جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

كلية الدراسات العليا

تصنيف أجهزة التكييف وتقييم إستدامتها في المباني العامة في السودان

Classification and Assessment Sustainability of Air conditioners In Public building in Sudan

بحث تكميلي لنيل درجة الماجستير في هندسة العمارة (خدمات المباني)

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment for the Requirement of Master of Since in Architecture Engineering (Building Service)

أعداد الطالب :

علي عبد الرحمن الصادق علي

اشراف الاستاذ :

د. حسن عبداللطيف عثمان

سبتمبر 2018

الاستهلال

الاية

(اللَّهُ لَطِيفٌ بِعِبَادِهِ يَرْزُقُ مَنْ يَشَاءُ وَهُوَ الْقَوِيُّ الْعَزِيزُ)

الشورى.اية(١٩)

الإهداء

الشكر والثناء أولا وآخرا لله عز وجل

الي معلم البشرية ومنبع العلم نبينا

محمد (صلي الله عليه وسلم)

الي روضة الحب التي تنبت أذكي الأزهار ومن تشرق عيناي برؤيتها كل صباح

(أمي الحنون)

الي رمز الرجولة والتضحية ومن دفعني إلي العلم وأزداد به افتخارآ

(أبي العزيز)

إلي من شاركوني في في حضن أمي وبهم أستمد عزتي وإصراري

(إخوتي الأعزاء)

إلي من أنسني في دراستي وشاركني في همي وسرت وإياهم في دروب الحياة

(أصدقائي الأوفياء)

الشكر والتقدير

الحمد والشكر لرافع السماء بلا عمد.....

الحمد لله حمدآ يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه...

وكل الشكر لأساتذتنا الكرام الذين قدموا

لنا الكثير بازلين جهودآ كثيرة

في تحصيلنا الاكاديمي عسي الله أن يجعله

في ميزان حسناتهم وأخص بالشكر الي:

الدكتور . حسن عبداللطيف عثمان

وكل أساتذة كلية العمارة والتخطيط ومن خلفهم

د.عوض سعد

المستخلص

الغرض من البحث هو كيفية ترشيد إستهلاك الطاقة خاصة لأجهزة تكييف الهواء في المباني العامة حيث باتت مصادر الطاقة التقليدية تشكل خطراً شديداً على البشرية ، هذا بالإضافة إن هذه المصادر محدودة وفي طريقها إلى الزوال.

إن حوالي نصف الطاقة التي يستهلكها الإنسان تتم داخل المباني وهذا يوضح كمية الطاقة الهائلة التي يمكن توفيرها إذا ماتم إعتماد تصاميم تساهم في خفض تكاليف التبريد والتكييف في المباني.

- تم استعراض الانواع المختلفة لأنظمة تكييف الهواء وتصنيفها وتحديد مميزات كل نوع وعيوبه ومن ثم استعراض العوامل التي تؤثر علي كفاءة استهلاك الطاقة بالنسبة لأجهزة تكييف الهواء.

- تم تحديد الخطوات التي يتم من خلالها تقييم استدامة انظمة التكييف في المباني العامة والوصول لتوصيات لمواصفات وأحجام أنظمة التكييف والتي تؤدي لزيادة كفاءة أستهلاك الطاقة.

Abstract

The research objectives to be rationalize energy consumption especially for air conditioners in public buildings where conventional energy sources are a serious threat to humanity. In addition, these sources are limited and are on the way to deplete.

About half of the energy consumed by humans in indoor equipment's, and this result shows how much energy used by air-conditioning can be saved if designs are adopted the concept of energy efficiency ratio to reduce the cost of cooling and air conditioning in buildings

The different types of air conditioning systems were reviewed and classified, the characteristics and disadvantages of each type were identified and the factors affecting the energy efficiency of air conditioning were explained.

The steps to assess the sustainability of Heating Ventilation and Air-conditioning systems in public buildings were identified and set recommendations for the specifications and sizes of (HVAC) systems that increase the efficiency of energy consumption were identified after heating and cooling load calculation.

قائمة المحتويات

الرقم	المحتوي	رقم الصفحة
	الاستهلال (اية قرأنية)	I
	الاهداء	II
	الشكر والتقدير	III
	الملخص	IV
	abstract	V
	قائمة المحتويات	VI
	قائمة الاشكال	VIII
	قائمة الجداول	IX
	قائمة المصطلحات	IX
	الفصل الاول المقدمة	
1-1	مقدمة الدراسة	1
2-1	مشكلة البحث	1
3-1	أهداف البحث	1
4-1	منهجية البحث	1
5-1	هيكل البحث	3
	الفصل الثاني تصنيف أنظمة تكييف الهواء	
1-2	تعريف المبني	4
2-2	تعريف تكييف الهواء	4
3-2	العلاقة مابين المبني وأجهزة التكييف	4
4-2	أنظمة التكييف الموضعية	5
5-2	مبرد الهواء الاديباتي (المكيفات الصحراوية)	9
6-2	نظم التكييف المركزي	10
7-2	مقارنة مابين نظام الهواء الكلي ونظام ماء الي هواء ونظام الماء الكلي	16
8-2	تصنيف انظمة تكييف الهواء Classification of air-conditioning systems	17
9-2	أنظمة التكييف الحديثة	18
10-2	نظام حجم مائع التبريد المتغير (V.R.V System)	20

الرقم	الفصل الثالث أجهزة التكييف وكفاءة إستخدام الطاقة في المباني العامة	رقم الصفحة
1-3	الظروف الجوية السائدة في الخرطوم	24
2-3	توجيه المبني ومواده الانشائية	26
3-3	عدد المستخدمين للمبني وساعات تواجدهم داخله	30
4-3	عوامل أجتماعية (محاولة فهم الشخصية السودانية)	33
5-3	معايير الراحة الحرارية	34
	الفصل الرابع **تقييم إستدامة أنظمة التكييف في المباني**	
1-4	أنظمة المباني الذكية	36
2-4	خطوات تقييم الإستدامة في إستخدام أجهزة التكييف	37
3-4	تحديد تكلفة الانظمة المستدامة	38
4-4	مستويات تحقيق الإستدامة	40
5-4	تقييم أستدامة اجهزة التكييف لبعض المباني العامة	41
	الفصل الخامس **توصيات البحث**	
1-5	تحسين الاداء الحراري للمباني	45
2-5	توصيات البحث	46
	المراجع	
	الملاحق (نموذج إستبيان البحث)	

قائمة الاشكال

الرقم	المحتوي	رقم الصفحة
شكل (2-1)	مكيف الهواء نوع شباك	5
شكل (2-2)	العلاقة التقديرية بين مساحة أرضية الفراغ مع سعة وحدات التكييف	6
شكل (2-3)	أشكال الوحدات المنفصلة	8
شكل (2-4)	المبرد التبخيري (الصحراوي)	9
شكل (2-5)	صورة من وسط الخرطوم توضح المباني التي تستخدم أنظمة التكييف المركزية والتي تستخدم أجهزة تكييف موضعية	10
شكل (2-6)	نظام تكييف مركزي هوائي كامل	11
شكل (2-7)	نظام تكييف مركزي مائي الكامل	13
شكل (2-8)	نظام تكييف مركزي ماء الي هواء	15
شكل (2-9)	تصنيف انظمة تكييف الهواء Classification of air-conditioning systems	17
شكل (2-10)	تزايد كميات توفير الطاقة لأجهزة التكييف الحديثة والتي وصلت الي 50%	19
شكل (2-11)	وحدات V.R.V نظم حجم مائع التبريد المتغير الخارجية	20
شكل (2-12)	مخطط يوضح نظام حجم مائع التبريد المتغير Typical V.R.V system	21
شكل (2-13)	أنماط معالجة تكييف الهواء لنظام (V.R.V)	22
شكل (3-1)	لفائف عازلة من الصوف الزجاجي	27
شكل (3-2)	لوح عازل من البولي اريسان	27
شكل (3-3)	مثال للوحة ارشادية	32
شكل (3-4)	مخطط يوضح المدي الحراري لحرارة جسم الانسان الداخلية	34
شكل (4-1)	إحدي ادوات التحكم في درجة الحرارة لمبني ذكي	36
شكل (4-2)	مخطط يوضح تكلفة رأس المال (التركيب) وتكلفة التشغيل لنظام تكييف تقليدي	39
شكل (4-3)	مخطط يوضح تكلفة رأس المال (التركيب) وتكلفة التشغيل لنظام ذكي ومستدام	39
شكل (4-4)	صورة لمبني الهيئة السودانية للمواصفات والمقاييس	41
شكل (4-5)	مبني برج الهيئة القومية للاتصالات والبريد	42
شكل (4-6)	صورة لمبني وزارة البيئة والموارد الطبيعية والتنمية العمرانية	42
شكل (4-7)	صورة لمبني شركة هواوي لتكنولوجيا الإتصلات	43
شكل (4-8)	صورة لمبني شركة شبيكة للأنتاج الزراعي	43
شكل (4-9)	خريطة توضع مواقع المباني تحت الدراسة	44
شكل (5-1)	مثال لدرع ايكلوجي	45

قائمة الجداول

الرقم	المحتوي	رقم الصفحة
جدول (2-1)	مقارنة بين نظام الهواء الكلي ونظام (ماء – هواء) ونظام الماء الكلي	16
جدول (3-1)	درجات الحرارة ومتوسطاتها والرطوبة النسبية لمدينة الخرطوم	23
جدول (3-2)	مقدار المقاومة الحرارية لبعض المواد التي تستخدم في تشييد المباني	25
جدول (3-3)	الحرارة المحسوسة والكامنة بالواط والتي يعطيها الشخص علي حسب النشاط الذي يقوم به	30
جدول (3-4)	تأثير فترة تواجد المستخدمين علي شروط التصميم الداخلية	31

قائمة المصطلحات

HVAC	Heating ventilation and air-conditioning
AHU	Air handling unit
R.A	Return air
S.A	Supply air
V.R.V	Variable refrigerant volume
ASHRAE	American society of heating refrigeration & air-conditioning engineers
H.S	Health & safety Regulation
LEED	Leadership in energy and environmental design

الفصل الاول

المقدمة:

1-1 مقدمة الدراسة:

التغيير في نوعيه الحياه في السودان له أثر كبير علي عملية الإستدامة في إستخدام أجهزة التكييف في المباني حيث تعتبر جميع المساكن التقليدية في السودان مباني مستدامة لأستخدامها كميات قليلة من الطاقة ولايوجد لها أي أثار سالبة واضحة علي البيئة المحيطة بها . لكن مع التغيير في نوعية الحياة نجد أن الوقت الذي يقضيه الناس في الخارج سابقا كبير (نشاط زراعي – رعوي ..الخ) بالمقارنة مع الوضع الحالي (داخل أماكن العمل – في قاعات المحاضرات – المراسم) ممايؤدي الي زيادة زمن تشغيل اجهزة التكييف وبالتالي زيادة معدلات إستهلاك الطاقة.

2-1 مشكلة البحث :

تكمن مشكلة البحث في تصنيف أجهزة تكييف الهواء وتقييم إستدامتها حيث نجد أن الحجم الاكبر من الطاقة المستخدمة في المباني يتم إستهلاكها في اجهزة التكييف لذلك لابد من دراسة العوامل التي تؤثر علي تحديد كميات استهلاك الطاقة بالنسبة لاجهزة التكييف وتعيير مدي استهلاكها للطاقة . التوجه العالمي الآن نحو الإستدامة والترشيد في استخدام الطاقة حيث يتم تعريف المباني المستدامة بالمباني ذات الاثر البيئي المنخفض (المبني الذي يستخدم كميات قليلة من الطاقة) ويساعد في الاستفادة من الموارد في البيئة المحيطة واعادة تدويرها واستخدامها .

3-1 أهداف البحث :

يمكن تحديد اهداف البحث في :

1- تنوير المجتمع بفكرة الإستدامة (Sustainability Idea)

2- توعية المجتمع بالاثر الناتج عن الرفاهية وأهمية المحافظة علي البيئة

3- تغيير السلوك المجتمعي بالإهتمام بترشيد الطاقة

4- كيفية توفير الطاقة والمحافظة علي البيئة.

5- زيادة الانتاجية في انجاز الاعمال المكتبية.

4-1 منهجية البحث :

يقوم البحث بأستخدام المناهج الاتية :

أ- إستخدام المنهج العلمي في :

- دراسة الظروف الجوية السائدة هي العامل الرئيسي في تحديد كميات استهلاك الطاقة في اجهزة التكييف حيث أن الغرض الاساسي من عمل اجهزة التكييف تحسين البيئة الداخلية للمبني وكلما زادت الفوارق الحرارية الداخلية للمبني عن البيئة الخارجيه يؤدي الي زيادة تشغيل اجهزة التكييف وبالتالي زيادة الإستهلاك.

- يحدد شكل المبني وحجمه في مدينة الخرطوم ومواده الانشائية حجم اجهزة التكييف ونوعها حيث أنه كلما زاد حجم المبني زادت أحماله الحرارية وبالتالي زيادة حجم اجهزة التكييف المطلوبه . تكون الاستدامة بتوجيه المبني بما يقلل الأسطح المعرضة لأشعة الشمس المباشرة واتجاهاتها وكذلك الاستفادة من اتجهات الرياح الطبيعية بحيث يتم توجيه المبني التوجيه الأمثل الذي يساعد في تحسين كفاءة تشغيل اجهزة التكييف وبالتالي تقليل إستهلاكها للكهرباء.

- يؤدي عدد المستخدمين للمبني لزيادة الاحمال الحرارية الداخلية في المبني ممايؤدي الي زيادة تشغيل أجهزة التكييف لذلك عند اختيار أجهزة التكييف لابد من حساب الاحمال الحرارية الخاصة بمستخدمي المبني لتكون بسعات مناسبة وتجنب حدوث أجهاد تشغيل للاجهزة ممايؤدي الي تقليل إستهلاكها للكهرباء.

- تحديد فترة المكث التي يقضيها المستخدمين داخل المبني وهي التي تحدد معدلات استهلاك الطاقة بالنسبة لوحدات التكييف وتتغير علي حسب نوعية استخدام المبني فمثلا في المباني العامة (المكاتب – قاعات المحاضرات) تكون ساعات تشغيل اجهزة التكييف خلال النهار اما المباني السكنية غالبا ماتكون فترات التشغيل في الساعات المسائية وايام العطلات.

- مراعاة تحقيق معايير الراحة الحرارية حيث لاتوجد قيمة ثابته لدرجة الحرارة التي تحقق الراحة الحرارية للانسان السوداني فتلك القيمة تختلف من شخص لأخر (علي حسب الجنس العمر ومعدلات الاستقلاب) ولكن يمكن وضع قيمه متوسطه للراحه الحراريه الواجب تحقيقها داخل المبني واثر ذلك علي عملية الاستدامة بالنسبة لاجهزة التكييف يتحقق بتركيب وحدات ذكية تعمل علي قياس درجات الحرارة المتغيرة خلال فترة استخدام البني وتعديل عمل اجهزة التكييف بناءا علي ذلك ممايؤدي الي زيادة كفاءة اجهزة التكييف وبالتالي كفاءة استخدام الطاقة .

ب- إستخدام المنهج التحليلي في :

- كيفية استنتاج الايجابيات والسلبيات في كل مبني عند تقييم مدي استدامة اجهزة التكييف فيه.

- استنتاج كيفية تعديل النموذج واقتراح المعالجات الأنشائية أولآ وأختيار النظام المناسب لأجهزة التكييف وحجمه ثانيا وذلك لتحسين اداء المبني الحراري مع مراعاة تحقيق الاستدامة في استهلاك الطاقة.

- عمل إستبيــان لعدد من المباني العامة والوصول لنتائج خاصة بتقييم إستدامة أنظمة التكييف المركبة بها.

5-1 هيكل البحث:

تهدف الدراسة لتحقيق الراحة الحرارية لشاغلي المبني العام مع مراعاة توفير الطاقة التي يستهلكها المبني فقد تضمن البحث مايلي:

- **بناء الخلفية النظرية للدراسة ولتحقيق ذلك تم تناول انظمة التكييف وتصنيفها وأساليب تحسين الأداء الحرارى للمبني ومن ثم إستعراض نماذج وأمثلة للتوضيح.**
- **مناقشة مفهوم التكييف ومعرفة الخصائص المناخية للمناخ الحار الجاف (مناخ منطقة الدراسة) والعوامل المناخية المؤثرة على التصميم المعمارى وحدود الراحة الحرارية لشاغلي المباني.**
- **تناول نماذج لمبانى عامة تستخدم نظم تكييف متنوعة كعينة للدراسة وعرضها وتحليلها ومن ثم التوصل للنتائج والتوصيات فى هذا الشأن.**

الفصل الثاني

تصنيف أنظمة تكييف الهواء:

2-1 تعريف المبنى :

المبني هو عبارة عن أي فراغ مغلق او مفصول عن البيئة الخارجية بغض النظر عن وظيفته ونجد أن المعماري الجيد هو الذي يقوم بتصميم المبني بأقل عدد من وحدات تكييف الهواء.

2-2 تعريف تكييف الهواء:

هو العمـــليـــة التـــي تـــتـــم في الـــهـــواء فـــي آن واحد ويتم من خلالها التحكم في خواص الهواء

وذلك بـــ: (Hassan abdellatif – Lect 1 MS.c)

1- التحكم في درجة حرارة الهواء.

2- التحكم في مقدار رطوبة الهواء.

3- تنقية الهواء من الشوائب.

4- لتوزيع الهواء داخل المبني.

5- التحكم في الضوضاء والروائح الغير مرغوبة.

2-3 العلاقة مابين المبنى وأجهزة التكييف :

بما ان مهمة المبني تكمن في فصل البيئة الداخلية للمبني والتي يمكن التحكم في خصائصها (درجة حرارة – رطوبة – الخ.) عن البيئة الخارجية والتي من المستحيل تماما التحكم في خصائصها نجد ان العلاقة مابين المبني واجهزة التكييف علاقة عكسية فكلما زاد حجم المبني زادت متطلباته الحرارية وبالتالي حجم اجهزة التكييف وبالعكس.

يتم إستخدام أجهزة التكييف في المباني بعد تحديد المتطلبات الحرارية الخاصة بالمبني وهي مـــــايعرف بأنـــــظمة التـــــدفئة والتـــــهوية والتبـــــريد ويـــــرمز لـــــها بالـــــرمز (H V A C)

ويتم تقسيم أنـــــظمة التـــــكييف الي أنظمة حديثة وأخـــــري تقليدية كما تـــقسم الانظمة التقليدية إلي أجهزة تكييف موضعية وأجهزة تكييف مركزية.

4-2 أنظمة التكييف الموضعية: (Localized A/C Systems)

أ- وحدة الشباك: (Window Type Unit)

وهي عبارة عن وحدة مصممة في شكل صندوق لتركيبها في الشباك او داخل الحائط (رمضان محمود،2000 ص 16) **كما هو موضح في الشكل (2-1) وتتكون من :**

– دورة تبريد انضغاطية (Refrigeration Cycle)

– ملف تبريد وازالة رطوبة (Cooling & Dehumidifying Coil)

– مكثف (Condenser)

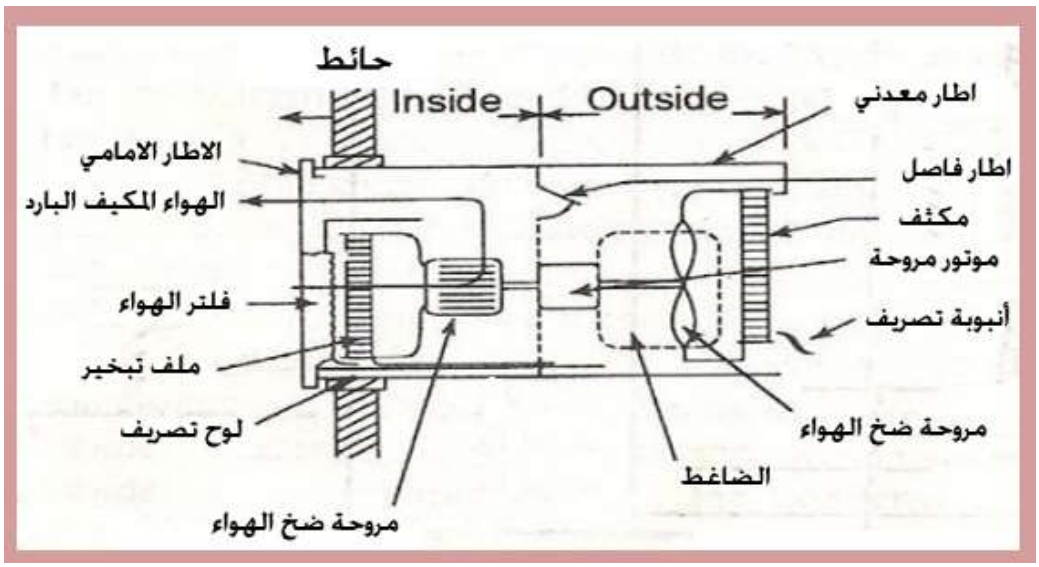
– ضاغط (Compressor)

–انبوبة شعرية (Capillary Tube)

- فلتر (Filter)

- موتور كهربائي لأدارة مروحة ملف التبريد ومروحة ملف التكثيف

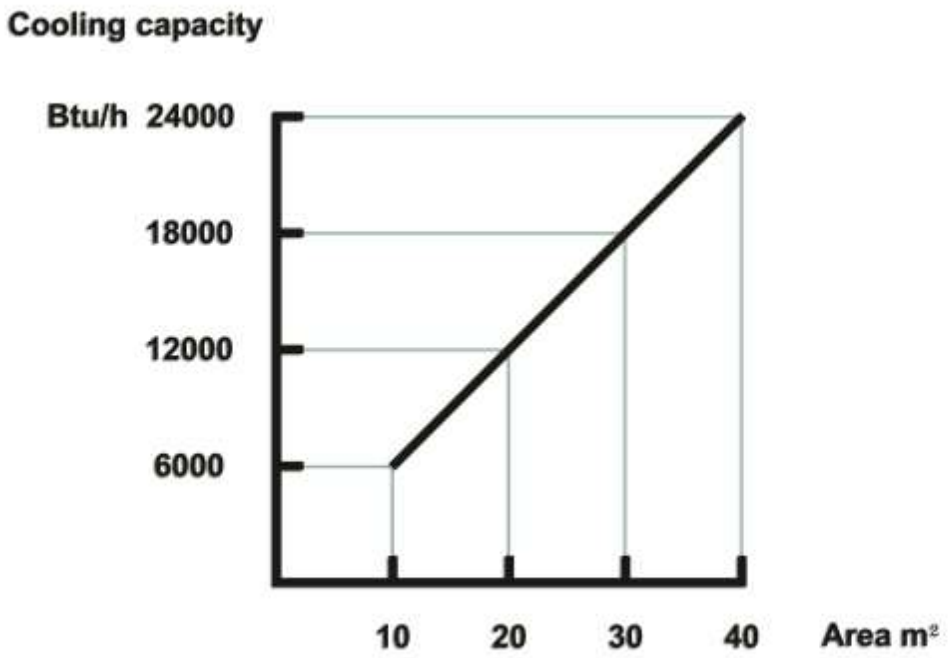
يتم عمل فاصل بين ملف التبريد ووحدة التكثيف للسماح بتوفير معدلات التهوية اللازمة للمكان المراد تكييفه ، وتنتج وحدة الشباك علي طرازين الاول طراز تكييف يعمل صيفا فقط والثاني تكييف وتدفئة يعمل صيفا وشتاءا وتتم فيه التدفئة بواسطة صمام عاكس لدورة التكييف والذي يعكس اتجاه انسياب وسيط التبريد مما يجعل ملف التبريد مكثفا والمكثف ملف تبريد(رمضان محمود،2000م ص16).



شكل (2-1) مكيف نوع الشباك

وتتراوح السعـــات التـــبـــريدية لـــوحـــدة الشبـــاك من 12000Btu/h الي 24000Btu/h ونجد أن (12000Btu/h=1ton of Refrigerant=3.54Kw)

والشكل (2-2) يوضح العلاقة التقديرية بين سعة التبريد (Cooling Capacity) لوحـــدة الشبـــاك مـع مساحة سطح أرضية الفراغ المراد تكييفه. (رمضان محمود أحمد،2000م ص17)



شكل (2-2) العلاقة التقديرية بين مساحة أرضية الفراغ مع سعة وحدات التكييف

$$Q_{C.C} = P \times (A_F)$$

$Q_{C.C}$ = cooling capacity السعة التبريدية لوحدة معامل المساحة بالطن W

P = Cooling load ton or Kw السعة التبريدية بوحدة الطن التبريدي او الكيلو واط

A_F = Coefficient of surface area معامل مساحة الارضية لوحدة الطن التبريدي

مواضع تركيب أجهزة التكييف من نوع وحدة الشباك:

1- فوق السطح الأسفل للشباك.

2- عبر الحائط علي حسب الحوجة للهواء المكيف.

*** من عيوب اجهزة التكييف من نوع وحدة الشباك ان الفراغ لابد من ان يكون مطل علي الخارج حيث لا يمكن تركيبه في الفراغات الداخلية لأن الجهاز يتكون من وحدة واحدة.**

ب- الوحدات المنفصلة (إسبلت): (Split Unit Type)

وحدة تكييف الهواء المنفصلة عبارة عن وحدة لها نفس مكونات الشباك الاساسية مع فصل وحدة التبخير والتكثيف عن بعضهما البعض وذلك من اجل توفير ظروف الراحة والهدوء لشاغلي الفراغ المراد تكـييفه كالتالي:

1– وحدة التبخير: (Evaporative Unit)(Indoor unit)

تعرف وحدة التبخير بالوحدة الداخلية (Indoor Unit) وتشتمل علي ملف تبريد وازالة رطوبة مروحة طرد مركزي وسخان كهربائي يستخدم في حالة المخازن المبردة.

2– وحدة التكثيف: (Condensing Unit)(Outdoor unit)

تعرف وحدة التكثيف بالوحدة الخارجية (Outdoor Unit) وتشتمل علي ضاغط مكثف هوائي ومروحة ومروحة دفع محورية. وترتبط وحدة التبخير بوحدة التكثيف بماسورتين من النحاس احداهما تنقل سائل مائع التبريد من المكثف الي ملف التبريد خلال انبوبة شعرية . بينما تنقل الاخري بخار مائع التبريد من ملف التبريد الي الضاغط.

من اهم مميزات مكيفات الوحدات المنفصلة هي الهدوء لوجود عنصر الازعاج (الضاغط) بالوحدة الخارجية خارج المكان المراد تكييفه.

وحاليا يتم انتاج وحدات الاسبلت الداخلية على عدة أشكال وهى :

1- وحدات تركب علي الحائط

2- وحدات تركب علي السقف

3- وحدات إستاند (قائمة)

وتتراوح السعات التبريدية للوحدات المنفصلة بين 12000 Btu/h الي 64000 Btu/h أو علـــي حســب الهيئة الخاصة بالوحدة . أمـــا الوحدات الداخلية التي تـــــركب علي الحائـــط تتـــراوح سعـاتها مابين 12000 Btu/h إلي 36000 Btu/h.

اما الوحدات التي تركب علي السقف والوحدات القائمة (استاند) تتراوح ســـــعاتها مابين 18000 Btu/h الي 64000 Btu/h .

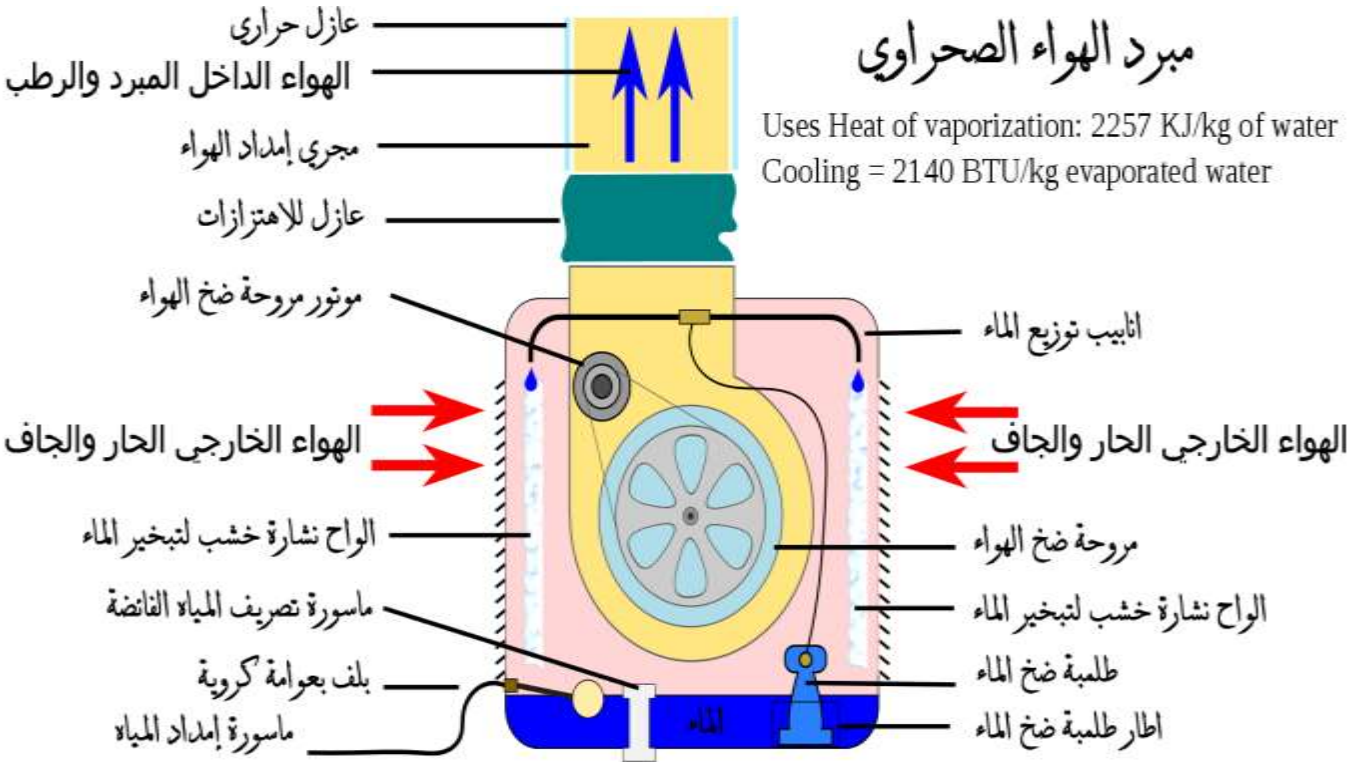
شكل (2-3) اشكال الوحدات المنفصلة (اسبلت) (رمضان محمود أحمد،2000م ص 39)

*** من مميزات اجهزة التكييف من نوع الوحدات المنفصلة (سبلت) يمكن تركيبها في الفراغات التي توجد في وسط المبني و ليس من الضروري ان يكون الفراغ مطل علي الخارج لأن الجهاز يتكون من وحدتين .**

5-2 مبرد الهواء الاديباتى (المبردات الصحراوية):

هو الة تعمل علي تبريد الهواء فقط وليس تكييفه من خلال عملية تبخر الماء ، وتختلف هذه الطريقة عن انظمة التكييف الاخري بطريقة عملها والتي تعتمد التبريد التبخيري من خلال توظيف المحتوي الحراري للمياه المتبخرة وذلك عن طريق انتقال الهواء الجاف القادم من الخارج عبر وسيط مبلل (قش او كرتون) يقوم بتحويل الماء السائل الي بخار مما يؤدي الي خفض درجة حرارة الهواء المحسوسة ، هذه العملية تتطلب طاقة اقل بكثير من انظمة التكييف الميكانيكية والتي تعتمد في عملها علي دورات الانضغاط التبخيري وإعادة التكثيف او دورات التبريد الامتصاصي.

يعتبرالتبريد التبخيري طريقة مناسبة للمناطق التي يكون مناخها حار وجاف (مثل المناطق الصحراوية) ونجد ان تكلفة تشغيل هذا النوع تقل بنسبة 50% عن أنظمة التكييف الاخري ولذلك يعتبر الامثل للسودان خاصة في المناطق الشمالية ذات المناخ الصحراوي والمناطق الوسطي في مواسم الصيف نتيجة لجفاف الهواء. (رمضان محمود أحمد،2000م ص 138)



شكل (2-4) المبرد التبخيري (الصحراوي)

6-2 نظم التكييف المركزي: (Central A/C Systems)

يتم استخدام نظم التكييف المركزية في المباني الكبيرة والتي تكون متطلبات التشغيل بها عالية وتعتبر تلك هي احدي مميزات التكييف المركزي حيث يقوم جهاز واحد بخدمة عدد كبير من الفراغات مما يؤدي بطريقة ما لخفض التكلفة الابتدائية لتركيب انظمة التكييف خاصة في المباني الكبيرة.

تتميز نظم التكييف المركزية بسهولة الوصول للاجزاء بغرض الصيانة نظرا لكبر حجم الاجهزة ووجودها بأماكن لا تتطلب ازعاج لشاغلي المبني بالمقارنة مع الاجهزة الاخري والتي توجد بداخل الفراغات داخل المبني.

يساعد استخدام نظم التكييف المركزي بالاحتفاظ بالجمال المعماري للمباني الكبيرة حيث لا توجد وحدات تكييف مركبة علي الواجهات وتعمل علي تشويهها.

شكل (2-5) صورة من وسط الخرطوم توضح الفرق في الواجهات بين المباني التي تستخدم انظمة التكييف المركزية والمبني في الاسفل الذي توجد به وحدات موضعية

يتم تقسيم نظم التكييف المركزي الى ثلاثة أنظمة رئيسية :

أ- نظام هواء كلي (All Air System):

نظام تكييف الهواء الكلي عبارة عن وحدة تكييف تعمل علي خدمة مناطق متعددة أو صالات واسعة أو طوابق متعددة.

يقوم النظام بمعالجة الهواء داخل وحدة مناولة الهواء (AHU) والتي تشتمل علي ملف تبريد وازالة الرطوبة ، ملف تسخين ، فلتر ومروحة وتشتمل علي وحدة ترطيب . ومن ثم يسري الهواء البـارد او الساخن والمعالج من خلال مسالك هوائية (Air ducts) وذلك لتوزيع الهواء في الاماكن المراد تكييفها.

*** يتم استخدام نظام تكييف الهواء الكلي لأغراض خـــاصة تتطلب تحكم دقيق في درجات الـــحرارة والرطوبة مثل مصانع انتاج الالكترونيات الدقيقة.**

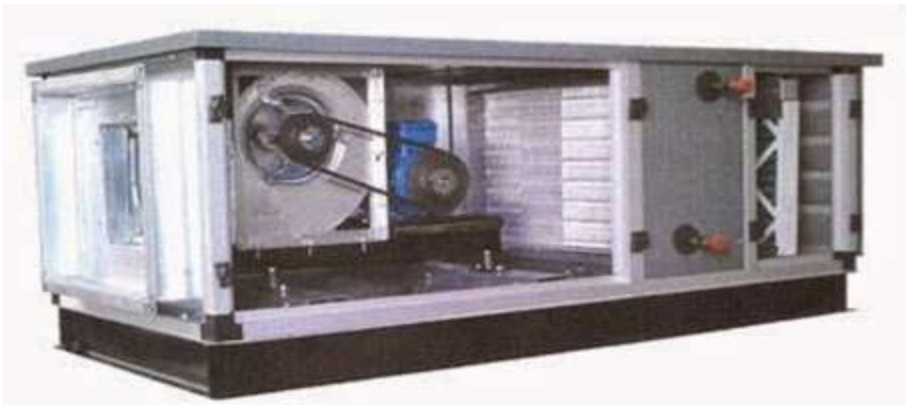
تصنف نظم تكييف الهواء الكلي تبعا لطريقة اجراء التبخيرالى:

أ- نظام التمدد المباشر (Direct expansion system)

ويستخدم غاز الفريون كوسيط للتبريد وهو عبارة عن وحدة تبريد متكاملة تتواجد داخل المكان الـمراد تكييفه أو بالقرب منه ويعتبر هذا النظام ابسط وحدة تكييف صيفي ، يستخدم نظام التمدد المباشر لغرفة منفصلة وذلك لخدمة شخص واحد أو مجموعة من الأشخاص مثـل مكتب خصوصي، مسكن، منـشأة تجارية أو مجموعة مكاتب في منطقة واحدة.

ب- نظام تثليج المياه (Water Chillers)

وفيه يتم تبريد المياه الي درجات حرارة منخفضة اعلي بقليل من الصفر المئوي.



شكل (2-6) نظام تكييف مركزي هوائي بالكامل

كما تصنف انظمة التكييف الهوائي الكامل الى نوعين :

1- نظام تكييف لمنطقة واحدة (Single Zone) ويستخدم في حالة المـــــبني بطابق واحد.

2- نظام التكييف متعدد المناطق (Multi Zone) ويستخدم في حالة المبني متعدد الطوابق.

مزايا نظام تكييف الهواء الكلي :

1- بساطة التركيب.

2- قلة التكلفة الابتدائية والتشغيل.

3- مركزية الصيانة.

4- التشغيل الهادئ (انخفاض الضجيج) بسبب تركيب الوحدات بعيدا عن الحيز المراد تكييفه.

ب- نظام الماء الكلي : (All Water System)

يستـــــخدم نظام المـــاء الكلي (All water system) وحدات طرفية (Terminal units) تعرف ب (Fan – Coil) ملف – مـــروحة ، حيث يسري خلال الملف ماء بارد او ساخن سبق تجهيزه في الغرفة المركزية ونجد ان تلك الملفات المستخدمة بأنبوبين او ثلاث او أربعة أنـــابيب ويـفضل الـــنظام ذو الـــــــثلاثة أو الأربع مواسير للتحكم الدقيق في درجة الحرارة في الغرف المختلفة ذات الاحمال المختلفة.

تـــعمل المروحة في الوحدة الطرفية على سحب هواء الغرفة وامراره خلال الملف حيث يتم تجديد الهواء عن طريق فتحة في الحائط.

يتم التحكم في درجة حرارة الهواء بواسطة التحكم في معدل سريان الماء البارد خلال الملف ويعتبر نظام ملف ـ مروحة، نظام التكييف الأرخص والأوسع انتشاراً في الوقت الحاضر للفنادق، المباني المكتبية والمراكز الطبية وذلك لأنه لا يحتاج إلى مجاري هوائية ويتطلب حيز بسيط علاوة على سهولة تركيبه حيث يعتبر اكثر انظمة التكييف المركزية استخداما في السودان.

مزايا نظام الماء الكلي:

1- انخفاض التكلفة.

2- لا يحتاج الي مجاري هواء.

3- لا تشغل حيزا كبيرا.

4- سهولة التركيب والصيانة.

عيوب نظام الماء الكلي :

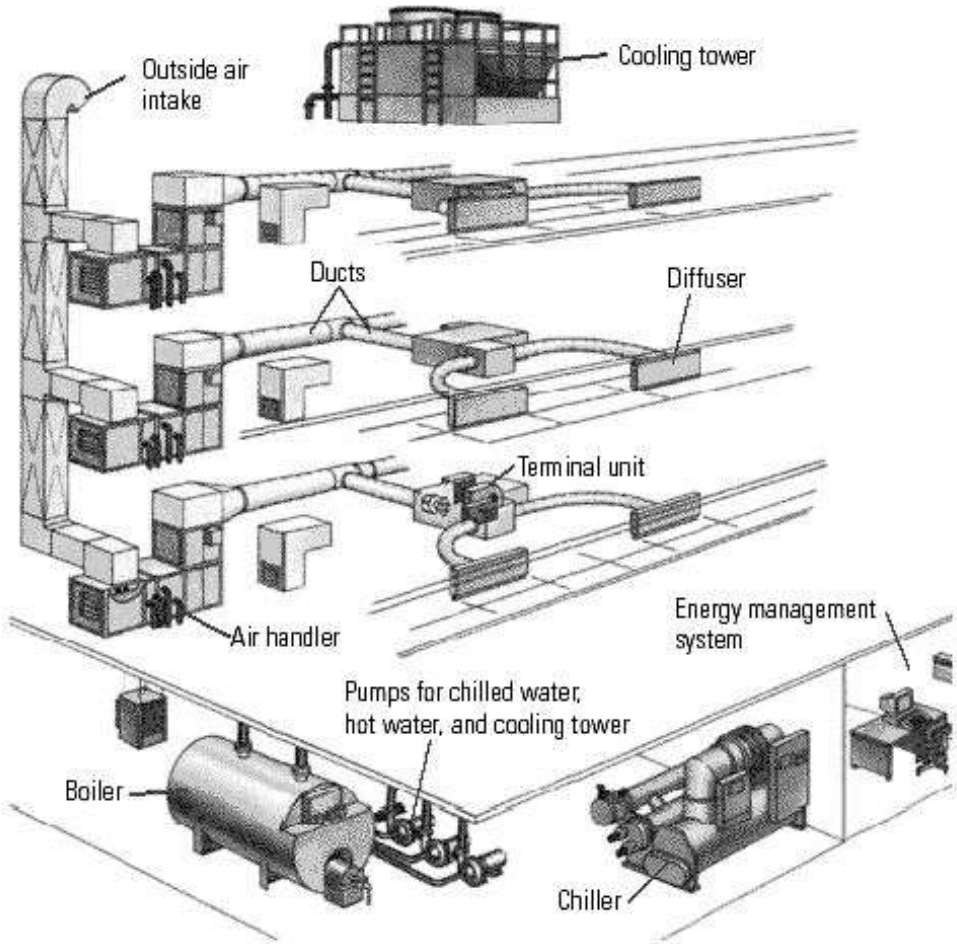
1- لايمكن التحكم الجيد في الرطوبة.

2- أعمال الصيانة تتم داخل الحيز المكيف.

3- تكون الصدأ و البكتريا داخل انابيب التكييف مما يؤدي الي روائح كريهة.

4- تسريب الماء الي داخل الحوائط.

5- تكون الطحالب داخل الانابيب نتيجة وجود الماء بداخلها لفترات طويلة.



شكل (2-7) نظام تكييف مركزي مائي كامل

ج- نظام ماء الى هواء (Air water System):

يعمل نظام ماء - هواء على تبريد الهواء داخل المكان المراد تكييفه تجري المعالجة الأولية للهواء في مكان مركزي بعيد عن الأماكن المكيفة. يلاحظ أن الجزء الأكبر من حمل الغرفة يأخذه ملف الوحدة المتواجدة داخل الغرفة المراد تكييفها ، ويستخدم هذا النظام وحدات حث (Induction units) تركب اسفل الشبابيك في نظام محيطي حيث تعمل وحدة الحث علي سحب الهواء من الغرفة واعادة سريانه. يشكل الهواء الاولي (Primary air) حوالي 20% الي 25% من هواء التغذية ويتم التحكم في درجة الحرارة من خلال الملف .

نجد ان نظام ماء – هواء مناسب للاستخدام في الاماكن المحيطية الشاهقة والمتعددة الطوابق مثل المباني المكتبية ، المستشفيات ، المدارس ومعامل الابحاث.

نجد ان نظام ماء الي هواء يستخدم وحدات ملف-مروحة مركبة في السقف وحدات سقفية قبل دفعه حيث تتم معالجة الهواء مركزيا من خلال مخارج سقفية قبل دفعه للوحدة السقفية (Ceiling diffuser) .

يمكن لنظام ماء – هواء ان يخدم مناطق متعددة (Multi zones) حيث تتم معالجة الهواء مركزيا من خلال وحدات مناطق (Zone unit) مما يسهل التحكم الدقيق في درجات الحرارة.

في نظام ماء - هواء يشتمل جانب الهواء علي وحدة مركزية ، مجاري هوائية ومخارج سقفية أو وحدات حث أو وحدات ملف - مروحة . ويتكون جانب الماء من مضخة سريان،أنابيب توصيل الماء الساخن او البارد الي الملفات داخل الاماكن المكيفة.

تتواجد الملفات اسفل الشبابيك داخل وحدات الحث (وحدات ملف – مروحة) أو مع الوحدات الطرفية كما يتم تسخين الماء بأستخدام غلاية او سخان كهربائي بينما يتم تبريد الماء بأستخدام مبرد مائي (Water chiller) (رمضان محمود احمد اساسيات تكييف الهواء (نسخة الكترونية) الباب رقم 11 ص153 – 154)

<u>مزايا نظام ماء الى هواء :</u>

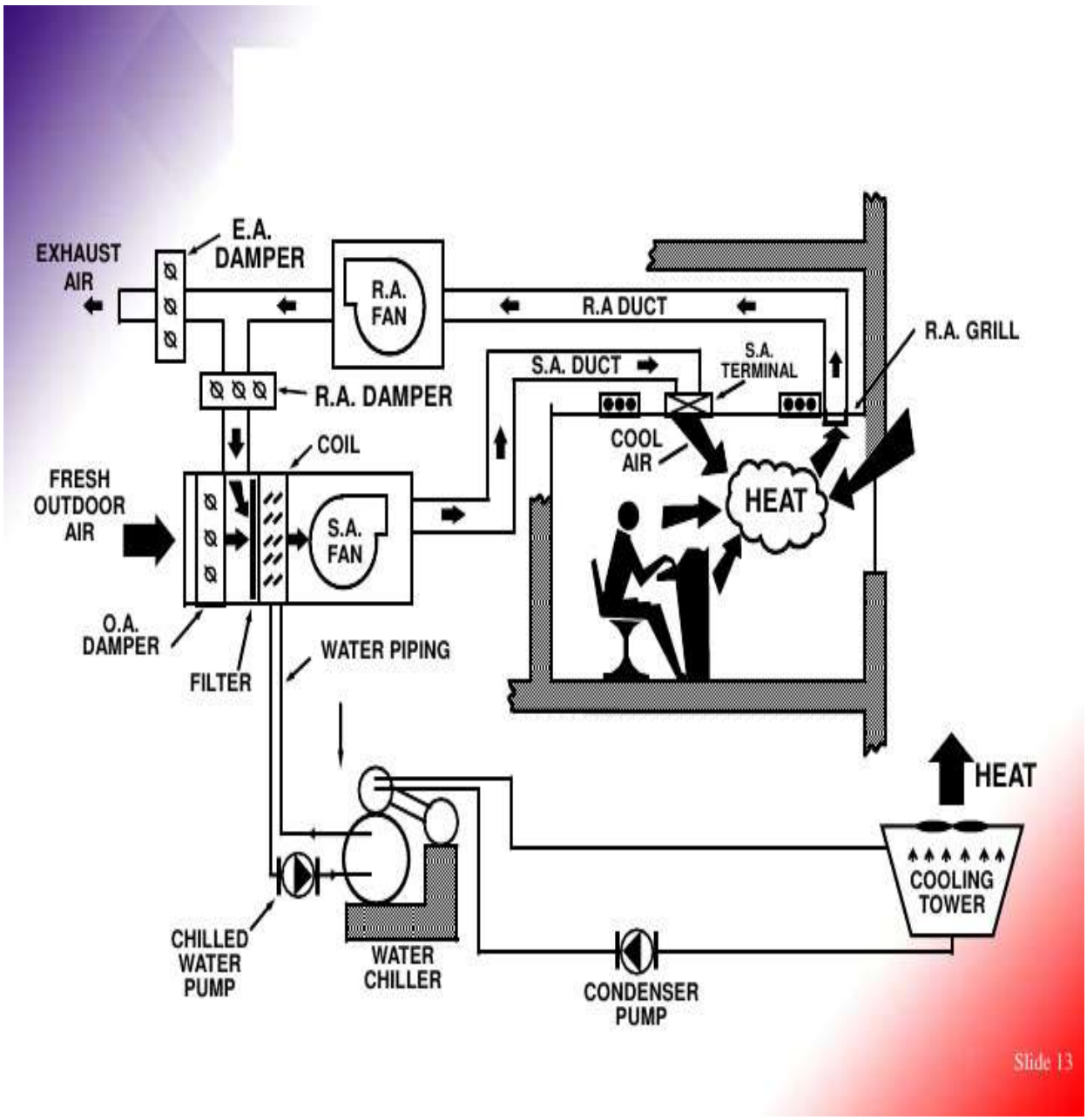
أ- التحكم المنفصل في درجة الحرارة.

ب- ازالة الرطوبة او الترطيب المركزي.

ج- عدم الحوجة الي حيز كبير للمعدات والمجاري الهوائية.

<u>عيوب نظام ماء الى هواء :</u>

ومن عيوب نظام ماء الي هواء الضوضاء الكبيرة الناتجة عند استخدام وحدات الحث.



شكل (2-8) نظام تكييف مركزي ماء – هواء

نجد ان نظام ماء الى هواء يتكون من:

1- مبردات الماء (Water chillers)

2- مضخات الماء (Water pumps)

3- مسخنات مياه (Water heaters)

4- صمامات خدمة وتحكم

5- أنابيب مياه ساخنة وباردة

6- أبراج تبريد (Cooling towers)

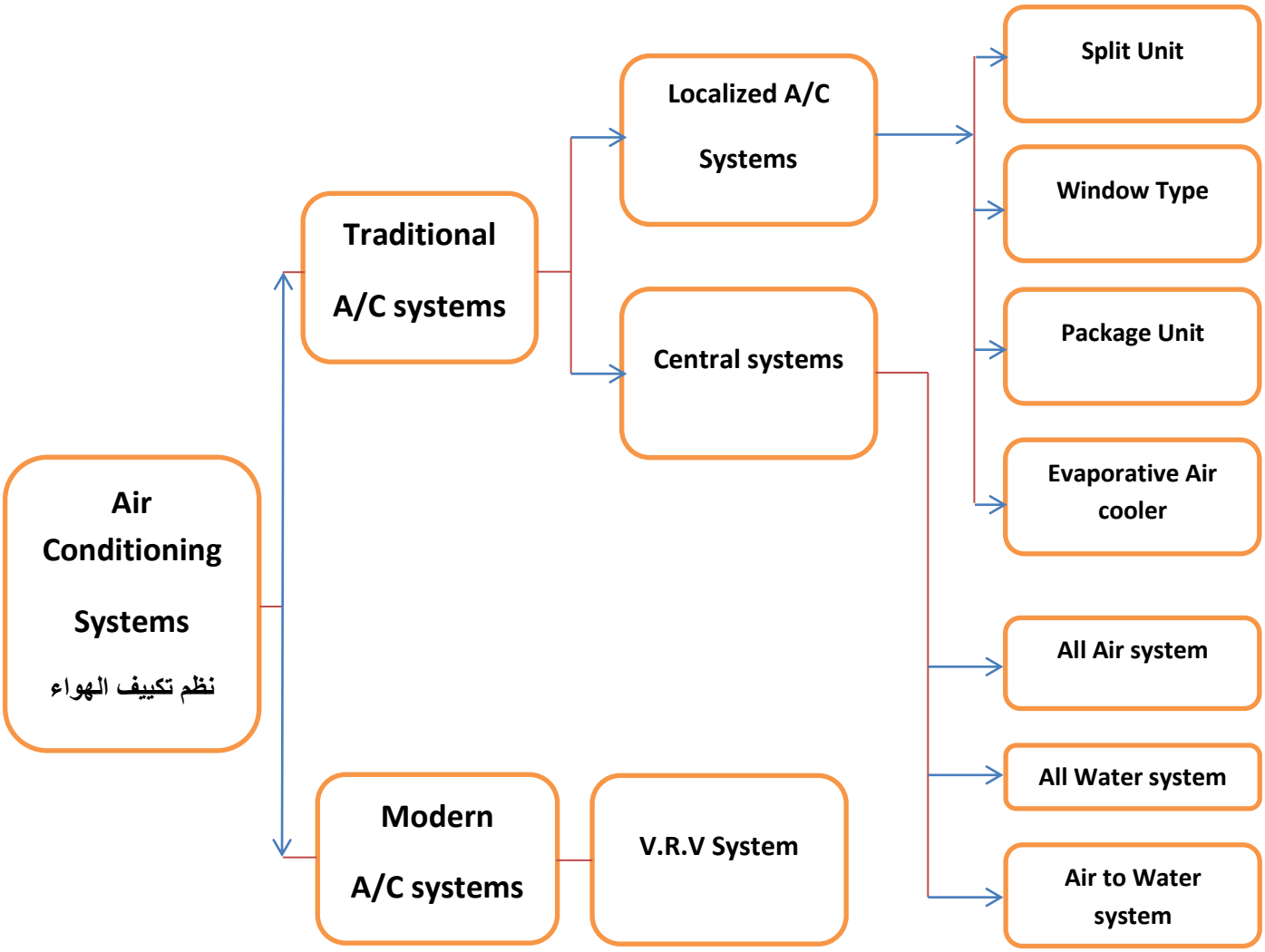
7-2 مقارنة بين نظام الهواء الكلي ونظام ماء – هواء :

جدول (2-1) يوضح مقارنة مابين نظام الهواء الكلي ونظام (ماء – هواء) ونظام الماء الكلي

عنصر المقارنة	نظام هواء كلي	نظام ماء الي هواء	نظام الماء الكلي
المائع	هواء	ماء – هواء	ماء
الحرارة النوعية	صغيرة	كبيرة	كبيرة
الكثافة	صغيرة	كبيرة	كبيرة
معدلات الهواء	كبيرة	صغيرة	صغيرة
أبعاد المسالك	كبيرة	صغيرة	لاتوجد
الحيز اللازم	كبير	صغير	لاتوجد
سرعة الهواء	صغيرة	كبيرة	كبيرة
هواء التغذية	خارجي + راجع	خارجي	راجع
الطاقة اللازمة	كبيرة	صغيرة	صغيرة
تكلفة التشغيل	كبيرة	صغيرة	صغيرة

ومن الجدول اعلاه يتضح أن النظام الافضل هو نظام ماء الي هواء من حيث استهلاكه للطاقة وتكلفة تشغيله وسرعة الهواء به والحيز الذي يحتله النظام وابعاد مسالك الهواء الخاصة به وبذلك يكون الافضل بمجموعة كبيرة من الخصائص من نظام الهواء الكلي.

8-2 تصنيف أنظمة تكييف الهواء :



Classifications of Air-conditioning Systems

شكل (2-9) تصنيف انظمة تكييف الهواء

9-2 أنظمة التكييف الحديثة:

(MODREN AIR-CONDITIONING SYSTEMS)

نتيجة بعض التطورات التكنولوجية الكبيرة والمذهلة في صناعة التكييف في السنوات العشرين الماضية حيث نجد ان الانظمة الحديثة توفر العديد من الخيارات لمالكي المنازل والمباني بدءآ من التحكم في درجة الحرارة المتطورة وكذلك الرطوبة وصولا الي تنقية الهواء المدمجة ، وحتي القدرة علي التحكم في النظام عن بعد. كما حلت منظمات الحرارة الرقمية والتي توفر تحكم عالي في درجة الحرارة بالمقارنة مع نماذج المنظمات الميكانيكية القديمة.

تهدف الاعدادات التي تأتي مع منظمات الحرارة الحديثة القابلة للبرمجة الي توفير الطاقة دون التضحية بالراحة وذلك بالاستناد الي جداول حضور وانصراف شاغلي المبني تؤدي إلي حدوث توفير كبير في كميات الطاقة المستهلكة وذلك عن طريق الألتزام بهذه الاعدادات أو تعديلها بما ينـــــاسب جداول مواعيد شـــاغلي المـــبني (Variable Load System) خـــاصـــة في المبـــاني الكبيـــرة والعامة.

*** الوصـــولية عن بعد أو التحكم عن بعد (Remote Access)وهو من أهـــم ابتكارات انظمة التكييف الحديثة حيث تسمح هذه الميزة لأصحاب المباني او شاغليها بمراقبة مكونات النظام وحـــالته العامة كما يمكن من خلالها ايقاف النظام عند اكتشاف مشكلة وضبط الحرارة والـــــــرطوبة عن طريق الكمبيوتر والهواتف الذكية.**

قبل عشرين عاما لم يوجد اهتمام كبير بجودة الهواء كما هو يوجد اليوم كما ان جودة الهواء مهمة خاصة في الاماكن المغلقة ونجد ان انظمة التكييف الحديثة تحتوي علي وحدات تنقية هواء مدمجة تعمل عـــلي توفير هواء عالي النقاء لشاغلي المبني تقوم بتنقية الهواء عشرة اضعاف افضل مما كانت عليه الاجـــهزة التقليدية. (https://www.lindstromair.com/articles/benefits-of-modern-air-conditioning-systems)

ومن اهم مميزات انظمة التكييف الحديثة :

1- معاملات اداء عالية حيث أن اجهزة التكييف الحديثة تكون بسعات اعلي مع استهلاك اقل للطاقة بالمقارنة مع الانظمة التقليدية.

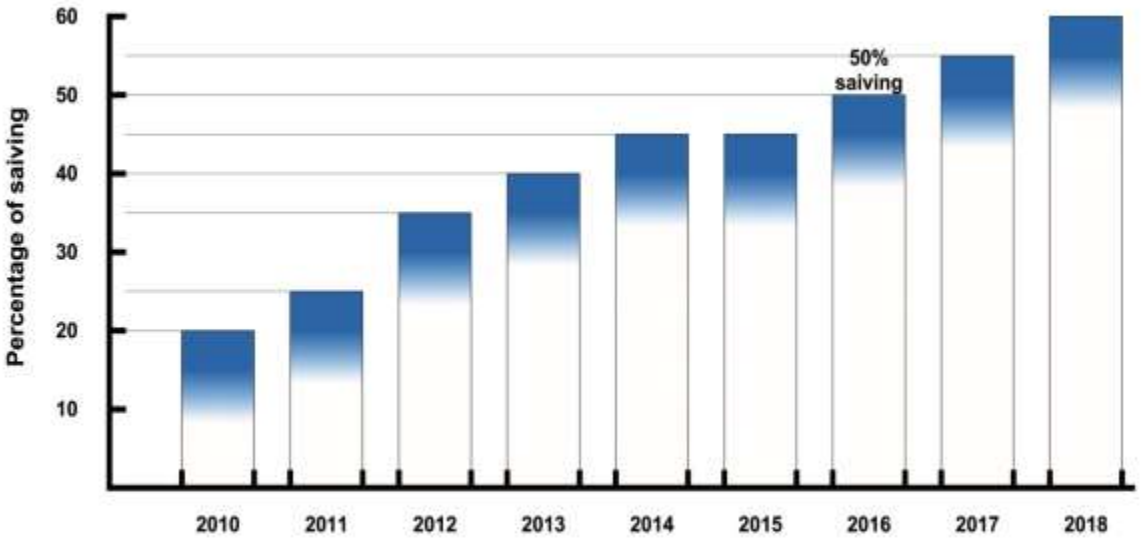
2- المظهر الافضل حيث أن حجم وحداتها غالبا ما تكون اصغر مما يوفر حيزات اكبر.

3-إستخدام مقدار أقل من مائع التبريد.

4- انابيب تبريد يمكن ان تمتد لمسافات طويلة.

6- مدي أقل مابين درجة حرارة وحدة التحكم ودرجة الحرارة الفعلية داخل الفراغ.

7- مستوي ضوضاء اقل عند تشغيل الانظمة.



شكل (2- 10) يوضح تزايد كميات توفير الطاقة لأجهزة التكييف الحديثة والتي وصلت الي 50 % من الانظمة التقليدية

10-2 نظام حجم مائع التبريد المتغير:(V.R.V)

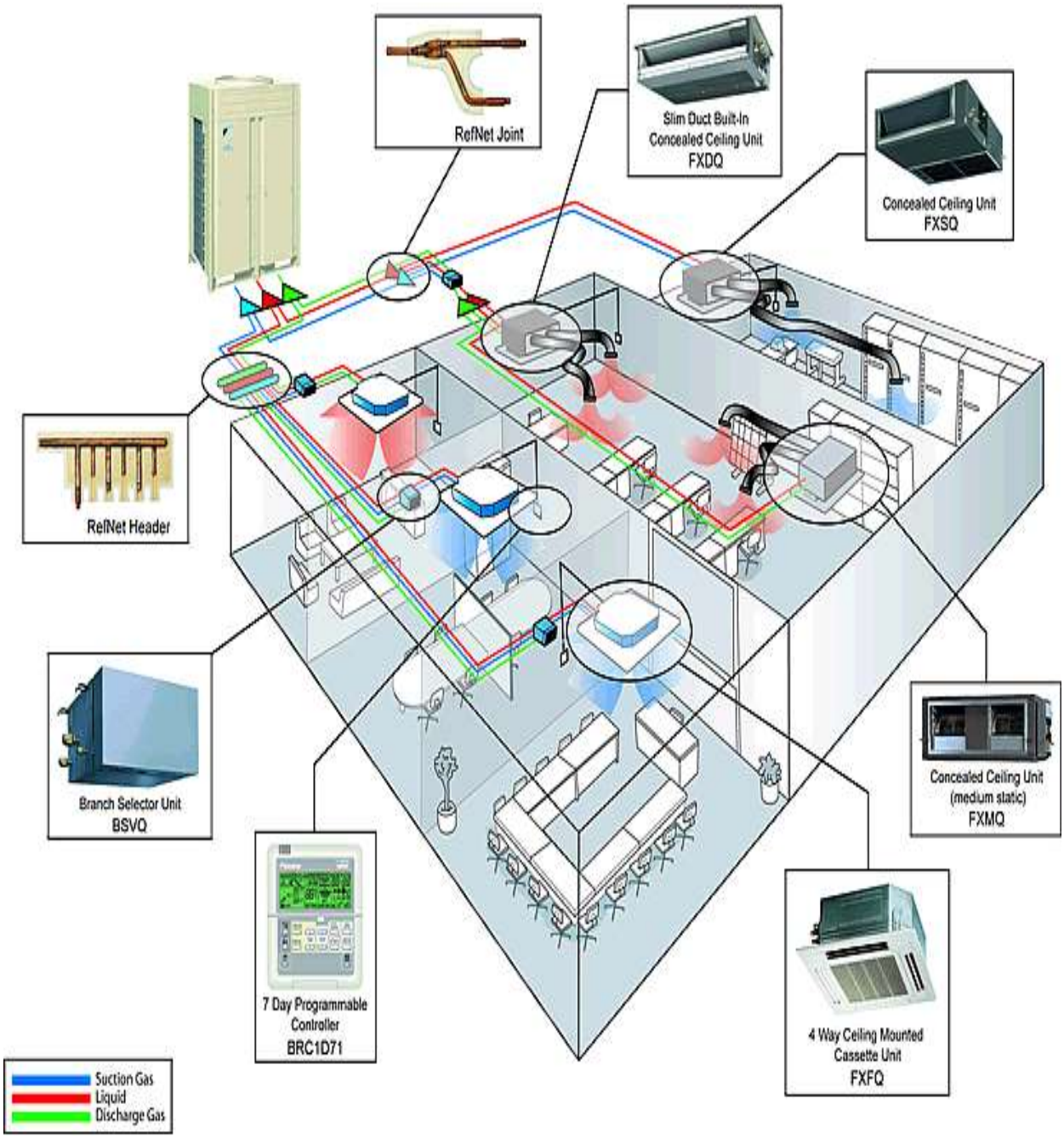
(Variable refrigerant volume)

يعتبر نظام حجم مائع التبريد المتغير من انظمة التكييف الحديثة والذي تم إيـــجاده بواسطة شركة دايكين (DEIKIN) اليابانية عام 1982 وهو عبارة عن وحدات منفصلة (Split Units) تعتمد في عملها علي التحكم المتغير في كميات مائع التبريد ممايؤدي الي تحكم منفصل في درجات الـــحرارة في الفـــــراغات المختلفة في الطابق الواحد أو في الطوابق المختلفة في المبني الواحد ومن اهم مميزات هذا النوع تـــوفير الطاقة والمرونة في التحكم والتشغيل كما يتميز بتكلفة التشغيل المنخفضة.

نجد ان النظام يعتمد في عمله علي التحكم المتغير في وحدة الضاغط (Compressor) بـــمحرك بسرعات متفاوتة (وحدات متغيرة) مما يؤدي إلي زيادة في كفاءة تشغيل النظام بالمقارنة مع ضاغط من نفس الحجم لنظام آخر.

ونجد ان وحدات (V.R.V) تعمل فقط بالمعدل المطلوب ممايسمح بتوفير كبير في الطاقة خاصة في حالات التشغيل الجزئي حيث تسمح تقنية (V.R.V) لأسترداد الحرارة للوحدات الداخلية منفردة مما يـــؤدي الي حدوث توفير كبير في الطاقة قد يصل الي 55%. (http://www.deikin.com/ac/lineup/vrv/index.html)

شكل (2-11) وحدات V.R.V الخارجية



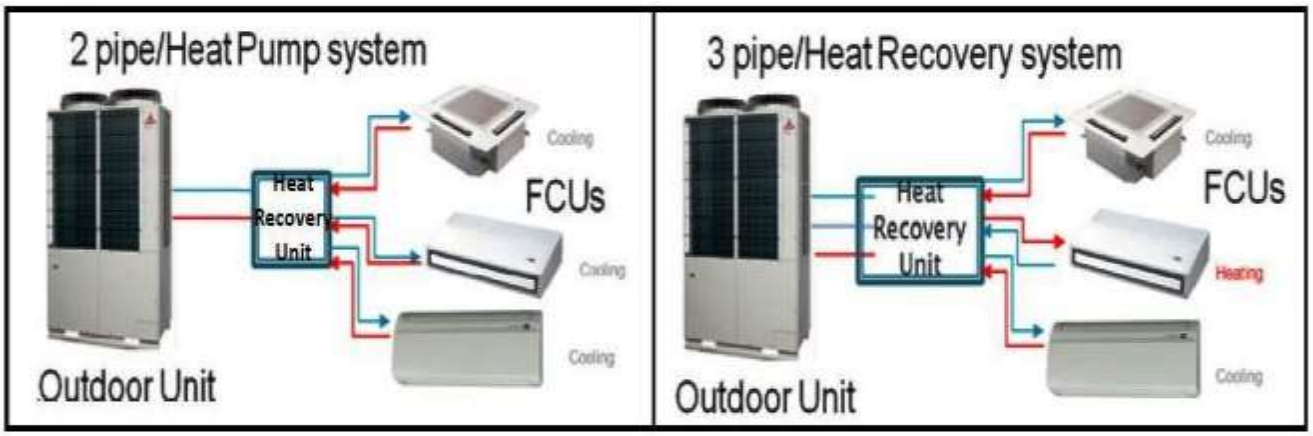
Typical (V.R.V) system

شكل (2-12) مخطط يوضح نظام حجم مائع التبريد المتغير (V.R.V)

ويشمل نظام (V.R.V):

1- نظام بأنبوبين فقط (Two pipe V.R.V system) حيث تكون جميع المناطق باردة فقط.

2- نظام بثلاثة أنابيب (Three pipe V.R.V system) بحيث يسخن اماكن ويبرد أخري



(V.R.V) Recovery System Configuration Options
شكل (2-13) انماط معالجة تكييف الهواء لنظام (V.R.V)

- **عيوب نظام (V.R.V) والتي حدت من إستخدامه في السودان :**

1- التكلفة العالية للنظام (system high cost) والتي قد تصل إلي ضعفي تكلفة نظام تكييف مركزي تقليدي.
2- نظام معقد (Complex system)
3- أرتفاع تكاليف صيانته (high maintenance cost)

الفصل الثالث

أجهزة التكييف وكفاءة استخدام الطاقة فى المبانى العامة

هنالك بعض العوامل المهمة والتي تؤثر علي معدلات استهلاك الطاقة لأجهزة التكييف في المباني وهي:

1-3 الظروف الجوية السائدة في مدينة الخرطوم:

يعتبر المناخ في منطقة الخرطوم مناخ شبه صحراوي شديد الحرارة في اشهر الصيف ودافئ في أشهر الشتاء حيث تتراوح درجات الحرارة مابين 45 درجة صيفا و22 درجة شتاءآ.

بالنسبة لأتجاهات الرياح فهي شمالية شرقية في الشتاء وغالبآ ماتكون هذه الرياح جافة وتوجد بها نسبة قليلة من الرطوبة , أما في موسم الصيف فتكون جنوبية ألي جنوبية غربية وبها نسبة من الرطوبة (10%-15).

والجدول التالى:(3-1) يوضح درجات الحرارة ومتوسطاتها والرطوبة النسبية لمدينة الخرطوم:

(المصدر الارصاد الجوي 2016)

WIND SPEED Km/h	RALATIVE HUMIDITY %	متوسط درجة الحرارة C°	MIN. DRY.BULB TEMP C° ادني	MAX. DRY.BULB TEMP C° اعلي	MONTH
20.35	22%	21.70	14.9	28.5	JAN
18.50	20%	25.50	17.9	33.1	FEB
16.65	13%	31.95	24.3	39.6	MAR
14.80	10%	33.05	25.9	40.2	APR
14.80	17%	40.00	21.0	48.0	MAY
16.65	27%	39.00	22.0	45.0	JUN
18.85	43%	35.00	24.0	45.7	JUL
16.65	52%	31.10	26.0	36.2	AUG
14.80	38%	32.75	26.8	38.7	SEP
12.95	24%	33.40	27.1	39.7	OCT
14.80	23%	30.05	23.4	36.7	NOV
20.35	28%	26.30	19.6	33.0	DEC

وبأستخدام مـــعلومات الجدول (3-1) نحصل على النتائج التالية:

1- أن أعلي درجة حرارة Max dry bulb temp 48 C° في شهر مايو

2- أقصي قيمة للرطوبة النسبية هي في شهر اغسطس وهي 52%.
3- أقصي سرعة متوسطة في الشهر للرياح مقدارها 20 كلم/ساعة وهي في شهري ديسمبر ويناير.
4- بالنسبة لغطاء السحب غالبا ماتكون السماء خالية من السحب حيث يصل اقل غطاء للسحب الي 3% وذلك في شهر فبراير واكبر غطاء للسحب في شهر اغسطس بنسبة تصل الي 30%.

ومن ماسبق فأن شروط التصميم الخارجية لأجهزة التكييف بالنسبة لمدينـــة الخرطوم وعلي حسب معادلة أشري لـحساب درجة حرارة التصميم الخارجية ASHRAE outside design condition formula تم تحديد درجة حرارة التصميم الخارجية الجافة لمدينة الخرطوم ب C43° ودرجة حرارة رطبة C27° حيث يوفر هذا المقدار كمية كبيرة من الطاقة المستهلكة كما يوفر في أحجام أجهزة التكييف ســـواء كانت وحدة موضعية أو نظام تكييف مركزي.

2-3 توجيه المبنى ومواده الانشائية :

نجد ان شكل المبني وحجمه والمواد الانشائية احد العوامل المهمة في تحديد احماله الحرارية.

يمكن ان يكون المبني خفيف , متوسط أوثقيل الكثافة الانشائية ونظرآ لأن درجة الحرارة الخارجية تختلف عن درجة الحرارة الداخلية فأن تلك الحرارة تنتقل من خلال الأسقف , الحوائط , الجدران , الأرضيـــــات والنوافذ والأبواب ويتم تخزين الحرارة في مكونات المبني والبـــــاقي ينتقل الي الهواء داخل الامـــــاكن المكيفة ، يعتمد معدل إنتقال الحرارة علي المقاومة الحرارية للمواد الإنشائية للمبني والتي يرمز لها (R) حيث تختلف تلك القيمة من مادة الي اخري علي حسب مقدار مقاومتها الحرارية

الجدول التالي:(3-2) يوضح مقدار المقاومة الحرارية لبعض المواد والتى تستخدم فى تشييد المبانى:(المصدر رمضان محمود أحمد اساسيات تكييف الهواء ،الباب الخامس حسابات حمل التبريد ص59)

المادة		معامل انتقال حرارتها (R)	
طوب عادي	(Common break)	$\frac{m^2 C^o}{w}$	0.72
خرسانة	(Concrete)		1.72
بلاط	(Tiles)		1.10
حجارة	(Stones)		1.80
مونة اسمنتية	(Cement plaster)		0.72
مونة جبسية	(Gypsum plaster)		0.80
خشب ناشف	(Hard wood)		0.16
خشب طري	(Soft wood)		0.12
رمل	(Sand)		1.72
فلين	(Cork)		0.036
صوف زجاجي	(Glass wool)		0.036
بولسترين	(Polystyrene)		0.040
بولي اريسان	(Polyurethane)		0.023
زجاج	(Glass)		0.79

ويتم حساب مقدار معامل إنتقال الحرارة عبر المواد الانشائية للمبنى من طبقات مختلفة بالمعادلة التالية:

$$Q = AU\Delta T$$

حيث: 1- حمل المبني الحراري بالواط W — **Q**

2- معامل انتقال الحرارة الاجمالي بوحدة w/m^2C^o — **U**

3- مساحة السطح المتعامدة علي اتجاه انتقال الحرارة m^2 — **A**

4- فرق درجة الحرارة التصميمية بوحدة C^o — **ΔT**

*** يجب أخذ تأثير إتجاه الحوائط في الاعتبار علي كمية الحرارة التي يكتسبها المبني في الحسبان والتي تكون كبيـــرة بالنسبة للحوائط الشرقية في الفترة الصباحية وبنسبة أكبر للحوائط الغربية في فترة مابعد الظهر عنـــدما تكون درجات الحرارة في اعلي قيمها.**

يمكن تقسيم الحرارة التي يكتسبها المبني الى قسمين أساسيين:

(المصدر رمضان محمود أحمد اساسيات تكييف الهواء ،الباب الخامس، حسابات حمل التبريد ص59- 60)

1- حرارة محسوسة (Sensible Heat) :

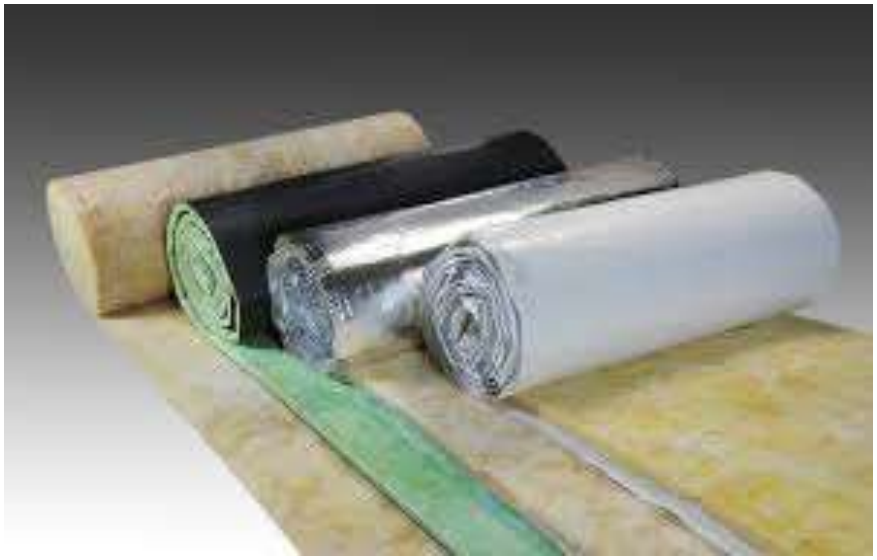
الحرارة المحسوسة عبارة عن الحرارة التي تعمل على تغيير درجة حرارة هواء الغرف ومصادرها (الحرارة المنتقلة خلال الغرف وحوائطها وأسقفها وجدرانها نتيجة فروقات الحرارة مابين الداخل والخارج) وأيضا تشمل الحرارة الناتجة من تشغيل الأجهزة الكهربائية ووحدات الإضاءة والمراوح وغيرها ، ويتم تصنيف الحرارة المحسوسة تبعآ لطرق انتقالها إلي حرارة منتقلة عن طريق التوصيل وحرارة منتقلة عن طريق الاشعاع والحمل.

2- حرارة كامنة (Latent Heat):

وهي عبارة عن الحرارة التي تعمل علي زيادة رطوبة الهواء داخل الغرف ومن مصادرها بخار الماء الذي يعطيـــه شاغلي الفراغ نتيجة التنفس وتبخير العـــرق والرطوبة المصـــاحبة لتسرب الهواء من الخارج والرطوبة الناتجة من الانشطة داخل المبني مثل الطبخ وغلي المياه.

*** تتميز جميع المباني في السودان بأنها ذات كثافة إنشائية عالية سواء كانت مباني حوائط حاملة او مباني هيكلية وبذلك تعتبر عالية التوصيل للحرارة ومعالجة هذه المشكلة بداية في التصميم وذلك بتقليل الحوائط الزجاجية وتجنب الفتحات علي اتجاه الشمس خاصة الناحية الغربية وتوجيه المبني حسب زاوية سقوط الاشعاع الشمسي المباشر.**

*** استخدام المواد العازلة يقلل من انتقال الحرارة من الخارج وبالتالي تقليل اجهاد تشغيل اجهزة التكييف.**



شكل (3-1) لفائف عازلة من الصوف الزجاجي

شكل (3-2) لوح عازل من البوليسترين

<u>من أهم العوامل التي تؤثر علي اختيار مواد العزل الحراري المناسبة مايلي:</u>

1- أن تكون المادة العازلة ذات معامل توصيل حراري منخفض.

2- أن تكون عالية المقاومة للتوصيل الحراري.

3- أن تكون علي درجة عالية في مقاومتها لأمتصاص بخار الماء.

4- القدرة علي مقاومة الفروقات الكبيرة في درجات الحرارة.

5- مقاومة الانضغاط والكسر.

6- مقاومة البكتريا والعفن.

7- أن تكون مقاومة للحريق والتفاعلات الكميائية.

*** يتم استخدام مواد مثل البوليسترين والبوليرثين الرغوي في العزل الحراري كما يتم استخدام المواد الليفية وهي مواد ذات توصيل حراري منخفض جدا كما يظهر في الجدول رقم (2-3) اعلاه والذي يوضح معاملات انتقال الحرارة الاجمالي لبعض المواد والتي تستخدم في العزل الحراري.**

*** من المعالجات التي يتم عملها للتقليل من اكتساب المبني للحرارة :**

1- استخدام لوحين من الزجاج بدلا عن لوح واحد في الشبـــابيك نجد ان ذلك يخفض من الحرارة المكتسبة الي معدلات قد تصل الي 25%.

2- خفض معدلات تسرب الحرارة من خلال الحوائط بتركيب عازل حـــراري تتراوح سماكته من 5 ملم الي 10 ملم كما يتم طلي الحوائط الخارجية بألوان فاتحة تساعد علي عكس اشعة الشمس المباشرة.

3- خفض معدلات تسرب الحرارة من خلال السقف بعمل عازل حراري تتراوح سمـــاكته من 5 سم الي 10 سم كما يمكن تركيب سقف من مواد خفيفة للوقاية من الحرارة المباشرة للشمس وذلك للسريان الحر لتيار الهواء بين السقفين مما يساعد علي تقليل الحرارة.

3-3 عدد المستخدمين للمبني وساعات تواجدهم داخله :

اولا عدد المستخدمين للمبني:

أن الغرض الاساسي من التعرف علي عدد المستخدمين للمبنـــــي للمساعدة في حساب الاحمال الحرارية وتحديد حجم اجهزة التكييف ولذلك لابد من التعرف علي بعض النقاط المهمة وهي معرفة الاحمال الحرارية للاشخاص او مايعرف

بالحرارة المكتسبة من الاشخـــــاص (Heat of occupants) والتي تختلف من شخص لآخر وبالنسبة

للشخص الواحد ايضا تختلف علي حسب النشاط الذي يقوم به والذي يتم تحديده علي حسب الغرض الذي تم من اجله تشييد المبني .

نجد ان شاغلي الاماكن المكيفة يعطون حرارة محسوسة نتيجة الفرق مابين درجة حرارة جسم الانســـان (37) درجة مئوية ودرجة الحرارة داخل الغرفة او الفراغ والتي يتم تحديدها بالمعادلة التالية :

$$Q_{PS} = n.Q_S/Person$$

حيث :

- هو عدد الاشخاص n

- معدل الحرارة المحسوسة التي يعطيها الشخص الواحد علي حسب النشاط Q_S

كما يعطي شاغلي الاماكن المكيفة حرارة كامنة والتي يتم تحديدها بالمعادلة التالية

$$Q_{PS} = n.Q_L/Person$$

حيث :

- هو عدد الاشخاص n

- معدل الحرارة الكامنة التي يعطيها الشخص الواحد علي حسب النشاط Q_L

والجدول التالي:(3-3) يوضح الحرارة المحسوسة والكامنة بالواط و التي يعطيها الشخص على حسب نوع النشاط الذي يقوم به:

(المصدر رمضان محمود أحمد اساسيات تكييف الهواء ،الباب الخامس حسابات حمل التبريد ص67)

حالة الانسان	استخدام المبني	الحرارة المحسوسة W	الحرارة الكامنة W	المجموع W
جالس ومستريح	مسرح	66	31	97
جالس ويعمل عمل خفيف	مكتب – شقة - فندق	72	45	117
يزاول عمل متوسط	مكتب – شقة - فندق	73	59	132
واقف ويزاول عمل خفيف	محلات تجارية	73	59	132
يمشي ببطء	بنك	73	73	146
جالس	مطعم	81	81	162
يزوال شغل بسيط	مصنع	81	139	220
عامل متحرك	مصنع	110	183	293
عامل يزاول شغل متوسط	مصنع	88	204	292
عامل يزاول شغل ثقيل	مصنع	170	255	425
شخص يزاول رياضة	ملعب	170	255	425

ثانيا فترة تواجد المستخدمين داخل المبنى :

تختلف عدد الساعات التي يقضيها رواد المبني بداخله من مبني لأخر علي حسب النشاط القائم داخل المبني , وفي المباني العامة غالباً ماتكون ساعات النهار وفي ايام العمل الرسمية مثل (المكاتـــــــــب الحكومية , المدارس , قاعات المحاضرات بالجامعات وغيرها) وقد تزيد في بعض الاحيان الي 24 ساعة في حـــالة المستشفيات والفنادق.

نظريا يجب ان يتراوح الفرق مابين درجة الحرارة داخل المبني ودرجة الحرارة الخارجية مابين 8 الي 11 درجة حتي لا يتعرض شاغلي الاماكن المكيفة لنزلات شعبية عند خروجهم من المبني [1] , تتراوح شروط الراحة لأغلب الناس مابين 24 الي 27 درجة مئوية درجة حرارة جافة و 45% الي 60% رطوبة نسبية والجدول التالي يوضح تأثير فترة تواجد المستخدمين داخل المبني علي شروط التصميم الداخلية للمناطق الحارة :

جدول (3-4) تأثير فترة تواجد المستخدمين على شروط التصميم الداخلية

(المصدر رمضان محمود أحمد اساسيات تكييف الهواء ، الباب الخامس حسابات حمل التبريد ص 58)

نوعية التواجد	درجة حرارة جافة (C)	درجة حرارة رطبة (C)	الرطوبة النسبية (%)
1- وجود دائم			
- مناخ رطب	**24**	**23**	**52**
- مناخ جاف	**27**	**25.5**	**45**
2- وجود مؤقت			
- مناخ رطب	**27**	**25.4**	**35**
- مناخ جاف	**30**	**27.2**	**40**

4-3 عوامل اجتماعية (محاولة فهم الشخصية السودانية) :

بالنسبة لأجهزة التكييف في المباني العامة في السودان لايوجد اهتمام بأيقاف تشغيل الاجهزة خاصة عند مغادرة المكاتب او عندما تكون فارغة ولمعالجة ذلك لابد من معالجة السلوك الفردي اولا والجماعي ثانيا وذلك باستخدام لوحات ارشادية تدعو للاهتمام بتوفير الطاقة وترشيدها وضرورة ايقاف اجهزة التكييف عندما لاتوجد حوجة لها ومن الافضل ان تكون تلك اللوحات مرفقة برسومات حتي تكون ذات تأثير اكبر من اللوحات المكتوبة فقط.

شكل (3-3) مثال للوحة ارشادية

5-3 معايير الراحة الحرارية :

تعرف الراحة الحرارية بأنها حالة عقلية تتمثل في الرضا النفسي عن البيئة الحرارية المحيطة بالانسان (أو البيئة الطبيعية) وتختـــلف تلك القيمة من شخص لأخر حسب الجنس العمر ومعدلات الاستـــــقلاب (Metabolism rate) ويعرف الإستقلاب بأنه جميع العمليات الكيميائية التي تجري داخل الجسم ومن خلالها يتم تحويل الطاقة المخزونة في الطعام الي حركة وحرارة.

(https://www.scribd.com/document/ IIT Kharagpur/AC-Lecture-29/Inside-and-Outside-Design-Conditions/Page-4)

يعتبر جسم الانسان شديد الحساسية للحرارة حيث يجب ان يتواجد داخل مدي حراري ضيق لضمان توفر الراحة الحرارية وقد اظهرت الدراسات الطبية ان درجة الحرارة التي يجب ان يكون بها الجسم كالتالي :

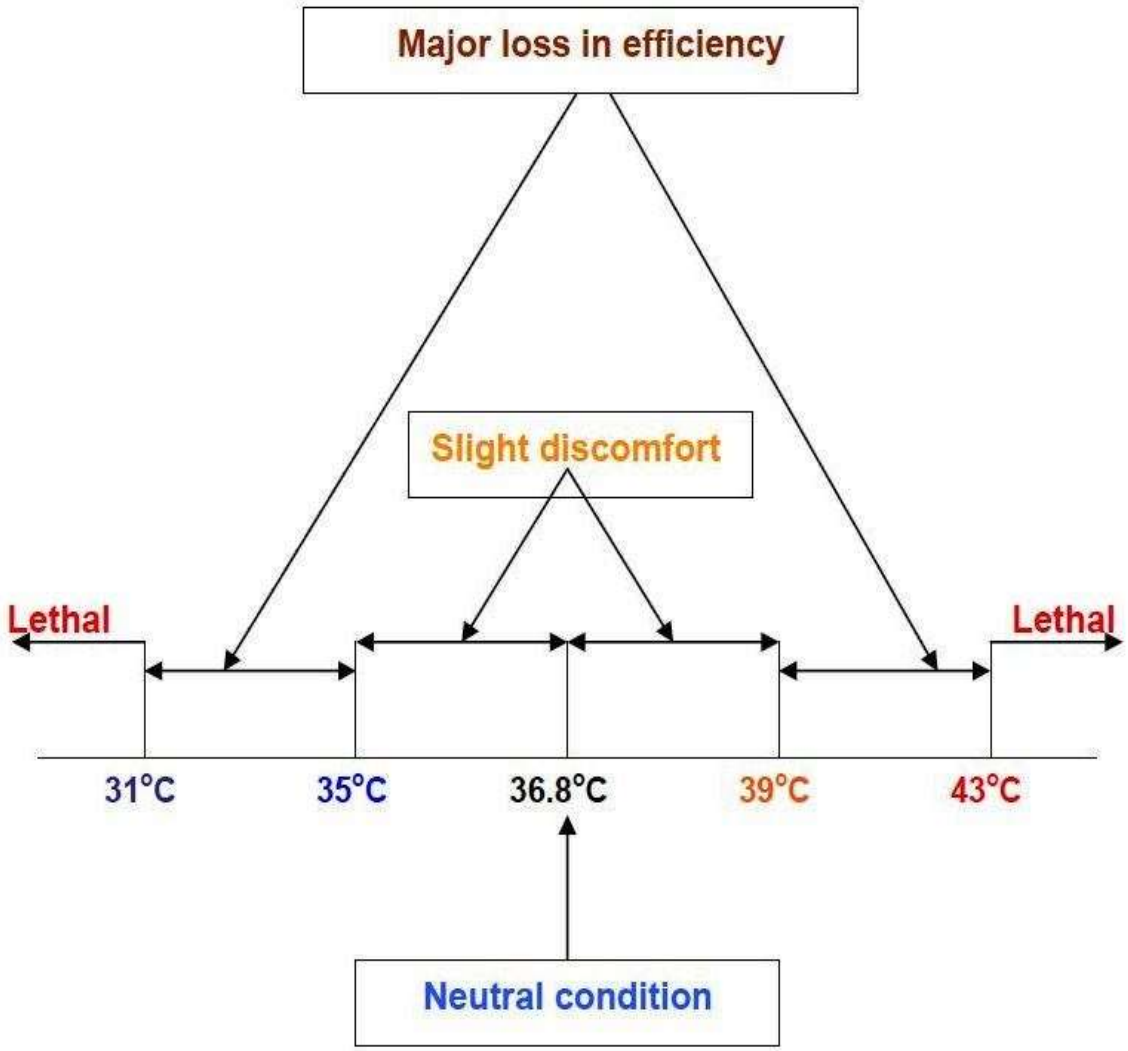
Skin temperature , t_{skin} = 33.7° C

Core temperture , t_{core} = 36.8° C

زيادة درجة حرارة جسم الانسان الداخلية (Core temperature) إلي أكثر من 39 درجة أو نقصانـــها إلي أقل من 35 درجة يؤدي إلي حدوث الانزعاج الحراري (Thermal discomfort) ، اما عند زيادتها الي أكثر من 43 درجة أو اقل من 31 درجة قد تصبح قاتلة.

(https://www.scribd.com/document/ IIT Kharagpur/AC-Lecture-29/Inside-and-Outside-Design-Conditions/Page-5)

والمخطط رقم (3-4) يوضح المدي الحراري لدرجة حرارة الانسان الداخلية وعليه نجد ان الانسان السوداني ومن خلال قراءة درجات الحرارة بالمخطط خارج مدي راحته الحرارية اغلب شهور السنة ونجد ان تأثير ذلك يتمثل في انه اقل كفاءة انتاجيا عند وجوده خارج ذلك المدي الحراري سواء كان (طالب في فصل – عامل في مكتب الخ...)وذلك في حالة عدم وجود اجهزة تكييف تعيده الي داخل مدي الراحة الحرارية.



مخطط (3-4) يوضح المدي الحراري لحرارة جسم الانسان الداخلية

نجد ان جسم الانسان المتوسط يفقد حرارته الداخلية علي الشكل التالي 40 % عن طريق التبخير (Evaporation)و 30%عن طريق الحمل(Convection) والتوصيل و 30% عن طريق الاشعاع (Radiation).

(https://www.scribd.com/document/ IIT Kharagpur/AC-Lecture-29/Inside-and-Outside-Design-Conditions/Page-10)

هنالك بعض العوامل التي تؤثر على الراحة الحرارية وهي:

(https://www.scribd.com/document/ IIT Kharagpur/AC-Lecture-29/Inside-and-Outside-Design-Conditions/Page-10)

1- عوامل فيزيائية وتتمثل في الجنس , النشاط الذي يقوم به الانسان وصحته العامة وهي مايشكل في النهاية معدلات الاستقلاب الخاصة بالانسان.

2- العزل الناتج عن ارتداء الملابس حيث ان سماكة الملابس تحدد مدي إنسياب الحرارة عبر جسم الانسان والتي يتم قياسها بالوحدة التالية (clo) وهي وحدة قياس المقاومة الحرارية للملابس حيث يعادل واحد (clo)= $0.155\ Kw/m^2$ ونجد أن قيمة الـ (clo) تختلف من نوع ملابس إلي آخر علي حسب سماكتها حيث تعادل البدلة الكاملة (Full Business sute) 1.0 (clo) ينما تصل القيمة للبسة قصيرة (Short sleeves) 0.05 (clo).

3- عوامل بيئية متمثلة في درجة الحرارة الجافة (Dry bulb temperature) الرطوبة النسبية (Relative humidity) وتيار الهواء(Air motion) ودرجة حرارة الاسطح المحيطة (Surrounding surface temperature).

4- هنالك عوامل اخري مؤثرة علي معدلات إستهلاك الطاقة متمثلة في بعض الافعال الخاطئة للاشخاص مثل ترك الباب أو الشباك مفتوح واجهزة التكييف تعمل ممايؤي الي تقليل كفاءة تشغيل أجهزة التكييف وبالتالي زيادة احمالها.

الفصل الرابع

تقييم استدامة اجهزة التكييف فى المبانى

1-4 انظمة المبانى الذكية (Intelligent building systems):

وهي المباني التي تتكامل فيها انظمة البيئة من استخدام للطاقة والتحكم في درجة الحرارة والاضاءة والصوت وغيرها من الانظمة التي تتواجدعادة داخل المباني مع بعضها البعض ومن أهم صفات المبني الذكي أن يعرف المبني مايدور بداخله وخارجه ويتفاعل مع ذلك وأن يستجيب لمتطلبات المستـــــخدمين

وهو مايعرف بالاتمتة أو (Automation).

أهمية انظمة التحكم والترشيد:

1- إمكانية ربط جميع الأجهزة مع بعضها البعض.

2- إطالة عمر الأجهزة الإفتراضي وذلك بالإستفادة من قدراتها نتيجة عملها بالشكل الامثل.

3- تعتبر أنظمة أمان وسلامة.

4- تعمل علي زيادة قيمة المبني المادية.

5- انظمة تعمل علي المحافظة علي البيئة (تقليل الاحتباس الحراري والمحافظة علي طبقة الاوزون).

6- انظمة تعمل علي الحفاظ علي مستويات درجات الحرارة والرطوبة المناسبة داخل المبني.

*** ومن اهم صفات المبني الذكي في مجال الاستدامة هي ان المبني الذكي مبني ديناميكي بمعني انه سريع الاستجابة وذلك بتوفير الراحة لمستخدميه باداء اعلي وتكلفة اقل وانخفاض اثره علي البيئة.**

شكل (4-1) احدي ادوات التحكم في درجة الحرارة لمبني ذكي

2-4 خطوات تقييم الإستدامة في إستخدام أجهزة التكييف :

(Assessment of the sustainability steps)

1- أولا مقارنة وحدات التكييف المركبة في المبني مع احدث انواع الوحدات الموجودة في السوق من نفس الحجم والشكل . اذا كانت الوحدات الحديثة تستهلك اقل من ثلث استهلاك الطاقة بالمقارنة مع الوحدات المركبة في المبني تكون التوصية بتركيب نظام تكييف جديد في المبني يكون اكثر استدامة . اما اذا كان العكس فيجب ان تكون التوصية هي زيادة مدي استدامة النظام المركب في المبني وذلك بأتباع الخطوات التالية: (https://www.link-labs.com/blog/smart-hvac)

أ- زيادة كفاءة وحدة مناولة الهواء (Air handler unit) والضاغط (The compressor) لأنهما يستهلكان القدر الأكبر من الطاقة في أنظمة التكييف بجعلهما يعملان فقط عند الحوجة إليهما وذلك بتركيب برنامج ذكي في النظام (Response program).

ب- معالجة نظام التهوية للنظام وذلك بأعادة تصميم مجاري تغذية الهواء بأستخدام برنامج BIM (Buillding information modeling) برنامج تجسيم معلومات المباني للحصول علي التصميم الاكثر فعالية لنظام التهوية .

ج- تركيب وحدات قياس حرارة ذكية (Smart thermostat) لأنها لا تعمل فقط علي قياس درجة الحرارة وانما قراءتها ومعها مقدار الرطوبة النسبية وعدد شاغلي المبني وغيرها من المتغيرات وذلك للحصول علي درجة الحرارة المثالية داخل المبني.

2- ثانيا فهم طريقة عمل المبنى وذلك بطرح الأسئلة التالية:

(https://www.link-laps.com/blog/smart-hvac)

أ- هل وحدات التكييف المركبة في المبني اكبر أو أصغر من متطلبات التشغيل.

ب- هل يشعر شاغلي المبني (الدائمين او المؤقتين) بالرضا عن الحرارة داخل المبني.

3- ثالثا إجراء تدقيق لمدي إستهلاك المبنى للطاقة ومعرفة إذا ماكان معقولا بالمقارنة مع حجمه. (https://www.link-laps.com/blog/smart-hvac)

***مما يجب ملاحظته ان المعالجات التي تتم للانظمة التي تكون مسبقا مركبة بالمباني هي تزويدها بأجهزة الكترونية دقيقة وعالية الفعالية وغالبا ماتكون تلك الاجهزة عالية الحساسية لذلك لابد ان توجد بعض المرونة بالنظام لمنع حصول توقف كلي للنظام في حالة حدوث عطل في احد تلك الالكترونيات بحيث يكون توقف النظام توقف جزئي وليس توقف كامل.**

3-4 تحديد تكلفة الانظمة المستدامة:

تكلفة الانظمة المستدامة المادية غالبا ماتكون مــرتفعة لكنها تنخفض مع التقادم في الاستـــــخدام وكذلك تكاليف تشغيلها منخفضة جدا بالمقارنة مع الانظمة التقليدية.

فعلي سبيل المثال نجد ان تكلفة التركيب (Capital cost) لنظام تكييف ذكي ومستدام قد تصل إلي ثلاثة اضعاف نظام تكييف تقليدي لكن تكلفة تشغيل النظام الذكي والمستدام قد تنخفض الي 60% اقل من النظام التقليدي وبذلك يتم استعادة رأس المال خلال فترة التشغيل علي عكس النظام التقليدي والذي تكون تكلــفة تشغيله (Running cost) مرتفعة وتزيد مع تقادم عمر النظام وزيادة حوجته لعمليات الصيانة نتيجــة أجهاد تشغيله ويتم حساب تكلفة إستدامة النظام بالمعدلة التالية:

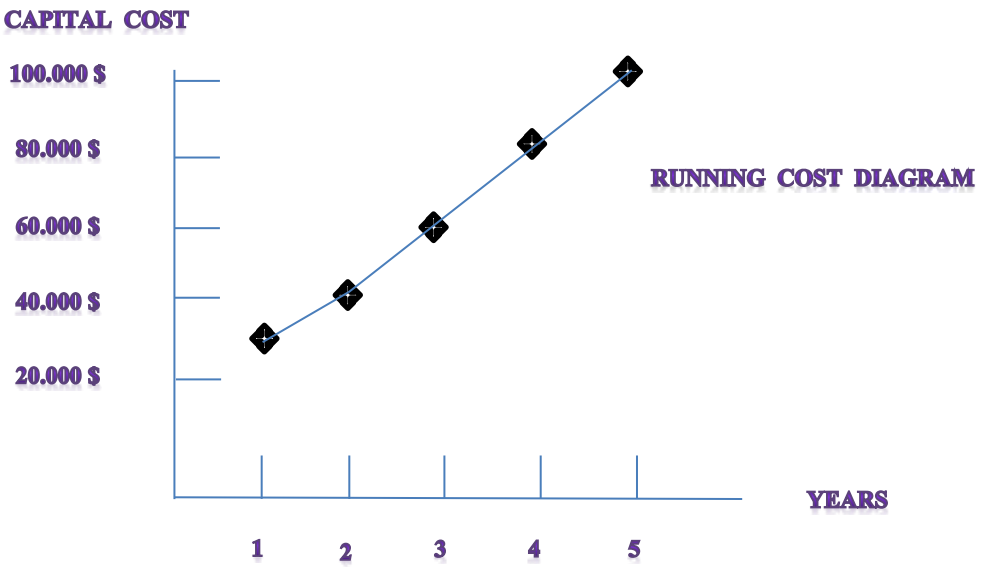
$$\text{تكلفة إستدامة النظام} = \frac{\text{Years}}{(C.C) + R.C.Y1 + R.C.Y2 + R.C.Y3\ldots}$$

حيث: 1- عدد سنين حساب تكلفة إستدامة النظام Years

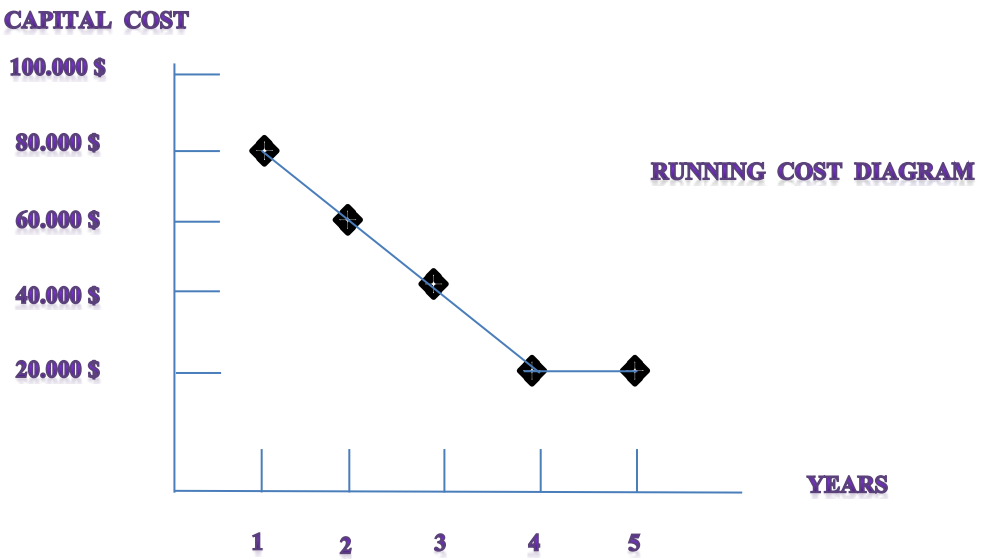
2- تكلفة تركيب النظام Capital Coast C.C

3- تكلفة تشغيل النظام السنوية Yearly Running Coast R.C.Y

والمخططين التاليين يوضحان مقارنة تكلفة رأس المال(التركيب) وتكلفة التشغيل لنظم التكييف الذكية والمستدامة ونظم التكييف التقليدية.



شكل (4-2) مخطط يوضح تكلفة رأس المال (التركيب) وتكلفة التشغيل لنظام تكييف تقليدي بتكلفة تركيب 30000 $ دولار



شكل (4-3) مخطط يوضح تكلفة رأس المال (التركيب) وتكلفة التشغيل لنظام تكييف ذكي ومستدام بتكلفة تركيب 80000 $ دولار

4-4 مستويات تحقيق الإستدامة :

يتم تحقيق الاستدامة بشكل عام من خلال ثلاثة مستويات :

المستوي الاول (الاشخاص):

(http://www.envirocitiesmag.com/innovation-for-sustainability/smart-buildings.php)

حيث يقوم مستخدمي المباني بأفعال لها تأثير كبير علي مدي استهلاك المبني للطاقة , على سبيل المثال ضبط منظم الحرارة على 22 درجة مئوية بدلاً من 24 درجة مئوية يزيد من مستوى استهلاك الطاقة الي معدلات قد تصل الي 70% ، وثمة قد أظهرت دراسة حديثة أن أكثر من نصف المعدات المكتبية تُترك قيد التشغيل في المساء في المباني التجارية في الولايات المتحدة؛ خلاصة القول أن أفعال الأشخاص تساهم حاليًا في ضعف أداء المباني مما أوجب تنبيه الاشخاص بأهمية الترشيد و الحاجة إلى إستخدام أنماط طاقة أكثر تحملاً للمسؤولية.

المستوي الثاني (المباني):

وهو ماتم تناوله في البحث خاصة بالنسبة لأجهزة التكييف بأعتبارها الاكثر استهلاكا للطاقة في المباني.

المستوي الثالث (مستوي المدينة):

(http://www.envirocitiesmag.com/innovation-for-sustainability/smart-buildings.php)

يعتبر المبني عنصر في بنية تحتية اكبر وهي المدينة (حيث نجد ان المدينة تتكون من مجموعة كبيرة جدا من المباني) ونجد ان مبني مستدام واحد لا يمكن من خلاله تحقيق الاستدامة بل يجب ان تكون مجموعة المباني والتي تكون المدينة مستدامة.

لكي تكون المدينة مستدامة لابد ان تكون الطاقة التي تستهلكها من موارد متجددة وليس لها تأثير سئ علي البيئة حتي يتم تحقيق المفهوم الاشمل للاستدامة .

5-4 تقييم إستدامة اجهزة التكييف لبعض المباني العامة :

يجب أن يتم تقييم أستدامة أجهزة تكييف الهواء في المباني العامة بواسطة خبير مختص حائز علي شهادة (الريادة في الطاقة والتصميم البيئي) (LEED) من مجلس المباني الخضراء الامريكي. حيث لا توجد جهة في السودان قامت بوضع كود لتقييم مدي إستدامة المباني علي حسب الظروف المناخية السائدة في السودان.

تم الوصول الي نتائج هذه الخلاصة بواسطة استبيان لعدد من المباني العامة وذلك بتحديد نوعية اجهزة التكييف المركبة بها ومعرفة معدلات استهلاكها للكهرباء ومدي توفر الراحة الحرارية لشاغليها وهي :

1- مبنى الهيئة السودانية للمواصفات والمقاييس:

يقع المبني في منطقة وسط الخرطوم بجوار المجلس القومي للتخصصات الطبية يتكون المبني من 12 طابق ويستخدم نظام تكييف مركزي من نوع (ماء – هواء) ويبلغ إستهلاكه الشهري من الكهرباء حوالي 50712 kw.

المبني لا تتوفر فيه ظروف الراحة الحرارية لشاغليه نتيجة تغيير تصميمه الداخلي بعد أجراء حسابات حمل التكييف لذا نجد أن بعض الفراغات تتميز ببرودة عالية واخري ذات برودة منخفضة.

شكل (4-4) صورة لمبني الهيئة السودانية للمواصفات والمقاييس

2- مبنى برج الهيئة القومية للإتصالات والبريد:

ويقـــع المبـنـــي في منـــطقة الخرطـوم شرق (بري) مربع 5 يتكون المبني من 29 طابق ويستخدم نظام تـــكييـف مـــركـــزي من نـــوع (V.R.V) ويبـــلغ إستـــهلاكـه الشهـــــري من الكـــــهربـــاء حوالـــــي 50000 kw.

شكل (4-5) مبني برج الهيئة القومية للاتصالات والبريد

3-مبنى وزارة البيئة والموارد الطبيعية والتنمية العمرانية:

ويقع في منطقة وسط الخرطوم شارع المك نمر ويتكون من اربعة طوابق ويستخـــدم وحـــدات مـوضعيـة لتكييف المبني (وحدات إسبلت – وحدات الشباك) ويبلغ إستهلاكه الشهري من الكهرباء 14000 kw.

شكل (4-6) صورة لمبني وزارة البيئة والموارد الطبيعية والتنمية العمرانية

4- مبني شركة هواوي لتكنولوجيا الاتصالات :

يقع المبني في مجمع مبـــاني فندق الســـلام روتانا،ويتكون من أربعـة طوابق ويطل علي شارع افريقيا بـــالخـــرطـــوم ويـستـخـدم نـظـام تـكـيـيـف مـركـزي مـــن نـــوع (مـاء – هـواء) ويـبـلـغ إستهلاكه الشهري للكهرباء حوالي 12000 kw.

تتميز الشركة بوجود قوانين تتعلق بالسلامة والصحة المهنية (H.S) تـلزم جميـع العـاملين علي ترشيد الطاقة داخل مكاتبها وقد تصل عقوبات بعضها الي الفصل النهائي من الشركة.

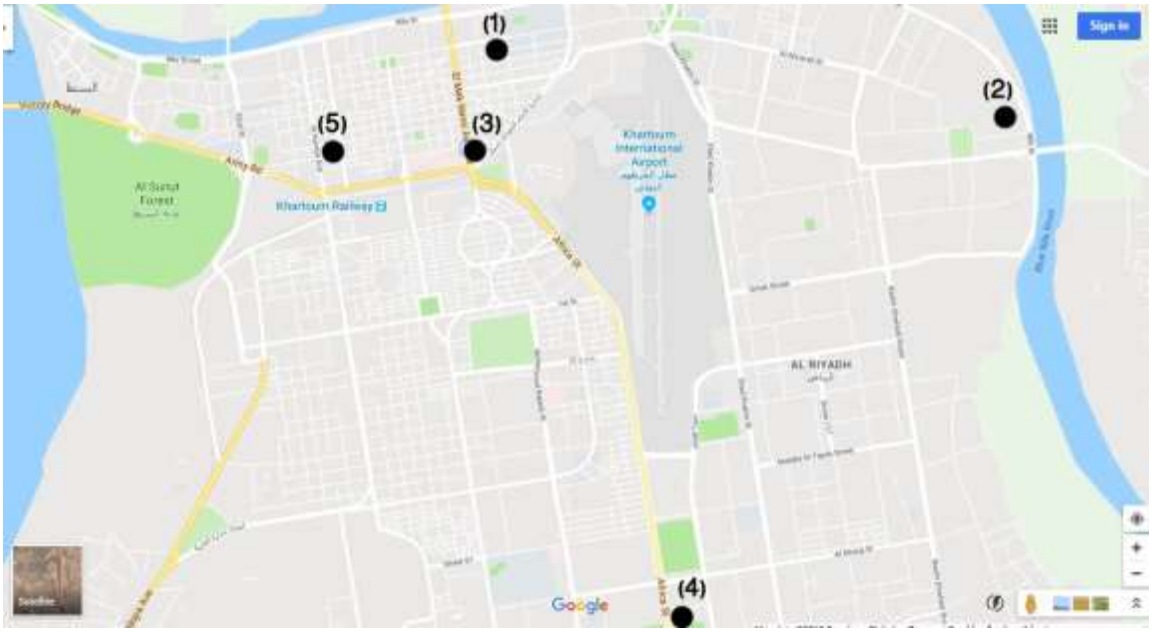
شكل (4-7) صورة لمبني شركة هواوي لتكنولوجيا الإتصلات (بواسطة شركة روان للدعاية والاعلان)

5- مبني شركة شبيكة للأنتاج الزراعي:

ويقع في منطقة السوق العربي جوار صينية القندول ويتكون من طـــابق أرضـــــي فقـــــط ويستخدم وحدات تكييف موضعية (أسبلت + شباك) ويستهلك من الكعرباء حوالي 8000kw شهريا.

نجد أن إستهلاك الطاقة أكبر بكثير من حجم المبني لوجود تبريد لأغراض صناعية (ثلاجات لحفظ اللحوم من انتاج الشركة) ممايؤدي إلي زيادة الإستهلاك بالرغم من تركيب لوحات أرشادية تدعو لتوفير الطاقة.

شكل (4-8) صورة لمبني شركة شبيكة للأنتاج الزراعي



شكل (4-9) خريطة توضع مواقع المباني تحت الدراسة

<u>ومن معلومات إستبيان المباني السابقة نصل إلى النتائج التالية:</u>

1- 78% من تقنيي انظمة التكييف في تلك المباني يعتقدون ان استهلاك الكهرباء مناسب لأحجام مبانيهم.

2- 77.3% من شاغلي تلك المباني يشعرون بالراحة الحرارية بداخلها.

3- 80% يعتقدون ان تركيب لوحات ارشادية مدعمة برسومات تدعوا لترشيد استهلاك الطاقة ستؤدي الي تحسين معدلات الاستهلاك.

4- عند مقارنة مبني برج الهيئة القومية للإتصالات والبريد مع مبني الهيئة السودانية للمواصفات والمقاييس نجد أن استهلاك الطاقة لمبني الهيئة السودانية للمواصفات والمقاييس مساوي لمبني برج الهيئة القومية للاتصالات مع أن حجمه يبلغ النصف بالمقارنة معه وذلك لأن مبني برج الهيئة القومية للاتصلات يستخدم نظام تكييف من نوع (V.R.V) وهو يعتبر أقل استهلاكا للطاقة ، كذلك نجد أن جزء من طاقة المبني (طاقة متجددة) ناتجة من توليد زجاج المبني في الواجهة الغربية للطاقة الكهربائية مما يقلل أعتماده علي أمداد الشبكة العمومية.

5- عند مقارنة مبني شركة هواوي لتكنولوجيا الاتصالات مع مبني وزارة البيئة نجد انه أقل استهلاكا بمقدار 2000kw رغم أنه مساوي له في الحجم وذلك لأنه يستخدم نظام تكييف مركزي من نوع (ماء - هواء) وأيضا نتيجة وجود قوانين السلامة والصحة المهنية الرادعة من قبل الشركة والتي تدعوا لترشيد إستهلاك الطاقة.

الفصل الخامس

توصيات البحث

1-5 تحسين الاداء الحراري للمبانى :

أولا في مرحلة التصميم :

المهندس المعماري الجيد هو الذي يقوم بتصميم مبني بأقل مقدار من وحدات التكييف وذلك ب:

1-لابد ان يتم تحديد حجم أجهزة التكييف في المبني بعد اجراء حسابات حمل التكييف

2- توجيه المبني بما يقلل الاسطح المعرضة لأشعة الشمس المباشرة

3- استخدام الكاسرات والفرندات في عناصر المبني

4- تقليل الوجهات الزجاجية خاصة علي الناحية الغربية.

5- الاستفادة من اتجاهات الرياح الطبيعية في التهوية وايضا في تحسين كفاءة تشغيل اجهزة التكييف.

ثانيا في حالة المبانى المشيدة:

1- خفض معدلات تسرب الحرارة من خلال الحوائط بتركيب عوازل حرارية تتراوح سماكتها من 5 ملم الي 10 ملم كما يتم طلي الحوائط الخارجية بألوان فاتحة تساعد علي عكس أشعة الشمس المباشرة.

2- خفض معدلات تسرب الحرارة من خلال السقف بعمل عازل حراري (خفجة) تتراوح سماكته مابين 5 الي 10 سم كما يمكن تركيب سقف من مواد خفيفة للوقاية من حرارة اشعة الشمس المباشرة وذلك للسريان الحر لتيار الهواء بين السقفين ممايساعد علي تقليل الحرارة.

3- استخدام لوحين من الزجاج بدلا من واحد في الشبابيك حيث نجد ان ذلك يخفض من الحرارة المكتسبة الي معدلات قد تصل الي 25%.

4- تركيب درع ايكلوجي (Ecological Shiled) محيط بالمبني لتقليل انبعاثاته السلبية ومعالجتها وحماية المبني من العوامل الخارجية وتأمين طاقة طبيعية له.

شكل (1-5) مثال لدرع ايكلوجي

2-5 توصيات البحث:

1- وضع قانـــــون لتصنيف المبـــــاني العـــامـــــة علي حسب حجمها ومـدي إستدامتها بالشكل التالي:

أولآ التصنيف على حسب الحجم:

أ- مباني صغيرة الحجم (Small size buillding)

ب- مباني متوسطة الحجم (Medium size buillding)

ج- مباني كبيرة الحجم (Larg size buillding)

ثانياً بعد تحديد حجم المبنى يصنف الى خمس فئات وفقآ لمدي إستدامة وحدات التكييف الموجودة به الى :

أ- ممتاز (Excellent) ★ ★ ★ ★ ★

ب- جيد جداً (Very good) ★ ★ ★ ★

ج- جيد (Good) ★ ★ ★

د- سئ (Bad) ★ ★

ه- سئ جداً (Poor) ★

2- يتـــم تحـديـد سعـة وحجـم أجـهـزة التكـيـيف بـعد إجـراء حسـابات الحمـــل الحـــراري للتكييف.

3- إستخدام نظم التبريد الامتصاصي والتي تعمل بالطاقات المتجددة.

4- إجراء تجارب عملية لتحديد مدي الراحة الحرارية للانسان السوداني في الخرطوم وبقية مدن السودان الرئيسية.

5- تحديد حالات التصميم الخارجي بواسطة اسلوب اشري 1.0% و 2.5 %.

6- إلـزام المبـــاني العـــامة علي استخدام اجهزة التكييف المركزية بدلا عن وحـــدات التكييف الموضعية.

7- نشر ثقافة الترشيد والتوعية البيئية بين موظفي القطاع العام والخاص وإقـــامة ورش عمل وسمنارات بخصوص ذلك.

المراجع :

1- رمضـــان محمود أحـــمـد (2000م) ، أســاسيات تـكييف الهـواء ، منشأة دار المعارف الأسكندرية

2- Lect_1 air-conditioning for building MSc. Building service Dr. Hassan abdellatif

3 - https://www.lindstromair.com/articles/benefits-of-modern-air-conditioning-systems (19 June 2018)

4 - http://www.deikin.com/ac/lineup/vrv/index.html (15 May 2018)

5- https://www.scribd.com/document/AC-Lecture-29/Inside-and-Outside-Design-Conditions (21 June 2018)

6 –https://www.link-labs.com/blog/smart-hvac (16 April 2018)

7–http://www.envirocitiesmag.com/innovation-for-sustainability/smart-buildings.php (3 May2018)

الملاحق (نموذج إستبيان البحث) :

1- أسم المؤسسة؟

.....

2- الموقع؟

.....

3- إستهلاك الكهرباء الشهري بالكيلو واط؟

.....

4- نوعية نظام التكييف الموجود بالمبني؟

- وحدات مجزءة ☐ **- نظام مركزي** ☐

5- اذا كانت وحدات مجزءة ماهي نوعيتها؟

- وحدات الشباك ☐

- وحدات اسبلت يونت ☐

- الاثنين معا ☐

6- اذا كان نظام التكييف مركزي فما هي نوعيته؟

- نظام هوائي بالكامل ☐

- نظام ماء هواء ☐

- نظام حجم مائع التبريد المتغير V.R.V ☐

7- هل تعتقد ان استهلاك الكهرباء مناسب بالمقارنة مع حجم المبني؟

- نعم ☐ **- لا** ☐

8- اذا كان استهلاك الكهرباء غير مناسب بالمقارنة مع حجم المبني ماهي الاشياء التي يجب عملها لتحسينه ؟

.....
.....
.....
.....
.....

9- بأعتبارك احد مستخدمي المبني الدائمين هل تشعر بالراحة الحرارية بداخله ؟

- نعم ☐ - لا ☐

10- في رأيك الشخصي هل تعتقد ان تركيب لوحات ارشادية مدعمة برسومات تدعو لترشيد استهلاك الكهرباء ستؤدي الي تحسين معدلات الاستهلاك؟

- نعم ☐ - لا ☐