

ارزیابی عملکرد رادیاتورهای کشور

علی خواجه مبارکه^۱، رسول آخرتی^۲، علی کناری^۳

تهران - خیابان سهروردی شمالی - پلاک ۱۹۷ - واحد ۶۴
info@mabnaco.net

چکیده: مشخص نبودن ظرفیت حرارتی رادیاتورها بدلیل عدم اطلاعات فنی و یا ارائه مشخصات فنی غیر واقعی توسط تولیدکنندگان رادیاتور و یا آزمایشگاههای غیر استاندارد سبب شده تا گرمای مورد نیاز فضا با استفاده از رادیاتورهای با ظرفیت حرارتی بیشتر و یا کمتر تامین گردد. انتخاب ظرفیت حرارتی بیشتر علاوه بر صرف هزینه‌های اضافی در هنگام ساخت ساختمان، هزینه‌های بهره‌برداری از ساختمان را نیز افزایش داده و در این حالت انرژی گرمایی بیشتر از مقدار مورد نیاز جهت تامین آسایش ساکنین تولید می‌گردد و این گرمای اضافی بدون استفاده به هدر می‌رود. همچنین انتخاب ظرفیت حرارتی کمتر، باعث می‌شود تا گرمای مورد نیاز اتاق جهت تامین شرایط آسایش ساکنین فراهم نگردد، در نتیجه ساکنین برای تامین گرمای مورد نیاز بناچار از وسایل گرمایشی کمکی بهره می‌گیرند و این امر بنوبه خود سبب افزایش مصرف سوخت در ساختمان می‌گردد و مشکلات متعددی را برای ساکنین ایجاد می‌کند. براین اساس ارزیابی و بهینه‌سازی رادیاتورهای کشور دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. در این مقاله وضعیت مصرف انرژی رادیاتورهای کشور از طریق انجام آزمایشات مطابق با شرایط استاندارد اروپایی EN-442 و با همکاری دانشگاه اشتوتگارت آلمان بررسی شده است و در خاتمه مشخصات عملکردی رادیاتورهای کشور ارائه گردیده است.

لغات کلیدی: ظرفیت حرارتی، رادیاتور، استاندارد EN-442

۱. مقدمه

رادیاتور وسیله گرمایشی است که حرارت را به دو طریق جابجایی و تابشی از خود بیرون می‌دهد. رادیاتورها را می‌توان از مواد مختلف نظیر آلومینیوم، فولاد و یا چدن و با طراحیهای متفاوت (پره‌ای، تخت و لوله‌ای) ساخت. می‌توان گفت از نظر کارایی انرژی برای گرم کردن یک فضای مشخص رادیاتوری که دارای ظرفیت حرارتی بیشتر، وزن کمتر و حجم آبدگیری پایینتر و در نتیجه سرعت پاسخ بالاتر باشد، مناسب است. همچنین جهت افزایش کارایی رادیاتور استفاده از شیرهای ترموستاتیک رادیاتور بمنظور کنترل دمای اتاق ضروری است و در نتیجه ماند حرارتی کمتر (وزن کم و حجم

()	-	1
	-	2
	-	3



آبگیری پایین) در رادیاتورهای سبب می‌شود تا دفعات باز و بسته شدن شیر ترموستاتیک افزایش یابد که این امر سبب می‌شود تا عمر مفید آن کاهش یابد. البته مهمترین پارامتر که بیشترین تاثیر را در بهینه‌سازی مصرف انرژی دارد، انتخاب رادیاتور مطابق گرمای مورد نیاز فضای طراحی شده می‌باشد و توجه به این نکته حائز اهمیت است که انرژی در رادیاتورهای یک پارامتر می‌باشد و پارامترهای دیگری نظیر شکل ظاهری و زیبایی رادیاتور، کیفیت رنگ، مقاومت مکانیکی آن، طول عمر و مقاومت در برابر خوردگی و همچنین داشتن سطح صاف و بدون لبه تیز، پرداخت سطح نهایی و ... موثر است و در طراحی، ساخت و انتخاب رادیاتور باید تمامی موارد فوق لحاظ گردد.

۲. وضعیت موجود

قبل از انجام هر اقدامی در زمینه بهینه‌سازی وضعیت انرژی رادیاتورهای کشور می‌بایست وضعیت فعلی رادیاتورهای در کشور مشخص گردد. براین اساس بررسی رادیاتورهای مختلف در کشور انجام گردید، بررسیهای اولیه نشان دهنده این موضوع بود که بسیاری از تولیدکنندگان مشخصات اولیه رادیاتورهای تولیدی خود را ارائه نمی‌دهند. در جدول ۱ مشخصات انواع رادیاتورهای موجود در کشور براساس اطلاعات ارائه شده توسط تولیدکنندگان آورده شده است.

جدول ۱: مشخصات رادیاتورها (اطلاعات تولیدکنندگان)

No.	Manufacture & Company	Model	Heat Output		Height (mm)	Water content (Liter)	Weight (kg)	Standard Test
			Kcal/hr	Watt				
1	ALFAM	78 KC	78	90	500	0.23	0.74	ISO 3150
2	ALFAM	105 KC	105	122	500	0.205	1.07	ISO 3150
3	ALFAM	125 KC	125	145	500	0.205	1.25	ISO 3150
4	ALFAM	134 KC	134	156	500	0.205	1.3	ISO 3150
5	IRANRADIATOR	KAL	147	171	500	0.45	1.63	EN 442
6	IRANRADIATOR	CALORIE	126	146	500	0.32	1.41	EN 442
7	IRANRADIATOR	TERMOCALOR	125	145	500	0.47	1.5	EN 442
8	IRANRADIATOR	FIRE	140	162	500	0.59	1.51	EN 442
9	IRANRADIATOR	TEMPO	140	162	500	0.59	1.71	EN 442
10	IRANRADIATOR	DRY	147	171	500	0.45	1.63	EN 442
11	IRAN ATLAS	GARMNAZ	126	146	500	0.4	1.2	-
12	IRAN ATLAS	IRANATLAS	132	153	500	0.62	1.6	-
13	AZARBAN	All Models	-	-	-	-	-	-
14	RAF	RADIATOR	111	129	500	-	-	-
15	RAF	RADIATOR	111	129	500	-	-	-



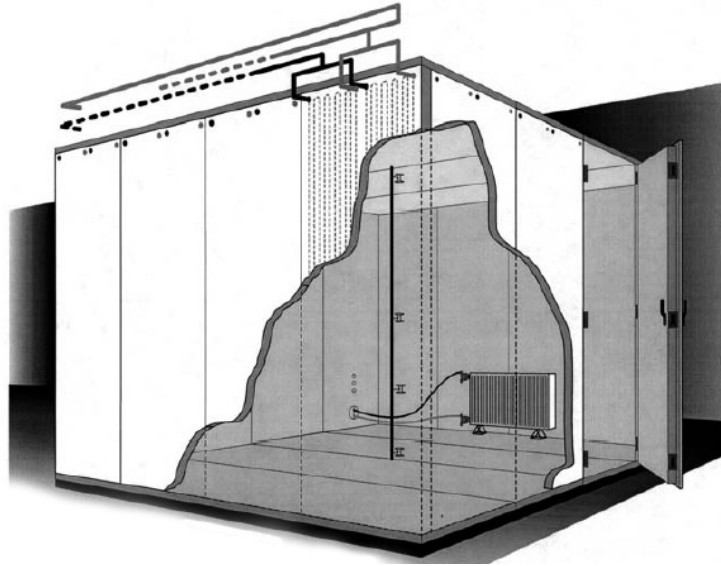
ادامه جدول ۱: مشخصات رادیاتورها (اطلاعات تولیدکنندگان)

No.	Manufacture & Company	Model	Heat Output		Height (mm)	Water content (Liter)	Weight (kg)	Standard Test
			Kcal/hr	Watt				
16	RAF	RADIANT	125	145	500	-	-	-
17	GARMAKHIZ	RADIATOR	111	129	500	-	2.4	-
18	SAVARAN	SARAN	115	-	-	0.340	-	ISO3160
19	SAVARAN	SAZEH	115	-	-	0.340	-	ISO3160
20	GARMAKAR	01	78	90	-	-	1.35	-
21	GARMASAZ	02	125	145	-	-	3.15	-
22	GARMASAZ	03	125	145	-	-	1.15	-
23	IRAN SHBRON	NEGIN	105	120	-	0.47	-	EN442
24	IRAN SHABRON	SADAF	125	145	-	0.47	-	EN442
25	ATROPAN	DOUBLE	1370	1593	-	-	-	-
26	ATROPAN	DOUBLE CON	1890	2198	-	-	-	-
27	ATROPAN	TRIPLE	2124	2470	-	-	-	-
28	AJIR	PANEL SINGLE	600	698	-	-	-	-
29	AJIR	SINGLE CONV	908	1056	-	-	-	-
30	AJIR	DOUBLE	1200	1396	-	-	-	-
31	AJIR	DOUBLE CON	1816	2112	-	-	-	-
32	ALUMIN	ALUMIN	75					
33	KEYAN	BITA	90	78	-	-	-	-
34	KEYAN	ALFA	90	78	-	-	-	-
35	IRFO	IRFO	125	-	-	0.47	1.45	-
36	GARMASAZ	GARMASAZ	135	-	-	-	-	-
37	GARMASAZ	CLASSIC 1	135	-	-	0.386	-	-
38	GARMASAZ	CLASSIC2	270	-	-	0.772	-	-
39	KAVIRRADIATOR	KAVIRRADIATOR	125	-	-	0.350	-	-
40	PARS RADIATOR	RADIATOR	111	129	500	0.286	2.6	-



۳. تعیین مشخصات رادیاتورها

بمنظور تعیین مشخصات عملکردی رادیاتورهای تولیدی در کشور تعداد ۳۰ نمونه از انواع رادیاتورها تهیه گردید و در آزمایشگاه دانشگاه اشتوتگارت مورد آزمایش قرار گرفت. در تصویر ۱ اتاق آزمون بصورت شماتیک نشان داده شده است.



تصویر ۱: شماتیک اتاق آزمون

اتاق آزمون شامل یک اتاقک دوجداره با جداره میانی خنک شونده که مطابق تصویر ۱ سیال سرد (آب) در آن جریان دارد، تشکیل شده است. ابعاد اتاق مطابق استاندارد $4 \pm 0.2m \times 4 \pm 0.2m \times 2.8 \pm 0.2m$ می باشد. کنترل دمای اتاق با استفاده از سیستم تبرید و با تنظیم دمای جداره میانی، انجام می‌شود. آب گرم ورودی به رادیاتور توسط یک آبگرمکن مرکزی تامین می‌شود. تنظیم دمای اتاق و دمای آب ورودی و خروجی از رادیاتور با استفاده از تجهیزات کنترلی انجام می‌شود. در هنگام انجام آزمایش تمامی اطلاعات نظیر دما، فشار و دبی جریان اندازه‌گیری و در رایانه مرکزی ثبت می‌شود. بطور میانگین مدت زمان انجام هر آزمایش بعد از نصب هر رادیاتور و راه‌اندازی سیستم و تامین شرایط پایدار بمنظور شروع ثبت اطلاعات، حدود ۸ ساعت بطول می‌انجامد.

۴. نتایج آزمایشات

برروی هر رادیاتور آزمایشات مختلفی نظیر تعیین ظرفیت حرارتی رادیاتورها، تست فشار مجاز، تعیین ابعاد رادیاتور، تعیین وزن رادیاتور و حجم آبگیری آن انجام شد که در جدول ۲ نتایج انجام آزمایشات ارائه شده است. در جدول ۲ بترتیب نام سازنده و مدل رادیاتور، تعداد المانها، ارتفاع، طول، وزن، حجم آبگیری، ظرفیت حرارتی هرالم، ظرفیت حرارتی رادیاتور بر واحد طول و مقدار k_m و n برای معادله مشخصه رادیاتور ارائه گردیده است. در رابطه ۱ معادله مشخصه رادیاتور ارائه شده است.

$$\phi = k_m (\Delta T)^n \quad (1)$$

ϕ در رابطه فوق بیانگر ظرفیت حرارتی رادیاتور و ΔT اختلاف دمای محیط و دمای میانگین آب ورودی و خروجی به رادیاتور می‌باشد که می‌تواند براساس شرایط اتاق اعداد مختلف را اختیار کند ولی برای شرایط استاندارد برابر ۵۰ درجه سانتیگراد می‌باشد و k_m و n از جدول ۲ استخراج می‌گردند.



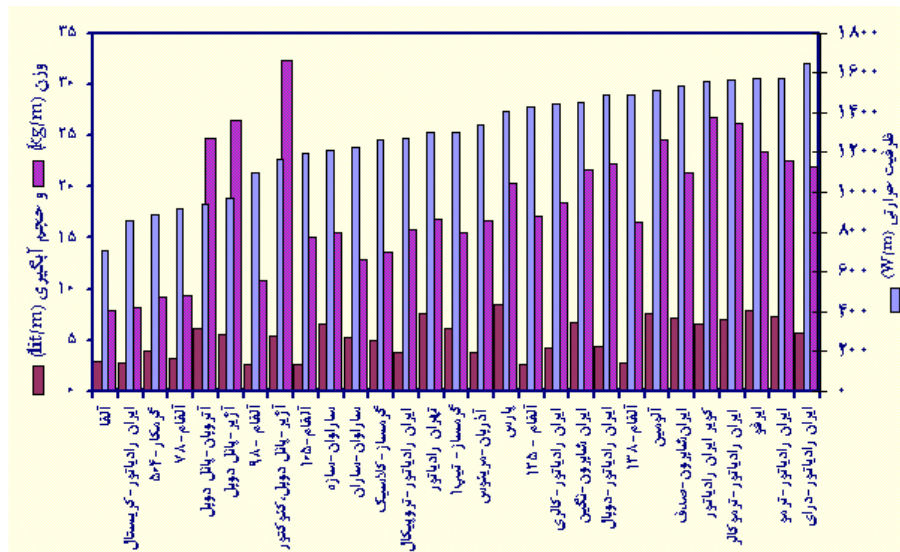
جدول ۲: نتایج آزمایشات

No.	سازنده/مدل	No. of Element	Height (mm)	Length (mm)	Weight (kg/EI)	Water content (lit/EI)	Thermal output (W/EI)	Thermal output (W/m)	K _m	n
1	ساراوان-ساران	12	500	684	0.73	0.3	70.01	1228	5.4631	1.2872
2	ایرفو	10	500	600	1.4	0.47	94.34	1574	5.4299	1.3184
3	ایران شابرون-نگین	10	500	600	1.3	0.4	87.32	1455	5.2283	1.3083
4	ایران شابرون-صدف	10	500	600	1.28	0.43	91.95	1533	5.3485	1.3157
5	آلفام-۷۸	10	500	740	0.69	0.24	71.82	921	4.5741	1.2925
6	آلفام-۱۰۵	10	500	800	1.2	0.21	95.84	1198	5.1071	1.3381
7	آلفام - ۱۲۵	10	500	800	1.37	0.21	114.08	1426	5.5428	1.3617
8	آلفام-۱۳۸	10	500	790	1.31	0.22	117.81	1491	5.4959	1.3721
9	ایران رادیاتور-درای	10	500	800	1.76	0.46	131.73	1647	6.8698	1.3436
10	ایران رادیاتور-کالری	10	500	800	1.48	0.34	115.29	1441	6.0548	1.3418
11	ایران رادیاتور-ترموکالر	10	500	610	1.6	0.43	93.65	1561	5.2034	1.3274
12	ایران رادیاتور-دوبال	10	500	800	1.78	0.35	119.17	1490	6.0471	1.3506
13	ایران رادیاتور-تروبیکیال	10	500	650	1.03	0.25	82.54	1270	4.706	1.3208
14	ایران رادیاتور-کریستال	10	500	800	0.66	0.22	68.55	857	4.3612	1.2928
15	ایران رادیاتور-ترمو	10	500	620	1.4	0.45	97.61	1574	5.5565	1.3212
16	آلفام - ۹۸	10	500	800	0.86	0.21	88.18	1102	4.5484	1.3464
17	آلفا	10	500	780	0.62	0.23	70.36	704	4.6911	1.2808
18	پارس	12	500	610	1.03	0.43	84.53	1409	5.8612	1.3174
19	گرمکار-اتمیسفر	10	در هنگام آزمایشات، آب درون رادیاتور نشت کرد.							
20	آذربان-مرینوس	10	500	840	1.4	0.32	112.39	1338	5.7882	1.3468
21	ساراوان-سازه	12	500	570	0.74	0.31	68.94	1209	5.1164	1.3
22	آلومین	10	500	610	1.5	0.46	92.33	1514	4.8111	1.3438
23	تهران رادیاتور	12	495	600	0.84	0.38	77.86	1298	5.5834	1.3088
24	گرمساز-کلاسیک	10	500	640	0.87	0.32	80.68	1261	4.6542	1.3178
25	گرمساز-تیپ ۱	10	500	630	0.98	0.39	81.9	1300	4.9735	1.3047
26	گرمکار-۵۰۴	10	500	720	0.66	0.28	63.79	886	4.3903	1.2727
27	کویر ایران رادیاتور	10	500	610	1.63	0.4	95.12	1559	5.1123	1.3359
28	آتروبان-پانل دوبل	PANEL	500	665	24.66	6.17	39.51	941	4.1106	1.2845
29	آژیر-پانل دوبل	PANEL	600	800	26.5	5.5	32.24	968	5.2062	1.2787
30	آژیر-پانل دوبل،کنوکتور	PANEL	600	1000	32.3	5.4	38.91	1168	6.6908	1.3197

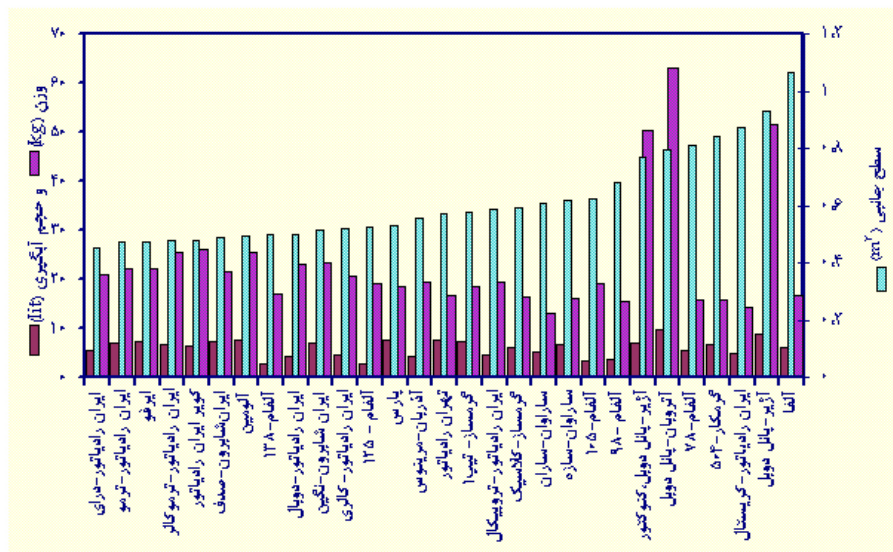
در تصویر ۲، سه پارامتر ظرفیت حرارتی، حجم آبیگری و وزن رادیاتورها بر واحد طول رادیاتور نشان داده شده است. همانطور که در نمودار مشخص است ایران رادیاتور مدل درای بیشترین ظرفیت حرارتی را در یک متر طول رادیاتور داشته و رادیاتور آلفا کمترین ظرفیت حرارتی را دارد. بمنظور نمایش بهتر تفاوت‌های انواع رادیاتور، در یک اتاق بار حرارتی مورد نیاز برابر ۱۵۰۰ W فرض شده است. در اینصورت رادیاتورها برای تامین این مقدار انرژی دارای تعداد المانهای مختلفی و با طول و سطح جانبی متفاوت خواهند بود. مهمترین گزینه در طراحی برای این حالت انتخاب



رادیاتوری است که بتواند کمترین اختلاف را با $W 1500$ مورد نیاز داشته باشد (این عدد باید بزرگتر و یا مساوی $W 1500$ باشد). در تصویر ۳ سطح جانبی رادیاتور که بیانگر فضای اشغال شده در اتاق می‌باشد و حجم آبیگری و وزن آن برای بار حرارتی اتاق معادل $W 1500$ نشان داده شده است.



تصویر ۲: مشخصات رادیاتورها بر واحد طول



تصویر ۳: سطح جانبی، وزن و حجم آبیگری انواع رادیاتور برای تامین بار حرارتی $W 1500$

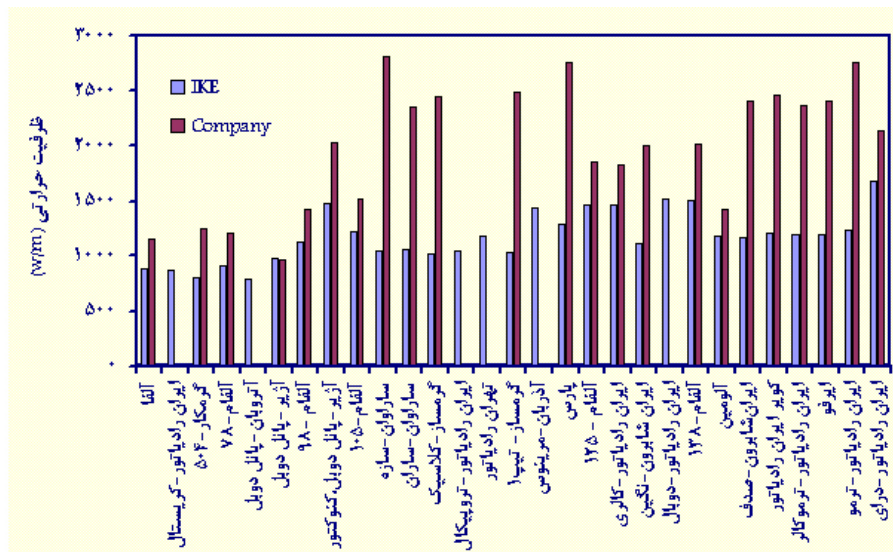
در جدول ۳ تعداد المانها، طول رادیاتور و ظرفیت حرارتی دقیق آن برای تامین بار حرارتی $W 1500$ ارائه شده است.



جدول ۳: مشخصات رادیاتورها برای تامین بار حرارتی ۱۵۰۰ W

ردیف	سازنده/مدل	تعداد المان	حجم آبگیری (lit)	وزن (kg)	ردیف	سازنده/مدل	تعداد المان	حجم آبگیری (lit)	وزن (kg)
۱	ایران رادیاتور-درای	۱۲	۵.۵۲	۲۱.۱۲	۱۶	گرمساز- تیپ ۱	۱۹	۷.۴۱	۱۸.۶۲
۲	ایران رادیاتور-ترمو	۱۶	۷.۲	۲۲.۴	۱۷	ایران رادیاتور-تروپیکال	۱۹	۴.۷۵	۱۹.۵۷
۳	ایرفو	۱۶	۷.۵۲	۲۲.۴	۱۸	گرمساز-کلاسیک	۱۹	۶.۰۸	۱۶.۵۳
۴	ایران رادیاتور-ترموکالر	۱۶	۶.۸۸	۲۵.۶	۱۹	ساراوان-ساران	۱۸	۵.۴	۱۳.۱۴
۵	کویر ایران رادیاتور	۱۶	۶.۴	۲۶.۰۸	۲۰	ساراوان-سازه	۲۲	۶.۸۲	۱۶.۲۸
۶	ایران شایرون-صدف	۱۷	۷.۳۱	۲۱.۷۶	۲۱	آلفام-۱۰۵	۱۶	۳.۳۶	۱۹.۲
۷	آلومین	۱۷	۷.۸۲	۲۵.۵	۲۲	آلفام -۹۸	۱۸	۳.۷۸	۱۵.۴۸
۸	آلفام-۱۳۸	۱۳	۲.۸۶	۱۷.۰۳	۲۳	آژیرو-پانل دوپل،کنوکتور	۱.۳ m	۷.۰۲	۵۰.۵۸
۹	ایران رادیاتور-دوبال	۱۳	۴.۵۵	۲۳.۱۴	۲۴	آتروبان-پانل دوپل	۱.۶ m	۹.۸۷۲	۶۳.۲۲
۱۰	ایران شایرون-نگین	۱۸	۷.۲	۲۳.۴	۲۵	آلفام-۷۸	۲۳	۵.۵۲	۱۵.۸۷
۱۱	ایران رادیاتور-کالری	۱۴	۴.۷۶	۲۰.۷۲	۲۶	گرمکار-۵۰۴	۲۴	۶.۷۲	۱۵.۸۴
۱۲	آلفام -۱۲۵	۱۴	۲.۹۴	۱۹.۱۸	۲۷	ایران رادیاتور-کریستال	۲۲	۴.۸۴	۱۴.۵۲
۱۳	پارس	۱۸	۷.۷۴	۱۸.۵۴	۲۸	آژیرو-پانل دوپل	۱.۶ m	۸.۸	۵۱.۵۸
۱۴	آذربان-مرینوس	۱۴	۴.۴۸	۱۹.۶	۲۹	آلفا	۲۷	۶.۲۱	۱۶.۷۴
۱۵	تهران رادیاتور	۲۰	۷.۶	۱۶.۸	۳۰	گرمکار-اتم سفر	-	-	-

همانطور که در جدول ۳ مشخص است، ایران رادیاتور مدل درای با ۱۲ المان بار حرارتی ۱۵۰۰W را تامین می‌کند و این در حالی است که رادیاتور مدل آلفا برای تامین همان گرما به ۲۷ المان نیاز دارد.



تصویر ۴: مقایسه ظرفیت حرارتی ارائه شده توسط سازندگان و ظرفیت حرارتی واقعی بر واحد طول رادیاتور در تصویر ۴ ظرفیت حرارتی که از کاتالوگ فنی سازندگان رادیاتور برای $\Delta T = 60^\circ C$ و ظرفیت حرارتی که از نتایج آزمایشات بدست آمده بر واحد طول رادیاتورها نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بعضی از تولیدکنندگان ظرفیت حرارتی رادیاتور را ارئه نداده‌اند و برخی دیگر نیز با ارائه اعداد غیر واقعی سبب بروز خطاهای زیاد در طراحی سیستم گرمایی مناسب می‌شوند. به عنوان نمونه کارخانه ایران رادیاتور که یکی از تولیدکنندگان



قدیمی کشور می‌باشد، برای رادیاتور مدل کریستال هیچگونه مشخصاتی ارائه نکرده و برای رادیاتور مدل ترمو ظرفیت حرارتی ارائه شده برای یک متر از طول رادیاتور بیش از دو برابر مقداری است که در آزمایشگاه تعیین شده است.

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با توجه به آزمایشات انجام شده و وضعیت موجود رادیاتورهای کشور بمنظور بهینه‌سازی رادیاتورها در مرحله اول ضروری است که اطلاعات کامل و صحیح توسط تولیدکنندگان ارائه گردد. براین اساس مهندسان طراح می‌توانند با داشتن اطلاعات و مشخصات فنی رادیاتورها، براساس شرایط ساختمان رادیاتور مناسب را انتخاب نمایند. طبق استاندارد EN-442 تولیدکننده رادیاتور موظف می‌باشد که حداقل موارد زیر را بر روی کاتالوگ فنی رادیاتور درج کرده و در اختیار طراح قرار دهد.

- ۱- مشخصات سازنده
- ۲- نوع رادیاتور
- ۳- ظرفیت حرارتی در $\Delta T=50K$
- ۴- منحنی نمایی تغییرات ظرفیت حرارتی با تغییر درجه حرارت
- ۵- ابعاد و اندازه‌ها شامل
 - ضخامت
 - ارتفاع
 - طول
 - اندازه، نوع و موقعیت اتصالات
 - وزن
 - حجم آبگیری
- ۶- ماکزیمم فشار عملکرد
- ۷- ماکزیمم دمای عملکرد

چنانچه اطلاعات فوق توسط یک آزمایشگاه معتبر ارائه گردد و برروی کاتالوگ سازنده درج شود در اینصورت بیشترین تاثیر را در بهینه‌سازی انرژی خواهد داشت، زیرا طراح با انتخاب صحیح رادیاتور و همچنین تعیین میزان حجم آبگیری مورد نیاز و حجم آب لازم برای موتورخانه می‌تواند طراحی بهینه را در راستای کاهش هزینه‌های اولیه و مصرف سوخت انجام دهد.

۶. منابع

- [1] EN 442-1, Radiators and Convectors - Part 1: Technical Specifications and Requirements.
- [2] EN 442-2, Radiators and Convectors - Part 2: Test Methods and Rating.

