yaklaştırmaktadır. Bu sistemde de spreyleme sisteminde olduğu gibi kullanılan suyun sertliği alınmış ve filtrelenmiş olması gerekir. Sisleme sistemli Islak-kuru soğutucularda herhangi bir su haznesi yoktur.

Şekil 8. Sisleme Sistemli Islak-Kuru Soğutucu [11]

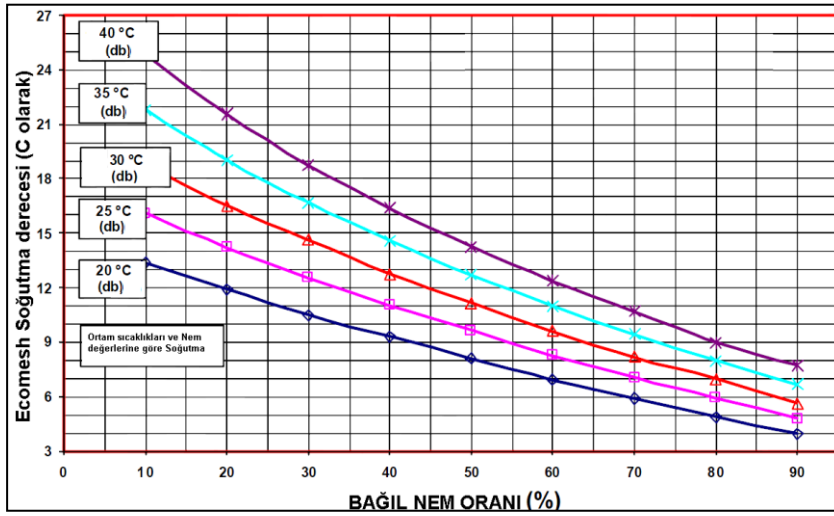
2.2.2.3 Ağ Üzeri (Ecomesh) Su Spreyleme Sistemli Islak-Kuru Soğutucular

Ağ üzeri (Ecomesh) su spreyleme sistemi, kuru soğutucuların ön kısmına yerleştirilmiş geniş sık gözlü ağ yapılı malzemenin üzerine belirli mesafelerde bulunan nozullardan aralıklı olarak sistemin ihtiyacı kadar su spreyleme ve spreylene suyun adyabatik olarak buharlaşması sonucu ısı değiştirgeci yüzeyine temas eden giriş havası sıcaklığının düşürülerek, soğutmada verimin artırılmasını sağlama mantığı ile çalışan sistemdir [11], [15]. Daha önce de açıklandığı üzere su spreyleme, giriş havası akışında adyabatik soğutma etkisi meydana getirir. Belirlenmiş set değerlerinin aşılması ile kontrol sistemi ısı değiştirgeci giren hava sıcaklığını düşürmek için su spreyleme sistemini başlatır. Çok kuru iklim şartlarında su spreyleme sistemi giriş havası için 15°C ile 20°C arası değerlere varan adyabatik soğutma sağlayabilir. Nem değerine ve ortam kuru termometre sıcaklığına karşın yapılabilecek soğutma değerleri Grafik 2'de verilmektedir [15].

Su spreyleme sisteminin çalışma süresi ve frekans ayarı, sistem performansının optimizasyonu ve su tüketiminin en aza indirilmesi amacı ile sürekli olarak kontrol cihazı tarafından sağlanır. Su, ısı değiştirgeci yüzeyine doğrudan püskürtülmediği, ağ yüzeyine püskürtüldüğü için lamellerin üzerinde kireç tabakası oluşmaz. Böylelikle ısı transfer verimliliğinin düşmesi engellenir. Bu sistemde su yumuşatma işlemine ayrıca gerek de kalmamaktadır.



Şekil 9.A, 9.B Ağ Üzeri (Ecomesh) Su Spreyleme Sistemli Islak-Kuru Soğutucu [11]



Grafik 3. Nem değerine ve ortam kuru termometre sıcaklığına karşın yapılabilecek soğutma (°C) [15]

(Not: Grafik 3'te verilen değerler Ağ (Ecomesh) üreticisi firma tarafından, ürünün zemine yakınlığı ve zemindeki hava sıcaklığının ortam sıcaklığından ortalama 3 °C daha yüksek olduğu kabulü ile hazırlanmıştır.)

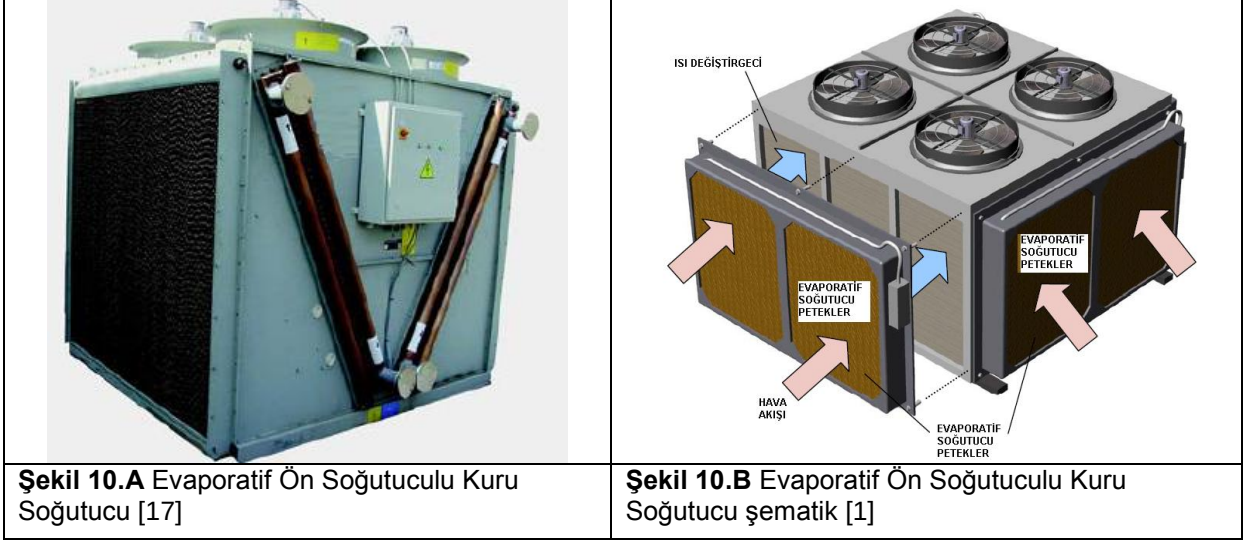
Kuru- Islak/Kuru Soğutucu seçiminde dikkat edilmesi gereken bir nokta, tasarımın ortam sıcaklığının yüksek olduğu zamanlarda ihtiyaç duyulan soğutma kapasitesini sağlayacak şekilde yapılması gerekliliğidir. Ancak, hava sıcaklığının daha düşük olduğu zamanlarda, istenen kapasitenin elde edilmesi için fanların hepsinin tam devirde çalışması gereksiz ve masraflı olur. Soğutma suyu çıkış sıcaklığı üzerinden kontrol edilen sistemlerde, fanların düşük devirle çalıştırılması veya devreden çıkarılması ile sistem için uygun debide hava tedariki sağlanır. Otomatik kontrol ile birlikte çift devirli fanların, hız kontrol cihazlarının ve Elektronik kontrollü EC fanların kullanılması sisteme ek enerji tasarrufu kazandıracaktır.

Tablo 5.'te Ecomesh kontrol cihazı çalışma prensibi verilmiştir. Örneğin, operatör H=35 °C bir üst ayar sıcaklığı tanımlamış ise, bu sıcaklığın altında spreyleme süresini 1= 30 saniye ve iki spreyleme arası durma süresini 2=30 saniye ayarlayabilir. Ortam sıcaklığı 35 °C üzerine çıktığı zamanlar da ise spreyleme süresini 3= 60 saniye ve iki spreyleme arası durma süresini 4=15 saniye ayarlayarak spreyleme yoğunluğunu değiştirebilir. 5 ve 6 nolu ayarlar ile bağımsız kontrol yaptırma durumu da mevcuttur [16].

Tablo 5. AĞ ÜZERİ (ECOMESH) SPREYLEME KONTROL CİHAZI ÇALIŞMA PRENSİBİ [16]			
1.Durum: "t" ortam sıcaklığının L (Alt Sınır Ayar Sıcaklığı) ve H (Üst Sınır Ayar Sıcaklığı) arasında olması durumu		2.Durum: "t" ortam sıcaklığının H'ın (Üst Sınır Ayar Sıcaklığı) üzerinde olması durumu	
L < t < H		t > H	
1	Ortam sıcaklığının (t), belirlenen alt sınır set sıcaklığı (L) ile üst sınır set sıcaklığı (H) arasında bir değerde olması durumunda spreyleme yapılma süresi (Saniye)	3	Ortam sıcaklığının (t), belirlenen üst sınır set sıcaklığı (H) üzerinde bir değerde olması durumunda spreyleme yapılma süresi (Saniye)
2	Ortam sıcaklığının (t), belirlenen alt sınır set sıcaklığı (L) ile üst sınır set sıcaklığı (H) arasında bir değerde olması durumunda iki spreyleme arası zaman (Değer x 60 saniye)	4	Ortam sıcaklığının (t), belirlenen üst sınır set sıcaklığı (H) üzerinde bir değerde olması durumunda iki spreyleme arası zaman (Değer x 60 saniye)
3.Durum: Sıcaklık değerlerinden bağımsız olarak çalışma			
5	Sıcaklık değerlerinden bağımsız olarak çalışma durumunda spreyleme yapılma süresi (Saniye)		
6	Sıcaklık değerlerinden bağımsız olarak çalışma durumunda iki spreyleme arası zaman (Değer x 60 saniye)		

2.2.2.4 Evaporatif Ön soğutuculu Kuru Soğutucular

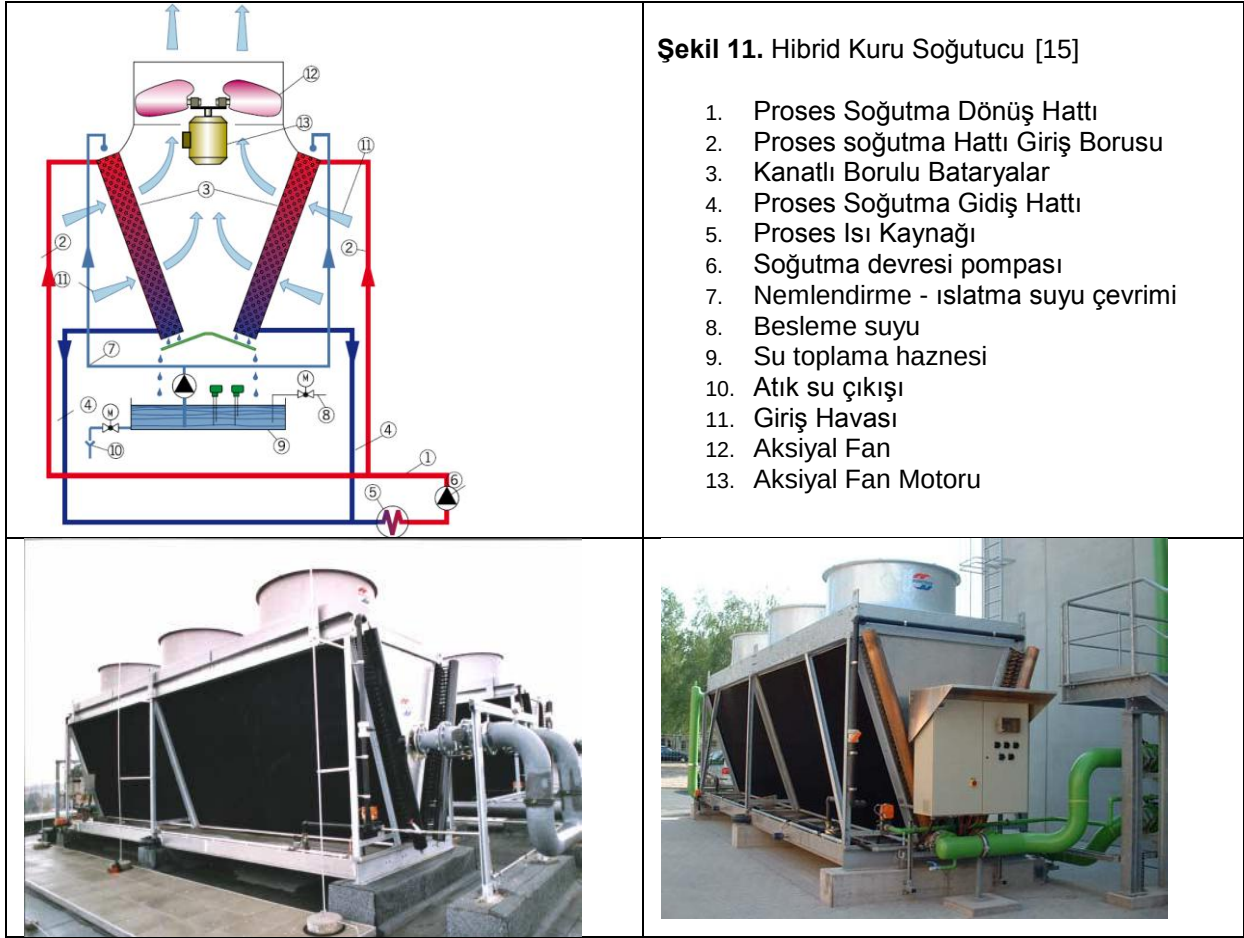
Evaporatif ön soğutuculu kuru soğutucuların çalışmasındaki temel mantık da ortam sıcaklığını yaşı termometre sıcaklığına yaklaştırmaktır. Isı Değiştirgeçlerinin ön kısmına yerleştirilen evaporatif peteklerin üzerinden şebeke basıncındaki suyun akıtılarak peteklerin ıslatılması vasıtası ile havanın geçerken evaporatif ön soğutması sağlanır [1]. Ön soğutucuların tasarımları imalatçı firmalara göre farklılık göstermekle birlikte kasetleme malzemesi genellikle paslanmaz çeliktir. Petekler farklı kalınlıklarda imal edilebilirler. Su, ünitenin yukarısında yer alan dağıtım borusundan püskürtülür ve ünitenin altında toplanarak sirküle ettirilir. İlave su ise, taze su kullanılarak sağlanır.



Ön soğutma performansı hava şartlarına ve ünite verimliliğine doğrudan bağlı olmasına karşın, BSRIA hesapları bize Londra gibi bir yerde enerji tasarrufunun %10-12 olabileceğini göstermiştir [1]. Evaporatif soğutucu peteklerin uygulanacakları ünitenin giriş havası basınç kaybını yükselteceği ve buna uygun fan ve motor seçimi yapmak gerekliliği unutulmamalıdır. Evaporatif ön soğutucu sistemin en büyük dezavantajı, havadan gelen toz ve kirin peteklerde toplanmasıdır. İyi bir temizlik ve bakım işlemi yapılmadığı sürece lejyonel vb. bakterilerin su haznesinde oluşması engellenemez. Dolayısıyla mutlaka sık periyotlarda bakım gerektirmektedir. Evaporatif soğutuculu sistemlerin işletme maliyetleri son derece düşüktür. Kış aylarında adyabatik ön soğutma gerekmediğinden, petekler kolayca sökülüp depolanabilir.

2.2.2.5 Hibrid Kuru Soğutucular

Spreyleme sistemli bir diğer ıslak-kuru soğutucu tip “Hibrid Kuru Soğutucu” olarak adlandırılan sistemdir. Temel olarak diğer adyabatik soğutucular ile aynı mantıkta çalışırlar. Bir su haznesinden sağlanan su doğrudan lameller üzerine verilmekte ve bu şekilde sirküle ettirilmektedir (Bkz. Şekil 11 A,B,C) [18]. Bu sistemlerde suyun sertliği alınmış olması veya belirli zamanlarda hızla blöf edilmesi gerekir.



2.3 ÖRNEK BİR HESAPLAMA: KURU SOĞUTUCU VE HAVA SOĞUTMALI CHİLLER GRUBUNUN BİRLİKTE ÇALIŞMASI İLE DOĞAL SOĞUTMA VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ

Kuru soğutucu ve hava soğutmalı chiller grubunun birlikte çalışması ile doğal soğutma verimliliğinin incelenmesi için, aşağıda kurgusu yazılmış bir senaryo ile ülkemizdeki 79 şehirde elde edilebilecek enerji kazancı hesaplanmıştır. Hesaplamadaki tüm kabul ve yaklaşımlar aşağıda verilmiştir:

1. Soğutma gereksinimi olan mekân, aydınlatma ve insan yoğunluğun yüksek olduğu, restoranların sürekli çalıştığı bir iş ve alışveriş merkezi olarak kabul edilmiştir. Mekânın enerji yoğun karakterinden dolayı geçiş mevsimlerinde ve kış aylarında dahi soğutmaya gerek duyulmaktadır.
2. Binada günlük 16 saat / 365 gün boyunca soğutma istenmektedir.
3. Sistemdeki toplam soğutma yükü, geçiş mevsimlerinde ve kış aylarında – sabit yük olarak 130 kw kabul edilmiştir.(Mevsimsel değişimlerin getireceği ısı yükü değişiminin etkileri hesaplamanın anlaşılabilirliği ve kolaylığı açısından eklenmemiş, yük sabit alınmıştır.)
4. Soğutmanın mahallerde değişken soğutma yüküne karşılık verebilen VAV cihazları ve belirli bölgelerde tavan tipi fancoiller ve paket-tavan tipi sulu santraller ile yapılacağı varsayılmıştır.
5. Su rejimi T soğutma suyu gidiş= 12°C , T soğutma suyu dönüş= 16°C olarak kabul edilmiştir.
6. Hesaplamalar doğal soğutma ile enerji tasarrufunun ne miktarda olduğunu belirlemeye yönelik olduğu için, karşılaştırmaya ve hesaplama konu olan sıcaklık aralıkları 16 °C ve altındadır.
7. Doğal Soğutma ile Enerji verimliliği incelemesi detaylıca ilk olarak Ankara şehrimiz için yapılmış, sonrasında aynı yöntem kullanılarak tüm şehrimizde doğal soğutma ile enerji verimliliği hesaplanmıştır. Farklı şehirlerimize ait bin verileri D.M.İ kaynaklarından alınmıştır. (Bkz. Tablo 2 ve 3).

8. Çalışma bölgeleri ve çalışma senaryoları kabulü şu şekilde yapılmıştır (Bakınız Tablo 6):

- **%100 Mekanik Soğutma Aralığı:** Ortam havası sıcaklığı, soğutma suyu dönüş sıcaklığının üzerinde olduğu zamanlar %100 mekanik soğutma gereklidir. T ortam $\geq 15^{\circ}\text{C}$ olduğu zaman mekanik soğutma bölgesine girilir. Kondenser fanları ve kompresör %100 yükte çalışmaktadır. Kuru soğutucu çalışmamaktadır.
- **Kısmi Doğal Soğutma (Yük Paylaşımı) Aralığı:** $14^{\circ}\text{C} \geq T \text{ ortam} \geq 7^{\circ}\text{C}$ olduğu zamanlar kısmi soğutma aralığında çalışma kabul edilmiştir.

9. Ortam havası sıcaklığı dönüş suyu sıcaklığının en az 2°C altına düşmesi ile birlikte (T ortam = $16^{\circ}\text{C} - 2^{\circ}\text{C} = 14^{\circ}\text{C}$) kuru soğutucu, ön soğutucu olarak, çalışmaya başlamaktadır. Su soğutma grubuna gönderilen dönüş suyu sıcaklığının düşmesi nedeni ile kompresör yükü de oransal olarak düşmektedir. (Çalışmada, soğutma grubu kompresörünün oransal olarak kapasite kontrollü olduğu varsayılmış ve buna uygun kompresör seçimi yapılmıştır. Ancak, hesaplamada kolaylık açısından belirli sıcaklıklar ve bu sıcaklıklara karşılık gelen oranlar kullanılmıştır. Oransal kontrol ile hesaplanan kazancın bir miktar daha üzerine çıkacağı hesaba katılmalıdır. Ayrıca, kuru soğutucu ve kondenser fanlarının adım (step) kontrollü olarak çalıştığı kabul edilmiştir.

- **% 100 Kuru Soğutucu ile Doğal Soğutma Aralığı:** Ortam havası sıcaklığı soğutma suyu gidiş sıcaklığının en az 5°C altında ve daha düşük sıcaklıklarda (T ortam $\leq 7^{\circ}\text{C}$) tamamen kuru soğutucu çalışır. Su soğutma grubu çalışmaz.

10. Karşılaştırmada kuru soğutucu olarak -enerji verimliliği sınıflarının verimlilik, maliyet ve geri dönüş sürelerine etkisinin de açıklıkla görülmesi için - A sınıfı, C sınıfı ve E sınıfı üç farklı enerji sınıfından ürün seçilmiştir.

11. Tablo 6'da A sınıfı Kuru Soğutucu değerleri verilmiştir.(C ve E sınıfı ürünler için fan sayıları ve adım kontrollü olarak fanların devreye girip çıkması için değişim sıcaklıkları farklı olabilir.) A, C ve E sınıfı ürünlere ait detaylı hesaplama değerleri Tablo 8.'de birlikte görülmektedir.

TABLO 6. KURU SOĞUTUCU VE SOĞUTMA GRUBU BİRLİKTE ÇALIŞMA SENARYOSU (ANKARA)																		
Sıcaklık Tekrar Sıklığı (saat/Yıl)	2	14	52	140	318	575	823	878	876			851			866		899	
Günlük 16 saat çalışma için Tekrar Sıklığı (saat/Yıl)	1,3	9,3	34,7	93,3	212,0	383,3	548,7	585,3	584,0			567,3			577,3		599,3	
Sıcaklık Aralığı (°C)	-18/-15	-15/-12	-12/-9	-9/-6	-6/-3	-3/0	0 / 3	3 / 6	6 / 9			9 /12			12/15			15/18
									7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Çalışma Aralığı	%100 Doğal Soğutma 4 Fan Çalışır			%100 Doğal Soğutma 6 Fan Çalışır		%100 Doğal Soğutma 8 Fan Çalışır		%100 Doğal Soğutma 10 Fan Çalışır	%20 MS (4 Fan)	% 45 Mekanik Soğutma (6 Fan)			% 72 Mekanik Soğutma (8 Fan)			% 100 Mekanik Soğutma Bölgesi (8 Fan)		
									% 80 Doğal Soğutma (10 Fan)									
	%100 Doğal Soğutma Bölgesi			%100 Doğal Soğutma Bölgesi			%100 Doğal Soğutma Bölgesi	% 80 Doğal Soğutma (10 Fan)	% 55 Doğal Soğutma (10 Fan)			%28 DS (10 Fan)						
									Kısmi Soğutma Bölgesi									
Notlar:																		
1. Kısmi bölge yük ve güç hesapları için kullanılan sıcaklık değerleri 6 / 9°C aralığı için 8,5 °C; 9 / 12°C aralığı için 11 °C; 12 / 15°C aralığı için 13,5 °C'dir. Bu sıcaklıklarda Kuru Soğutucunun ön soğutma yapması vasıtası ile (oransal olarak kontrol edilen yükte) kompresöre düşen yük sırasıyla %20, %45 ve %72 olmaktadır.																		
2. Hava Giriş Sıcaklığının Düşmesiyle Birlikte Kuru Soğutucu fanları da adım (step) kontrollü olarak devreden çıkmaktadırlar ve fan güçleri azalmaktadır. Yapılan Hesaplamalarda Fanların kontrol ile çalışmayı durdurma sıcaklıkları yukarıdaki aralıklarından 1-2 C farklılık göstermekle birlikte hesap kolaylığı açısından meteorolojik sıcaklık aralıkları fan kontrolleri için de değişim bölgeleri kabul edilmiştir.																		

Kuru Soğutucu ve soğutma grubunun kapasite, güç ve yük paylaşım değerleri belirli sıcaklık derecelerine bağlı olarak Tablo 7A'da verilmektedir. Tablo 7A ve 7B için Lütfen açıklamaları okuyunuz.

Tablo 7A. Kuru Soğutucu ve Soğutma Grubu kapasite, güç ve yük paylaşım oranları													
Çalışma Bölgesi	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Kuru Soğutucu Kapasitesi (kW)	Kuru Soğutucu Gücü (kW)	Kuru Soğ. Kapasitesi / Gücü Oranı	Kuru Soğutucu Yüğü (%)	Kompresör Kapasitesi (kW)	Kompresör Gücü (kW)	Kompresör Kapasitesi / Gücü Oranı	Kompresör Yüğü (%)	Kondenser Fanları Gücü (kW)	Toplam Soğutma Grubu Gücü (kW)	Kuru Soğ.+Soğutma grubu Güç (kW)	Sistem Soğutma Kapasitesi (kW)
%100 Mekanik Soğutma	15°C üstü	0	0,00	0,0	0,0%	132,1	17,3	7,6	100,0%	6,24	23,54	23,54	132,1
Kısmi Soğutma	13-14°C	36,21	2,00	18,1	27,4%	96,3	12,2	7,9	72,9%	6,24	18,44	20,44	132,51
	(9/12) 10-11-12°C	72,7	2,00	36,4	55,0%	60,2	8	7,5	45,6%	4,68	12,68	14,68	132,9
	8-9°C	109,5	2,00	54,8	82,9%	26,4	3,46	7,6	20,0%	3,12	6,58	8,58	135,9
% 100 Doğal Soğutma	3 / 7°C	132,1	2,00	66,1	100,0%	0	0	-	0,0%	0	0,00	2,00	132,1
	0 / 3°C	132,1	1,60	82,6	100,0%	0	0	-	0,0%	0	0,00	1,60	132,1
	-3 / 0°C	132,1	1,60	82,6	100,0%	0	0	-	0,0%	0	0,00	1,60	132,1
	-6 / -3°C	132,1	1,20	110,1	100,0%	0	0	-	0,0%	0	0,00	1,20	132,1
	-9 / -6°C	132,1	1,20	110,1	100,0%	0	0	-	0,0%	0	0,00	1,20	132,1
	-12 / -9°C	132,1	0,80	165,1	100,0%	0	0	-	0,0%	0	0,00	0,80	132,1
	-15 / -12°C	132,1	0,80	165,1	100,0%	0	0	-	0,0%	0	0,00	0,80	132,1
	-18 / -15°C	132,1	0,80	165,1	100,0%	0	0	-	0,0%	0	0,00	0,80	132,1

Soğutma Sistemi için farklı senaryolarda kullanılan soğutma grubu ve A,C ve E sınıfı Kuru soğutucuların güç değerlerinin hesabı Tablo 7B'de verilmektedir. Tablo 7B değerleri,hem Tablo 7A hem de Tablo 8 için güç değeri hesap tablosudur.

TABLO 7B. ÇALIŞMA SENARYOLARI İÇİN GÜÇ HESAPLARI

Sıcaklık Aralığı (°C)	-18/-15	-15/-12	-12/-9	-9/-6	-6/-3	-3/0	0 / 3	3 / 6	6 / 9			9 / 12			12/15			15/18
									7	8	9	10	11	12	13	14	15	
%100 MEKANİK SOĞUTMA SENARYOSU İÇİNDE SOĞUTMA GRUBU GÜÇ HESABI																		
Kompresör gücü (%100) (kw) *	14,83								14,83			15,61			16,44			17,30
Fan gücü (kw) *	3,12								3,12			4,68			6,24			6,24
Soğutma Grubu gücü (kw)	17,95								17,95			20,29			22,68			23,54
* Kondenser Hava Giriş Sıcaklığının Düşmesiyle Birlikte Kompresör verimi artmaktadır. Bu nedenle kompresör gücü düşmektedir. Bunun yanı sıra kondenser fanları adım (step) kontrollü olarak devreden çıkmaktadırlar ve fan güçleri de azalmaktadır.																		
KİSMİ SOĞUTMA ÇALIŞMASI SENARYOSU İÇİNDE SOĞUTMA GRUBU GÜÇ HESABI																		
Kompresör gücü (% Kısmi) (kw) *	0,00								3,46			8,00			12,20			-
Fan gücü (kw) *	0,00								3,12			4,68			6,24			-
Soğutma Grubu gücü (kw)	0,00								6,58			12,68			18,44			0,00
KİSMİ VE %100 DOĞAL SOĞUTMA SENARYOSU İÇİN A SINIFI KURU SOĞUTUCU GÜÇ HESABI																		
Fan gücü (kw) **	0,80	0,80	0,80	1,20	1,20	1,60	1,60	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00	
** Hava Giriş Sıcaklığının Düşmesiyle Birlikte Kuru Soğutucu fanları da adım (step) kontrollü olarak devreden çıkmaktadırlar ve fan güçleri azalmaktadır. Yapılan Hesaplamalarda Fanların kontrol ile çalışmayı durdurma sıcaklıkları yukarıdaki aralıklarından 1-2 C farklılık göstermekle birlikte meteorolojik sıcaklık aralıkları fan kontrolleri içinde temel aralık kabul edilmiştir.																		
KİSMİ SOĞUTMA SENARYOSU A SINIFI KURU SOĞUTUCU İLE TOPLAM GÜÇ HESABI																		
Toplam gücü (kw)	0,80	0,80	0,80	1,20	1,20	1,60	1,60	2,00	8,58	14,68	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	0,00	
KİSMİ VE %100 DOĞAL SOĞUTMA SENARYOSU İÇİN C SINIFI KURU SOĞUTUCU GÜÇ HESABI																		
Fan gücü (kw) **	1,32	1,32	1,98	1,98	2,64	2,64	3,30	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	0,00	
** Hava Giriş Sıcaklığının Düşmesiyle Birlikte Kuru Soğutucu fanları da adım (step) kontrollü olarak devreden çıkmaktadırlar ve fan güçleri azalmaktadır.																		
KİSMİ SOĞUTMA SENARYOSU C SINIFI KURU SOĞUTUCU İLE TOPLAM GÜÇ HESABI																		
Toplam gücü (kw)	1,32	1,32	1,98	1,98	2,64	2,64	3,30	3,96	10,54	16,64	22,68	22,68	22,68	22,68	22,68	22,68	0,00	
															Bu bölgede verimsizdir. Bu nedenle %100 Mekanik Soğutma			
KİSMİ VE %100 DOĞAL SOĞUTMA SENARYOSU İÇİN E SINIFI KURU SOĞUTUCU GÜÇ HESABI																		
Fan gücü (kw) **	4,00	4,00	4,00	6,00	6,00	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	0,00	
** Hava Giriş Sıcaklığının Düşmesiyle Birlikte Kuru Soğutucu fanları da adım (step) kontrollü olarak devreden çıkmaktadırlar ve fan güçleri azalmaktadır.																		
KİSMİ SOĞUTMA SENARYOSU E SINIFI KURU SOĞUTUCU İLE TOPLAM GÜÇ HESABI																		
Toplam gücü (kw)	4,00	4,00	4,00	6,00	6,00	8,00	8,00	10,00	17,95	20,29	22,68	22,68	22,68	22,68	22,68	22,68	0,00	
Bu şartlarda E sınıfı Bir ürün ancak %100 Doğal Soğutma Bölgesinde Kullanılabilir.									Bu şartlarda E sınıfı Bir ürün verimli değildir. Bu nedenle % 100 mekanik soğutma yapılmaktadır.									

Tablo 7 A ve B için Notlar:

1. Karşılaştırmada Kuru Soğutucu olarak, A , C ve E sınıfı iki farklı enerji sınıfından ürün seçilmiştir.
2. A sınıfı ürün FYKS 80 25 D 4 2,5 D E (10 Fanlı); C sınıfı ürün FYKS 63 26 D 4 3,2 L (12 Fanlı); E sınıfı ürün FYKS 80 15 D 3 2,5 S (5 Fanlı) modelleri seçilmiştir [11].
3. Soğutma kompresörü oransal kontrol edilebilen RC2-100B model Vidalı Kompresördür [19].
4. Soğutma grubu kondenseri Hava soğutmalı FUH YK 63 24 C1 2,5 S modeli seçilmiştir [11].
5. Tablo 7A sadece A sınıfı Kuru Soğutucu içindir.
6. Tablo 7A'da (*) Yıldız ile işaretli kapasite değerleri 3 yollu vananın dönüş ve gidiş suyunu karıştırmaya ile 132 kw olmaktadır. Diğer türlü kapasite yükselmekte, gidiş suyu sıcaklığı 10°C nin altına düşmektedir.
7. Kuru Soğutucuların farklı giriş sıcaklıklarındaki kapasite hesabı sabit akışkan debisi ile yapılmıştır.
8. Yapılan Hesaplamalarda Fanların adım (step) kontrol ile devre dışı kalma sıcaklıkları tabloda belirtilen sıcaklık aralıklarından 1-2 °C farklılık göstermekle birlikte, meteorolojik sıcaklık aralıkları temel aralıklar kabul edilmiştir. Farklı Kuru Soğutucular için farklı fan adım (step) kontrol sıcaklıkları olabilir. Fan sayısı ve sıcaklık değişim bölgesine bağlı olarak güçler değişiklik gösterebilir.
9. Hesap aralığı -18/-15 ve +18/+15 °C olarak kabul edilmiştir.
10. Pompalama güçleri karşılaştırma hesabına katılmamıştır.
11. Kuru soğutucu ve kondenser fanlarının adım (step) kontrollü olarak çalıştığı kabul edilmiştir.
12. Yukarıdaki değerler üretici firmaların ürün seçim programları kullanılarak bulunmuştur.

Tablo 8.'de Ankara şehrimiz için kuru soğutucu ve soğutma grubu birlikte çalışma senaryosunda enerji kazancı hesabı verilmektedir. Tablo 9.'de ülkemizdeki şehirlerde doğal soğutma ile elde edilebilecek enerji kazancı hesabı verilmektedir.

TABLO 8. KURU SOĞUTUCU VE SOĞUTMA GRUBU BİRLİKTE ÇALIŞMA SENARYOSU (ANKARA)																
Sıcaklık Tekrar Sıklığı (saat/Yıl)	2	14	52	140	318	575	823	878	876			851	866			899
Günlük 16 saat çalışma için Tekrar Sıklığı (saat/Yıl)	1,3	9,3	34,7	93,3	212,0	383,3	548,7	585,3	584,0			567,3	577,3			599,33 3
Sıcaklık Aralığı (°C)	-18/-15	-15/-12	-12/-9	-9/-6	-6/-3	-3/0	0 / 3	3 / 6	6 / 9			9 /12	12/15			15/18
									7	8	9		13	14	15	
%100 MEKANİK SOĞUTMA																
Harcanan Enerji (kW/h)	17,95 5	17,95	17,95 5	17,95	17,95	17,95	17,95	17,95	17,95	17,95	17,95	20,29	22,68	22,68	23,54	23,54
Harcanan Toplam Enerji (kW)	23,9	167,5	622,3	1675,3	3805,4	6880,8	9848,6	10506,7	3494,3	3494,3	3494,3	11511,2	4364,6	4364,6	-	-
Saatlik Enerji Bedeli(€/kWh)	0,09 €															
Harcanan Enerji Bedeli (€)	2 €	15 €	56 €	151 €	342 €	619 €	886 €	946 €	314 €	314 €	314 €	1.036 €	393 €	393 €	-	-
TOPLAM Harcanan Enerji Bedeli (€)	5.783 €															
KISMİ SOĞUTMA: A SINIFI KURU SOĞUTUCU KULLANIMI İLE KARŞILAŞTIRMA																
Harcanan Enerji (kW/h)	0,8	0,8	0,8	1,2	1,2	1,6	1,6	2	2	8,58	8,58	14,68	20,44	20,44	-	-
Harcanan Toplam Enerji (kW)	1,1	7,5	27,7	112,0	254,4	613,3	877,9	1170,7	1670,2	1670,2	1670,2	8328,5	3933,6	3933,6	-	-
Saatlik Enerji Bedeli (€/kWh)	0,09 €															
Harcanan Enerji Bedeli (€)	0 €	1 €	2 €	10 €	23 €	55 €	79 €	105 €	150 €	150 €	150 €	750 €	354 €	354 €	-	-
TOPLAM Harcanan Enerji Bedeli (€)	2.184 €															
HESAPLAR	YILLIK KAZANÇ (EURO)					VERİMLİLİK (%)					YATIRIM GERİ DÖNÜŞÜ (YIL)					
	3.598 €					62,23%					3,6					
KISMİ SOĞUTMA: C SINIFI KURU SOĞUTUCU KULLANIMI İLE KARŞILAŞTIRMA																
Harcanan Enerji (kW/h)	1,98	1,98	1,98	2,64	2,64	3,3	3,96	3,96	3,96	10,54	10,54	16,64	22,68	22,68	23,54 4	23,54
Harcanan Toplam Enerji (kW)	2,6	18,5	68,6	246,4	559,7	1265,0	2172,7	2317,9	2051,8	2051,8	2051,8	9440,4	4364,6	4364,6	-	-
Saatlik Enerji Bedeli (€/kWh)	0,09 €															
Harcanan Enerji Bedeli (€)	0 €	2 €	6 €	22 €	50 €	114 €	196 €	209 €	185 €	185 €	185 €	850 €	393 €	393 €	-	-
TOPLAM Harcanan Enerji Bedeli (€)	2.788 €															
HESAPLAR	YILLIK KAZANÇ (EURO)					VERİMLİLİK (%)					YATIRIM GERİ DÖNÜŞÜ (YIL)					
	2.995 €					51,79%					4,1					
KISMİ SOĞUTMA: E SINIFI KURU SOĞUTUCU KULLANIMI İLE KARŞILAŞTIRMA																
Harcanan Enerji (kW/h)	4	4	4	6	6	8	8	10	10	17,95	17,95	20,29	22,68	22,68	23,54 4	23,54
Harcanan Toplam Enerji (kW)	5,3	37,3	138,7	560,0	1272,0	3066,7	4389,3	5853,3	3494,3	3494,3	3494,3	11511,2	4364,6	4364,6	-	-
Saatlik Enerji Bedeli (€/kWh)	0,09 €															
Harcanan Enerji Bedeli (€)	0 €	3 €	12 €	50 €	114 €	276 €	395 €	527 €	314 €	314 €	314 €	1.036 €	393 €	393 €	-	-
TOPLAM Harcanan Enerji Bedeli (€)	4.144 €															
HESAPLAR	YILLIK KAZANÇ (EURO)					VERİMLİLİK (%)					YATIRIM GERİ DÖNÜŞÜ (YIL)					
	1.639 €					28,34%					5,5					

Tablo 9. Türkiye'deki Şehirlerde Doğal Soğutma ile Elde Edilebilecek Enerji Kazancı Tablosu

Şehirler		Sıcaklık Tekrarlanma Sıklığı (saat/Yıl)												Enerji Kazancı (%)		
Sıcaklık (°C)		-18/-15	-15/-12	-12/-9	-9/-6	-6/-3	-3/0	-3 / 0	3 / 6	6 / 9	9 /12	12/15	15/18	A Sınıfı	C Sınıfı	E Sınıfı
1	Erzurum	176	246	332	461	601	712	849	772	811	789	712	630	71%	61%	39%
2	Hakkari	29	88	203	359	599	794	831	659	616	661	630	704	70%	60%	39%
3	Ardahan	234	333	435	530	623	724	757	793	902	923	760	590	70%	60%	39%
4	Ağrı	170	213	290	373	572	678	786	671	695	774	728	663	69%	60%	38%
5	Kars	202	285	411	504	596	691	775	746	839	900	824	651	69%	59%	38%
6	Muş	116	167	233	294	485	683	826	585	631	693	709	695	69%	59%	37%
7	Bitlis	13	42	114	252	474	858	1085	788	734	795	770	689	68%	57%	35%
9	Van	22	70	149	287	470	748	941	827	781	803	785	802	67%	57%	34%
8	Bayburt	102	186	300	433	577	728	843	805	887	978	881	694	67%	57%	34%
10	Bingöl	21	48	98	198	368	639	917	768	722	704	682	696	67%	56%	33%
12	Tunceli	21	42	85	175	300	534	911	791	743	710	694	691	66%	55%	33%
11	İğdır	22	48	104	207	440	723	691	649	661	724	740	787	66%	55%	33%
13	Erzincan	29	61	131	253	425	639	781	787	812	820	795	812	65%	55%	32%
15	Elazığ	3	16	53	136	305	573	836	837	787	750	692	705	65%	54%	32%
14	Sivas	54	98	178	292	460	658	865	844	859	934	947	808	64%	54%	32%
16	Yozgat	17	52	122	272	467	680	940	930	894	928	984	838	64%	54%	31%
18	Çankırı	8	22	60	167	358	659	943	874	826	831	869	867	64%	54%	30%
17	Konya	9	33	76	169	373	643	796	847	843	808	808	835	64%	54%	30%
19	Kayseri	28	61	121	237	416	680	804	804	864	907	886	780	64%	53%	30%
21	Malatya	0	4	32	103	253	540	795	833	792	728	693	715	63%	53%	30%
20	Gümüşhane	20	47	113	261	475	702	859	846	890	946	995	940	63%	53%	30%
22	Kastamonu	2	17	55	133	378	802	1034	940	903	965	996	866	63%	53%	30%
23	Eskişehir	2	12	52	168	365	708	870	887	904	876	920	886	63%	53%	29%
24	Kırşehir	13	39	83	182	347	579	824	825	847	872	861	903	63%	52%	29%
25	Çorum	8	16	55	153	348	664	950	899	918	948	943	862	62%	52%	29%
26	Kırıkkale	5	12	33	118	278	561	833	885	842	823	826	890	62%	52%	28%
28	Ankara	2	14	52	140	318	575	823	878	876	851	866	899	62%	52%	28%
27	Nevşehir	11	35	95	224	372	545	807	959	937	954	946	866	62%	52%	28%
29	Niğde	20	42	97	198	341	586	776	814	879	912	919	907	62%	52%	28%
30	Afyon	2	13	63	149	332	598	797	917	947	916	924	893	62%	51%	28%
31	Kütahya	2	13	45	144	343	652	822	937	969	968	976	926	61%	51%	27%
32	Aksaray	9	29	73	159	283	511	753	793	892	883	881	896	61%	50%	27%
33	Karaman	17	36	70	162	336	520	654	811	914	907	874	881	61%	50%	27%
34	Isparta	0	2	20	86	240	528	802	939	1078	975	844	833	60%	50%	26%
35	Diyarbakır	4	9	25	64	177	379	666	787	864	797	701	650	60%	49%	26%
36	Bolu	3	20	45	105	275	667	925	901	985	1061	1090	946	60%	49%	25%
37	Uşak	0	0	7	50	186	423	748	981	1065	940	873	876	59%	48%	24%
38	Edirne	0	2	13	55	166	414	749	880	871	864	886	961	59%	48%	24%
39	Siirt	0	1	10	30	79	281	670	869	890	782	685	644	59%	48%	24%

Tablo 9. Türkiye'deki Şehirlerde Doğal Soğutma ile Elde Edilebilecek Enerji Kazancı Tablosu (Devamı)

Şehirler		Sıcaklık Tekrarlanma Sıklığı (saat/Yıl)												Enerji Kazancı (%)		
Sıcaklık (°C)		-18/-15	-15/-12	-12/-9	-9/-6	-6/-3	-3/0	-3/0	3/6	6/9	9/12	12/15	15/18	A Sınıfı	C Sınıfı	E Sınıfı
40	Mardin	0	0	1	19	99	297	613	881	870	798	664	620	59%	48%	24%
41	Burdur	0	0	4	52	176	406	689	949	1077	935	841	867	58%	48%	24%
42	Bilecik	0	0	3	26	174	491	811	904	923	936	975	1088	58%	48%	23%
43	Amasya	2	4	8	36	147	428	751	874	887	888	903	987	58%	48%	23%
44	Artvin	0	0	2	30	159	477	846	915	892	929	1037	1231	58%	47%	23%
45	G.Antep	0	0	2	20	84	294	638	920	958	857	738	705	58%	47%	22%
46	Tokat	3	7	21	71	209	476	767	807	885	1003	1019	1028	57%	47%	22%
47	Kırklareli	0	1	9	55	140	359	770	883	905	964	938	963	57%	47%	22%
48	Karabük	0	0	0	10	109	381	750	948	965	934	1054	1085	56%	46%	22%
49	Batman	0	5	20	34	96	273	540	755	871	847	756	705	56%	45%	21%
50	Bartın	0	0	3	15	74	336	725	969	1112	1034	1063	1050	55%	44%	20%
51	Balıkesir	0	0	1	12	68	251	572	825	1013	972	932	909	53%	43%	20%
52	Adıyaman	0	0	0	6	40	151	464	811	971	887	737	687	53%	43%	18%
53	Bursa	0	0	2	5	36	237	568	810	1028	981	942	985	53%	42%	18%
54	Kahramanmaraş	0	0	0	3	30	155	420	775	977	925	788	708	52%	41%	17%
55	Tekirdağ	0	0	1	14	60	183	498	893	1074	1084	969	1002	52%	41%	17%
57	Adapazarı	0	0	0	2	22	152	545	886	1053	977	1035	1090	51%	41%	17%
56	Muğla	0	0	0	4	47	220	487	781	1153	1113	868	805	51%	41%	16%
58	Zonguldak	0	0	0	0	12	122	505	1018	1024	989	1120	1228	51%	41%	16%
59	Kocaeli	0	0	0	1	14	115	502	852	1025	978	994	1097	51%	40%	16%
60	Şanlıurfa	0	0	0	2	23	99	323	687	951	902	749	657	50%	39%	16%
61	Denizli	0	0	0	3	31	171	418	684	930	1023	923	848	49%	39%	16%
62	İstanbul	0	0	0	0	15	95	389	913	1144	1090	1025	983	49%	39%	15%
63	Kilis	0	0	0	0	12	80	298	713	1059	976	794	733	49%	38%	14%
64	Manisa	0	0	0	0	13	137	363	668	932	973	899	858	49%	38%	14%
65	Yalova	0	0	0	0	8	88	398	836	1088	1091	1042	1095	48%	38%	14%
66	Çanakkale	0	0	0	1	27	152	405	738	981	1048	1126	1017	48%	37%	14%
67	Samsun	0	0	0	0	9	68	350	836	1177	1104	1087	1134	47%	37%	13%
68	Rize	0	0	0	0	3	52	392	820	1178	1155	1067	1114	47%	37%	13%
69	Ordu	0	0	0	0	3	63	358	811	1221	1154	1089	1099	47%	36%	13%
70	Sinop	0	0	0	0	4	48	287	845	1357	1153	1074	1080	47%	36%	12%
71	Trabzon	0	0	0	0	6	54	286	788	1205	1095	1044	1141	47%	36%	12%
72	Giresun	0	0	0	0	0	42	290	785	1252	1114	1085	1123	46%	36%	12%
73	Aydın	0	0	0	0	2	59	245	478	810	1066	1082	995	42%	31%	10%
74	Antakya	0	0	0	0	2	35	160	362	736	1055	992	918	39%	29%	8%
75	İzmir	0	0	0	0	0	25	162	440	749	1056	1142	990	39%	29%	8%
76	Antalya	0	0	0	0	0	6	103	336	755	1080	1113	1138	36%	26%	6%
77	Adana	0	0	0	0	0	12	71	274	635	1024	1023	986	35%	25%	6%
78	Mersin	0	0	0	0	0	2	42	170	480	943	1108	1148	31%	21%	4%

3. KURU VE ISLAK KURU SOĞUTUCULARIN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Bir kuru soğutucunun ihtiyaç duyulan performansı gösterebilmesi için dikkat edilmesi gereken tasarım kriterleri vardır. Diğer bir bakış açısından ele alınırsa, bazı noktalar belirlenmeden verilen soğutma kapasitesi bilgisi anlamlı değildir.

Doğal soğutma sistemlerinde kullanılan kuru soğutucuların tasarım ve seçimi için gerekli veriler ünitenin boyutları, ortam giriş havası kuru ve yaş termometre sıcaklıkları, proses su giriş ve çıkış sıcaklıkları, su debisi, su tarafı basınç kaybı istenen değeri, glikol oranı ve istenen soğutma kapasitesi değerleridir.

Üretici firmalar, yukarıda belirtilen tasarım verileri ve istenen ek özelliklerin bilinmesi sureti ile kendi üretim tekniklerine uygun olarak kuru soğutucu tasarımı ve imalatı yapabilir. Üretici firmanın performans onaylı tasarım yazılımının olması ve bataryaların bu yazılım/program yardımı ile tasarım edilmesi sonradan ortaya çıkabilecek telafisi zor olumsuz durumları önlemede çok önemlidir.

3.1. Akışkan Özellikleri

Sistemin soğutma suyu ihtiyacında %100 su kullanılabileceği gibi, eksi dış ortam sıcaklığı altında çalışan sistemlerde donmayı önlemek için glikol-su karışımı (salamuralı) suyun kullanılması gerekmektedir. Örneğin, hacmen %20 etilen-glikollü bir karışım yaklaşık -8°C , %30 etilen-glikollü bir karışım ise yaklaşık -16°C 'a kadar koruma sağlar (Bakınız Tablo 10) [9].

Kuru Soğutucularda Donma:

Kış aylarında kuru soğutucularda donma riskine karşı önlem alınmalıdır. Aksi takdirde, iç akışkanın donması sonucu borularda oluşacak tahribatın onarılması neredeyse imkansızdır (Onarım yapılabilse bile, getireceği ek maliyetin yanında, kuru soğutucunun performansının düşmesi de söz konusudur). Ülkemizde, donma sonucu kullanılamaz hale gelmiş kuru soğutucuların tamamen yenilenmek zorunda kaldığı örneklerle sıklıkla rastlanmaktadır. Şekil 12.'de donma sonucu bir kuru soğutucunun borularında meydana gelmiş tipik hasar gösterilmektedir [11].



Şekil 12. Donma sonucu kuru soğutucu borularında meydana gelen tipik bir hasar [11]

Donma riskine karşı genel olarak uygulanan önlem, sistemin kullanım dışı bırakıldığı soğuk havalarda kuru soğutucu içindeki suyun boşaltılmasıdır. Bununla birlikte, borulama yapısından dolayı kuru soğutucu içindeki suyun tam olarak boşaltılması mümkün olmadığından, soğutma suyuna yeterli oranda antifriz (etilen-glikol) katılması gereklidir. Bu işlem ülkemizde sıklıkla meydana gelen plansız elektrik kesintilerinden dolayı yaşanabilecek donma olaylarını önlemek için de gerekli bir durumdur. Tablo 10.'da antifriz oranına göre karışımların donma noktası verilmiştir [9]. Burada dikkat edilmesi gereken nokta glikol oranının % 60'ının üstüne çıkması durumunda donma sıcaklıklarının yükselmeye başlamasıdır.

Tablo 10. Antifriz Oranına Göre Karışımın Donma Noktası [9]

Hacimsel Karışım Oranı	Donma Sıcaklığı
%100 Su	0 °C
% 90 Su + % 10 Glikol Karışımı	-3 °C
% 80 Su + % 20 Glikol Karışımı	-8 °C
% 70 Su + % 30 Glikol Karışımı	-16 °C
% 60 Su + % 40 Glikol Karışımı	-25 °C
% 50 Su + % 50 Glikol Karışımı	-37 °C
% 40 Su + % 60 Glikol Karışımı	-50 °C
% 30 Su + % 70 Glikol Karışımı	<-50 °C
% 20 Su + % 80 Glikol Karışımı	-45 °C
% 10 Su + % 90 Glikol Karışımı	-28 °C

Kuru soğutucu tasarımında ve seçiminde soğutma suyuna eklenecek glikol oranının da hesaba katılması gerekir. Aksi takdirde, suya eklenecek glikolun soğutma kapasitesinde yol açacağı düşüş, kuru soğutucudan beklenen performansın alınamamasına yol açacaktır. Dolayısıyla, kuru soğutucunun soğutma kapasitesinin değeri, tasarım şartları ve glikol oranı bilgisi verilmezse bir anlam taşımaz.

Kuru soğutucularda standart kapasiteler TS EN 1048 (Isı Değiştiriciler-Hava Soğutmalı Sıvı Soğutucular "Kuru Soğutucular"-Performansın Belirlenmesi İçin Deney Metotları) standardına göre hacmen %34 etilen glikol oranı için tanımlanmaktadır.

%100 Sulu Kuru Soğutucular (Düşük sıcaklıklarda Glikol-Antifriz kullanmaksızın %100 su ile Doğal soğutma yapılması):

Glikol-su karışımli sistemin kullanımı durumunda, soğutucu bataryada donmayı önlemek için kullanılan glikol-su karışımının kapasitesinin %100 su kullanılan sistemlere göre çok daha düşük olduğu ve bu nedenle de daha büyük ısı transfer alanına, dolayısıyla daha büyük (maliyeti daha yüksek) bir soğutucu chillere gereksinim olduğudur. İkinci nokta ise kalıplarda glikol-su karışımının kullanılmasının sakıncalı olmasıdır ki bu durumda glikol-su sistemine göre dizayn edilmiş soğuk sulu ünite ile soğuk su devresi arasına ek bir plakalı ısı değiştirgecine ve ek sirkülasyon pompasına gereksinim duyulur. Bu durum tasarımcı ve kullanıcılar için genellikle tercih edilmez ve %100 su kullanan sistemler tercih edilir. Tasarım öncesi uygulama yeri ve sıcaklıklarına göre bu durumlar muhakkak dikkate alınmalıdır.

Glikol kullanılmayan kuru soğutuculu sistemlerde donmanın olmaması yukarıda açıklanan nedenler ile önemlidir. Bu sistemlerde, suyun sirküle etmediği durumlarda kendiliğinden drenaj edileceği sistemler geliştirilmiştir. "Kendiliğinden drenaj sistemli kuru soğutucular" olarak da adlandırılan bu üniteler kullanımda avantajlar sağlamaktadır.

3.2 Kuru Soğutucularda Standart Kapasite ve Enerji Sınıflandırması

Kuru soğutucularda standart kapasiteler TS EN 1048 (Isı Değiştiriciler-Hava Soğutmalı Sıvı Soğutucular "Kuru Soğutucular"-Performansın Belirlenmesi İçin Deney Metotları) standardına göre hacmen %34 etilen glikol oranı için tanımlanmaktadır.



Şekil 13. Ürünlerde enerji verimliliği EUROVENT Rating Standard (For Forced Convection Air Cooled Liquid Coolers -Dry Coolers) 7/C/003 – 2007 standardına göre aşağıdaki tabloda verilen değer aralıkları için hesaplanabilir (Bkz. Tablo 4) [20].

Tablo 11. Enerji Verimliliği Sınıfı [20]

Sınıf	Enerji Sarfıyatı	Enerji Oranı (R)*
A	En Düşük (Extremely low)	$R \geq 110$
B	Çok Düşük (Very low)	$70 \leq R < 110$
C	Düşük (Low)	$45 \leq R < 70$
D	Orta (Medium)	$30 \leq R < 45$
E	Yüksek (High)	$R < 30$

Enerji oranı "R", ürün standart kapasitesinin fan motorlarının toplam enerji tüketimine bölünmesi ile elde edilir.

4. KURU VE ISLAK KURU SOĞUTUCULARIN MALZEME VE KONSTRÜKTİF ÖZELLİKLERİ

Soğutma ünitesinin ekonomik ömrü, kullanım şartlarına uygun malzeme seçimine bağlıdır ve özellikle ünite içerisindeki soğutucu batarya endüstriyel şartlara uygun olarak üretilmiş olmalıdır.

4.1 Soğutucu Batarya Özellikleri

Soğutucu bataryalar, 97/23/EC PED (Basıncılı Ekipmanlar Direktifi) altında tanımlanan SEP (Sound Engineering Practice) kapsamına uygun üretilmelidir. EUROVENT (Eurovent 7/C/005-97 Rating Standard for forced circulation air cooling and air heating coils) veya muadili bağımsız kuruluşların ölçüm standartlarının şartlarını sağlamalı; kapasite, hava tarafı basınç kaybı ve akışkan tarafı basınç kaybı değerleri açıkça tarif edilmiş test sonuçlarına dayanmalıdır. Aksi takdirde soğutucu ünitenin enerji verimliliği düşük olacak ve bu tüm sistem verimine olumsuz olarak yansıtacaktır.

4.2 Borular

Soğutucu bataryalar için performans ve ekonomiklik göz önüne alındığında en uygun boru malzemesi bakırdır. Borularda kullanılan bakırın kalitesi, kuru soğutucunun ömrünü belirleyen en önemli özelliklerden biridir. Zayıf malzeme kullanılması durumunda özellikle büküm ve lehim yerlerinde sorunla karşılaşılır. Bu nedenle kullanılan bakır borular uluslararası standartlarda üretilmiş olmalıdır.

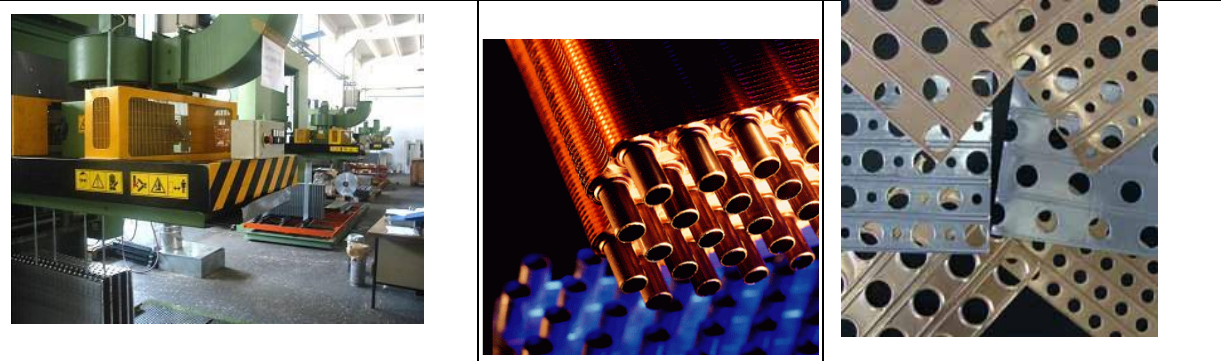
Ürün üzerinden ölçümü mümkün olmadığı için, kuru soğutucu seçilirken mutlaka üreticiden boru et kalınlığı bilgisi alınmalıdır. Boruların ayna saclarına teması engellenmeli ve borularda kaçaksız uzun çalışma ömrü garanti edilmelidir.



Şekil 14. Boru Şişirme Makinesi ile Bakır Boruların Şişirme işlemi ve Dirseklerin (Kurvele) görünümü [11]

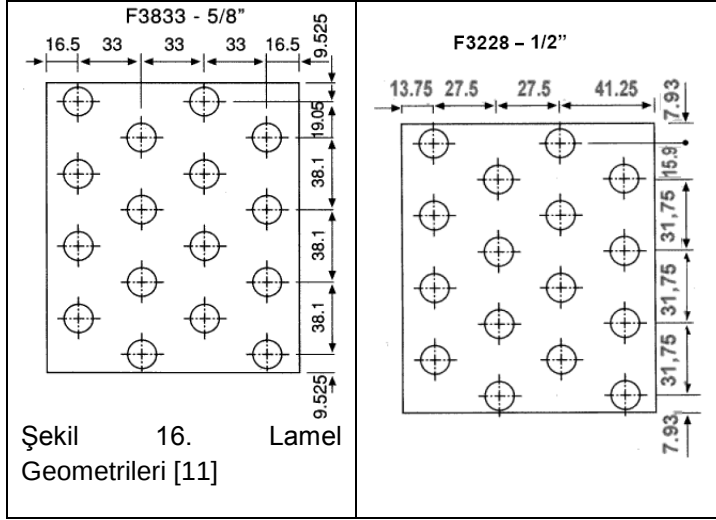
4.3 Lameller (Kanatlar)

Kuru soğurucularda yaygın olarak kullanılan lamel malzemesi alüminyumdur. Genel uygulamalarda, Kuru soğurucunun ekonomik ömrünün uzun olması için epoksi kaplı alüminyum tercih edilir. Epoksi kaplama, ortamın aşındırıcı etkisine karşı lamel dayanımını önemli ölçüde artırır. Özellikle deniz yakınlarında ve enerji tesislerinde epoksi kaplı lamel uygulaması gereklidir. Epoksi kaplamanın yetersiz kalabileceği çok korozif ortamlarda, epoksi ve poliüretan kaplama uygulaması tavsiye edilir.



Şekil 15. Lamel Pres Hatları ve lameller [11]

4.4 Lamel Geometrisi



Kuru soğutucu tasarımı boru çapı ve borular arasındaki mesafeleri tanımlayan lamel geometrisi, kapasite ve basınç kayıpları üzerinde etkilidir. Lamel geometrisi, tasarım şartlarında ihtiyaç duyulan soğutma kapasitesinin uygun basınç kayıpları dahilinde sağlanacağı şekilde üretici tarafından kendi standartları arasından seçilir. Yoğun borulu geometrilerin daha avantajlı kapasite/fiyat değeri verdikleri söylenebilir; fakat bu durumda basınç kayıpları da artacağı için optimizasyona gidilmesi gerekmektedir.

Pratik olarak, aynı ısı transfer yüzeyine sahip fakat farklı lamel geometrisi kullanılmış Kuru soğutucuların, aynı şartlarda farklı soğutma kapasitesi ve farklı basınç kayıpları vereceğine dikkat edilmesi önemlidir.

4.5 Kasetleme

Kuru soğutucular kendini taşıyıcı bir konstrüksiyona sahip olmalı ve monte edileceği zemine ilave bir konstrüksiyona ihtiyaç duymadan yerleştirilebilmelidir.

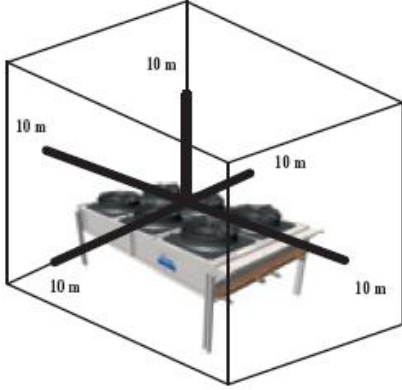


Kuru soğutucularda kaset malzemesi, ortam şartlarına göre seçilir. Genel uygulamalarda kasetleme malzemesi olarak elektrostatik toz boya kaplı galvanizli çelik kullanılır. Daha dayanıklı malzemenin gerektiği yerlerde, paslanmaz çelik kasetleme tercih edilebilir ancak bu durum oldukça maliyetli olacaktır.

Her fan bölmesi diğerinden sac levhalarla ayrılmalı, duran fanların ters dönüş etkisi önlenmelidir. Üniteler üzerinde müdahale kapaklarının olması tavsiye edilir.

Şekil 17. Kuru Soğutucu ünite uygulaması [11]

4.6. Ses Seviyesi ve Fanlar



Özellikle yerleşim yerlerine yakın uygulamalarda kuru soğutucuların çalışma sırasında fazla gürültülü olmaması önemli bir kriter haline gelir. Temel olarak fan motorundan ve fan kanatlarının yapısından kaynaklanan ses seviyesi, üretici verileri değerlendirilerek belirlenir ve uygun sınırlar arasında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Gerekirse motor devri düşürülerek ses seviyesi azaltılabilir; bu durumda gerekli soğutma kapasitesinin sağlanması için ısı değiştiricisinin ısı transfer yüzeyi artırılmalıdır.

Şekil 18. Ses seviyesi hesabı için çevreleyici Yüzey (Hesaplama Ses basınç seviyesi, EN 13487'ye göre Çevreleyici Yüzey Metodu kullanılarak örn.:10 m mesafe için hesaplanır; ortamın ses izolasyon ve akustiğine göre değişebilir.) [11]

Kuru ve Islak/Kuru Soğutucu seçiminde dikkat edilmesi gereken bir nokta da, tasarımın ortam sıcaklığının yüksek olduğu zamanlarda ihtiyaç duyulan soğutma kapasitesini sağlayacak şekilde yapılması gerekliliğidir. Ancak, hava sıcaklığının daha düşük olduğu zamanlarda, istenen kapasitenin elde edilmesi için fanların hepsinin tam devirde çalışması gereksiz ve masraflı olur. Soğutma suyu çıkış sıcaklığı üzerinden kontrol edilen sistemlerde, fanların düşük devirle çalıştırılması veya devreden çıkarılması ile sistem için uygun debide hava tedariki sağlanır. Otomatik kontrol ile birlikte çift devirli fanların, hız kontrol cihazlarının ve Elektronik kontrollü EC fanların kullanılması sisteme ek enerji tasarrufu kazandıracaktır.

4.6.1 Çift Devirli Fanlar

Değişken debide hava sağlanması için en pratik yol, çift devirli fan kullanımıdır. En yüksek çalışma devrinin 3 / 4 'ü gibi bir ikinci hızda da çalışabilen bu fanlar sayesinde, hava giriş sıcaklığının tasarım sıcaklığının çok altına düştüğü zamanlarda önemli oranda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Örneğin, 870 kW'lık 4 fanlı bir kuru soğutucu, ortam sıcaklığı 33 °C'tan 20 °C'a düştüğünde fan devri düşürülerek çalıştırılabilir. Bu durumda fan başına 0,75 kW az güç harcanır ki bu da % 40'a yakın tasarruf demektir. Bu örnek 4 fan içindir; çoğu tesiste çok daha fazla fanlı sistemler kullanılmaktadır.

Örnekte kullanılan 800 mm çaplı fanın her iki devirde harcadığı güç ve daha düşük devirlerde kullanılabilecek diğer bir fana ait veriler aşağıdadır [18].

Tablo 12. 800mm Çaplı Fanın Hıza Bağlı Harcadığı Güç [21]

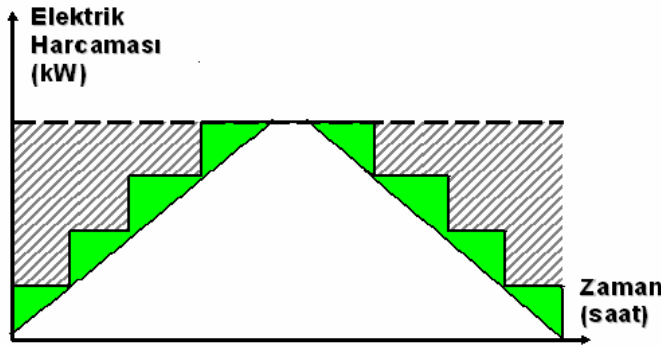
880 d/d	2,00 kW
660 d/d	1,25 kW
440 d/d	0,37 kW
330 d/d	0,20 kW

4.6.2 Fan Hız Kontrol Üniteleri

Tek devirli fanlarda da, çift devirli fanlarda da kullanılabilen kontrol üniteleri ile de hava debileri ihtiyaca göre değiştirilebilir.

Fan devirleri üzerinde hassas kontrol gerekmeyen yerlerde, fanların sırayla devreye girdiği ve devreden çıktığı step kontrol sistemleri uygulanır. Fanların hangi sırayla çalışacakları kullanıcı tarafından tariflenebilmektedir; fan çalışma sürelerinin dengeli dağıtıldığı alternatifler de vardır. Step kontrol üniteleri fanın sadece açık ya da kapalı olması esasına göre çalıştığı için, fan devrinin kontrol edildiği sistemlerden daha ucuza maledilebilmektedir. Bu nedenle, çok sayıda fanın bulunduğu ve hassas kontrol gerektirmeyen sistemlerde genellikle bu yöntem tercih edilir.

Aşağıdaki grafikte, 4 fanlı bir kuru soğutucunun step kontrollü çalışmada elektrik harcamasındaki tasarruf görülmektedir. Günü sıcak saatlerinde 4 fanın da çalıştığı, en serin saatlerde ise tek fanın yeterli olduğu kabul edilmiştir.



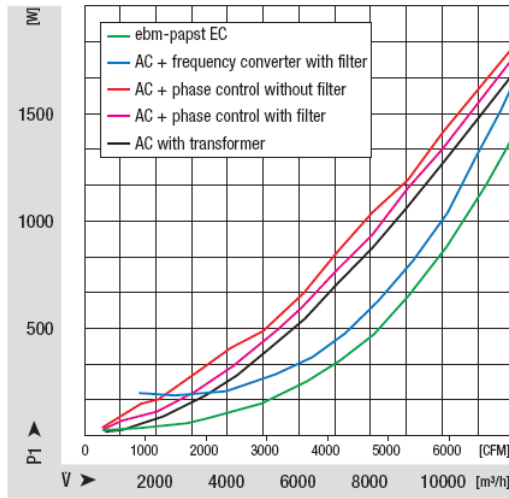
Grafik 4. Fanların step kontrol uygulanarak ihtiyaca göre devreye alındığı bir kuru soğutucuda bir günlük periyotta fanların elektrik harcaması. (Taralı alan, tüm fanların sürekli kullanılmaması sayesinde tasarruf edilen elektrik miktarını kWh olarak göstermektedir.)

Step Kontrollü Sistemdeki Kazanç (Taralı Bölge)	EC Fanlı Sistemdeki Ek Kazanç (Yeşil Bölge)
---	---

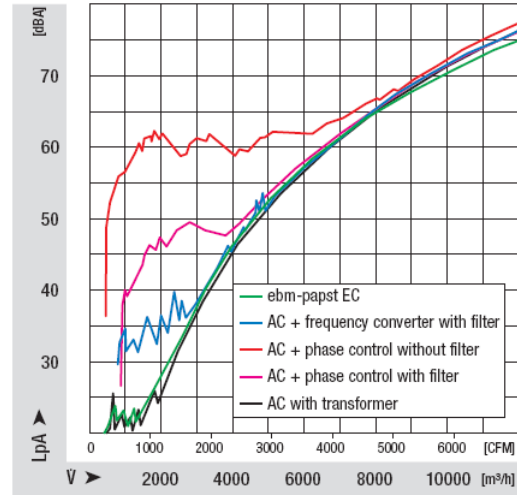
Soğutma suyu dönüş sıcaklığının fazla değişmemesi istenen ve kullanılan fan adedinin az olduğu yerlerde step kontrol ile yeterli sonuç alınamaz. Böyle yerlerde fan devirlerinin kontrol edildiği ve dolayısıyla hava debisi üzerinde çok daha hassas kontrol sağlayan sistemler (frekans invertörleri/konvertörleri) kullanılır. Frekans invertörleri/konvertörleri ilk yatırım maliyeti açısından step kontrol ünitelerinden daha pahalıdır; bu nedenle genellikle tüm fanların ayrı frekans invertörleri/konvertörleri ile kontrol edildiği sistemler yerine, fanların gruplar halinde kontrol edildiği ve step kontrol üniteleri ile frekans invertörleri/konvertörlerinin birlikte kullanıldığı sistemler tercih edilmektedir.

4.6.3 EC Fanlar

Farklı devir aralıklarındaki motor seçeneklerinin yanı sıra son yıllarda kullanım alanları hızla artan EC Motor teknolojisi kuru soğutma uygulamalarında da kullanılmaktadır. EC fanlar kutup sayılarından bağımsız olarak fan motorunun tüm hızlarda kontrol edilebilmesini sağlamaktadır. Grafik 5.A' da verildiği üzere EC Motor sistemleri, frekans invertörü-step kontrol-trafo, vb. konvansiyonel hız kontrol sistemleri ile karşılaştırıldığında nominal hızlarda ortalama % 10 enerji tasarrufu sağlamaktadır [22]. EC Motorların akustik avantajlı tasarımı sayesinde ne frekans konvertörlü sistemlerin istenmeyen rezonansları ne de faz kontrollü sistemlerin uğultuları, EC Motorlarda gözükmez. Bu sayede EC motor sistemlerinde daha düşük ses seviyeleri sağlanır. Grafik 5.B'den görüldüğü üzere EC motor sistemleri faz kontrollü ve frekans konvertörlü sistemlere nazaran asgari 4 dBA avantaj sağlamakla birlikte özellikle düşük fan hızları ve hava debilerine inildiğinde bu fark 15~30dBA civarına çıkmaktadır [22].



Grafik 5.A EC-Motor Güç Tüketimi [22]



Grafik 5.B EC Motor Ses Seviyesi [22]

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yukarıdaki bölümlerde detaylı bir inceleme örneği ile açıklanmaya çalışıldığı üzere sulu soğutma uygulamaları için kuru soğutuculu doğal soğutma sistemlerinin getirdiği verim hiçbir tereddüde yer bırakmayacak kadar açıktır. Verimliliği arttırmak ve böylece birim maliyeti en düşük düzeye indirmek günümüzün rekabetçi ortamında en can alıcı noktadır. Tesisat sektörü içerisinde yer alan mühendislerin proje ve uygulamalarında yukarıda tanımlanan sistemlerin kullanımını yaygınlaştırması ile birlikte işletmelerimizde verimlilik artacak ve ülke olarak rekabet gücümüz yükselecektir. Bu sistemlerin aynı zamanda çevreci sistemler olduğu akıldan çıkartılmamalıdır.

6. KAYNAKLAR

- [1] De Saulles, T., "BSRIA Guide: Free Cooling Systems", BSRIA Yayın No. BG 8/2004, Ekim 2004
- [2] ASHRAE Handbook 2000 "Systems And Equipment, Bölüm 36, Bölüm 38", ASHRAE, 2000
- [3] Bulut H., Buyukalaca O., Yılmaz T., "Bin weather data for Turkey", Department of Mechanical Engineering / University of Cukurova, Applied Energy 70(2001) 135 -155
- [4] Doğan V., "Su - Toprak Kaynaklı Isı Pompaları" Makalesi, VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi-TESKON 2003
- [5] TPC Firması Teknik Kataloğu (<http://www.totalprocesscooling.co.uk>)
- [6] Oliver P., "Making use of free cooling", Building Service Journal, November 2001
- [7] Airedale Firması Teknik Kataloğu (<http://www.airedale.com>)
- [8] DataCenter Firması "Free Cooling Chillers" Teknik Makalesi (<http://www.datacentre-uk.com>)
- [9] The Dow Chemical Company Firması, Dowtherm 4000 Teknik Kataloğu (<http://www.dowtherm.com>)
- [10] Climaveneta Firması FOCS-FC/NG Teknik Kataloğu (<http://www.climaveneta.it>)
- [11] Friterm A.Ş. Teknik Dokümanları, programları ve Uygulamaları (<http://www.friterm.com>)
- [12] ICS Firması Teknik Kataloğu (www.industrialcooling.co.uk)
- [13] Bilge M., "Endüstride ve Ticari Yapılarda Doğal Soğutma (Free Cooling) Sistemlerinin

- Uygulanması” Makalesi VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi-TESKON 2007
- [14] Psychrometric Chart No. 1, 2001 ASHRAE Handbook--Fundamentals, Chapter 6
- [15] EPS (Environmental Process Systems Ltd) Firması Ecomesh Teknik Kataloğu (www.epsltd.co.uk)
- [16] Ecomesh Kontrol Cihazı- Bakım Ve İşletme El Kitabı (www.epsltd.co.uk)
- [17] Baltimore Aircoil Company Firması Teknik Kataloğu (www.baltimoreaircoil.com)
- [18] Jaeggi / Guentner Firması Teknik Kataloğu (<http://www.jaeggi.us>)
- [19] Hanbell Firması Teknik Kataloğu ve programı (www.hanbell.com)
- [20] EUROVENT Rating Standard (For Forced Convection Air Cooled Liquid Coolers -Dry Coolers) 7/C/003 2007, Published by EUROVENT CERTIFICATION, Approved on 11 October 2007
- [21] Ziehl Abegg Firması Teknik Kataloğu (www.ziehl-abegg.com)
- [22] EBM-PAPST GmbH Firması “EC Fans” Teknik Broşürü (<http://www.ebmpapst.com>)

YAZAR ÖZGEÇMİŞ

Hasan ACÜL 1976 yılı Ayvalık doğumludur. 1999 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. Üniversite mezuniyeti öncesi ve sonrasında İklimlendirme ve Tesisat sektöründe faaliyet gösteren çeşitli firmaların şantiye, satış, üretim ve Ar-Ge bölümleri olmak üzere farklı departmanlarda mühendislik ve yöneticilik görevi yürütmüştür. Halen Friterm A.Ş Ar-Ge Bölüm Şefi olarak çalışmaktadır. TÜBİTAK-TÜSSİDE “Ar-Ge Uzmanı” Sertifikasına sahip olup, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Bilim ve Teknoloji Stratejileri bölümünde yüksek lisans yapmaktadır. Makine Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Kartal İlçe Temsilciliği yürütme kurulu üyeliği de yapan Hasan Acül evli ve bir kız çocuk babasıdır.

Bu makale Makina Mühendisi Hasan ACÜL tarafından 1 Haziran 2009 tarihinde Makina Mühendisleri Odası’nca İzmir’de düzenlenen IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON 2009)’nde yayınlanmıştır.