اولین کنفرانس بین‌المللی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع
ایران، تهران، خرداد ۱۳۸۸

اثر الگوی مصرف بر توان سیستم سرمایش و بررسی معیار محاسبه سریع

ابوالفضل احمدی[۱]، سیاوش گودرزی[۲]، علی جعفری[۳]

[۱] استادیار مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران-دانشکده فنی و مهندسی اراک؛
a_ahmadi@iust.ac.ir
[۲] دانش آموخته کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران-دانشکده فنی و مهندسی اراک ؛
siavashgoudarzi@gmail.com
[۳] دانش آموخته کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران-دانشکده فنی و مهندسی اراک ؛
Alijafari_iust @yahoo.com

چکیده

در این مقاله با استفاده از نرم افزار HAP4.2 (Carrier) به مقایسه توان مورد نیاز سیستم سرمایش برای دو الگوی مصرف متفاوت پرداخته و سپس از نتایج بدست آمده برای قضاوت بر معیار محاسبه سریع استفاده شده است .این محاسبات برای ساختمان ۶ طبقه دو واحدی (۱۲ واحد) صورت گرفته است .کاربرد نتایج این بررسی در مناقصه ها بر برآورد قیمت تمام شده نقش دارد.

کلمات کلیدی: HVAC، توان سیستم ، الگوی مصرف ،HAP

مقدمه

آنچه که امروزه به یاری مهندسان طراح می آید بررسی و برآورد به کمک رایانه و روش های عددی است ؛در این میان طراحان سامانه های HVAC نیز از این قابلیت بهره برده و به بهینه سازی طراحی های خود پرداخته اند از آنجا که محاسبات دقیق با خطای کم به کمک روش های CLTD امکان پذیر نیست و از این رو نرم افزار با استفاده از روش RTS به بررسی می پردازد.در این مقاله سعی بر آن بوده تا با وارد کردن دو الگوی مصرف تفاوت توان مورد نیاز برای سرمایش ساختمان بررسی شود و جالب توجه آن است که این تفاوت-که عمدتا از اختلاف میان کاربرد متفاوت منابع مولد حرارت داخل ساختمان به وجود می آید-و بر خلاف تصور اولیه-مقداری درخور توجه است .لازم به توضیح است نسخه مورد استفاده HAP در بسیاری از موارد ازسیستم آحاد انگلیسی استفاده می نماید .

۱.فرضیات اولیه :

محاسبات برای ساختمانی ۶ طبقه دو واحدی(همه طبقات نقشه ای یکسان دارند؛ برای مشاهده نقشه به ضمیمه۱ مراجعه شود) شمالی-جنوبی واقع در شهر تهران صورت می گیرد. پارهای از فرضیات اولیه به شرح زیر است :

- دمای راهرو $۳۲/۲۲\,^{\circ}C$ ($۹۰\,^{\circ}F$) فرض شده است و موقعیت سقف به گونه ای است که در معرض مستقیم آفتاب قرار دارد.
- هر اتاق مانند آشپزخانه ، اتاق خواب ، هال یک فضا تعریف می شود.
- درهای ورودی واحدها به صورت پارتیشن مدل شده است . (U=۵/۶۷Watt/m۲C[۱]) .
- سیستم سرمایشی برای این پروژه کویل آب سرد با سیستم کنترلی CAV می باشد.
- سقف ساختمان به شکل افقی در نظر گرفته شده است .
- فضای زیر طبقه اول (پارکینگ) از نوع تهویه نشده و برای اطمینان , همدما با هوای محیط بیرونی فرض شده است.
- مقادیر تعویض هوا (هوای تازه و نفوذ) طبق محاسبات پروژه های HVAC به روش CLTD در نظر گرفته می شود.

۲.ورود اطلاعات به نرم افزار :

در نرم افزار کریر به طور کلی باید داده های مربوطه و تصمیمات مهندسی در سه بخش عمده وارد شود. این سه بخش عبارتند از : Weather , Space , System ؛ این سه بخش در ادامه مورد بررسی قرار خواهندگرفت .

۲-۱. فرضیات بخش Weather :

- Atmospheric Clearness: این پارامتر درجه پاکی هوا را تعیین می کند . که عموماً عددی بین ۰/۸۵ تا ۱/۱۵ می باشد. برای شهر تهران عدد ۱ ، مناسب به نظر می رسد .
- Average Ground Reflectance : این پارامتر ضریب بازتاب محیط اطراف ساختمان است . برای محوطه های شهری حدود ۰/۲ در نظر گرفته می شود .
- DST Begins , DST End : در اینجا بازه محاسبات نرم افزار تعیین می شود. برای این مورد نظر این بازه شش ماه اول سال شمسی در نظر گرفته شده است .

۲-۲ . فرضیات بخش Space :

پاره ای از مشخصات لازم در ضمیمه شماره ۲ به شکل مختصر گنجانده شده است .

- وزن ساختمان در حدود $۳۵۱/۵۳\ \frac{Kg}{m^2}$ ($۷۲\ \frac{lb}{Ft^2}$) می باشد .

[۱] برابر $۰/۵\ Btu/Hr.Ft^2.^{\circ}F$

Archive of SID

www.SID.ir

• در گزینه ها از معیارCFM/Person استفاده شده است.لذا طبق استاندارد ارائه شده، ۰/۵۵۶ $\frac{m^3}{\min \cdot person}$ (یا ۲۰ CFM/person) برای هر فرد در نظر گرفته شده است.[۱]

• روشنایی از نوع Free Hanging با نرخ ۲۱/۵۳ $\frac{W}{m^2}$ (۲ $\frac{W}{Ft^2}$) است .

• در قسمت Task Lighting روشنایی هایی مانند چراغ خواب و چراغ مطالعه در نظر گرفته شده است. برای فضا های دیگر مانند آشپزخانه این قسمت در نظر گرفته نشده است .

•برای هراتاق خواب خواب یک کامپیوتر با مانیتور۱۷ اینچ فرض شده است ، که در قسمت Electrical Equipment اطلاعات مربوط به آن با توجه به محاسبات زیر وارد شده است.[۲]میزان این پارامتر در مورد هال و حمام در نظر گرفته نشده است و برای آشپزخانه (وسایلی مانند ماشین لباسشویی و همچنین برای برآورد بار وسایل گاز سوز) و اتاق خواب تعریف می شود .

$$5S - 20 = 5 \times 17 - 20 = 65\text{Watt} \qquad (1)$$

• حداکثرافراد داخل اتاق خواب دو نفر, هال چهار نفر , آشپزخانه دو نفر و حمام یک نفر در نظر گرفته شده است . افراد در کلیه فضا ها در حالت استراحت هستند ، با در نظر گرفتن توضیحات فوق داده های قسمت People قابل تعیین است .

• در تمامی فضا های تعریف شده برای این پروژه بار متفرقه قابل ذکری (miscellaneous) وجود ندارد .

• پنجره ها و دیوارها از نوع پیش فرض و معمولی است. اندازه پنجره حمام های واحدهای شرقی و غربی ۰,۳۷ m^2 (۲×۲ Ft^2) و اندازه سایر پنجره ها ۲/۷۹ m^2 (۶×۵ Ft^2)می باشد .

• سقف از نوع پیش فرض نرم افزار (که به شرایط واقعی هم نزدیک است) وجهت آن نیز افقی انتخاب شده است .

• مقدار تعویض هوا (ACH) برای هر فضا در جدول شماره ۱ آمده است .

جدول شماره ۱ : میزان تعویض هوا برای فضاهای مختلف

نام فضا	ACH	نام فضا	ACH
آشپزخانه شرقی	۱	آشپزخانه غربی	۱
اتاق پذیرایی شرقی	۱/۵	اتاق پذیرایی غربی	۱
اتاق خواب شرقی	۱	اتاق خواب غربی	۱
حمام شرقی	۱	حمام غربی	۱

• برای طبقه اول مهمترین ورودی های این بخش برای محاسبه بار برودتی unconditioned space max temp و Ambient at space max temp می باشد که با ضریب اطمینان خوبی هر دو را برابر با دمای حباب خشک مکان اجرایی طرح گرفته می شود .

• سر برگ partition به منظور مدل کردن درهای ورودی واحد ها استفاده شده است زیرا دمای دو طرف اختلافی کمتر از اختلاف دمای طرح داخل و خارج دارد و طراح ناچار به انجام تنظیماتی برای این سربرگ است . البته این سربرگ فقط برای فضا هال در نظر گرفته می شود . با لحاظ کردن توضیحات فوق می توان تمام فضاهای این پروژه را برای نرم افزار تعریف نمود .

۳-۲. فرضیات بخش System :

• با توجه به آنکه در ایران یک zone برای کل فضا ها در نظر گرفته می شود در این پروژه نیز از این قاعده تبعیت شده است .

• در این بخش Ventilation Air اطلاعات مربوط به هوای تازه وارد می شود و Airflow control , constant در نظر گرفته شده ,سیستم های مرسوم در کاربرد های خانگی از CFM ثابتی برای تمامی ساعات کارکرد شبانه روز بهره می برند .در این پروژه Outdoor Air CO_2 Level مقدار پیش تنظیم ۴۰۰ppm در نظر گرفته شده است .

• در central cooling با توجه به طراحی های معمول و مرسوم supply temp حدود ۱۲/۷۸ $^\circ C$ (۵۵ $^\circ F$) و ضریب بای پس برای کویل هایی با میزان هوای تازه زیر ۳۰٪ در حدود۰/۱ خواهد بود و شیوه کنترل ظرفیت سیستم سرمایشی کمپرسور مرحله ای انتخاب شده است .

• در Supply fan با توجه به اینکه سیستم کنترلی پروژه از نوع CAV می باشد فن را باید در بالا دست کویل سرمایشی قرار داد در نتیجه گزینه Blow-Thru برای نحوه قرار گیری انتخاب می شود و کانال کشی با طول متوسط و دستگاه هواساز در نظر گرفته شده است از این روی برای افت فشار استاتیک فن۴۹۸/۳۵Pa ($2in_{wg}$)[۲]لحاظ می گردد. راندمان فن نیز به صورت تجربی حدود ۶۰٪ در نظر گرفته شده است.

• دامنه تنظیمات ترموستات ۱/۶۷ $^\circ C$ (۳ $^\circ F$) ؛ Diversity Factor ۱۰۰٪ ؛ Direct Exhaust air flow صفر ؛ برای Direct Exhaust Fan kW در هر واحد فن با توان ۲۵۰ وات و در کل ۳ کیلووات و حداقل هوای مورد نیاز برای هر نفر ۰/۰۰۱ $\frac{m^3}{s}$ (۲۰ $\frac{Ft^3}{\min}$) در نظر گرفته شده است , همچنین اختلاف دمای آب چیلر حدود ۵/۵۵ $^\circ C$ (۱۰ $^\circ F$) در نظر گرفته شده است .

۳. تعاریف مربوط به شیوه کاربری (تعریف Schedules):

۳-۱. تعریف الگوهای اقتصادی :

همان طور که در ابتدای مقاله اشاره شد به کمک نرم افزار بر تفاوت شیوه کاربری تجهیزان داخلی ساختمان که به عنوان منابع تولید حرارت داخلی عمل می کنند مطالعه صورت گرفته است این منابع شامل موارد موجود در جدول ۲ می باشد و Schedules مربوطه آن نیز معرفی شده است باید توجه داشت که این موارد الگوهای مصرف بهینه و توصیه شده مقرون به صرفه است .

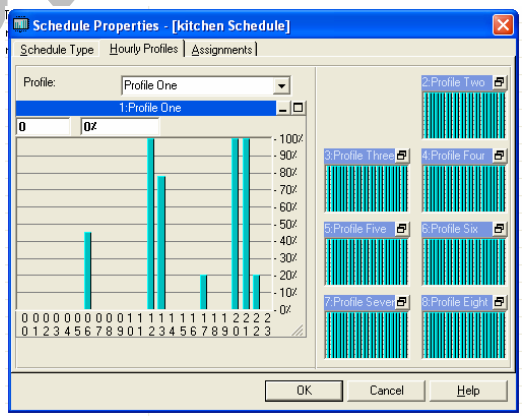
[۲] مرجع [۲] صفحه ۱۸۱

Archive of SID
www.SID.ir

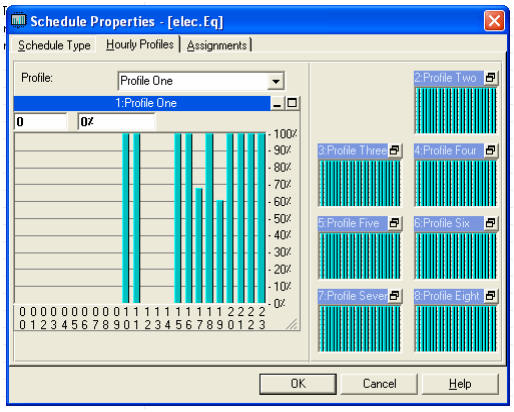
جدول ۲ : معرفی Schedule های تعریف شده

نام Schedules	گزینه مربوطه
Elec.Eq	وسایل الکتریکی اتاق خواب
Kitchen.schedule	تمامی وسایل حرارتزا در آشپزخانه
OV.head. Kitchen	روشنایی های اصلی آشپزخانه
OV.head.bedroom	روشنایی های اصلی اتاقهای خواب
O.V.head.hall	روشنایی های اصلی اتاق پذیرایی
Sample Bath schedule	روشنایی اصلی حمام
schedule Sample	ترموستات
People.schedule	حضور افراد
Task light.bedroom	روشنایی اضافی اتاق خواب

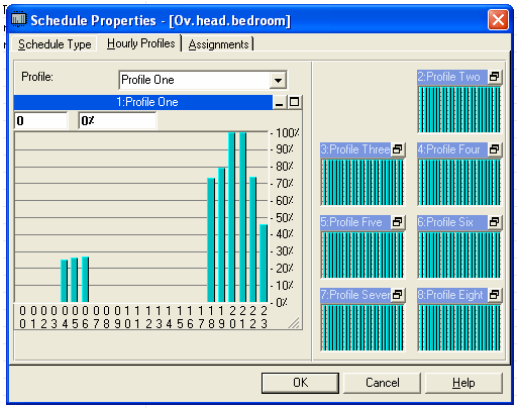
همان طور که در شکل ها مشاهده می شود Schedules به شکل ساعتی برای هر مورد و بر حسب نیاز یک خانواده گاه به شیوه طراحی محافظه کارانه و گاه با فرضیات ساده کننده در نظر گرفته شده است و باید توجه کرد که امکان عدم پاسخگویی در پاره ای از کاربری ها وجود دارد.



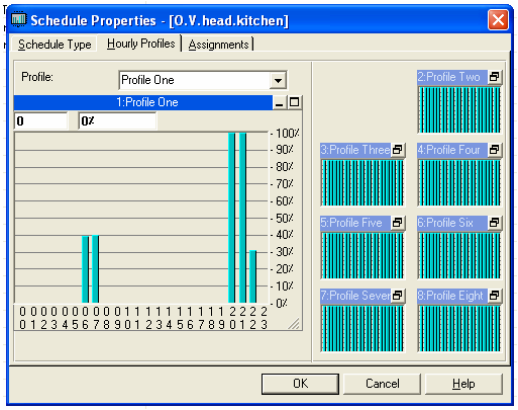
شکل ۱ : تمامی وسایل حرارت زا در آشپزخانه



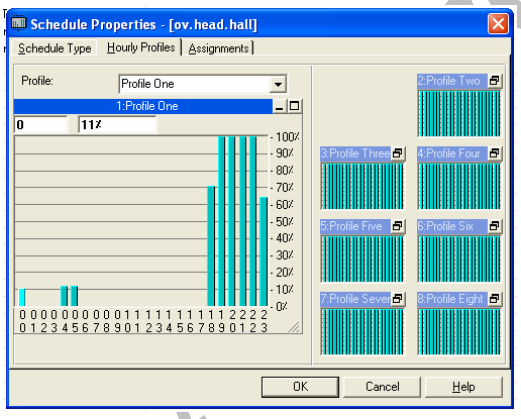
شکل ۲ : وسایل الکتریکی اتاق خواب



شکل ۳ : روشنایی های اصلی اتاق های خواب



شکل ۴ : روشنایی های اصلی آشپزخانه



شکل ۵ : روشنایی های اصلی اتاق پذیرایی

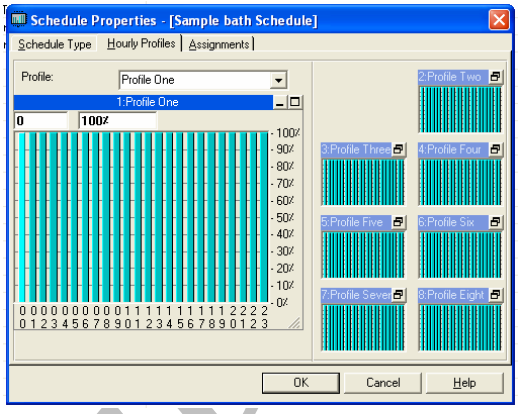
لازم به توضیح است که به کار بردن Schedule به شکل تمام وقت برای روشنایی حمام(شکل ۶) به دلایل زیر و به منظور نوعی برآورد مهندسی در نظر گرفته شده است :

۱. جبران بار حرارتی ناشی از روشنایی دستشویی از آنجا که با توجه به نقشه می توان دریافت ,دستشویی بار حرارتی هدایتی خاصی ندارد و معرفی این فضا صرفا برای بار حرارتی ناشی از منبع نوری آن-که تقریبا در تمام ساعات مورد استفاده است -کار مناسبی به نظرنمی رسد .

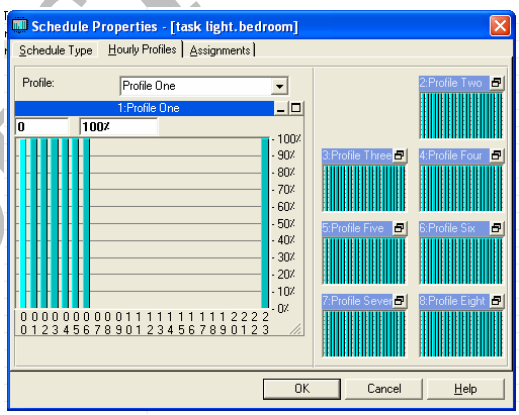
Archive of SID

www.SID.ir

۲. برای بار حرارتی ناشی از استحمام هیچ گزینه خاصی در نرم افزار و در محاسبات دستی قید نمی شود شاید چنین برآوردی به کمک بار ناشی از روشنایی برآوردی دور از ذهن نباشد .

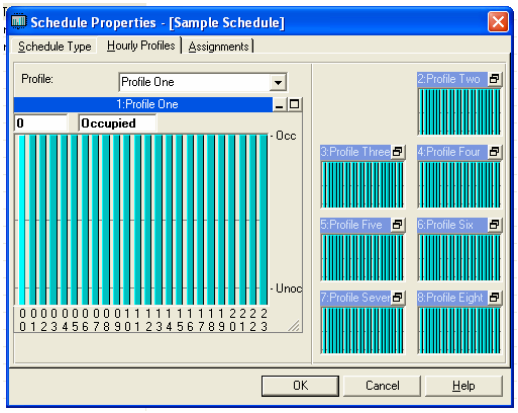


شکل ۶ : روشنایی اصلی حمام



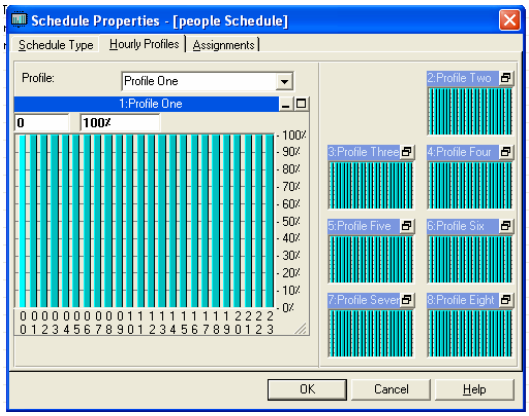
شکل ۶ : روشنایی اضافی اتاق خواب

روشنایی اتاق خواب از بامداد تا صبح استفاده خواهند شد.(شکل ۶)



شکل ۷ : ترموستات

برای حضور افراد ؛ حضوری همیشگی در نظر گرفته شده است این کار به منظور پاسخ گویی سیستم هنگام میهمانی ها در واحد های آپارتمانی صورت گرفته است .



شکل ۸ : حضور افراد

۲-۳.الگوی غیر اقتصادی :

این الگو به شکل پیش تنظیم در نرم افزار HAP4.2 وجود دارد ونگارندگان این مقاله نام غیر اقتصادی را بر آن گذاشته اند این الگو همانند الگو های شکل ۸ (حضور افراد) و شکل ۶ (روشنایی اصلی حمام) است و برای شرایط مذکور یکبار محاسبات با جایگزینی تمام الگوها با این الگو انجام شده است .

۳-۳.محاسبه سریع :

این شیوه محاسبه بسیار ساده , بار سرمایشی را با ضرب کردن عددی-که بستگی به موقعیت آب و هوایی محل ساختمان دارد- در زیر بنای ساختمان ارائه می دهد [۲] . برای شهر تهران مقدار ی از ۱۱۷/۲۲۸ $\frac{W}{m^2}$ تا ۱۳۱/۸۸۲ $\frac{W}{m^2}$ (معادل ۴۵۰تا ۴۰۰ $\frac{Btu}{hr \cdot m^2}$) خواهد بود و با دانستن آنکه زیر بنای مفید ساختمان ۵۷۰ m^2 است محاسبات چنین خواهد بود :

$$Load_{min} = 117.228 \frac{W}{m^2} \times 570\ m^2 = 66.820kW \qquad (۲)$$

$$Load_{max} = 131.882 \frac{W}{m^2} \times 570\ m^2 = 75.172kW \qquad (۳)$$

مقادیر روابط ۲و۳ به ترتیب برابر ۱۹ و۲۱/۳۷ تن تبرید خواهد بود. مقادیر بدست امده توسط نرم افزار برای شرایط بخش ۱-۳ معادل ۵۸/۰۲۸ kW و برای بخش ۲-۳ برابر ۷۲/۷۹۸ kW خواهد بود که در بخش نتیجه گیری تماما بر حسب تن تبرید بیان شده است ؛لازم به توضیح است که خروجی دو بخش ۱-۳ و۲-۳ در ضمیمه ۳و۴ آمده است و خروجی نرم افزار تماما بر حسب تن تبرید وسایر آحاد انگلیسی است .

نتایج

نتایج بدست آمده از سه شیوه محاسبه به شکل مختصر در جدول شماره ۳ آمده است .

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳: خلاصه نتایج تحلیل نرم افزاری و محاسبه سریع

روش محاسبه	محاسبه سریع	HAP4.2	
		sample schedule	Define schedule
مقداربار (Ton.R)	۱۹الی ۲۳/۳۷	۲۰/۷	۱۶/۵

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

۱. الگویی کـه در بخـش ۲-۳ از آن بـه عنـوان الگـوی مـصرف غیـر اقتصادی یاد شد عددی ارائه می دهد که در بازه محاسبات سریع-کـه عمدتا مورد استفاده پیمانکاران است-می گنجد. چنـین بـه نظـر مـی رسد که این معیار محاسبه سـریع و محاسـبات دسـتی مرسـوم نوعـا محافظه کارانـه و بـرای پاسـخگویی سـامانه سـرمازا در هـر شـرایط است.البته ارائه الگوی جدید بـرای محاسـبه سـریع کـاری اسـت کـه مطالعه صاحب نظران وکارشناسان را می طلبد و با یک بار آزمودن و با آزمودن یک ساختمان قابل تعریف مجدد نیست.

۲. تفاوت میان دو مورد مطـرح در بخـش هـای ۱-۳ و۲-۳ تـوانی حدود۱۴/۷۰ kW (حدود۴/۰ Ton.R) است شاید معیار های ارائه شده در الگـوی مـصرف اسـتفاده اقتـصادی (بخـش ۱-۳) انـدکی سختگیرانه به نظر برسد ولی تفاوت ایجاد شده در اثر الگوی مصرف را به خوبی نمایش می دهد . جدا از میزان انرژی مـصرف شـده بایـد در نظر داشت که سامانه سرمازا یک ساختمان هرچه توان نامی بیـشتری داشته باشد هنگام کارکرد خارج ناحیه تمام بار انرژی بیشتری مصرف می نماید این میزان انرژی هنگامی در هزینه هـای ملـی نمایـان مـی شود که الگوی طراحی و مصرفی خـاص در سـطح کـشور بـه شـکل مرسوم درآید .

تشکر و قدردانی (درصورت لزوم)

در خاتمه لازم است بخش دانشجویی نگـارش ایـن مقالـه از اسـتادان محترم دانشگاه علم و صنعت ایران-واحد اراک , آقایان دکتر ابوالفضل احمدی و مهندس وحید وکیل الرعایا به خاطر راهنمایی های مفید و مستمرشان قدردانی به عمل آورده برای ایشان آرزوی توفیق نمایند .

فهرست علائم

S مساحت، in^2

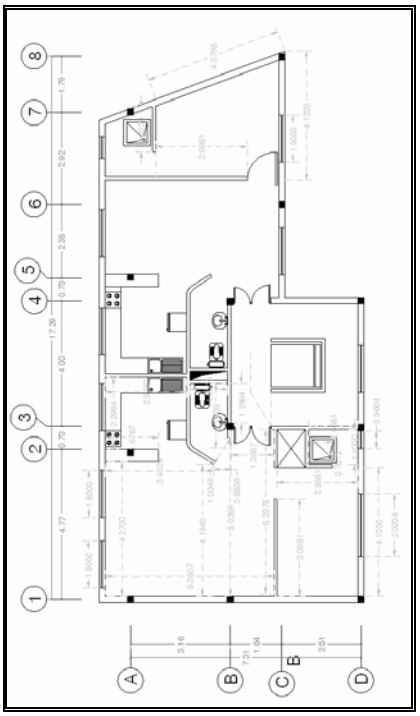
مراجع

[۱]- طباطبائی , سید مجتبی ,"محاسبات تاسیسات ساختمان," تهران, روزبهان, چاپ یازدهم, ۱۳۸۵

[۲]- وکیل الرعایا, وحید," طراحی سیستم های تهویه مطبوع با نرم افزار Carrier, " تهران , صانعی شهمیرزادی , ۱۳۸۵

ضمائم

ضمیمه ۱ : نقشه از زیر بنای ساختمان



ضمیمه ۲ : جدول اطلاعات مختصر فضاها

نام فضا		مساحت کف (متر مربع)	۱۱/۷	۱۰/۴۸	۷۳/۷	۵۹/۲	۱۷/۱۶	۲۴/۳۸	۲۹/۳	۱۷/۱
اتاق خواب شرقی		Partition/Door						✓		
		miscellaneous								
		people	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Electrical Eq.	✓	✓	✓	✓				
		Task lighting	✓	✓	✓	✓				
		O.V head lighting	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	جنوبی	پنجره	✓	✓			✓			✓
		دیوار	✓	✓			✓			✓
	شمالی	پنجره			✓	✓	✓	✓	✓	
		دیوار			✓	✓	✓	✓	✓	
	غربی	پنجره						✓		
		دیوار		✓				✓		
	شرقی	پنجره								
		دیوار	✓						✓	
اتاق خواب شرقی										
اتاق خواب غربی										
آشپزخانه شرقی										
آشپزخانه غربی										
اتاق پذیرایی شرقی										
اتاق پذیرایی غربی										
حمام شرقی										
حمام غربی										

Archive of SID

www.SID.ir

ضمیمه ۳ : خروجی نرم افزار با شرایط بخش ۱-۳

Project Name: Home.ppjx
Prepared by: sigrist

Air System Sizing Summary for main

07/21/2008
08:04PM

Air System Information

Air System Name	main	Number of zones	1
Equipment Class	CW AHU	Floor Area	4226.5 ft²
Air System Type	SZCAV	Location	Tehran, Iran

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone CFM	Peak zone sensible load	Calculation Months	Jan to Dec
Space CFM	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	200.9	MBH	Load occurs at	Jul 1900	
Sensible coil load	161.9	MBH	OA DB / WB	99.3 / 74.4	°F
Coil CFM at Jul 1900	7055	CFM	Entering DB / WB	83.4 / 66.9	°F
Max block CFM at Aug 2000	7055	CFM	Leaving DB / WB	58.8 / 57.3	°F
Sum of peak zone CFM	7055	CFM	Coil ADP	51.1	°F
Sensible heat ratio	0.806		Bypass Factor	0.100	
ft²/Ton	252.5		Resulting RH	51	%
BTU/(hr-ft²)	47.5		Design supply temp	55.0	°F
Water flow @ 10.0 °F rise	40.19	gpm	Zone T-stat Check	1 of 1	OK
			Max zone temperature deviation	0.0	°F

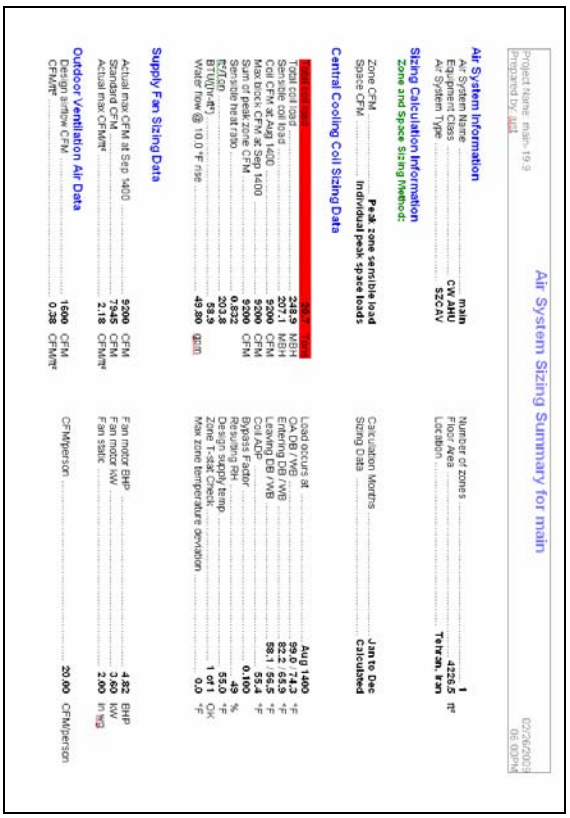
Supply Fan Sizing Data

Actual max CFM at Aug 2000	7055	CFM	Fan motor BHP	3.70	BHP
Standard CFM	6093	CFM	Fan motor kW	2.76	kW
Actual max CFM/ft²	1.67	CFM/ft²	Fan static	2.00	in wg

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow CFM	1600	CFM	CFM/person	20.00	CFM/person
CFM/ft²	0.38	CFM/ft²			

ضمیمه ۴ : خروجی نرم افزار با شرایط بخش ۲-۳



Project Name: main 19.9
Prepared by: sigrist

Air System Sizing Summary for main

02/26/2003
06:00PM

Air System Information

Air System Name	main	Number of zones	1
Equipment Class	CW AHU	Floor Area	4226.5 ft²
Air System Type	SZCAV	Location	Tehran, Iran

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone CFM	Peak zone sensible load	Calculation Months	Jan to Dec
Space CFM	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	248.9	MBH	Load occurs at	Aug 1400	
Sensible coil load	207.1	MBH	OA DB / WB	99.0 / 74.3	°F
Coil CFM at Aug 1400	9200	CFM	Entering DB / WB	82.2 / 65.9	°F
Max block CFM at Sep 1400	9200	CFM	Leaving DB / WB	58.1 / 56.5	°F
Sum of peak zone CFM	9200	CFM	Coil ADP	55.4	°F
Sensible heat ratio	0.832		Bypass Factor	0.100	
ft²/Ton	203.8		Resulting RH	49	%
BTU/(hr-ft²)	58.9		Design supply temp	55.0	°F
Water flow @ 10.0 °F rise	49.80	gpm	Zone T-stat Check	1 of 1	OK
			Max zone temperature deviation	0.0	°F

Supply Fan Sizing Data

Actual max CFM at Sep 1400	9200	CFM	Fan motor BHP	4.82	BHP
Standard CFM	7945	CFM	Fan motor kW	3.60	kW
Actual max CFM/ft²	2.18	CFM/ft²	Fan static	2.00	in wg

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow CFM	1600	CFM	CFM/person	20.00	CFM/person
CFM/ft²	0.38	CFM/ft²			

Archive of SID

www.SID.ir