



HVAC Course

للمهندس وليد محمد

إعداد و كتابة المهندس | محمد أحمد الموزي

Mohamed Ahmed EL Mozey



بسم الله الرحمن الرحيم

يُسعدني أنا المهندس محمد أحمد الموزي أن أقدم لكم كورس التبريد و التكييف شرح المهندس وليد محمد
لقد إخترت الكورس الخاص بالمهندس وليد نظراً لأنه كورس شامل و يشكر فيه الكثيرون من المهندسين
لذلك قررت كتابة هذا المحتوى على الكمبيوتر و تنسيقه بالشكل الجيد بدلاً من خط اليد و ذلك ليستفيد منه الجميع
هذا الكورس أخذ مني مجهود و وقت للكتابة و التنسيق و الجهد الأكبر كان الحصول على صور توضيحية بجودات عالية جداً و هذا
ستجدونه واضحاً في المحتوى وأيضا رسومات الكاد فكل الصور الموجودة بجودة عالية جداً و حتى مستوى تكبير عالي و لم أكتفي بالداتا
الموجودة في الكورس فقط بل قمت بإضافة داتا توضيحية أيضاً و ستجدون ذلك واضحاً .

أرجو من الله أن يكون هذا المجهود خالصاً لوجه **الله** تعالى و أن يستفيد منه الجميع أقصى إستفادة مُمكنة

شكراً

مع تحيات

المهندس || محمد أحمد الموزي

INDEX

Chapter	Page
Heat load calculations حساب الاحمال الحرارية	٤
Air Conditioning systems أنظمة تكييف الهواء	١٣
Ventilation التهوية	٢٩
Air terminals مخارج الهواء	٣٥
Ducts مجاري الهواء	٤٨
Chilled water system نظام المياه المُثلجة	٧٥

الباب الأول

Heat loads calculations حساب الأحمال الحرارية



Prepared & Written by

Mohamed Ahmed EL Mozey

MEP Engineer

✓ Cooling and Heating Loads Calculations (Manual Method)

حساب الأحمال الحرارية بطريقة يدوية

Required data for cooling load calculation

ما هي البيانات المطلوبة لأي مبنى لحساب الأحمال الحرارية

1. Building location and orientation

مكان المشروع أو المبنى (المدينة) لأن الظروف المناخية مختلفة من مدينة لأخرى و إتجاه المبنى يفرق في الحسابات فعلى سبيل المثال لو المبنى في إتجاه الجنوب الأحمال ستكون مرتفعة .

2. Outdoor design calculation

ظروف المكان الخارجية و هي تعتمد على مكان و إتجاه المبنى

3. Indoor design calculation

ظروف المكان الداخلية و هي تعتمد على التطبيق

4. Occupancy Schedule

إشغال المكان (عدد الأشخاص بالمكان)

5. Lighting

الإضاءة

6. Equipment Schedule

إشغال مكان من المعدات

7. Ventilation

التهوية

✓ Building construction

من المهم جداً معرفة الإنشائي construction للأبواب، الشبابيك، الجدران، الأرضيات و الأسقف.

✓ Outdoor design condition

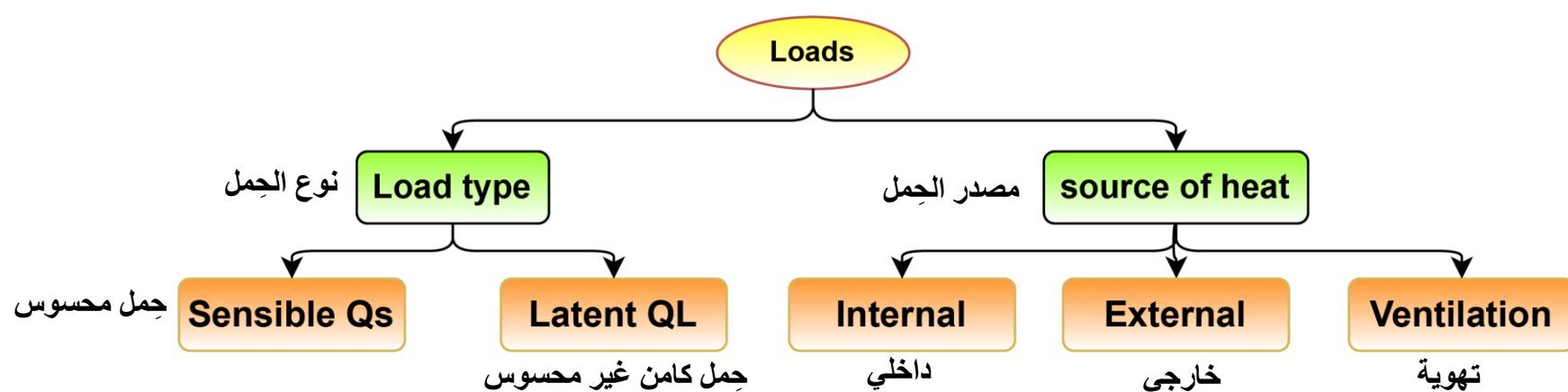
من خلال معرفة مكان المبنى يتم تحديد

 $T_{db} \Rightarrow$ dry bulb temp $T_{wb} \Rightarrow$ wet bulb tempCairo ($T_{db} = 105^{\circ}\text{F}$, $T_{wb} = 78^{\circ}\text{F}$) Alex ($T_{db} = 95^{\circ}\text{F}$, $T_{wb} = 84^{\circ}\text{F}$)يمكن تحديدها لأي مكان من خلال موقع [/https://www.weatheronline.co.uk](https://www.weatheronline.co.uk)✓ Indoor design condition

على حسب التطبيق

أشهر التطبيقات Residential [T = 24 °C , RH = (40 : 60) %]

للباقى التطبيقات يمكن معرفة الظروف الداخلية من كود Ashrae application 2011



- **الحمل المحسوس:** هو الذي ينتج عنه تغيير في درجة الحرارة.
- **الحمل الكامن:** لا ينتج عنه تغيير في درجة الحرارة و إنما ينتج عنه تغيير الـ phase إلى آخر.

- **الأحمال الداخلية:** لا تتغير بتغير مكان و إتجاه المبنى و تنقسم إلى

1. Lights

2. People

3. Equipment

- **الأحمال الخارجية:** أحمال تتغير بتغير مكان و إتجاه المبنى مثل الحمل الحراري من أشعة الشمس و المُنقلة خلال الحوائط و الشبابيك و الأسطح.

Internal loads

1. **People load** حمل الأشخاص

a) حمل محسوس

b) حمل كامن

$$Q_s = N_{of\ persons} * Q_{s/p}$$

Watt

$$Q_L = N_{of\ persons} * Q_{L/p}$$

- حمل الشخص الواحد المحسوس والكامن يكون بناءً على حسب نشاط الشخص person activity وهذا نحصل عليه من جداول أشري أو الكود المصري حسب التطبيق.

درجة الحرارة الجافة للغرفة س°								متوسط الحرارة (وات)	الحرارة الكلية للبالغين (وات)	المكان	درجة النشاط
٢١		٢٤		٢٥,٦		٢٦,٧					
وات		وات		وات		وات					
كامنه	حسيه	كامنه	حسيه	كامنه	حسيه	كامنه	حسيه				
٢٧	٧٦	٣٥	٦٨	٤١	٦٢	٤٦	٥٧	١٠٣	١١٥	مسارح-مدارس إبتدائية	جالس بدون حركة
٣٧	٨١	٤٧	٧١	٥٥	٦٣	٦٠	٥٨	١١٨	١٣٢	مدارس ثانوى	جالس ويزاول عمل خفيف
٤٨	٨٤	٦٠	٧٢	٦٩	٦٣	٧٣	٥٩	١٣٢	١٤٠	مكاتب-فنادق-شقق-كليات	عمل مكتبى
									١٦٢	محلات تجارية-اسواق مركزية	وقوف-مشى بطيئ
٦٢	٨٥	٧٢	٧٥	٨٢	٦٥	٨٨	٥٩	١٤٧	١٦٢	صيدليات	مشى - جالس
									١٦٢	بنوك	وقوف-مشى بطيئ
٦٨	٩٤	٨٠	٨٢	٩١	٧١	٩٧	٦٥	١٦٢*	١٤٧	مطاعم	الجلوس والأكل
١١٣	١٠٧	١٣٣	٨٧	١٤٨	٧٢	١٥٥	٦٥	٢٢٠	٢٣٥	مصانع-أعمال خفيفه	عمل خفيف
١٣٢	١١٨	١٥٤	٩٦	١٦٩	٨١	١٧٨	٧٢	٢٥٠	٢٦٤	صالات الرقص	رقص معتدل
١٥٩	١٣٥	١٨٢	١١٢	١٩٧	٩٧	٢٠٦	٨٨	٢٩٤	٢٩٤	مصانع-أعمال متوسط وثقله	المشى بسرعة ٣ميل/ساعة
٢٤٨	١٧٧	٢٧١	١٥٤	٢٨٣	١٤٢	٢٨٩	١٣٦	٤٢٥	٤٤٠	لعب البولينج-المصانع	عمل ثقيل

- عدد الأشخاص بالمكان يُمكن معرفته بطريقتين إما من خلال الفرش المعماري للمكان (عدد الكراسي) أو من خلال المهندس المعماري و إما من خلال الأشري Ashrae.
- الكود Ashrae يقول على حسب التطبيق كل ١٠٠ متر مربع تسع كم شخص و بمعلومية مساحة المكان يتم معرفة عدد الأشخاص.

حمل الإضاءة Light loads

- هو حمل محسوس فقط و يُمكن الحصول عليه بطريقتين.

$$Q_{light} = N_{of\ lambs} * Q_{lamb} \quad \text{Watt}$$

- عدد اللمبات و حمل كل لمبة يتم الحصول عليها من مهندس الكهرباء أو يتم إستخدام الطريقة الثانية

$$Q_{light} = floor\ area\ (m^2) * light\ intensity\ (\frac{W}{m^2}) \quad \text{Watt}$$

- **Light intensity شدة الإضاءة:** يُمكن الحصول عليها من جداول أشري أو الكود المصري على حسب التطبيق

TABLE 9.5.1 Lighting Power Densities Using the Building Area Method

Automotive Facility	0.9
Convention Center	1.2
Court House	1.2
Dining: Bar Lounge/Leisure	1.3
Dining: Cafeteria/Fast Food	1.4
Dining: Family	1.6
Dormitory	1.0
Exercise Center	1.0
Gymnasium	1.1
Health Care-Clinic	1.0
Hospital	1.2
Hotel	1.0
Library	1.3
Manufacturing Facility	1.3
Motel	1.0
Motion Picture Theater	1.2
Multi-Family	0.7
Museum	1.1
Office	1.0
Parking Garage	0.3
Penitentiary	1.0
Performing Arts Theater	1.6
Police/Fire Station	1.0
Post Office	1.1
Religious Building	1.3
Retail	1.5
School/University	1.2
Sports Arena	1.1
Town Hall	1.1
Transportation	1.0
Warehouse	0.8
Workshop	1.4

Common Space Types ^a	LPD (W/ft ²)	Building Specific Space Types	LPD (W/ft ²)
Office-Enclosed	1.1	Gymnasium/Exercise Center	
Office-Open Plan	1.1	Playing Area	1.4
Conference/Meeting/Multipurpose	1.3	Exercise Area	0.9
Classroom/Lecture/Training	1.4	Courthouse/Police Station/Penitentiary	
For Penitentiary	1.3	Courtroom	1.9
Lobby	1.3	Confinement Cells	0.9
For Hotel	1.1	Judges Chambers	1.3
For Performing Arts Theater	3.3	Fire Stations	
For Motion Picture Theater	1.1	Fire Station Engine Room	0.8
Audience/Seating Area	0.9	Sleeping Quarters	0.3
For Gymnasium	0.4	Post Office—Sorting Area	1.2
For Exercise Center	0.3	Convention Center—Exhibit Space	1.3
For Convention Center	0.7	Library	
For Penitentiary	0.7	Card File and Cataloging	1.1
For Religious Buildings	1.7	Stacks	1.7
For Sports Arena	0.4	Reading Area	1.2

For Performing Arts Theater	2.6	Hospital	
For Motion Picture Theater	1.2	Emergency	2.7
For Transportation	0.5	Recovery	0.8
Atrium—First Three Floors	0.6	Nurse Station	1.0
Atrium—Each Additional Floor	0.2	Exam/Treatment	1.5
Lounge/Recreation	1.2	Pharmacy	1.2
For Hospital	0.8	Patient Room	0.7
Dining Area	0.9	Operating Room	2.2
For Penitentiary	1.3	Nursery	0.6
For Hotel	1.3	Medical Supply	1.4
For Motel	1.2	Physical Therapy	0.9
For Bar Lounge/Leisure Dining	1.4	Radiology	0.4
For Family Dining	2.1	Laundry—Washing	0.6
Food Preparation	1.2	Automotive—Service/Repair	0.7
Laboratory	1.4	Manufacturing	
Restrooms	0.9	Low Bay (<25 ft Floor to Ceiling Height)	1.2
Dressing/Locker/Fitting Room	0.6	High Bay (≥25 ft Floor to Ceiling Height)	1.7
Corridor/Transition	0.5	Detailed Manufacturing	2.1
For Hospital	1.0	Equipment Room	1.2
For Manufacturing Facility	0.5	Control Room	0.5
Stairs—Active	0.6	Hotel/Motel Guest Rooms	1.1
Active Storage	0.8	Dormitory—Living Quarters	1.1
For Hospital	0.9	Museum	
Inactive storage	0.3	General Exhibition	1.0
For Museum	0.8	Restoration	1.7

- لو المكان مش موجود في الكود نفرضها [20:30 watt / m²].

جمل المعدات Equipment load

- **Equipment**

1. **Kitchen equipment**

- a) Sensible load

- b) Latent load

2. Other equipment [computer, printer,...] (Sensible only)

$$Q_E = \sum (1 - \eta) E \quad \text{Watt}$$

- $Q_E \Rightarrow$ الحمل الحراري للمعدات
- $\eta \Rightarrow$ كفاءة المعدة (Motor efficiency 80-90 %)
- $E \Rightarrow$ energy rate (Motor power) from Ashrae according to application
- في حالة إن المعدات موجودة في مطبخ هيكون الحمل محسوس و كامن و إذا كانت ليست معدات هيكون الحمل محسوس فقط.
- إذا كان المطبخ به Hood يسحب الأبخرة من المطبخ هيكون الحمل محسوس فقط.
- أشهر المعدات هي كمبيوتر ١٥٠ وات و طابعة ١٧٥ وات.

$$Q_E = N_{of\ equip} * Q_{every\ equip} \quad \text{للمعدات الأخرى}$$

$$Q_E = \sum (1 - \eta) E \quad \text{للمواتير}$$

✓ للحصول على نسخة من جداول أشري للمعدات الكهربائية اضغط الرابط التالي <https://bit.ly/3m7PNk0>

الأحمال الخارجية External loads

1. Transmission load

2. Solar load

- هي أحمال تتغير بتغيير موضع و إتجاه المكان.

1. **Transmission load** الحمل الناتج من فرق درجات الحرارة ما بين المكان و الجو المحيط به

- a) Wall

- b) Roof

- c) glass

a) Wall (heat transfer through wall due to temperature difference)

درجات الحرارة و الرطوبة داخل المكان المُكيف غالباً (24 °C , 50 %) أو حسب التطبيق، درجة الحرارة و الرطوبة خارج المكان غالباً (38 °C , 70 %) كما في الإسكندرية أو حسب الموقع، لذلك يحدث إنتقال حرارة من الخارج إلى داخل المكان.

$$Q_T(\text{wall}) = U_{\text{overall}} * A_{\text{wall}} * (T_0 - T_R)$$

$U \Rightarrow$ overall heat transfer coefficient (w/m². °C)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\Delta r}{K} + \frac{1}{h_2}}$$

أو من الجداول على حسب مكونات الحائط.

• **الحوائط تنقسم إلى:**

١. حائط داخلي غير مُعرض لأشعة الشمس و يُسمى partition
٢. حائط خارجي مُعرض لأشعة الشمس و يُسمى external wall

T_0 = outside temperature (external wall, partition)

$T_{0E} = 38 \text{ °C (alex)}$ $T_{0P} = T_{0E} - 10 \text{ °C}$

T_i = inside temperature = 24 °C

b) Roof (heat transfer through the roof due to temperature difference)

$$Q_T(\text{roof}) = U_{\text{overall}} * A_{\text{roof}} * (T_0 - T_R)$$

$U \Rightarrow$ overall heat transfer coefficient (w/m². °C) تختلف باختلاف شكل و حالة السطح

A = plan area (m²)

Roof cases:

- a) Exposed to the sun
- b) Coverage with water (حمام سباحة فوق السطح)
- c) Sprayed by water رش ماء
- d) Shaded مُغطى

الزجاج Glass

$$Q_T(\text{window}) = U_{\text{overall}} * A_{\text{window}} * (T_0 - T_R)$$

$U \Rightarrow$ overall heat transfer coefficient (w/m². °C) , assumed 5.6

A = glass area (m²)

$$Q_T(\text{Total}) = Q_T(\text{Roof}) + Q_T(\text{Partition}) + Q_T(\text{External wall}) + Q_T(\text{glass})$$

c) Solar load أشعة الشمس

- أشعة الشمس هي أشعة أو موجات كهرومغناطيسية تتحول إلى حرارة عندما تصطدم بجسم صلب مثل الزجاج أو الحائط.
- كل الجدران تتعرض لأشعة الشمس و لكن تختلف الحرارة من إتجاه لأخر لذلك من الضروري معرفة إتجاه الجدران.
- إتجاه الشمال للمبنى يكون مُعرض للحرارة أقل من إتجاه الجنوب.

قال صلى الله عليه وسلم: يا أبا ذرٍّ، ألا أدلك على خصلتين هما أخف على الظهر، وأثقل في الميزان من غيرهما؟ قال: بلى يا رسول الله. قال: عليك بحسن الخلق، وطول الصمت، فو الذي نفس محمد بيده، ما عمل الخلاق بمثلهما.



✓ Factors affect on solar load:

1. Direction إتجاه الحائط
2. Materials (glass , brick or) مقاومة الطوب للحرارة تختلف عن الزجاج
3. Month أشعة حرارة الشمس في شهر أغسطس غير يناير
4. Hour الحرارة الساعة الواحدة ظهراً غير الساعة ٨ مساءً
5. Shade (color and location)

وجود ستارة أو شيش للشباك يُقلل من إنتقال الحرارة
Sky light هو سقف زجاجي للمباني يكون في الإتجاه الأفقي

Solar load:

- a) External wall
- b) Roof
- c) Glass or window

a) External wall

$$Q_T(\text{wall}) = U_{\text{overall}} * A_{\text{wall}} * \Delta T_{\text{sun effect}}$$

ΔT فرق درجات الحرارة ما بين درجة حرارة الحائط المعرض للشمس على حسب إتجاه و درجة حرارة الشمس

$\Delta T = 10:18^\circ\text{C}$ غالباً

b) Roof

$$Q_{SR} = U_{\text{overall}} * A_{\text{Roof}} * \Delta T_{\text{sun effect}}$$

الـ roof سيكون في إتجاه أفقي غالباً إلا في حالة إذا كان sky light أو مثل الجمالونات trusses.

c) Glass or Sky light

$$Q_{S\text{ glass}} = (SHG)_{\text{factor}} * A_g * SC$$

SHG $\Rightarrow$ Solar Heat Gain factor مُعامل يعتمد على إتجاه و مكونات الزجاج

SC $\Rightarrow$ Shading Coefficient يعتمد على نوع الزجاج

SC = 0.83 for clear glass (without shade)

SC = 0.6 shaded

SC = 0.2 reflected

$$Q_{S(total)} = Q_S(roof) * Q_S(external wall) * Q_S(glass)$$

حمل التهوية Ventilation load

الحمل الحراري الناتج من دخول الهواء الخارجي إلى داخل المكان لزوم التهوية.

$$Q_{ventilation} = m^0 (H_0 - H_R)$$

$H_0 \Rightarrow$ outside enthalpy (Kj/Kg)

$H_i \Rightarrow$ inside enthalpy (Kj/Kg)

يتم حسابهم عن طريق الخريطة السيكومترية أو من البرنامج بمعلومية ظروف الهواء الخارجي و الداخلي

$m_0 \Rightarrow$ amount of fresh air كمية الهواء اللازمة للتهوية

يُمكن حسابه بطريقتين:

$$m_0 = \frac{L/S/person * N_p}{1000 * V_0}$$

كمية الهواء الفريش لكل شخص * عدد الأشخاص
1000 * مقلوب الكثافة من الخريطة

$$m_0 = \frac{L/S/m^2 * Area}{1000 * V_0}$$

من جداول الأشري (Table 6-1) و على حسب التطبيق يُمكن حساب $L/S/person$ أو $L/S/m^2$

Loads	Sensible	Latent
People	✓	✓
Light	✓	
Equipment	✓	✓
Ventilation	✓	
Transmission	✓	
Solar	✓	
	GSH	GLH

GTH = GSH + GLH الحمل الحراري الكلي

Take factor of safety 10 %

بعد الحسابات نأخذ ١٠ % معامل أمان

الحمل الحراري Btu/hr or TR or Kw

$$1 \text{ TR} = 12000 \text{ btu / hr} = 3.5 \text{ Kw}$$

فيديو يشرح ما هو الطن التبريدي <https://bit.ly/366sZeL>

Cooling and Heating load calculation by HAP program

بدلاً من شرح برنامج الهاب كتابةً: يوجد فيديوهات كثيرة موجودة على اليوتيوب لشرح البرنامج و هذه قائمة لشرح البرنامج

<https://bit.ly/33i7aay>

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ قَالَ كَانَ رَسُولُ اللَّهِ -صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ- يُكْثِرُ أَنْ يَقُولَ: (أَكْثَرُوا مِنْ ذِكْرِ هَٰذِمِ النَّاتِ)

الباب الثاني

أنظمة تكييف الهواء Air conditioning systems

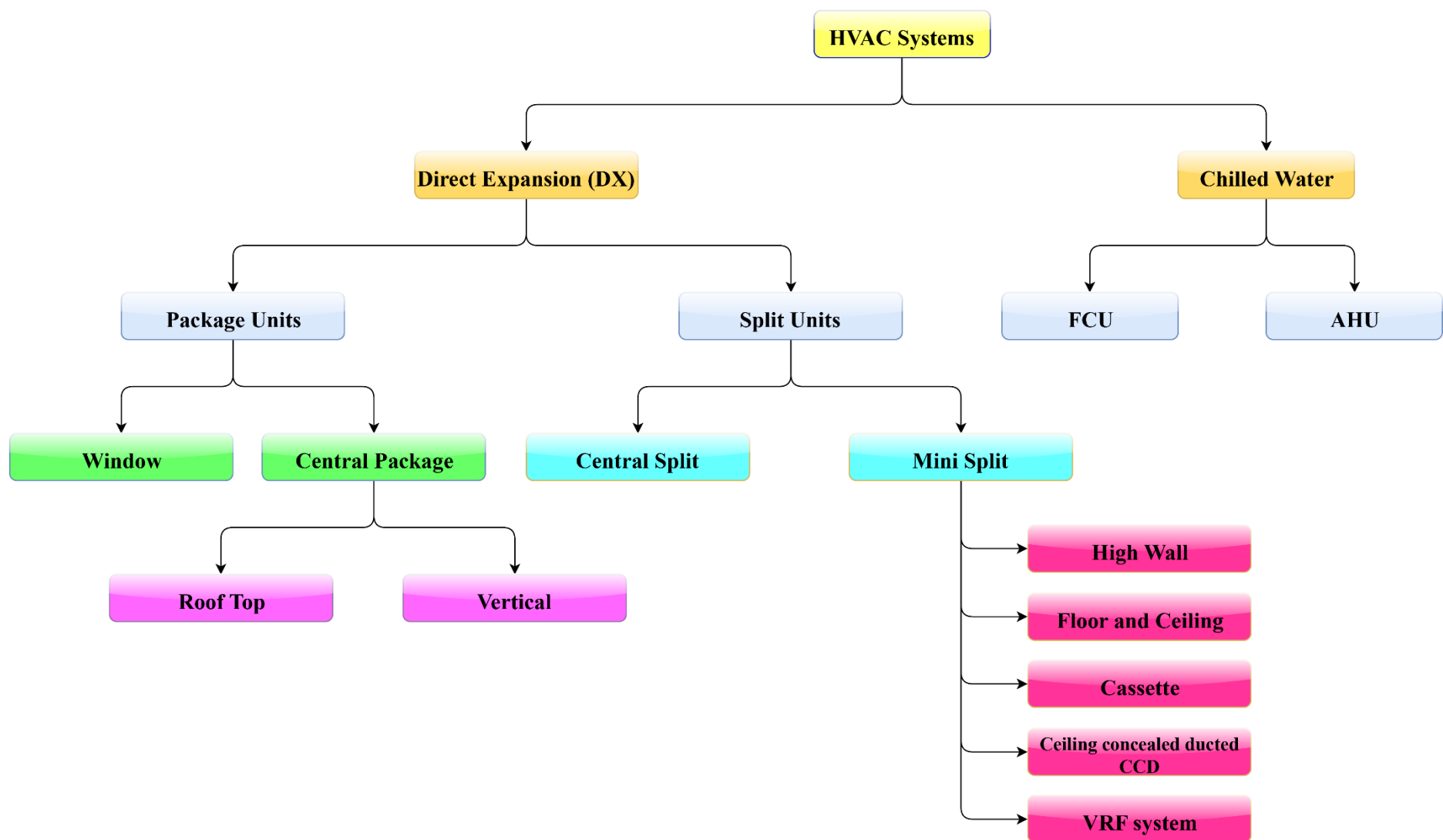


Prepared & Written by

Mohamed Ahmed EL Mozey

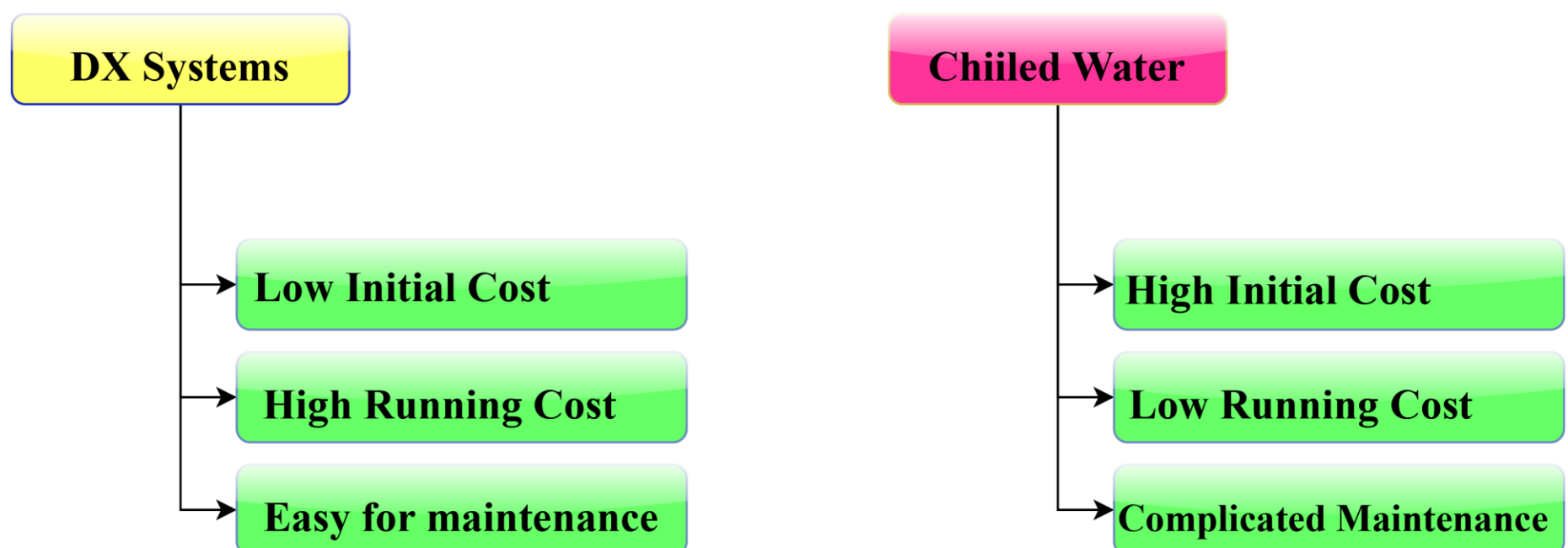
MEP Engineer

Air Conditioning Types



- **Direct Expansion systems** (نظام التمدد المباشر حيث يتم تبريد الهواء عن طريق الفريون مباشرة)
- **Chilled Water** (نظام المياه المثلجة حيث يتم تبريد الهواء عن طريق مياه مُثلجة تم تبريدها عن طريق الفريون)

In general:

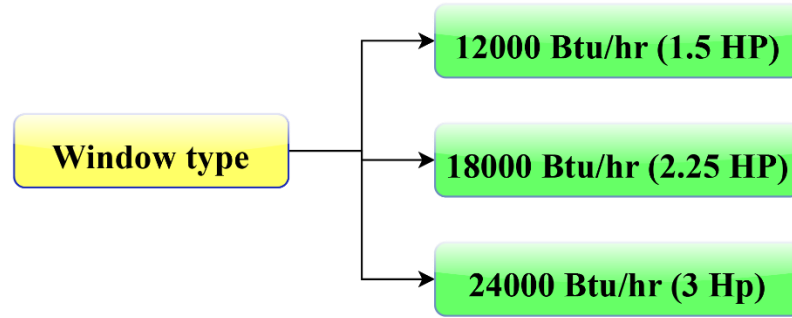


➤ Direct expansion system:

1. Window type

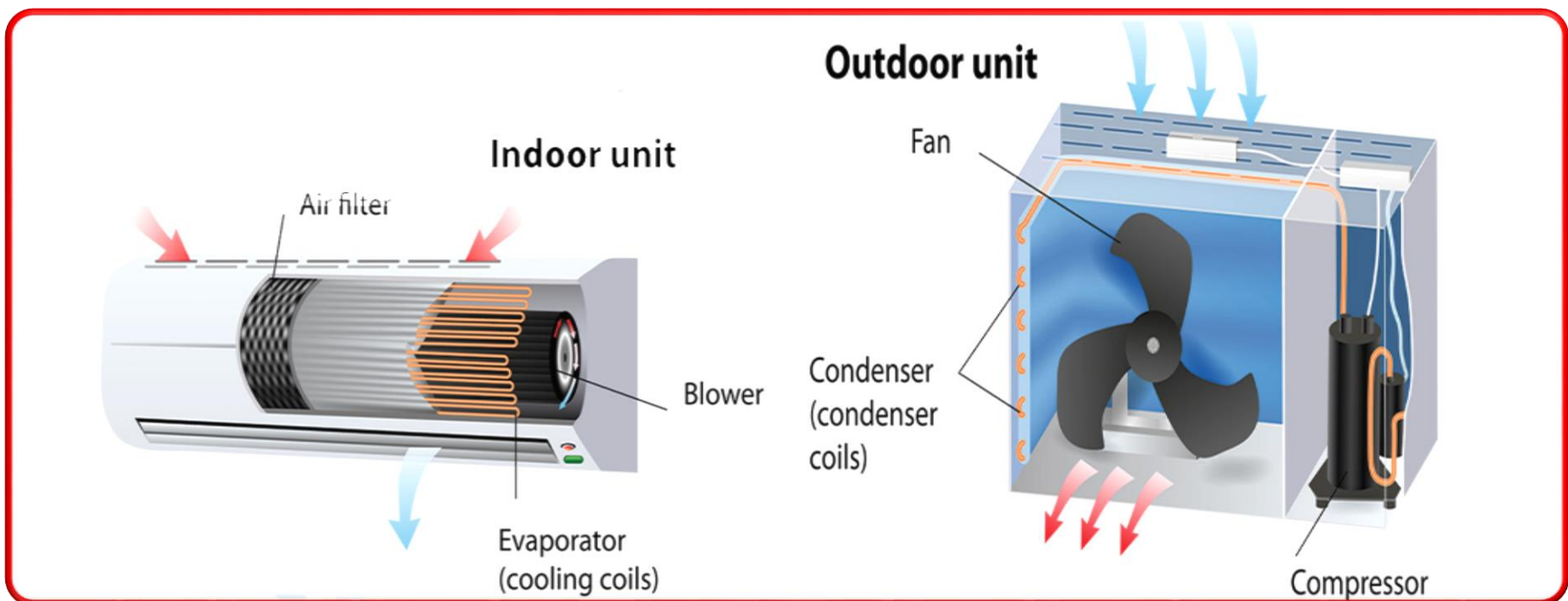
- كل مكونات دائرة التبريد في قطعة واحدة .
- أرخص أنواع أجهزة التكييف و سهل الصيانة و سهل التركيب .
- صوته عالي و يحتاج إلى فتحة كبيرة في الحائط .
- غير شائع الاستخدام حالياً بسبب عيوبه .
- قدراته صغيرة حيث يوجد منه سعات صغيرة 12000 Btu/hr up to 24000 Btu/hr up to 2 TR .

- (f) يتم تركيبها داخل المكان و هي **Non-Ducted type** .
 (g) تقوم مروحة الجهاز بسحب الهواء من المكان و تمريره على المُبخر (ملف التبريد) ثم دفعه إلى المكان مرة أخرى .
 (h) من أشهر الماركات المُنتجة له هي شركة **Carrier**
 (i) قدراته في السوق هي

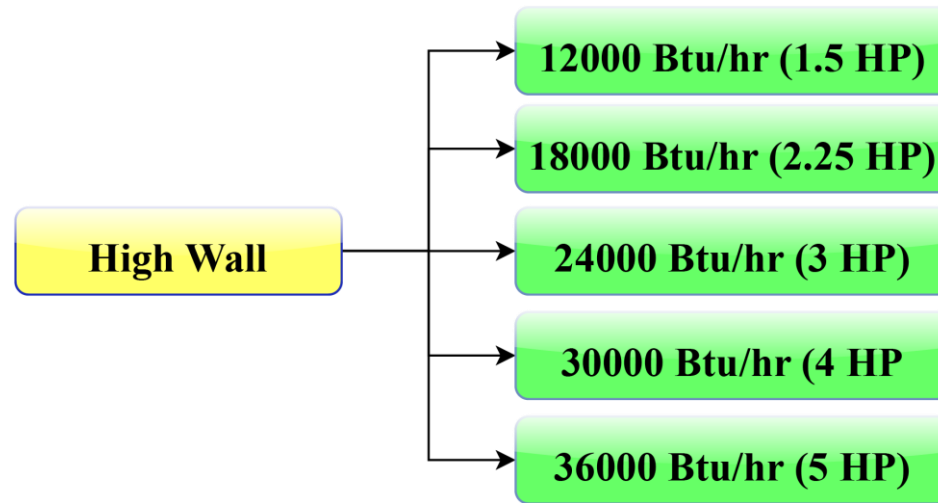


2. High Wall type

- (a) هو جهاز تكييف Split يتم تركيبه على الحائط .
 (b) عبارة عن قطعتين إحداهما يتم تركيبها داخل المكان تُسمى الوحدة الداخلية **Indoor unit** و الأخرى بالخارج و تُسمى الوحدة الخارجية **Outdoor unit** و تتكون من الكباس **Compressor** و المكثف **Condenser** و مروحته **Fan** و صمام التمدد **Expansion valve** ويتم التوصيل بينهم عن طريق مواسير الفريون .



- (c) صوته منخفض حيث أن الكباس خارج المكان المراد تكييفه و لا يحتاج لفتحة كبيرة بالحائط .
 (d) يُفصل عند التركيب أن يكون مستوى الوحدة الخارجية أقل من مستوى الوحدة الداخلية حتى لا يخرج الزيت من الكباس مع الفريون.
 (e) له سعات تبريدية كبيرة أكبر من جهاز الشباك window type تصل إلى 3600 Btu/hr .



- (f) أشهر إستخداماته في المباني الإدارية و السكنية و المحلات و غيرها
 (g) أشهر الماركات المُصنعة له Carrier , LG, York, Toshiba .
 (h) يوجد طول مُعين لمواسير النحاس بين الوحدتين على حسب كتالوج الشركة المُصنعة .
 (i) مواسير النحاس أقطارها 3/8, 5/8, 1/4, 1/2 و يتم عزلها حرارياً عن طريق R-Flux .



3. Ceiling Floor type

- (a) هو جهاز split يتم تركيبه على الأرض أو في السقف .
 (b) يتكون من وحدة داخلية Indoor unit و وحدة خارجية Outdoor unit و مواسير نحاس و كابلات Cables .
 (c) يُفضل في تركيب هذا النوع أن يكون بالسقف لأن الهواء البارد الخارج من الوحدة الداخلية كثافته عالية فينزل لأسفل و الهواء الساخن يرتفع لأعلى .
 (d) من عيوبه أنه يشغل حيزاً عندما يتم تركيبه على الأرض و في حالة وجود سقف مُستعار بالمكان لا يصلح تركيبه بالسقف .
 (e) له سعات تبريدية أكبر من قدرات الجهاز الحائطي high Wall حتى 40000 Btu/hr .
 (f) صوته منخفض مثل الجهاز الحائطي .
 (g) سحب الهواء من خلال مروحة المُبخر يكون من أسفل و دفع الهواء منها يكون من أعلى على عكس الجهاز الحائطي لذلك عندما يتم تركيبها على الأرض فتترك مسافة حوالي ٢٠ سم من الأرض حتى لا تسحب المروحة أتربة من الأرض .
 (h) نفس الشركات المُصنعة للتكييف الحائطي High Wall هي المُصنعة لهذا النوع .
 (i) لا يُستخدم معاه ممرات هواء Non-ducted و لا يوجد منه مكان لإدخال هواء فريش Fresh air .
 (j) الإِستخدام Residential commercial applications .



4. Floor standing type

- (a) هو جهاز split يتكون من وحدتين ، وحدة خارجية و وحدة داخلية تُشبه الدولاب .
- (b) يُسمى أيضاً Free-standing الكابينة أو الدولاب .
- (c) يتم تركيبها على الأرض فهي تُشبه الثلاجة و الوحدة الخارجية خارج المكان .
- (d) هذا النوع له قدرات عالية تصل إلى 80,000 Btu/hr تصل إلى 7 TR .
- (e) يتميز هذا النوع أيضاً بمروحة قوية تُعطي قودة دفع و مسافات أكبر من الأنواع السابقة .
- (f) يُستخدم هذا النوع بكثرة في المساجد و قاعات الأفراح و البنوك و المطاعم و غيرها و غالباً يتم استخدام مرواح معها لتوزيع الهواء البارد و يتم وضعها في الزوايا و الأركان .
- (g) يُستخدم هذا النوع بكثرة في الأماكن العالية الإرتفاع و المتوسطة التكلفة و أيضاً يعتمد على التماثل Symmetric .
- (h) هذا النوع Non-ducted و لا يوجد به مكان لإدخال هواء فريش Fresh air إليه .
- (i) هذا النوع أغلى في السعر من الأنواع السابقة و يحتاج إلى تجهيزات لمواسير النحاس و الصرف قبل التركيب .



5. Cassette type

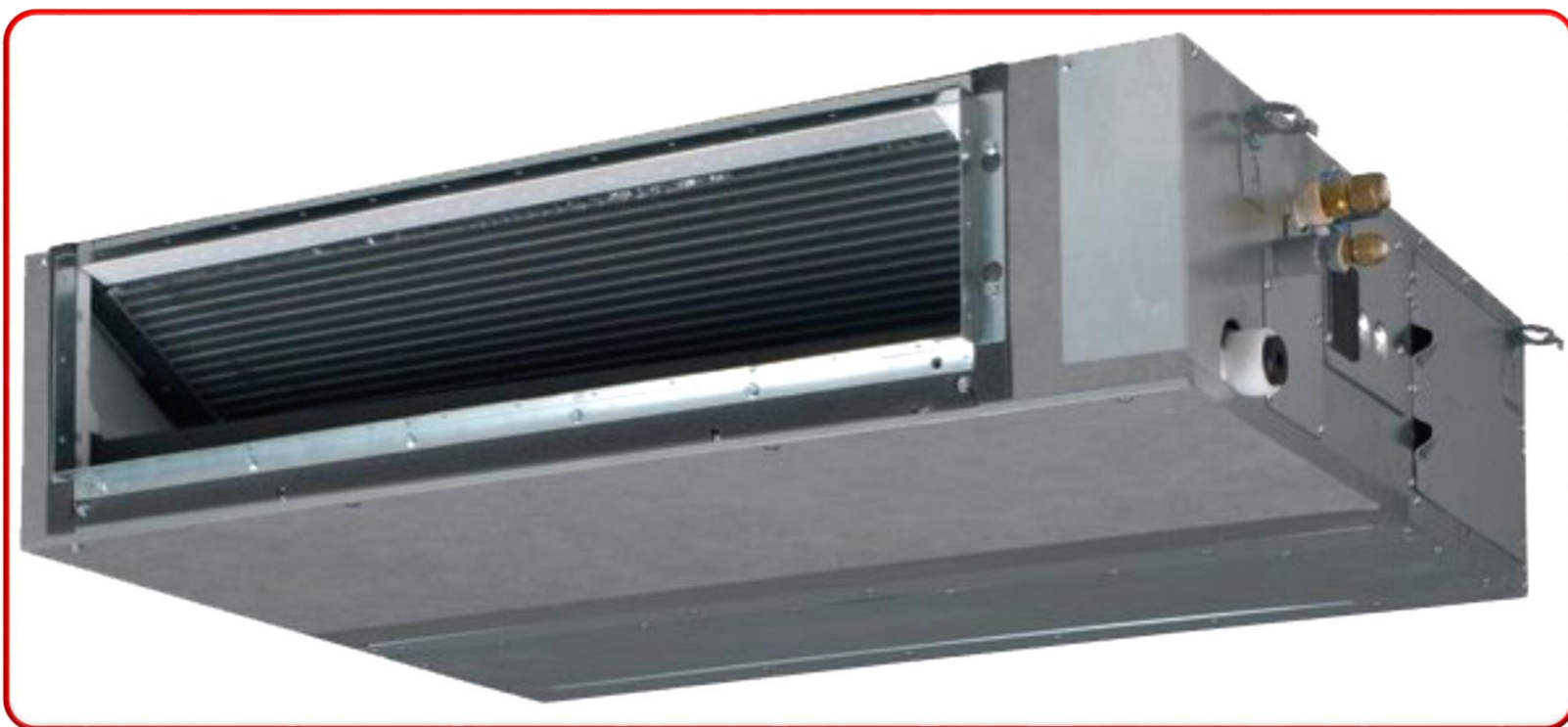
- (a) هو جهاز تكييف Split يتكون من وحدة خارجية Outdoor unit و وحدة داخلية Indoor unit .
- (b) هذا النوع الوحدة الداخلية به يتم تركيبها بالسقف الساقط و هي تُشبه مخرج الهواء Square Diffuser .
- (c) هذا النوع أفضل في توزيع الهواء من الأنواع السابقة حيث يخرج منه الهواء في أربع إتجاهات في صورة Round flow كما في النوع 4-Way Cassette .
- (d) Air Throw من هذا النوع يصل إلى ٣ متر .
- (e) لا يصلح هذا النوع إلا في الأماكن التي يوجد بها أسقف مُعلقة .

- (f) السعة التبريدية لهذا النوع تصل إلى 4 TR (36,000 Btu/hr up to 48,000 Btu/hr) .
 (g) تحتوي الوحدة الداخلية على مضخة pump صغيرة تعمل على دفع المياه من حوض الصرف إلى أقرب نقطة صرف .
 (h) تعمل مروحة الوحدة الداخلية على سحب الهواء من الغرفة ويدخل من منتصف الوحدة ليمر على ملف التبريد ثم يخرج من الجوانب.
 (i) أشهر الاستخدامات لهذا النوع هي المطاعم و الفنادق حيث شكله ديكوري .



6. Ducted Concealed or Ceiling Concealed Ducted type

١. هو جهاز تكييف Split يتكون من وحدة خارجية Outdoor unit و وحدة داخلية Indoor unit .
٢. الوحدة الداخلية تكون مخفية hidden في السقف الساقط كلها و يتم توزيع الهواء البارد منها عن طريق دكتات صاج ducts و هي الأفضل من حيث توزيع الهواء البارد .
٣. هي أعلى أنواع الأجهزة الـ split و يحتاج إلى سقف مُستعار بالمكان .
٤. تُسمى بالسوق تكييف نصف مركزي و لها قدرات حتى 7 TR (18,000 Btu/hr up to 80,000 Btu/hr) .
٥. هذا النوع له ترموستات Thermostat يكون داخل المكان المراد تكييفه و يتحكم في تشغيل الوحدة عند درجة الحرارة المطلوبة.
٦. أشهر الاستخدامات في الأماكن الديكورية مثل المطاعم و البنوك و الفنادق و غيرها.
٧. يُمكن وضع الوحدة CCD خارج المكان في الحمام المُجاور للمكان على سبيل المثال ، ثم يتم توصيل الهواء البارد منها عن طريق دكتات صاج Ducts و مخرج هواء Air terminals لذلك الصوت منها ناعم جداً.
٨. يتم تثبيت الوحدة CCD بالسقف الخرساني عن طريق أتياش و مسامير و يتم عمل ميول بسيط للوحدة للصرف draining .
٩. يتم إدخال Fresh air إلى المكان عن طريق هذا النوع.



7. Central Package unit

- (a) تتكون من قطعة واحدة كبيرة الحجم تشمل جميع أجزاء دائرة التبريد .
 (b) توضع عادة في مكان مفتوح حيث يخرج منها حرارة عند التشغيل و غالباً تكون فوق السطح حيث صوتها عالي .

- (c) يتم نقل الهواء البارد منها عن طريق ducts صاج و مخارج هواء Air terminals داخل المكان المراد تكييفه ، و يتم سحب الهواء من المكان عن طريق ducts صاج لا يتم عزله .
- (d) يتم تركيب كاتم صوت عند مخرج الوحدة لإمتصاص الصوت الناتج من الجهاز .
- (e) السعة التبريدية للوحدة packing يصل إلى 50 TR و أكثر من ذلك في بعض الشركات .
- (f) Supply ducts من الوحدة الـ packing يكون من أعلى و السحب من الأسفل و يمكن العكس و يمكن أن يكونا متقابلين .
- (g) من مميزات الـ packing unit أنها خارج المكان و بالتالي صوت منخفض .
- (h) تُستخدم في المناطق ذات المساحة الواسعة مثل المباني الإدارية ، قاعات الأفراح ، المسارح ، البنوك و المطارات .
- (i) يوجد منها نوعان Roof type & Vertical unit .



8. Split Central Unit

- (a) هي نفس الوحدة الـ packing و لكن تم فصلها إلى وحدتين outdoor unit & indoor unit .
- (b) الوحدة الداخلية تشبه CCD تكون مخفية في السقف المُستعار و يتم نقل الهواء البارد إلى المكان عن طريق مخارج هواء متصلة بـ دكتات ducts صاج و يتم سحب الهواء من المكان عن طريق ducts صاج .
- (c) السعة التبريدية له تصل إلى قدرات كبيرة 50 TR .
- (d) يتم عمل باب كشف Access door تحت الوحدة مباشرة من الجبس حيث يُستخدم عند عمل الصيانة للوحدة .
- (e) الثرموستات الخاصة بالوحدة تكون داخل المكان عن طريق الوحدة حيث يتم تركيب صندوق خلط mix box على مدخل المروحة .
- (f) أشهر الاستخدامات لهذا النوع في المكتبات ، المسارح ، السينمات و المطاعم
- (g) يُمكن تثبيت الوحدة الداخلية خارج المكان المراد تكييفه و نقل الهواء البارد و أيضاً السحب عن طريق ducts صاج .



➤ Selection of Air Conditioning types

بعد الحسابات على برنامج الـ HAP و تحديد نوع النظام المُستخدم ، كيفية عمل إختيار من الكتالوجات لكل نوع من وحدات التكييف .

1. Selection of Hi-Wall types

أولاً : نشوف الكتالوج مُصمم على درجة حرارة خارجية كام ؟ و التردد كام هرتز HZ ؟

مثال : كتالوج شركة Carrier سيكون عند 35 °C outdoor temp , 50 HZ

و الحسابات ستكون عند درجة حرارة خارجية أكبر من 35 °C غالباً لذلك يوجد ما يُسمى بـ Temperature Factor

$$Temperature Factor (T.F) = \frac{\text{درجة الحرارة الخارجية للمكان}}{\text{درجة الحرارة الخارجية في الكتالوج}}$$

بفرض أن الحمل الحراري للمكان هو 2TR عند درجة حرارة خارجية 105 °F و درجة الحرارة الخارجية في الكتالوج 95 °F (35 °C)

$$T.F = \frac{105}{95}$$

عند عمل Selection للوحدة نضرب الحمل الحراري للمكان * T.F .

$$2 * \frac{105}{95} = 2.21 TR$$

الحمل الحراري للمكان = 2 TR عند درجة حرارة 105 °F

الحمل الحراري للمكان = 2.21 TR عند درجة حرارة 95 °F

القيمة ٢,٢١ هي التي نندخل بها الكتالوج للـ selection .

From HAP Load = 1.35 TR @ T₀ = 38 °C

From Carrier catalog T₀ = 35 °C

$$\text{Cooling Capacity} = 1.35 * \frac{100}{95} \cong 1.42 TR$$

$$\text{Cooling Capacity} \cong 1.42 * 3.5 = 5 Kw$$

ندخل الكتالوج بمعلومية الحمل الحراري 5 KW و نحصل على الآتي :

$$\text{Cooling capacity} = 17500 \text{ Btu/hr}$$

$$\text{Nominal Air Flow (Medium) CFM} = 389$$

$$\text{Power input} = 1.9 KW$$

$$\text{Current input} = 8.8 A$$

$$\text{Power supply} = 220/1/50$$

و هذه كانت أهم البيانات data المطلوبة من الكتالوج كما يمكن الحصول على بيانات أخرى مثل

الأبعاد (W * H * D) Net dimension

الوزن Net Weight

ضغط الصوت sound pressure

أقطار المواسير (Size) pipe connection type

نوع الفريون Refrigeration type

أقصى طول للمواسير maximum pipe length

أقصى إرتفاع بين الوحدات maximum height difference

قطر خرطوم الصرف condensate drain hose diameter

الموديل System model

➤ Selection of floor Standing

الوحدة الكابينة أو الدولاب ، أغلب إستخدامها في المساجد و قاعات الأفراح .

١. حساب الحمل الحراري الكلي للمكان .

٢. نوزع الوحدات على أركان المكان لكي نعرف عدد الوحدات .

٣. نقسم الحمل الكلي على عدد الوحدات لكي نعرف حمل كل وحدة .

٤. ندخل الكتالوج لنحصل على البيانات المهمة المطلوبة .

Ex:

بفرض الـ $cooling\ capacity = 3.7\ TR$ عند درجة $T_0 = 105\ ^\circ F$

$$3.7\ TR = 12.95\ KW\ @\ T_0 = 105\ ^\circ F$$

$$3.7 * \frac{105}{100} = 3.9\ TR$$

Temp Factor

$$3.9\ TR = 13.6\ KW = 46800\ Btu/hr$$

من كتالوج carrier نحصل على الآتي :

System model 42KFE60-708

Cooling capacity = 52,000 Btu/hr

Nominal Air Flow (Medium) CFM = 1242

Power input = 4.2 KW

Current input = 10 A

Power supply = 380/3/50

➤ Selection of Cassette type

١. حساب الحمل الحراري الكلي للمكان .
٢. نوزع الوحدات بالسقف بحيث أقصى مسافة بين الوحدة و الأخرى ٤ متر .
٣. نقسم الحمل الكلي على عدد الوحدات لكي نعرف حمل كل وحدة .
٤. ندخل الكتالوج بمعلومية الـ $cooling\ capacity$ للوحدة .

Ex:

بفرض الـ $cooling\ capacity = 1.9\ TR$ لكل وحدة من حسابات الـ HAP عند درجة حرارة خارجية $105\ ^\circ C$ أو $105\ ^\circ F$

$$1.9\ TR * Temp\ factor$$

$$1.9 * \frac{105}{100} \cong 2\ TR \cong 7\ KW$$

تدخل كتالوج carrier و نلاحظ أنه يوجد

١. بارد – ساخن heat pump

٢. بارد فقط cool pump

نختار الوحدة بارد فقط أو بارد - ساخن على حسب طلب العميل و لفرض تبريد فقط و بمعلومية الحمل 7 KW نحصل على

System model 53CS36-C

Cooling capacity = 36,000 Btu/hr

Nominal Air Flow CFM = 1000

Power input = 3.8 KW

Power supply = 220/1/50

يجب مراجعة أبعاد الوحدة

➤ Selection of CCD unit

١. حساب الحمل الحراري الكلي للمكان و ليكن 5.5 TR .
٢. نوزع الوحدات على المكان بحيث أقصى مسافة بين الوحدة و الأخرى ٤ متر لكي نعرف عدد الوحدات و ليكن ٢ وحدة .
٣. نقسم الحمل الكلي على عدد الوحدات لكي نعرف حمل كل وحدة و ليكن الحمل الحراري لكل وحدة $5.5/2 = 2.75\ TR$ عند درجة حرارة $105\ ^\circ F$.

٤. نعمل معايرة للجمل $105/95 * 2.75$ نحصل على

$$\text{Cooling capacity} = 3 \text{ TR} = 36473 \text{ BTU/hr}$$

٥. ندخل الكتالوج (ex: carrier) نحصل على

System model 53CCD39 - H

$$\text{Cooling capacity} = 39,500 \text{ Btu/hr}$$

Nominal Air Flow (medium) CFM = 890

Power input = 41.58 KW

Current input = 19.5 A

$$\text{Heating capacity} = 33,200 \text{ Btu/hr}$$

Net dimensions = 860*720*350 mm

مهم جداً معرفة أبعاد الوحدة

Fresh air (From HAP)

Supply air (CFM) = 890 CFM_{Frsh}

Static pressure (Assumed فرض) = 0.15 : 0.25

ملحوظة : كمية الـ CFM التي هي ٨٩٠ هي عند ضغط zero in.wg و لكن الواقع إن الوحدة الـ concealed هتتصل بصاج لذلك الصحيح و بمعلومية الضغط نحسب الـ CFM الفعلي من الكتالوج على حسب الـ Static pressure .

➤ Selection of split central

بالدخول إلى كتالوج carrier نجد (Models 55, 90, 110, 145, 180, 240 and 300)

$$55 = 55 \text{ MBH}$$

الوحدة رقمها ٥٥ المقصود بها قدرتها 55 MBH = 55,000 Btu/hr

Note: MBH ⇨ Mega Btu/hr

بفرض أن حسابات الـ HAP هي 1.5 TR يعني 180,000 Btu/hr

ندخل الكتالوج و نحصل على :

$$\text{Nominal cooling capacity} = 230,000 \text{ Btu/hr}$$

نأخذ رقم يساوي ١٨٠,٠٠٠ أو أكبر

Refrigerant R22

Heating capacity = 22.5 KW

Condensing unit model 38BB-240

Evaporator unit model 40AB-240

Power supply of condensing unit 380 / 3ph

Air Flow of condensing unit 18,000 m³ /hr

Horse power of condensing unit 4.5HP

Net dimensions = √ mm

مهم جداً معرفة أبعاد الوحدة

Net weight = 635 kg

Evaporator unit 1) Air Flow = 12,000 m³ /hr 2) 5.4 HP 3) Net dimensions = √ mm

بمعلومية الـ static pressure من الحسابات يُمكن معرفة الـ CFM Supply من الوحدة الداخلية الفعلية من الكتالوج .

Air Handling Unit (AHU)

وحدة معالجة (مناولة) الهواء

يوجد منها نوعان :

١. DX AHU

٢. Chilled Water AHU

أشهر الماركات المُصنعة هي :

١. Carrier

٢. EGAT

٣. Tiba (Saiver)

٤. Trane

و تُستخدم للأغراض التالية :

1. High Filtration Required (Medical application)

تُستخدم عندما يكون مطلوب هواء بدرجة نقاء عالية جداً مثلما في التطبيقات الطبية (غرف العمليات ، غرف الأشعة ، غرف العناية المركزة و مصانع الأدوية و غيرها) و أيضاً في مصانع الأغذية .

2. Ability of (Humidification, Dehumidification)

تُستخدم في الأماكن التي تحتاج نسبة رطوبة معينة حيث يُمكن التحكم في نسبة الرطوبة عن طريق الـ AHU .

3. Special Application (Industrial)

4. Wide range of cooling capacity

5. Ability of heating, preheating

حيث نقوم بتفصيلها خصيصاً حسب المطلوب منها .

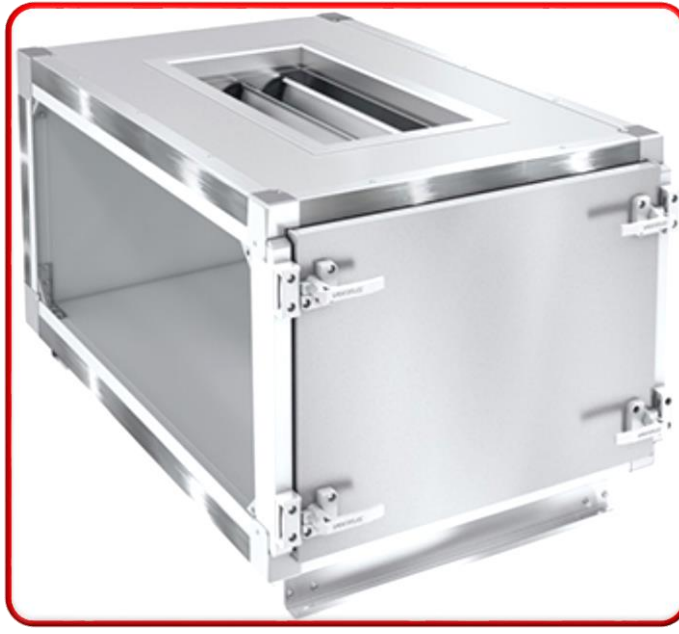


AHU Components

تتكون AHU من عدة أقسام Sections منها أقسام رئيسية موجودة في أي AHU و منها أقسام حسب المطلوب منها حيث يقوم المورد بتفصيلها حسب طلب العميل و مكوناتها كالتالي :

1. Mixing Box صندوق الخلط

هذا القسم يكون موجود لو هناك خلط بين الهواء الفريش Fresh air مع الهواء الراجع Return قبل معالجته ، اما إذا كان النظام all fresh أو all return فلا نحتاج mixing box داخل الـ AHU و هذا الصندوق يكون به فتحتان إحداهما للهواء الفريش .



2. الفلتر الابتدائي Pre Filter

يُسمى الفلتر الابتدائي بهذا الاسم لأنه هو أول فلتر يمر به الهواء لتنقيته من الشوائب و هو عبارة عن شبكة من الألومنيوم و الإسفنج يتم إزالته و تنظيفه و تركيبه مرة أخرى بكل سهولة .
كفائته من 50 % إلى 65 % ويأخذ كود G .



3. فلتر الحقيبة Bag Filter

سُمي بهذا الاسم لأنه يُشبه الحقيبة أو الكيس و يُستخدم كمرحلة ثانية في تنقية الهواء من الشوائب و الرمال
كفائته من 70 % إلى 85 % و يأخذ كود F .



4. ملف التبريد Cooling Coil

عبارة عن ملفات من النحاس يحدث عندها تبادل حراري ما بين الهواء المار عليها أو الفريون إذا كانت الـ AHU من النوع الـ DX أو مياه مُثلجة لو النظام Chilled water ، عدد الملفات و أقطارها حسب الـ TR المطلوب منها .



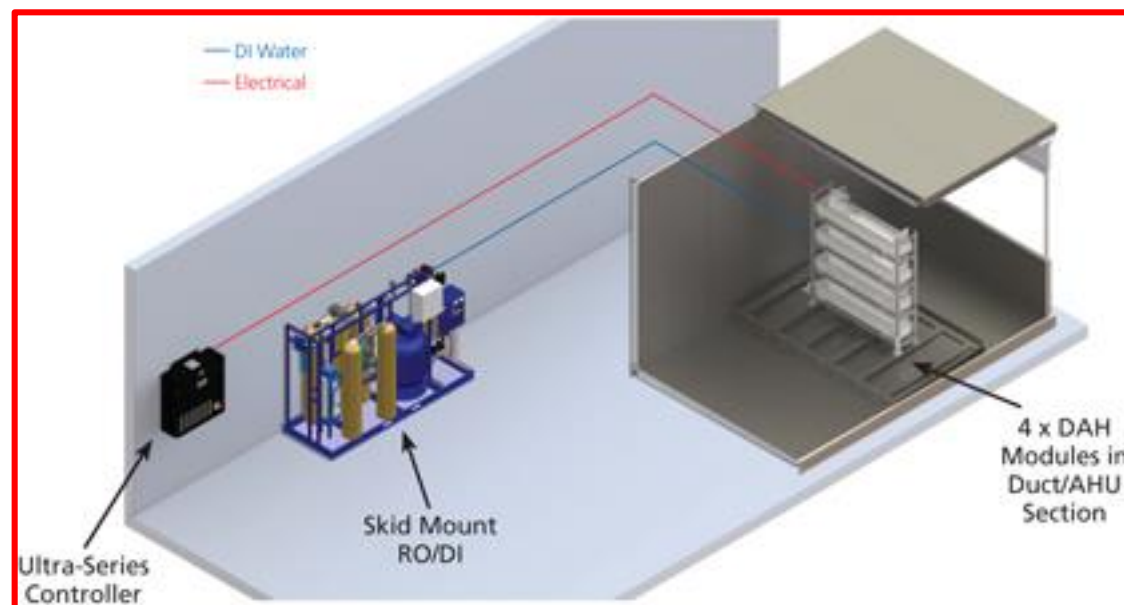
5. Heating coil ملف التسخين

هذا الجزء هو المسئول عن تسخين الهواء المار عليها و هي إما سخانات كهربية electrical heaters أو ملفات يمر بها مياه ساخنة (من غلاية) و هذه تتواجد في القدرات الكبيرة .



6. Humidification section

القسم الخاص بزيادة نسبة الـ RH للهواء في بعض التطبيقات على حسب رغبة العميل .



7. Fan section

مروحة طاردة مركزية تعمل عن طريق موتور Motor تقوم بسحب الهواء من المكان المراد تبريده و طرده إليه بعد معالجته في بعض الوحدات يتم تركيب مروحة في أولها و مروحة في آخرها .



8. Hepa Filter

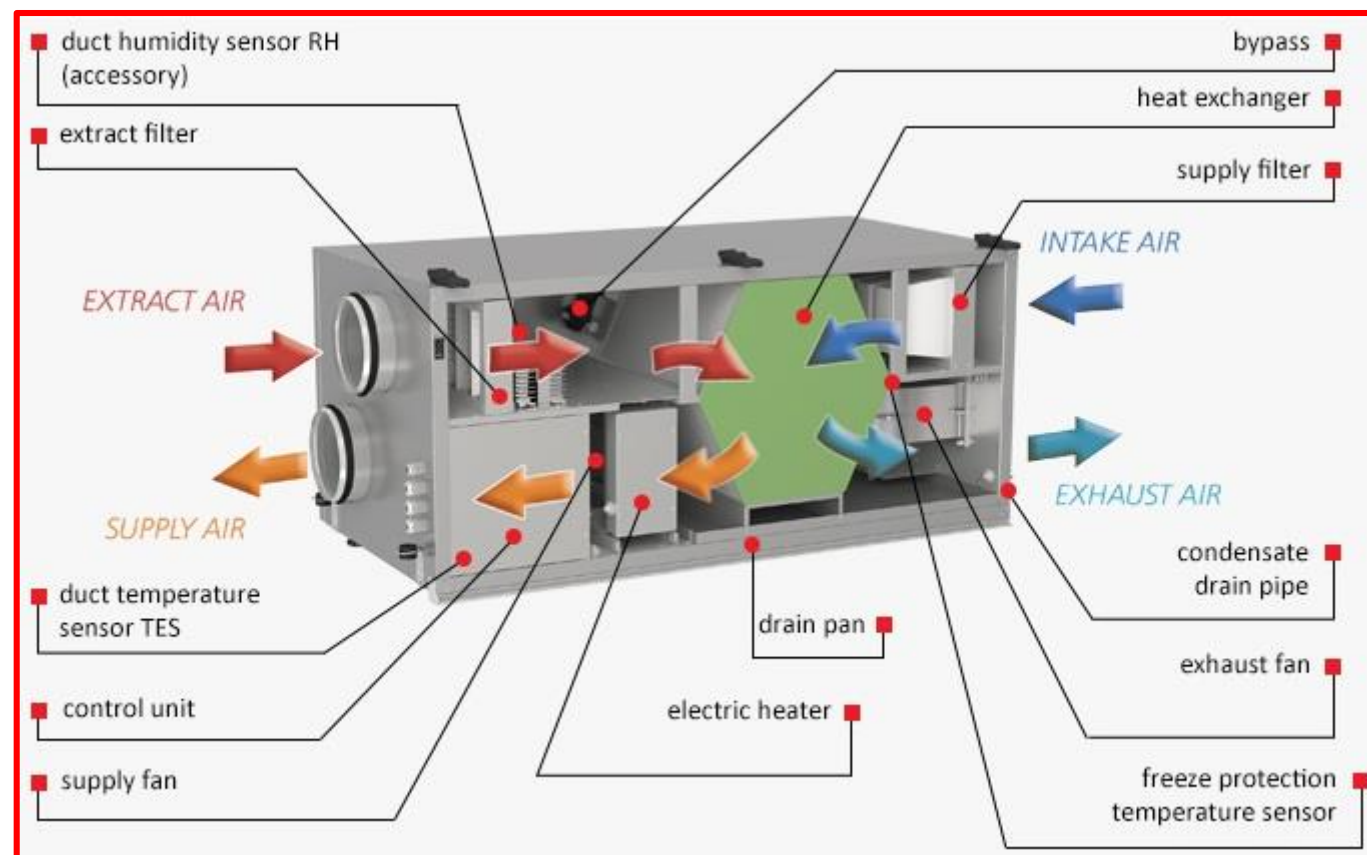
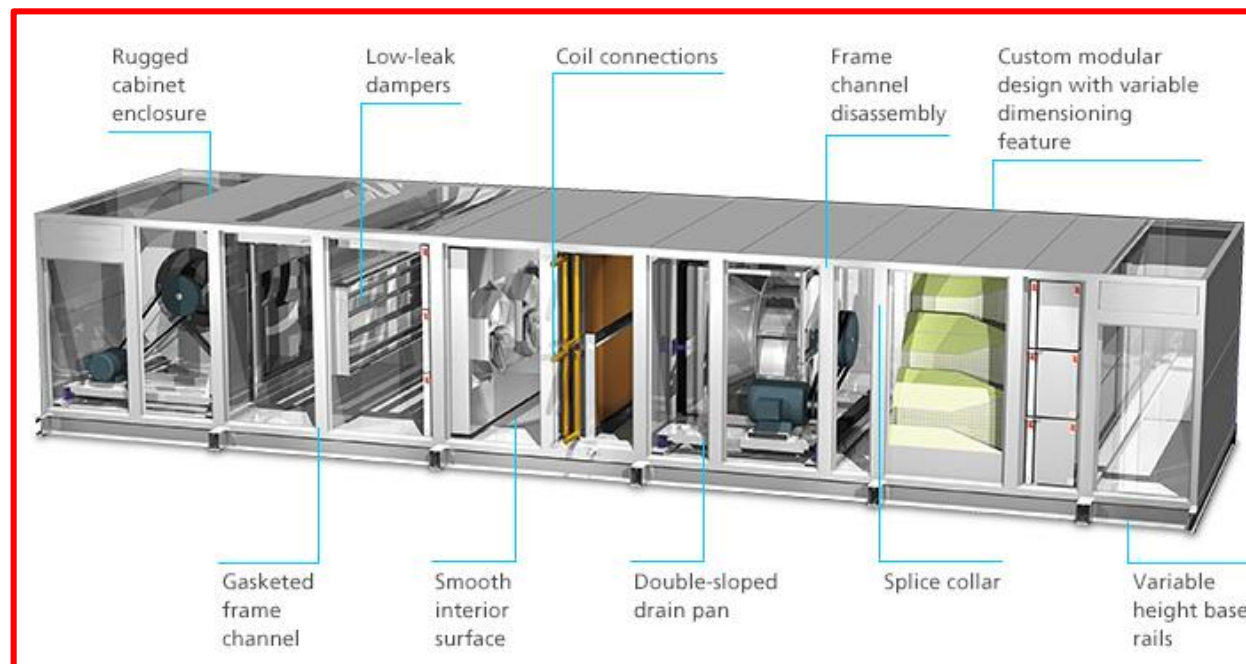
هذا الاختصار يعني High efficiency particulate filter

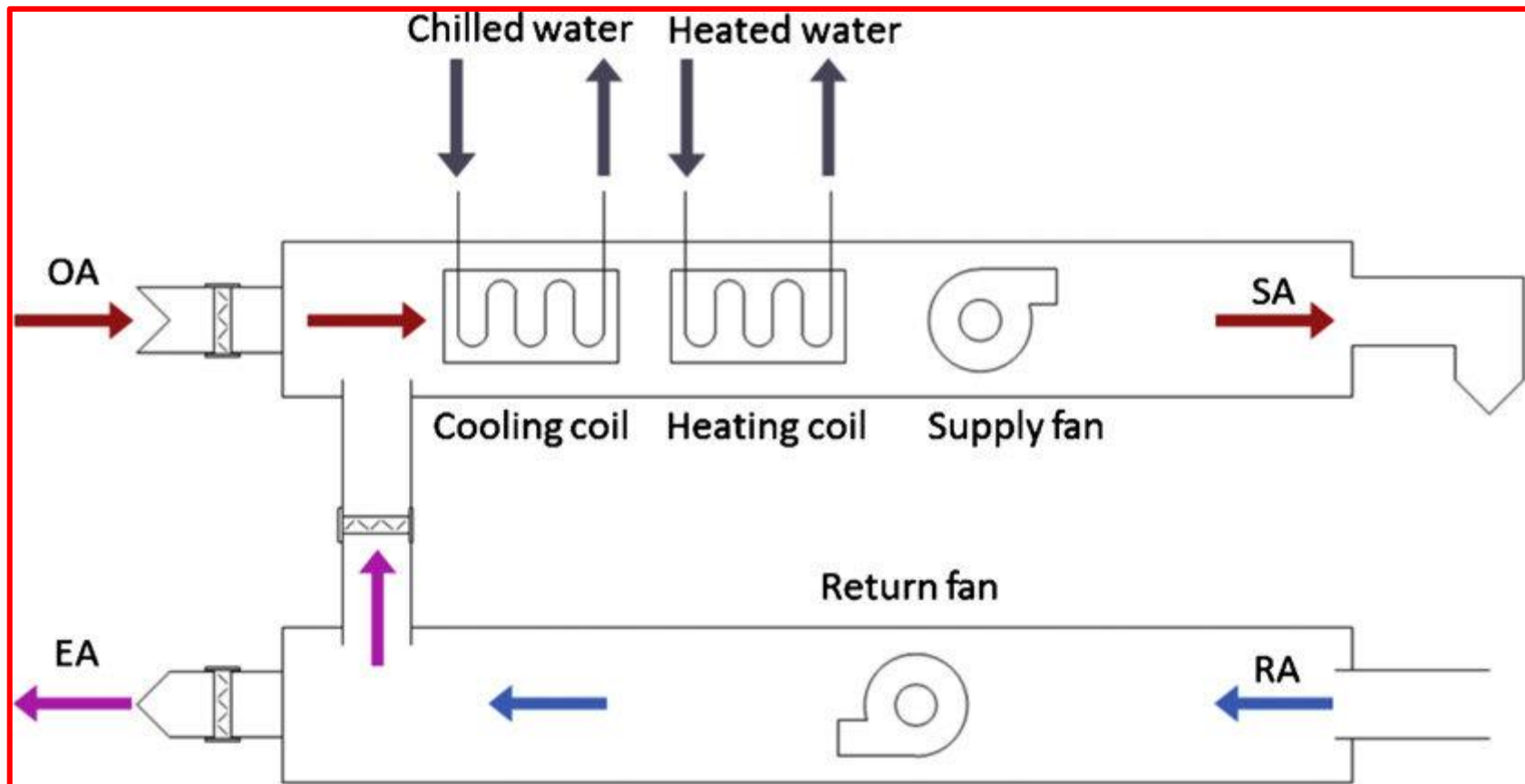
تُستخدم فلاتر الهيبا فقط في الأماكن التي تحتاج إلى درجة نقاوة عالية مثل غرق العمليات و مصانع الأدوية ، و تقوم بتنقية الهواء بنسبة 99.99 % و يأخذ كود H .



الـ AHU لو من النوع الـ DX و ه يتم توصيلها بوحدة خارجية outdoor unit من أي شركة و كما في نظام الـ VRF و لو من النوع الـ chilled water يتم توصيلها بالـ chiller .

• AHU Components



Schematic diagram of a typical AHU system**➤ AHU Selection**

By using EGAT AHU Catalog

From HAP:

- a) Cooling capacity = ✓ TR
- b) Supply air flow = ✓ CFM
- c) Fresh air flow = ✓ CFM

Return air flow = Supply – fresh

- d) Heating capacity = ✓ KW

تحديد المطلوب : DX system or Chilled water system

تحديد الفلاتر المطلوبة : Pre-Filter , Bag filter or Hepa Filter

Ex:

Cooling capacity

Supply air fan = 10,000 CFM = 17,000 m³/hr

كمية الهواء هي التي ستحدد حجم وحدة المناولة AHU .

(Assume) Air velocity = 2.5 : 3 m/sec

ندخل كتالوج شركة EGAT و بمعلومية الـ m^3/hr كمية الهواء ندخل على Selection diagram لتحديد الـ unit size .

المنحنى علاقة ما بين air velocity and air volume و يتم تحديد unit size .

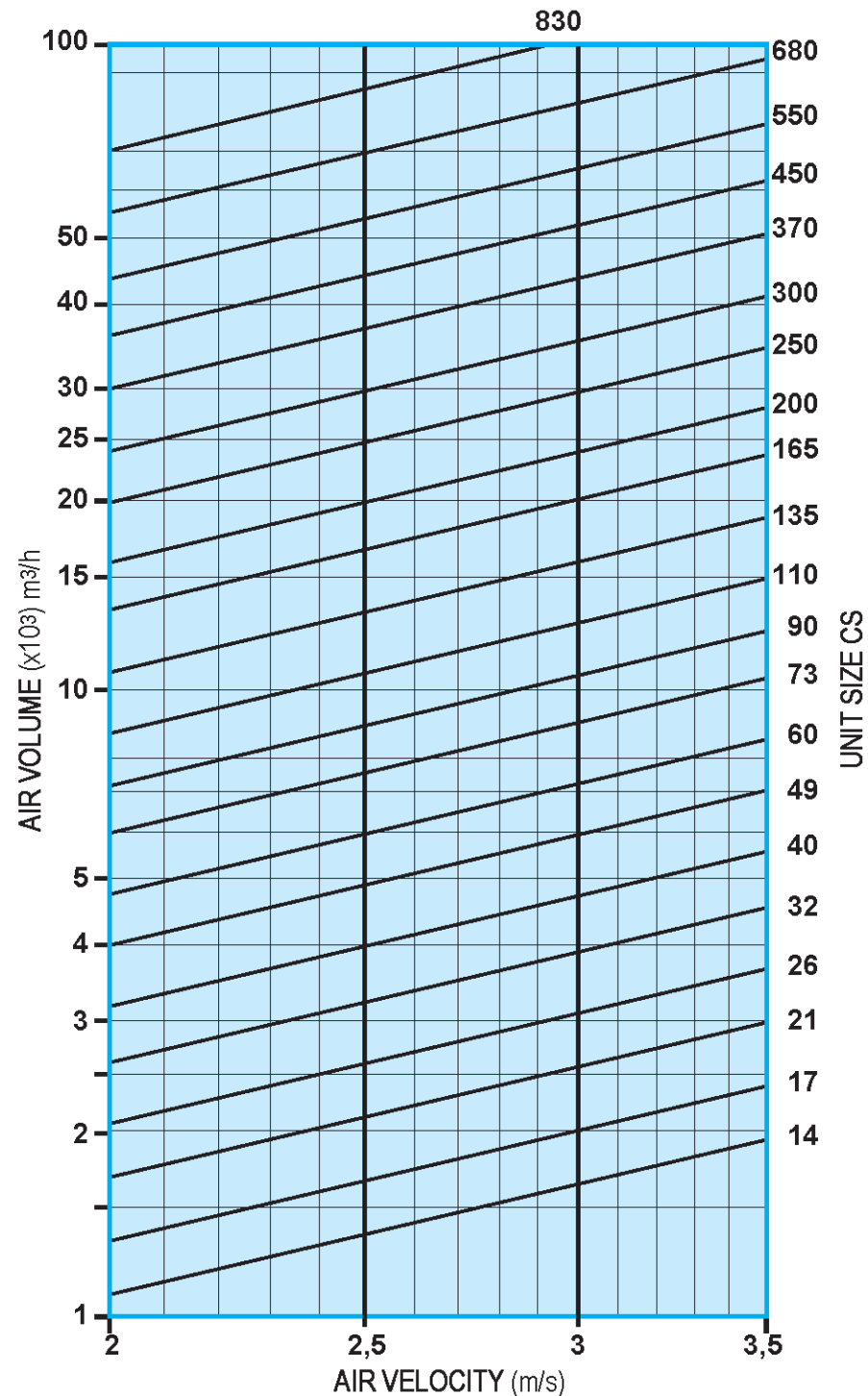
SELECTION DIAGRAM

The unit size selection is made on the basis of two parameters:
the Air volume
the Coil Face air velocity

Each model is identified by a very simple nomenclature: for example **CS-200** corresponds to the air volume of **20000 m³/h** at **2,5 m/s** coil face velocity.

The **Selection Diagram** shows the possibility of achieving smaller or greater air volumes for the same unit by varying the coil face velocity.

This enables selection to be optimised in terms of cost, dimensions, noise criteria, power, etc.



نرسم خط أفقي بقيمة $17000 \text{ m}^3/\text{hr}$ حتى يقطع الخطوط المائلة في سرعة مناسبة ما بين 2.5 : 3 ثم مع الخط المائل حتى نحصل على
unit size = 165 CS

ثم ندخل على الجدول بنهاية الكتالوج لنحصل على أبعاد كل من :

1. Mixing Box (W*H) = ✓
2. Fresh air intake (W*H) = ✓
3. Panel Filter (W*H) = ✓
4. Bag Filter (W*H) = ✓
5. Coil (W*H) = ✓
6. Electric heater (W*H) = ✓
7. Fan (W*H) = ✓
8. Sound attenuator = ✓
9. Supply air plenum (W*H) = ✓

الباب الثالث

التهوئة Ventilation



Prepared & Written by

Mohamed Ahmed EL Mozey

MEP Engineer

Mechanical Ventilation

التهوية : هي تجديد أو تغيير الهواء داخل المكان.

Ventilation is the intentional introduction of outdoor air into a space. Ventilation is mainly used to control indoor air quality by diluting and displacing indoor pollutants; it can also be used to control indoor temperature, humidity, and air motion to benefit thermal comfort, satisfaction with other aspects of indoor environment, or other objectives.

بمعنى آخر الغرض من التهوية هو :

١. إزالة الروائح الكريهة و الغازات الغير مرغوب فيها .
٢. إزالة حمل حراري من المكان .

- التهوية للمكان لا تعني تكييف الهواء و لكن مجرد تغيير الهواء داخل المكان بهواء آخر نقي و ذلك عن طريق مراوح Fans .
- التهوية عموماً هي تهوية طبيعية عن طريق الهواء المُسرب من خلال الأبواب و الشبابيك بالمكان و هو ما يُسمى Infiltration أو تهوية صناعية أو تُسمى تهوية ميكانيكية أو تهوية جبرية forced أو mechanical ventilation و هذه تكون عن طريق مراوح .
- الأماكن التي تحتاج إلى تهوية مثل (الحمامات ، المطابخ ، الجراجات ، غرف المولدات ، غرف المحولات ، غرف الكهرباء عموماً و المخازن)
- تتم التهوية الميكانيكية للأماكن المختلفة عن طريق مروحة سحب Exhaust fan و تقوم بسحب كمية من الهواء CFM على حسب التطبيق و طرده إلى خارج المكان ثم مروحة دفع supply fan تقوم بسحب كمية هواء نقي تعادل ، أكبر أو أقل من كمية الهواء العادم على حسب Air balance بالمكان من الخارج و دفعها إلى داخل المكان .
- التهوية تنقسم أيضاً إلى Central ventilation & Local ventilation .

General:

$$CFM_{exhaust} = \frac{V * ACH}{1.7}$$

V ⇨ space volume in m³ (Area * Height)

ACH ⇨ Air change per volume معدل تغير الهواء في الساعة

1.7 ⇨ رقم تحويلي لكي القيمة تكون بـ to get value in CFM

ACH: قيمته تعتمد على التطبيق (نحصل عليه من جداول الكود).

أشهر الأماكن و الأرقام لقيمة ACH هي :

- Toilets: Private (ACH = 8) & Public (ACH = 12).
- Kitchens: Domestic منزلي (ACH = 10) & Commercial (ACH = 20).
- Stores : المخازن ACH = 6
- Garages : ACH = 8

في الحمامات نقوم بسحب كمية الهواء العادم عن طريق مروحة Exhaust Fan و يتم تعويضه بهواء نقي من الأبواب بها undercut .

• تهوية الجراجات Garages Ventilation

بفرض جراج مساحته 850 m³ و ارتفاعه 4m .

$$CFM_{exhaust} = \frac{850 * 4 * 8}{1.7} = 16,000$$

هذه الكمية هنسحبها من المكان عن طريق مروحة و ducts صاج و مخارج هواء Grilles .

لأن عوادم السيارات ثقيلة لذلك جزء من الكمية المسحوبة سيكون من تحت و الجزء الآخر من فوق

- 2/3 الكمية من فوق high level 65 %
- 1/3 الكمية من تحت low level (40 CFM) 35 %

$$CFM_{exh,up} = 0.65 * 16000 = 10400 \text{ CFM}$$

$$CFM_{exh,down} = 0.35 * 16000 = 5600 \text{ CFM}$$

بعد ذلك نحسب كمية الهواء الفريش Fresh air التي ستدخل المكان

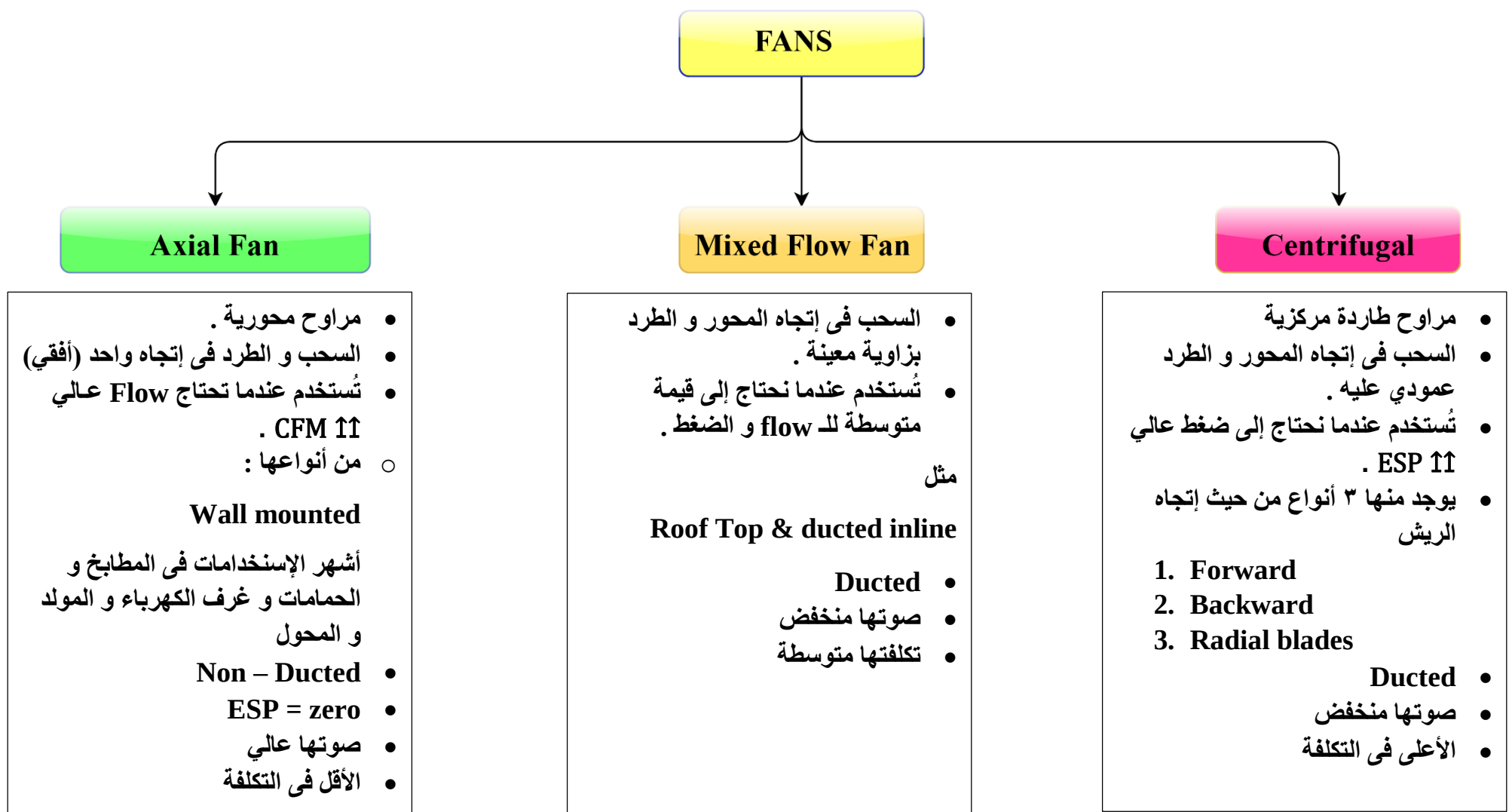
$$CFM_{fresh} = (0.85 - 0.9)CFM_{exhaust}$$

في الجراجات الضغط بالسالب (-ve) لأن الغازات و عوادم السيارات لا تخرج إلى خارج المكان .

$$CFM_{fresh} = (0.85 * 16000) = 13600 \text{ CFM}$$

- لذلك نحتاج مروحة Exhaust Fan قدرتها 16000 CFM و مروحة Fresh قدرتها 13600 CFM يتم تركيبهم على السطح
- في غرف العمليات بالمستشفيات يتم سحب الهواء العادم كله من أسفل .

المراوح FANS



يوجد تصنيف آخر للمراوح :

١. SISW

٢. DIDW

S : Single & I : Inlet & D : Double & W : Width

كما يوجد مراوح :

Variable speed .١

Constant speed fan .٢

فى الحمامات إما يتم تركيب مروحة wall mounted فى كل حمام (شفاط) أو يتم تركيب مروحة واحدة Inline تقوم بسحب الهواء من الحمامات عن طريق ducts و مخارج .

- Horse power of fan**

١. إما من الكتالوج الخاص بالمروحة .

٢. من معادلة موجودة بـ Ashrae .

$$Fan Hp = \frac{CFM * static pressure (in. wg)}{6356 * efficiency (55\% : 65\%)}$$

أشهر الماركات للمراوح :

١. Casalas أسبانيا

٢. Sand p أسبانيا

٣. Woods إنجلترا

٤. CBI إيطاليا

٥. TLT ألمانيا

- مروحة الهواء النقي fresh air يكون قبلها فلتر أو مجموعة لتنقية الهواء قبل دخوله المكان و لا يوجد فلتر لمروحة الهواء العادم .
- لا يتم تركيب مروحة exhaust عكس اتجاه الرياح و لا يتم تركيب المروحة Fresh مع اتجاه الرياح .
- لا يتم تركيب مروحة exhaust فى اتجاه مروحة الـ fresh .
- يتم تركيب Canvas ما بين مخرج المروحة و الدكت الصاج لإمتصاص الاهتزازات ، ويتم تركيب المراوح الكبيرة على قاعدة خرسانية و بينهم ماص للاهتزازات .
- لا يتم تركيب كوع قبل المروحة إلا بعد 1 1/2 D ولا بد أن يكون هناك مسافة 1 1/2 D ما بين الجدار و المروحة .
- يوجد نوع خاص من المراوح يُسمى Induction Fan فى تهوية الجراجات .



Induction Fan

- Engine room Ventilation**

- فى غرفة المعدات مثل غرفة المحول أو غرفة المولد أو غرفة الطلمبات و غيرها .
- لا نستخدم طريقة AHU فى حساب CFM | exhaust لأنها ليست دقيقة حيث تعتمد فى حسابها على حجم المكان .
- **على سبيل المثال :** غرفة حجمها 60 m³ ممكن أن يكون فيها مولد 50 KVA و يمكن أن نضع فيها مولد 500 KVA لذلك نستخدم المعادلة التالية :

$$CFM_{exhaust} = \frac{H}{\rho * C_p * \Delta T}$$

- **H :** heat dissipation (Radiation) BTU/min

كمية الحرارة المُشعة من المُعدة سواء كانت محول أو مولد و هذه نحصل عليها من الكتالوج الخاص بالمولد أو المحول .

- ρ = Density of air @ 38 °C .

كثافة الهواء عند درجة حرارة خارجية 38 °C .

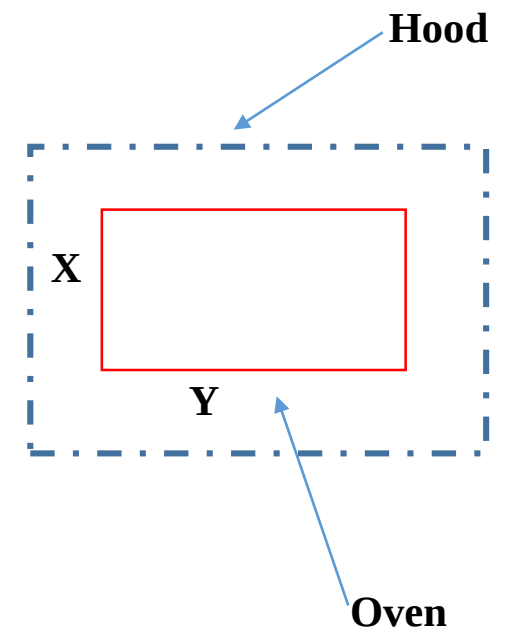
$$\rho = 0.071 \text{ IB/ft}^3$$

- C_p Specific heat of air = 0.24
- ΔT فرق درجات الحرارة مابين درجة حرارة الهواء الخارجي و أقصى درجة حرارة تتحملها المعدة

الكود الخاص بالتهوية هو Ashrae standard 62.1 .

Local Ventilation

سحب الهواء العادم من المكان إما أن يكون من المكان كله و يُسمى Central Ventilation و إما أن يكون السحب من مصدر الحرارة أو الغازات أو الأبخرة و يُسمى Local مثل سحب الأبخرة من الفرن أو البوتاجاز أو المطابخ التجارية و ذلك عن طريق Hood .



$$Q = A * V$$

$$\text{CFM | exhaust} = (X + 30 \text{ cm}) (y + 30 \text{ cm}) * \text{Velocity}$$

$$\text{Velocity in hood} = 0.5 \text{ m/sec or } 100 \text{ ft/min}$$

- مساحة الهود أكبر من مساحة الفرن (٣٠ سم زيادة عن طول و عرض الفرن).
- في حالة إذا كان المطبخ مُكيف ستقوم المروحة exhaust بسحب هواء بارد من المكان و لحل ذلك الأمر نقوم باستخدام هود من النوع double hood يحتوي على مروحة exhaust و مروحة fresh وبذلك يوجد balance للهواء على الهود و في هذه الحالة لا يتأثر حمل التبريد لجهاز التكييف .
- الهود يتم تصنيعه من الصاج الأسود الغير مجلفن سُمك 1.5 or 2 mm و يتم عزله .

FANS



- **Forward curved centrifugal fan**

إتجاه الإنحناء فى نفس إتجاه الدوران و تتميز بسرعتها المنخفضة نسبياً و CFM قليل مع صوت مرتفع

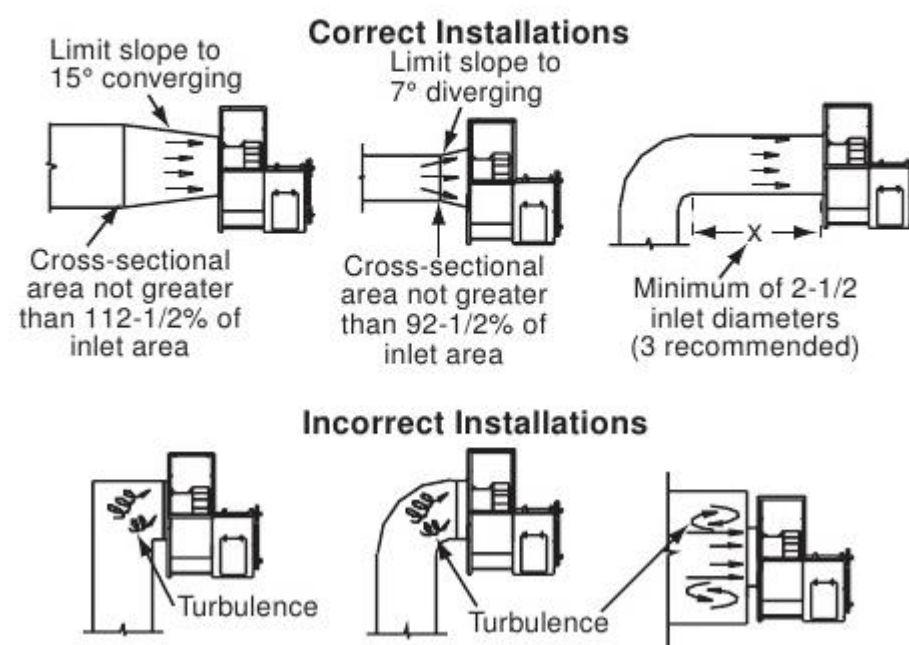
- **Backward blade centrifugal fan**

• إتجاه الإنحناء عكس إتجاه الدوران و تتميز بسرعتها المرتفعة و CFM عالي مع صوت منخفض

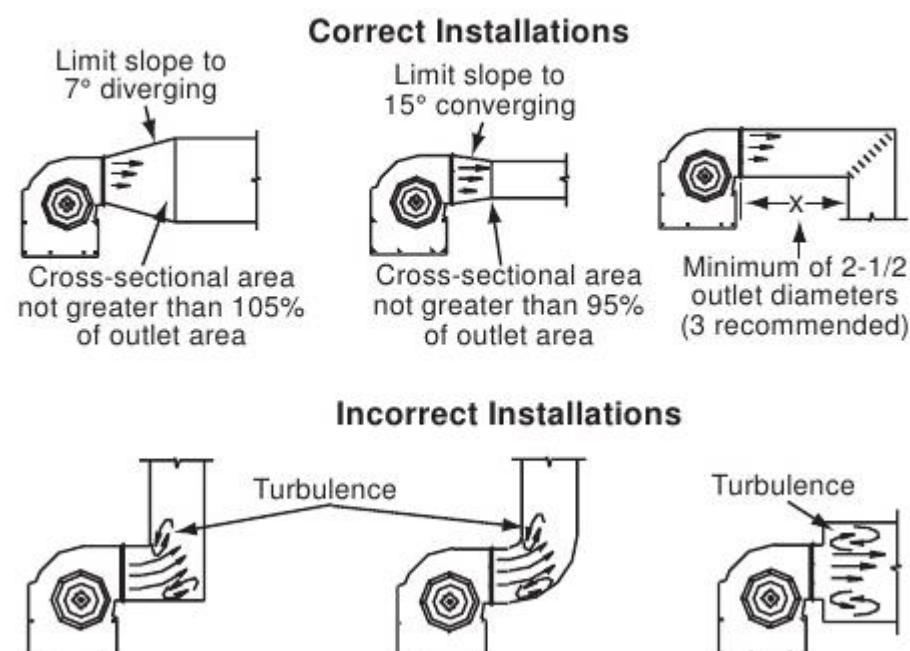
- **Fan installation guidelines**

Fan Installation Guidelines

Centrifugal Fan Conditions Typical Inlet Conditions



Typical Outlet Conditions



الباب الرابع

مخارج الهواء Air outlets



Prepared & Written by

Mohamed Ahmed EL Mozey

MEP Engineer

Air Terminals Outlets**مخارج الهواء****الغرض من إستخدام مخارج الهواء :**

١. تُعطي شكل جمالي بالسقف حيث أنه لو تم الفتح في الدكت الصاج بدون تركيب مخارج هواء سيُصبح الشكل العام سيئ .
٢. الفائدة الفنية للمخارج هي توزيع الهواء بالمكان بشكل جيد .

انواع وأشكال مخارج الهواء :

1. Square diffuser
2. Round diffuser
3. Swirl diffuser
4. Slot diffuser
5. Jet diffuser
6. Perforated diffuser
7. Air grille and register
8. Disc valve
9. Fresh air louver
10. Door Grill and undercut

أشهر الشركات المُصنعة :

١. EGAT
٢. ZamZam
٣. Alandolosia

العوامل التي تؤثر على إختيار مخرج الهواء :

١. الشكل الديكوري للمكان Ceiling type or Decoration
٢. إرتفاع المكان Ceiling height
٣. الإنشائي للمكان Construction

في التصميم يتم توزيع المخارج بالمكان قبل رسم الدكت ducts الصاج

1. Square Diffuser

- (a) هو الأشهر من حيث الإستخدام .
- (b) يُصنع من الألومنيوم و أحياناً من الإستانليس stainless .
- (c) يكون على شكل مربع square و له مقاسات كثيرة على حسب الطلب .
- (d) يتم تركيبه في السقف البلاطات و نادراً ما يتم تركيبه في السقف الجبس .
- (e) أشهر مقاس له هو ٢٤" * ٢٤" أو 60 cm * 60 cm و هو نفس مقاس البلاطة في السقف البلاطات .
- (f) يُقسم على حسب إتجاه خروج الهواء منه إلى (1 way , 2way , 3way and 4 way) و الأشهر هو 4way .
- (g) يُستخدم في الأماكن التي يزيد إرتفاعها عن ٤ متر .

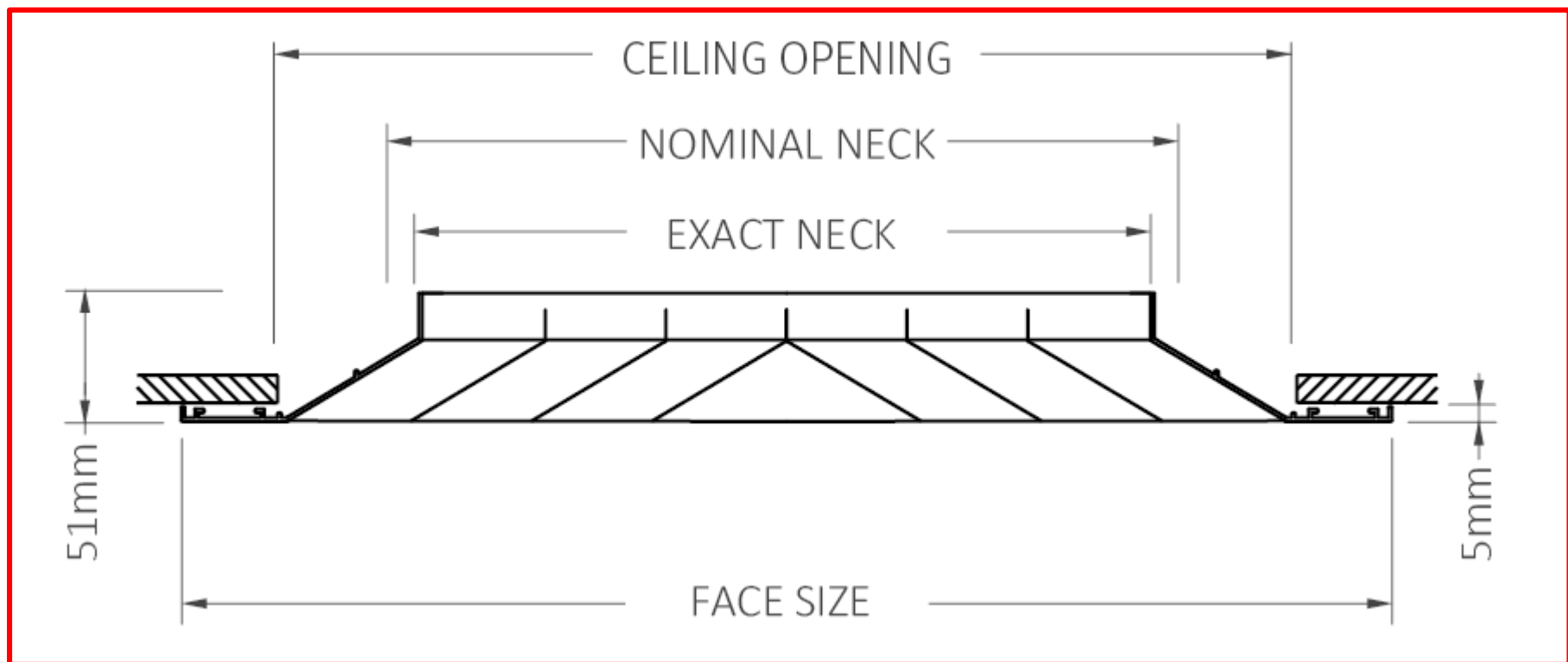
تحديد المقاس Sizing of square diffuser

- a) Neck size
- b) Face size

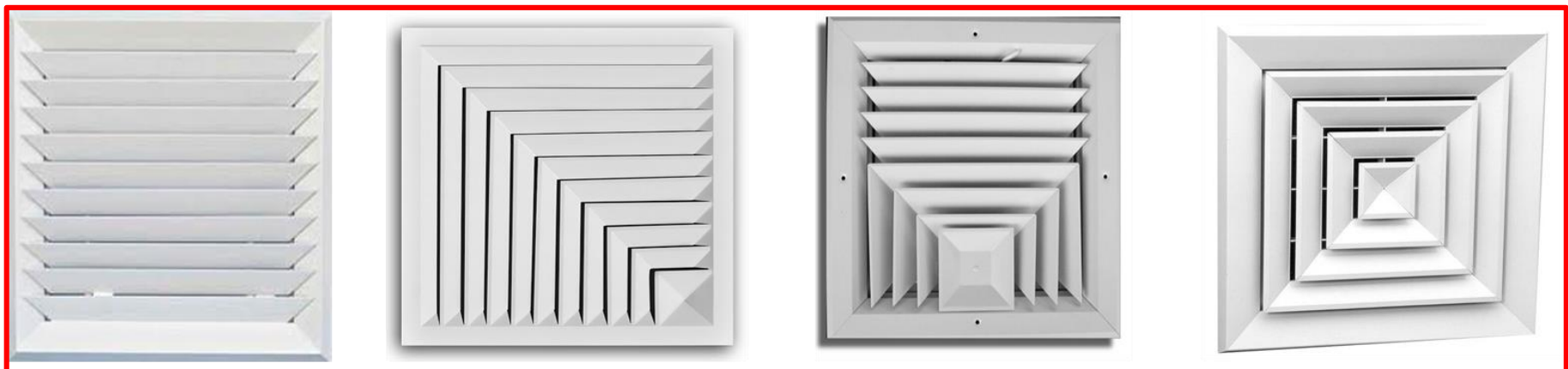
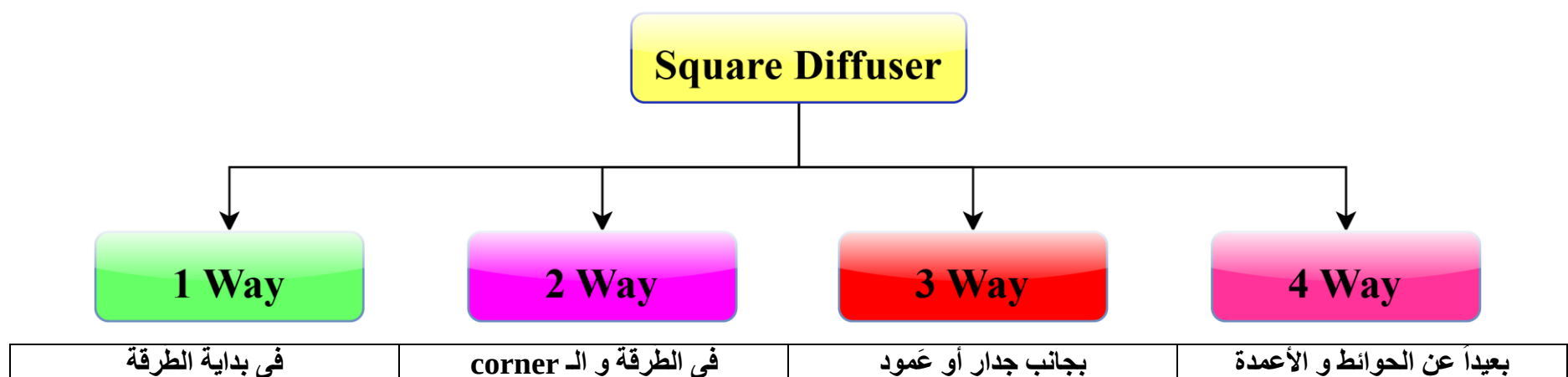
غالباً الـ Face size يكون أكبر من مقاس الـ neck بمقدار ٦" أو ٨" .

$$\text{Face Size} = \text{neck size} + 6''$$

المطلوب في التصميم هو تحديد مقاس الـ neck size



• Square Diffuser types



العوامل المؤثرة على تحديد مقاس مخرج الهواء :

١. كمية الهواء المارة من خلاله CFM .
٢. معدل أو معايير الضوضاء Noise Criteria (NC) .
٣. معدل القذف Throw .

يجب أن تكون سرعة الهواء مناسبة فإذا زادت سرعة الهواء عند الخروج من الـ diffuser يزداد معدل الضوضاء في المكان و إذا قلت السرعة نتج عن ذلك عدم وصول الهواء إلى جميع أجزاء المكان المطلوب تكييفه و بالتالي عدم التوزيع الجيد للهواء.

يُمكن تحديد مقاس الرقبة neck للمخرج بطريقتين :

١. الكتالوج catalogue .
٢. Equation .

$$Q = A * V$$

$$CFM = (X * Y) * \text{Air velocity}$$

$$\text{Neck size } X'' * y'' = \frac{CFM * 144}{V}$$

CFM: كمية الهواء الـ supply أو الـ return من حسابات برنامج الـ HAP.

V: سرعة الهواء و تُحدد حسب الـ application (300 : 400) f/m
السرعة دالة في مُعدل الضوضاء NC و نحصل عليها من الكود على حسب الـ application .

• **Recommended Noise Criterion - NC**

Type of Room - Space Type	Recommended NC Level (NC Curve)	Equivalent Sound Level (dBA)
Residences		
Apartment Houses	25 – 35	35 – 45
Assembly Halls	25 – 30	35 – 40
Churches, Synagogues, Mosques	30 – 35	40 - 45
Courtrooms	30 - 40	40 - 50
Factories	40 – 65	50 – 75
Private Homes, rural and suburban	20 – 30	30 – 38
Private Homes, urban	25 – 30	34 - 42
Hotels / Motels		
Individual rooms or suites	25 – 35	35 – 45
Meeting or banquet rooms	25 – 35	35 – 45
Service and Support Areas	40 – 45	5 – 50
Halls, corridors, lobbies	35 – 40	50 - 55
Offices		
Conference rooms	25 – 30	35 – 40
Private	30 – 35	40 – 45
Open-plan areas	35 – 40	45 – 50
Business machines/computers	40 – 45	50 - 55
Hospitals and Clinics		
Private rooms	25 – 30	35 – 40
Operating rooms	25 – 30	35 – 40
Wards	30 – 35	40 – 45
Laboratories	35 – 40	45 – 50
Corridors	30 – 35	40 – 45
Public areas	35 – 40	45 - 50
Schools		
Lecture and classrooms	25 – 30	35 – 40
Open-plan classrooms	35 – 40	45 – 50
Movie motion picture theaters	30 – 35	40 – 45
Libraries	35 – 40	40 – 50
Legitimate theaters	20 - 25	30 – 65
Private Residences	25 – 35	30 – 65
Restaurants	40 – 45	50 – 55
TV Broadcast studios	15 – 25	25 – 35
Recording Studios	15 – 20	25 – 30
Concert and recital halls	15 – 20	25 – 30
Sport Coliseums	45 – 55	55 – 65
Sound broadcasting	15 – 20	25 -30

• الجدول طبقاً للكوود المصري

القيم التصميمية لكل من منسوب ضغط الصوت بالديسيبل (أ) ،

معايير الضوضاء (NC) ، ومعايير الغرفة RC(N)

والمسموح بها في المباني المختلفة طبقاً لاستخداماتها

معايير الغرفة RC(N)	معايير الضوضاء (NC)	منسوب ضغط الصوت بالديسيبل (أ)	نوع المبنى طبقاً للإستخدام
٣٠-٢٠ ٣٥-٢٥ ٤٠-٣٠	٣٠-٢٠ ٣٥-٢٥ ٤٠-٣٠	٣٥-٢٥ ٤٠-٣٠ ٤٥-٣٥	<u>المباني السكنية</u> - المساكن الخاصة (الريفية - تحت الحضرية) - المساكن الخاصة (الحضرية) - الشقق السكنية (وحدات (٢-٣) عائلية)
٤٠-٣٠ ٤٠-٣٠ ٤٥-٣٥ ٥٠-٤٠ ٥٠-٤٠	٤٠-٣٠ ٤٠-٣٠ ٤٥-٣٥ ٥٠-٤٠ ٥٠-٤٠	٤٥-٣٥ ٤٥-٣٥ ٥٠-٤٠ ٥٥-٤٥ ٥٥-٤٥	<u>الفنادق</u> - الغرف الأجنحة - غرف البنوك - الصالات الممرات - الجراجات - المطابخ والمغاسل
٣٥-٢٥ ٤٠-٣٠ ٤٥-٣٥ ٤٥-٣٥ ٥٠-٤٠	٣٥-٢٥ ٤٠-٣٠ ٤٥-٣٥ ٤٥-٣٥ ٥٠-٤٠	٤٠-٣٠ ٤٥-٣٥ ٥٠-٤٠ ٥٠-٤٠ ٥٥-٤٥	<u>المستشفيات والعيادات الطبية</u> - الغرف الخاصة - غرف العمليات - المعامل ، الصالات ، الممرات - الاستراحات وأماكن الإنتظار - دورات المياه
٣٠-٢٠ ٣٥-٢٥ ٤٠-٣٠ ٤٥-٣٠ ٥٠-٣٥ ٥٠-٣٥	٣٠-٢٠ ٣٥-٢٥ ٤٠-٣٠ ٤٥-٣٠ ٥٠-٣٥ ٥٠-٣٥	٣٥-٢٥ ٤٠-٣٠ ٤٥-٣٥ ٥٠-٣٥ ٥٥-٤٠ ٥٥-٤٠	<u>المكاتب</u> - غرف الإدارة - غرف الاجتماعات - مكاتب تنفيذ - مكاتب الإشراف، غرف الاستقبال - مكاتب عامة مفتوحة ، مكاتب أرشيف - الصالات والممرات
٢٥-٢٠ ٢٥-٢٠ ٣٥-٢٥ ٣٥-٣٠ ٤٥-٣٥	٢٥-٢٠ ٢٥-٢٠ ٣٥-٢٥ ٣٥-٣٠ ٤٥-٣٥	٣٥-٢٥ ٣٥-٢٥ ٤٠-٣٠ ٤٥-٣٥ ٥٠-٤٠	<u>القاعات والصالات الموسيقية</u> - صالات الكونسيرت والأوبرا - استوديوهات اعادة الصوت المسجل - قاعات متعددة الاعراض، مسارح الإلقاء ، سينما ، استوديوهات تليفزيون لمستمعين، قاعات محاضرات - ممرات
٣٠-٢٠ ٤٠-٣٠ ٤٠-٣٠ ٤٥-٣٥ ٥٠-٣٥ ٥٠-٣٥ ٥٠-٤٠	٣٠-٢٠ ٤٠-٣٠ ٤٠-٣٠ ٤٥-٣٥ ٥٠-٣٥ ٥٠-٣٥ ٥٠-٤٠	٣٥-٢٥ ٤٥-٣٥ ٤٥-٣٥ ٥٠-٤٠ ٥٥-٤٠ ٥٥-٤٠ ٥٥-٤٥	<u>أماكن العبادة والمدارس</u> - المساجد والحرم المقدس بالكنائس - المكتبات - الفصول الدراسية - المعامل - صالات الانتظار - الممرات (الردهات) - المطابخ
٤٠-٣٠ ٤٥-٣٥ ٥٠-٤٠	٤٠-٣٠ ٤٥-٣٥ ٥٠-٤٠	٤٥-٣٥ ٥٠-٤٠ ٥٥-٤٥	<u>المباني العامة</u> - المكتبات العامة ، المتاحف، مكاتب البريد، المساحات العامة للبنوك، قاعات المحاكم - الممرات (الردهات) - دورات المياه
٤٥-٣٥ ٥٠-٣٥ ٤٥-٣٥ ٥٠-٤٠	٤٥-٣٥ ٥٠-٣٥ ٤٥-٣٥ ٥٠-٤٠	٥٠-٤٠ ٥٥-٤٠ ٥٠-٤٠ ٥٥-٤٥	<u>المطاعم ، الكافيتريات ، حجرات الجلوس</u> - المطاعم - حجرات الجلوس ذات المشروبات - النوادي الليلية (البارات) - الكافيتريات
٤٥-٣٥ ٤٥-٣٥ ٥٠-٤٠ ٥٠-٤٠ ٥٠-٤٠	٤٥-٣٥ ٤٥-٣٥ ٥٠-٤٠ ٥٠-٤٠ ٥٠-٤٠	٥٠-٤٠ ٥٠-٤٠ ٥٥-٤٥ ٥٥-٤٥ ٥٥-٤٥	<u>محلات البيع (الأسواق المركزية)</u> - محلات بيع الملابس - محلات بيع كبرى الدور العلوى - محلات بيع كبرى الدور الأرضى - محلات بيع صغيرة - سوبر ماركت
٤٠-٣٠	٤٠-٣٠	٤٥-٣٥	<u>صالات الأنشطة الرياضية الداخلية</u> - المسارح الكبيرة

٤٥-٣٥ ٥٥-٤٠	٤٥-٣٥ ٥٥-٤٠	٥٠-٤٠ ٦٠-٤٥	- صالة البولنج ، الجيمانيزيوم - حمامات السباحة
٤٠-٣٠ ٤٠-٣٥	٤٠-٣٠ ٤٠-٣٥	٤٥-٣٥ ٥٥-٤٠	<u>النقل (قطارات ، حافلات ، طائرات)</u> - مكاتب حجز التذاكر - حجرات الجلوس والإنتظار
			<u>الاماكن الصناعية</u> - تشكيل المعادن ، خطوط التجميع ، الماكينات الخفيفة ، المسابك ، الماكينات الثقيلة
٧٥-٦٠	٧٥-٦٠	٨٠-٦٥	- أماكن لا يحتاج فيها إلى استماع المحادثات الشخصية أو الهاتفية ولكن لا يتعرض فيها الأشخاص إلى مخاطرة فقد السمع

سرعة الهواء فى مخارج ومدخل الهواء

- سرعة الهواء القصوى الموصى بها خلال المساحة الحرة لمخرج هواء التغذية وفتحة هواء الراجع لتحقيق مستوى الصوت المطلوب .

جدول رقم (2-17)

سرعة الهواء (م / ث)	مستوى الصوت RC (N)	نوع الفتحة
٣,٢ ٢,٨ ٢,٥ ٢,٢ ١,٨	٤٥ ٤٠ ٣٥ ٣٠ ٢٥	مخرج هواء التغذية
٣,٨ ٣,٤ ٣,٠٠ ٢,٥ ٢,٢	٤٥ ٤٠ ٣٥ ٣٠ ٢٥	فتحة هواء الراجع

- يجب خفض السرعات المذكورة بالجدول طبقاً للعدد والمواصفات الفنية للمخارج المتواجدة بالمكان.

سرعة الهواء الموصى بها داخل الأماكن المكيفة

جدول رقم (2-19)

رقم	المكان المكيف	السرعة (م / ث)
١	الشقق السكنية الحمامات المطابخ	٠,١٢ - -
٢	الأسواق المركزية أماكن خاصة أماكن البيع أماكن أخرى	٠,٢٥-٠,١٥ ٠,٢٥-٠,١٥ ٠,١٥
٣	الكافتيريا	٠,٢٥ عند ١,٨ م من الأرض
٤	المطاعم	٠,١٥-٠,١٣
٥	البارات	٠,١٥ عند ١,٨ م من الأرض
٦	الملاهى الليلية والكازينوهات	أقل من ٠,١٣ عند ١,٥ م من الأرض
٧	المطابخ	٠,٢٥-٠,١٥
٨	المكاتب	٠,٢٣-٠,١٣
٩	المكتبات	٠,١٣
١٠	المتاحف	٠,١٣
١١	غرف التليفونات	٠,١٥-٠,١٣

١٢	مكاتب التلغراف	٠,١٣-٠,١٥
١٣	استوديوهات الأذاعة والتلفزيون	أقل من ٠,١٣ عند ٣,٧ م من الأرض
١٤	الجراج	٠,٣٨-٠,١٥
١٥	المساجد والكنائس	٠,١٦-٠,١٣
١٦	السينما	٠,١٦-٠,١٣
١٧	الأوبرا	أقل من ٠,١٣ عند ١ م من الأرض
١٨	المسارح	أقل من ٠,١٣ عند ١ م من الأرض
١٩	قاعات الاجتماعات	٠,٢٥-٠,١٥
٢٠	المعارض	٠,٢٥-٠,١٥
٢١	صالات الجمنازيوم	٠,٢٥-٠,١٥
٢٢	الصالات الرياضية	٠,٢٥-٠,١٥
٢٣	مراكز الحاسبات	٠,١٣
٢٤	الأماكن الصناعية	-

جدول رقم (20-2)

سرعة الهواء الموصى بها داخل المستشفيات

رقم	المكان المكيف	السرعة الهواء (م/ث)
١	غرف عمليات العظام	٠,٤٦ ± ٠,١
٢	غرف زرع النخاع	٠,٤٦ ± ٠,١
٣	غرف زرع الاعضاء	٠,٤٦ ± ٠,١
٤	غرف العمليات العامة	٠,٤٦ ± ٠,١
٥	غرف الولاده	٠,٤٦ ± ٠,١
٦	غرف الأطفال	٠,١٣
٧	وحدة العناية المركزه	٠,١٣
٨	رعاية المرضى	٠,١٥-٠,١٣
٩	غرف العلاج	٠,١٦-٠,١٣
١٠	غرف الكشف	٠,١٦-٠,١٣
١١	المعامل والمخازن المعقمه	٠,٢٨-٠,١٣
١٢	أعداد الطعام	٠,٢٥-٠,١٥
١٣	المغاسل	٠,٢٨-٠,١٥
١٤	الادارة	٠,٢٣-٠,١٣
١٥	المخازن	٠,٢٨-٠,١٥

مثال :

Office, Supply air = 1000 cfm, return air = 900 cfm, height = 3 m.

بعد التوزيع 8 = No of diffusers

١. 4 S.A.D

٢. 4 R.A.D

Req : neck size of diffuser

$$X'' * y'' = \frac{1000 * 144}{400} = 360$$

$$X'' * y'' = 20'' * 20''$$

نقسم عدد المخارج الكلية بالمكان إلى نصفين supply & Return و إذا كان العدد الكلي فردي نجعل الرقم الأكبر هو الـ supply و العدد الأصغر هو الـ return و يتم مراعاة ان يكون مخارج الـ supply و الـ return نفس المقاس .

• الطريقة الثانية لتحديد المقاس هو استخدام الكتالوج

ندخل كتالوج الشركة الهندسية على سبيل المثال و بمعلومية NC من الكود و بمعلومية الـ cfm من حسابات الـ HAP و بمعلومية السرعة على حسب التطبيق و الـ Throw يمكننا الحصول على مقاس المخرج .

• أفضل مقاس للمخرج الـ Square هو 24'' * 24'' Face size لذلك ممكن نطلب الـ diffuser بمقاس الـ neck كما بالحسابات و مقاس الـ face = 24'' * 24''

• فى الكتالوج يوجد قيمة NC و السرعة الموصى بها على حسب التطبيق و أيضاً طريقة عمل selection للمخرج .

2. Round Diffuser



- إذا كان السقف المستعار للمكان من الجبس فغالباً يتم استخدام diffuser من النوع الدائري Round و أيضاً يُستخدم إذا كان شكل السقف المستعار بالمكان دائري .
- يُمكن استخدامه كمخرج Supply او Return .
- يُستخدم فى الأماكن التي لا يزيد ارتفاعها عن ٤ م .
- له مقاسات مُختلفة من ٦'' إلى ٢٤'' (diameter) و يتم تصنيعه من الألومنيوم على حسب الطلب .
- يتم تحديد مقاس المخرج الدائري من الكتالوج أو من المعادلة التالية

$$Q = A * V$$

$$CFM = \left(\frac{\pi}{4} D^2 \right) * \text{Air velocity}$$

$$\text{Neck size } \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{CFM * 144}{V} \quad D = \sqrt{\quad}$$

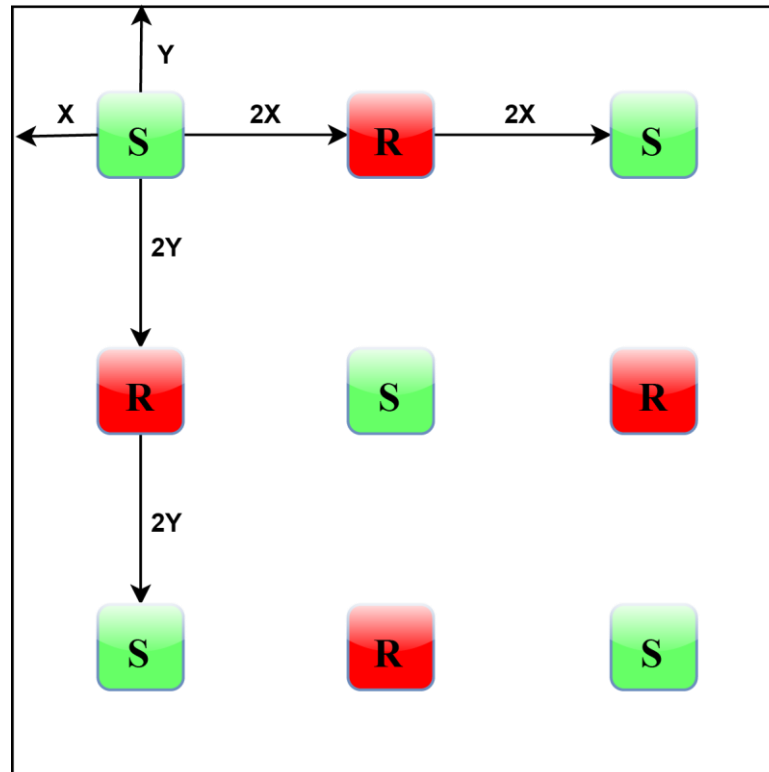
CFM: كمية الهواء الـ supply أو الـ return من حسابات برنامج الـ HAP.

V: سرعة الهواء و تُحدد حسب الـ application (300 : 400) f/m

أو يتم استخدام الكتالوج على بمعلومية CFM من حسابات الـ HAP و NC على حسب التطبيق و السرعة على حسب التطبيق .
يتم تحديد قطر المخرج و مسافة الدفع Throw .

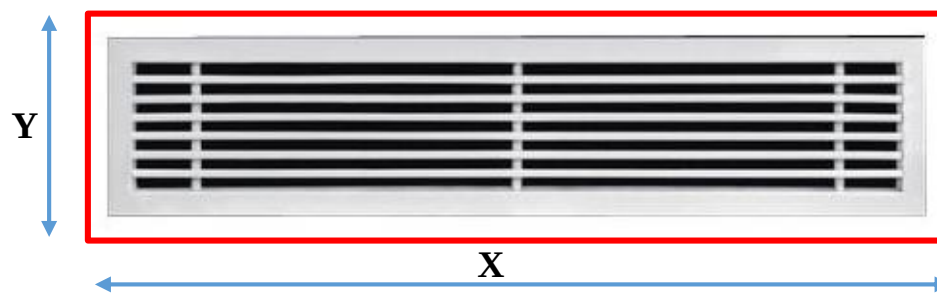
قال أبو هريرة رضي الله عنه، عن رسول الله صلى الله عليه وسلم: (مَنْ كَانَ يُؤْمِنُ بِاللَّهِ وَالْيَوْمِ الْآخِرِ، فَلَا يُوْذِي جَارَهُ، وَاسْتَوْصَا بِالنِّسَاءِ خَيْرًا، فَإِنَّهُنَّ خُلِقْنَ مِنْ ضِلَعٍ، وَإِنَّ أَعْوَجَ شَيْءٍ فِي الضِّلَعِ أَعْلَاهُ، فَإِنْ ذَهَبَتْ تَقِيمُهُ كَسَرَتْهُ، وَإِنْ تَرَكْتَهُ لَمْ يَزَلْ أَعْوَجَ، فَاسْتَوْصُوا بِالنِّسَاءِ خَيْرًا)

• طريقة توزيع مخارج الهواء بالسقف Square and Round diffusers



- يتم توزيع مخارج الهواء بالسقف بحيث تكون المسافة ما بين أي مخرجين من ٣ إلى ٣,٥ متر و المسافة بين المخرج و الحائط $\frac{1}{2}$ المسافة بين المخرجين (ليس كود) .
- التوزيع يعتمد في المقام الأول على الشكل الجمالي للسقف .
- يجب عمل تنسيق Coordination مع المهندس المعماري و مهندس الكهرباء و أعمال الحريق حتى لا يحدث تعارض ما بين أماكن المخارج و الكشافات أو سماعات أو مواسير حريق أو
- يُراعى أن يكون مكان المخرج المربع square مكان بلاطة بالسقف البلاط .
- بعد التوزيع و معرفة عدد المخارج الإجمالي يتم تقسيمهم إلى نصفين بحيث يكون النصف الأول مخارج supply و النصف الآخر return و إذا كان العدد فردي يكون الرقم الأكبر هو الـ supply .
- **لتحديد أيهما supply و أيهما return نستخدم إحدى الطريقتين .**
 ١. **Parallel** بمعنى مخرج supply و بجواره return أو بمعنى آخر صف supply و صف return و دي الطريقة الأسهل عند التركيب و التوصيل بالدكت ducts.
 ٢. **Diagonal** بمعنى أن نجعل مخرج supply و مخرج return يعني واحد كده و واحد كده و هذا هو الأفضل في توزيع الهواء و لكن الأصعب في التوصيل بالدكت ducts (كما بالرسم) و يُفضل استخدام هذه الطريقة إذا كان الراجع .Non-ducted return

3. Air Grille



- يتم تركيبها في الحائط في حالة عدم وجود سقف مُستعار في المكان و يمكن تركيبها في السقف و لكن شكلها ليس جيد و يعتمد على الديكور .
- تُصنع من الألومنيوم بمقاسات مختلفة على شكل مستطيل و على حسب طلب العميل .
- يتم استخدامها بكثرة كمخرج exhaust في أنظمة التهوية و أيضاً كمخرج supply للهواء الـ fresh .
- يُستخدم عموماً في الأماكن التي لا تزيد إرتفاعها عن ٤ متر .
- يوجد به أنواع بها فتحات طولية و أنواع أخرى بها فتحات عرضية و يتم تركيب ريش blades بها تعمل على توزيع الهواء (توجيهه).
- يوجد نوع يُسمى register و هو عبارة عن grille مزودة بـ volume damper للتحكم في كمية الـ cfm الخارج منها .



• Sizing of grill

لتحديد مقاس الـ grill نستخدم المعادلة التالية

$$X * y = \frac{CFM * 144}{V}$$

- السرعة على حسب التطبيق .
- يتم فرض أحد الأضلاع لتحديد الضلع الآخر .
- أفضل شكل للـ grille أن يكون $y = 6"$ و $2y \leq X$.

Ex:

Exhaust air = 300 CFM

Assume V = 350 ft/m

$$X * y = \frac{300 * 144}{350}$$

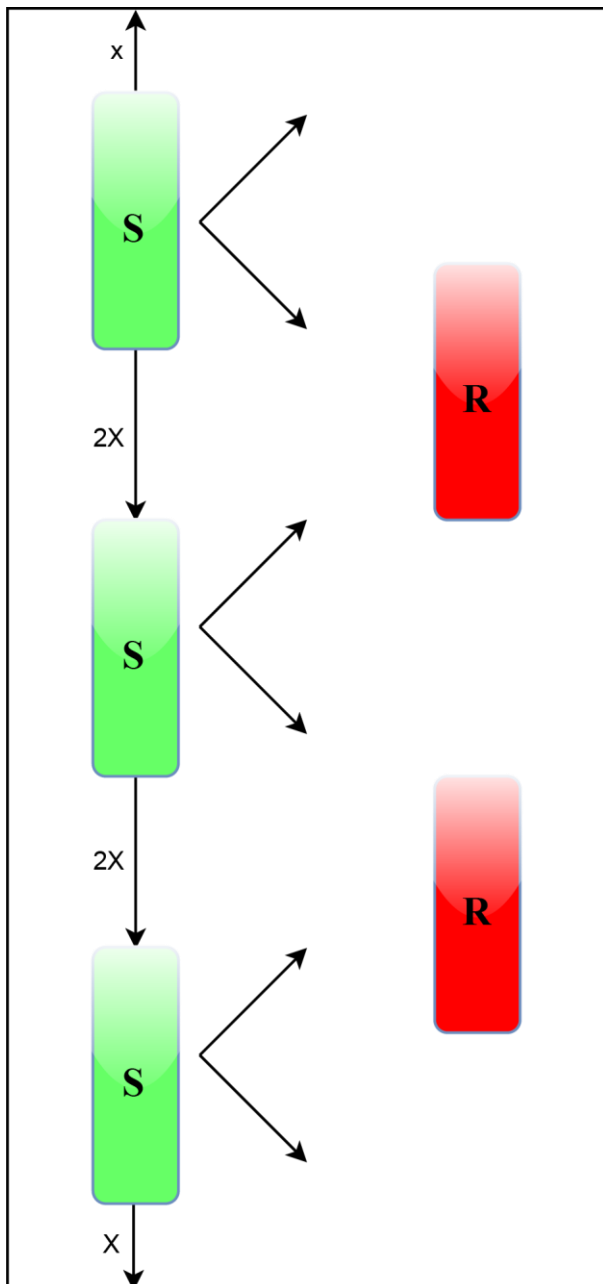
Assume $y = 6" \Rightarrow x = 20"$

أو يتم استخدام الكتالوج :

بمعلومية الـ CFM و السرعة من جداول الكود و الـ Deflection زاوية ميل ريشة التوجيه

يُمكن معرفة الـ size و أيضاً الـ throw و يُراعى في الاختيار أن يكون الـ throw حوالي ٧٥% من طول الغرفة حتى لا يصطدم الهواء بالحائط المُقابل .

• Grill distribution توزيع الجريلات



- يُراعى في التوزيع أن تكون المسافات من ٣ إلى ٣,٥ متر .
- يُراعى أن يكون المخرجين الـ supply & return غير متقابلين حتى لا يحدث short circuit فيتم دفع الهواء من ناحية و سحبه من الناحية الأخرى .

4. Jet Diffuser

- يُستخدم في الأماكن ذات الإرتفاعات العالية حتى ٣٠ م .
- يُمكن تركيبه في وضع رأسي أو أفقي .
- أشهر الإستخدامات (صالات الإستقبال في المطارات) ، المساجد ، الصالات الرياضية و حمامات السباحة .

- يُستخدم كمخرج supply فقط و يتم إستخدام الـ grille مع كمخرج return للهواء .
- يُصنع من الألومنيوم بمقاسات مختلفة على حسب طلب و رغبة العميل .



- يُمكن أن نضع jet diffuser واحد single أو multi كما بالصورة السابقة .
- يتم تركيب plenum box عليه بحجم كبير و يؤخذ في الحُساب .
- يتم عمل selection من الكتالوج بمعلومية الـ CFM و الـ NC وبناءً عليه يتم معرفة الـ size و الـ ΔT و الـ throw و كذلك الـ no. of elements .
- يُمكن التعرف أكثر عليه من كتالوجات المصنع .
- يُراعى الـ throw للمخرج عند التوزيع.

➤ Jet Diffusers types



5. Door Grille

عبارة عن grille يتم تركيبها ضمن الأبواب و الجدران الفاصلة و الهدف منه تمرير الهواء من حيز لآخر



6. Slot Diffuser

- يُشبه إلى حد كبير ال grille و لكن ال slot شكله ديكوري و يُستخدم في الأماكن الديكورية المهمة .
- غالي الثمن .
- يتم توزيعه بالسقف و يعتمد على الشكل الجمالي و أيضاً يمكن أن يأخذ لون السقف .
- يتم تركيب plenum box على طول ال slot diffuser ثم التوصيل بال duct لذلك يوجد pressure drop عالي للهواء الخارج منه .



- له مقاس standard 1m مع سُمك 20mm أو 1.2m مع سُمك 25mm و له No. of slots يصل إلى ٦ .
- أنسب و أشهر شكل له هو ال 3 slots .
- يتم عمل selection له من الكتالوج الخاص بالمصنع بمعلومية CFM و عدد ال slots المطلوب فبذلك يتم معرفة ال size و ال ΔP و ال throw للهواء الخارج منه.



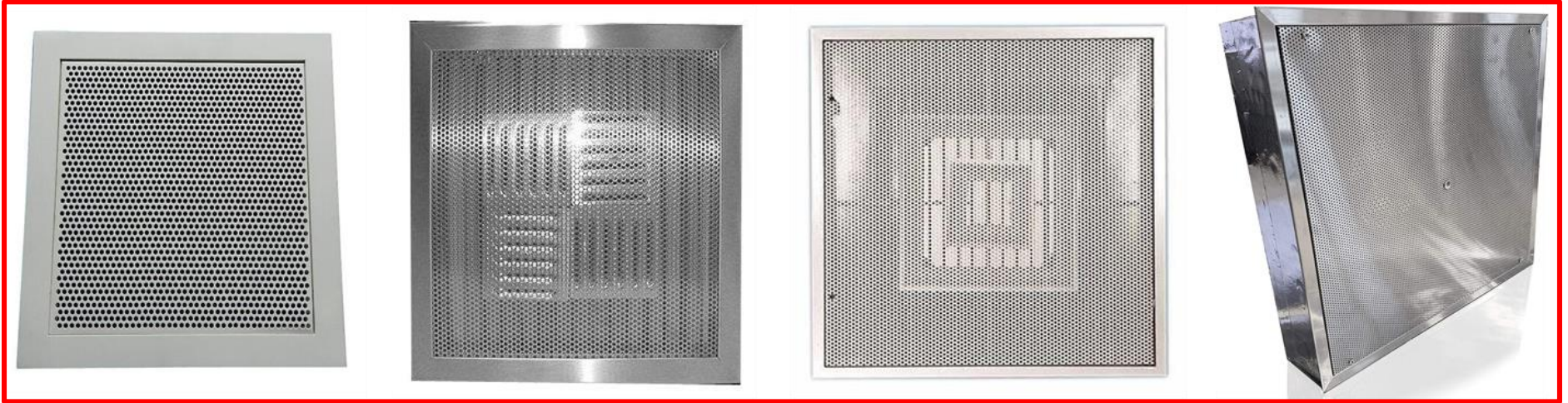
7. Swirl Diffuser

- يُشبه إلى حد كبير إلى النوع round diffuser .
- يُستخدم حتى إرتفاع ٥ متر .
- يخرج منه الهواء على شكل دوامات Swirl .
- التوزيع و عمل ال selection له مثل النوع ال round .



8. Perforated Diffuser

- هو نوع خاص من مجاري الهواء يُشبه نوع الـ square .
- يتم تركيب قبله فلاتر filters .
- يُستخدم بكثرة في غرف العمليات و مصانع الأدوية .



9. Disc Valve

- شكله دائري و يُمكن التحكم في كمية الـ CFM الخارجة منه .
- يُستخدم بكثرة في الحمامات و المطابخ و المخابز
- أبعاده 4, 5, 6, 8 بوصة .



الباب الخامس

مجاري الهواء Ducts



Prepared & Written by

Mohamed Ahmed EL Mozey

MEP Engineer

Air ducts

مجاري الهواء

- تُستخدم مجاري الهواء في أنظمة التكييف لنقل الهواء البارد من جهاز التكييف إلى الحيز المراد تكييفه، أو نقل الهواء من الحيز إلى مروحة سحب exhaust في حالة التهوية

الدكتات Ducts

1. S.A.D (Supply Air Diffuser)
2. R.A.D (Return Air Diffuser)
3. F.A.D (Fresh Air Diffuser)
4. EX.A.D (Exhaust Air Diffuser)

تصنيف آخر للدكتات:

1. Main duct
2. Branch
- المواد التي يُصنع منها الدكت هي:
 1. Galvanized Steel
 2. Stainless steel
 3. Textile (Fabric)
 4. Aluminum cladding

Galvanized Steel و هو الدكت من الصاج المجلفن:

1. هو النوع الأكثر شيوعاً.
2. مقاوم للصدأ و الحريق.
3. يُمكن تصنيع الدكت الصاج المجلفن على شكل (مستطيل ، دائري أو بيضاوي) .

الدكت على شكل مستطيل هو الأكثر شيوعاً و إستخداماً للأسباب التالية:

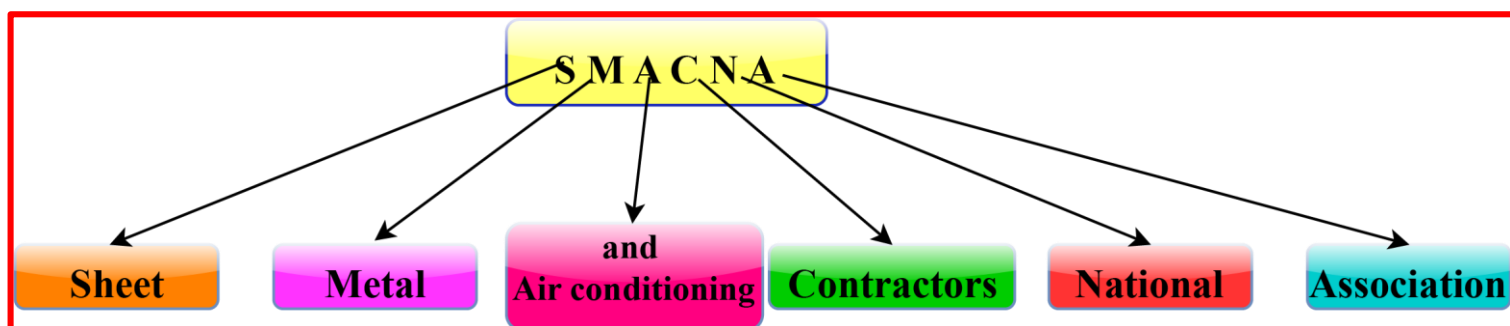
1. سهولة تشكيله و التحكم في أبعاده (بالأخص الإرتفاع).
2. التقليل من الهالك (الهدر) من الصاج.
3. رخص التصنيع بالمقارنة مع الدكت الدائري.

Stainless steel ducts

1. غالباً يتم تصنيعه على شكل دائري.
2. مقاوم للصدأ و الحريق و لنمو البكتيريا.
3. له تطبيقات خاصة مثل الـ Hygienic Application (غرف العمليات) Medical application.

Textile (Fabric) duct

1. عبارة عن مجرى من النسيج (القماش).
2. يقوم بنقل الهواء و توزيعه خلال ثقب موجود به.
3. يُستخدم كـ supply air duct فقط.
4. توزيع الهواء منه على طول خط المجرى و لا يُركب عليه مخارج هواء.
5. سهل التركيب ، وزن أقل ، تكلفة أقل و صوت منخفض مقارنة بالأنواع الأخرى و لكن عيوبه أنه غير مقاوم للحريق و يتم تصنيعه بواسطة شركات متخصصة.
6. أشهر إستخداماته في مصانع الأغذية.
- الكود المُختص بالدكت الصاج هو:



عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ قَالَ كَانَ رَسُولُ اللَّهِ -صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ- يُكْثِرُ أَنْ يَقُولَ: (أَكْثَرُوا مِنْ ذِكْرِ هَازِمِ النَّاتِ)

Ducts types:

Rectangular duct

Round duct

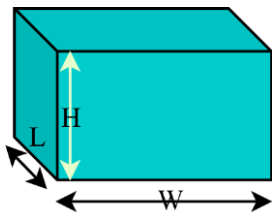
Textile duct

Air Ducts Design (Sizing)

- يوجد عدة عوامل يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند التصميم.

1. False ceiling height

يجب معرفة الإرتفاع فوق السقف الساقط من المهندس المعماري أو من اللوحات بمعنى كام سم متاح لي فوق السقف الساقط لأعمال الدكت فعلى سبيل المثال إذا كان المُتاح فوق السقف الساقط ٤٠ سم فبالتالي لا يجوز تصميم الدكت على إرتفاع ٤٥ سم.

2. Aspect ratio

هي النسبة ما بين عرض الدكت إلى عمق الدكت وقيمته تتراوح بين (١ : ٤)

$$\text{Aspect ratio } \frac{W}{H} \leq (1:4)$$

و كلما كانت النسبة أقرب إلى (١ : ١) كلما كان أفضل في الأداء و التكلفة.

3. Air Velocity

- يجب أن تكون سرعة الهواء داخل الدكت مناسبة ، فإذا زادت السرعة قلت أبعاد الدكت و لكن يزداد معدل الضوضاء و إذا قلت السرعة قل معدل الضوضاء و لكن ستزداد أبعاد الدكت و بالتالي التكلفة مرتفعة.
- يوجد جداول بالكود SMACNA تُحدد السرعة الموصي بها للتطبيقات المختلفة.

For example:

Studio ⇒ 350 : 500 ft/m && Residential سكني ⇒ 650 ft/m && غرفة العمليات ⇒ 900 ft/m

عن أبي هريرة رضي الله عنه: ((سئل رسول الله صلى الله عليه وسلم عن أكثر ما يدخل الناس الجنة فقال: تقوى الله وحسن الخلق، وسئل عن أكثر ما يدخل الناس النار فقال: الفم والفرج)) رواه الترمذي

- **Typical Air Velocity Guidelines**

Low Velocity Duct Systems $\Rightarrow$ typical 400 - 2000 ft/min (2 - 10 m/s)

Applications	Recommended max. Velocity (ft/min)			
	Main Ducts		Branch Ducts	
	Supply	Return	Supply	Return
Apartments	1000	800	600	600
Banks	2000	1500	1600	1200
Hospital rooms	1500	1300	1200	1000
Apartments, Hotel rooms	1500	1300	1200	1000
Industrial	3000	1800	2200	1500
Libraries	2000	1500	1600	1200
Meeting rooms, cafeterias	2000	1500	1600	1200
Offices	2000	1500	1600	1200
Residences	1000	800	600	600
Restaurants, stores	2000	1500	1600	1200
Auditoriums, churches, cinemas, theaters	1300	1100	1000	800

Medium Velocity Duct Systems

- typical 2000 - 2500 ft/min (10 - 12.5 m/s)

High Velocity Duct Systems

- typical 2500 - 3000 ft/min (12.5 - 15 m/s)

4. Size of air outlets

- عند التصميم يجب أن تكون أبعاد الدكت Branch متناسبة مع أبعاد المخرج .
- يجب ألا يكون مخرج الهواء أبعاده ١٦" * ١٦" و الـ branch عرضه ١٤" ، لازم يكون العرض أكبر بـ ٢" على الأقل بوصة يمين و بوصة شمال.

٥. يجب أن يكون طول الدكت أقل ما يُمكن (بمعنى أن وحدة التبريد سواء كانت FCU & AHU تكون أقرب ما يكون من الحيز المراد تكييفه) و هذا يتوقف على التصميم المعماري للمكان و يتم مراعاة مستوى الضجيج أيضاً.
يجب تقليل الأنواع و الوصلات في الدكت لتقليل الهبوط في الضغط و تقليل التكلفة.

٦. ليس من الضروري تغيير أبعاد الدكت بعد كل تفرعة Branch فإذا كان تغيير أبعاد أحد الأبعاد يحتاج إلى أقل من ٢" فلا داعي للتغيير .

٧. عند تغيير الأبعاد يُفضل ثبات أحد الأبعاد و تغيير البُعد الآخر (يُفضل ثبات الـ Depth) لأن ذلك الأفضل عند التصنيع و التركيب و تقليل الهدر.

• طرق تصميم الدكت Methods of duct design

1. Equal friction method.
2. Equal velocity method.
3. Static regain method.

1. Equal Friction Method

- هي الطريقة الأكثر شيوعاً و إستخداماً.
- تعتمد هذه الطريقة على ثبات قيمة الفقد في الضغط ($\Delta P / 100 \text{ ft}$) على طول الدكت الرئيسي و الفرعي و نجد أن السرعة تتغير حيث تتناقص كلما قل معدل تدفق الهواء CFM .
- يتم مراعاة أن أقصى قيمة ل سرعة الهواء عند أكبر قيمة CFM لا تتعدى المسموح به و الموصي به و أيضاً في جداول الكود على حسب التطبيق.
- **قيم الفقد في الضغط يتم فرضها كالآتي:**

- a) For Supply Air Duct $\Delta P = 0.08 \text{ in W.G} / 100 \text{ Ft.}$
- b) For Return Air Duct $\Delta P = 0.06 \text{ in W.G} / 100 \text{ Ft.}$
- c) For Fresh/Exhaust/Smoke Duct $\Delta P = 0.1 \text{ in W.G} / 100 \text{ Ft.}$

الفروض السابقة ليست كود

- يتم التصميم باستخدام :
- ١. برنامج Duct Sizer .
- ٢. برنامج Ductmate .
- ٣. برنامج Ductlator .
- ٤. برنامج Aspirion Duct Sizer (قريباً) .
- ٥. Friction losses / Air flow Chart .
- لشرح برنامج Duct Sizer (فيديو) | إفتح الرابط التالي

<https://www.youtube.com/watch?v=lyEwkDgTrGU>

البرنامج من إنتاج شركة McQuay و هو الأكثر إستخداماً.

Thickness of duct

سُمك الصاج

- يوجد عدة عوامل مؤثرة على تحديد سُمك الصاج
- ١. الضغط الذي سيعمل عليه الصاج.
- ٢. أبعاد الدكت الصاج.
- ٣. نوع الصاج نفسه.

١. الضغط pressure

الكود بيصنف الصاج إلى مجموعات طبقاً لقيمة الضغط الإستاتيكي Static pressure للهواء داخل الصاج

Duct Pressure Class		Operating pressure		Duct Pressure Class		Operating pressure	
In.	pa			In.	pa		
1/2" w.g	125	Up to 1/2" w.g		4" w.g	1000	Over 3" w.g to 4" w.g	
1" w.g	250	Over 1/2" w.g to 1" w.g		6" w.g	1500	Over 4" w.g to 6" w.g	
2" w.g	500	Over 1" w.g to 2" w.g		10" w.g	2500	Over 6" w.g to 10" w.g	
3" w.g	750	Over 2" w.g to 3" w.g					

بمعنى أن الصاج لابد أن يكون بمواصفات معينة طبقاً لتصنيف الضغط .

بمعلومية طول البعد الأكبر للدكت الصاج و تصنيف الضغط له يتم معرفة ما يُسمى بـ gauge من الجدول بالكود

Duct pressure	Pressure class (in w.g)				
	½ "	1 "	2 "	3 "	4 "
8 "	26	26	26	24	24

ثم بمعلومية رقم الـ gauge يُمكن معرفة مواصفات الصاج (الوزن و السُمك).

Gauge	Thickness (mm)			Weight
	Nominal	Minimum	Maximum	
22	0.79	0.69	0.89	

MANUFACTURERS STANDARD GAGE-THICKNESS—UNCOATED STEEL (SMACNA CODE)

Gage	Thickness in Inches			Weight				Thickness in Millimeters		
	Min.	Max.	Nom.	Min lb/sf	Nom. lb/sf	Max. lb/sf	Nom. kg/m ²	Min.	Max.	Nom.
33	.0060	.0120	.0090	.2409	.376	.486		.1524	.3048	.2286
32	.0104	.0164	.0134	.4204	.563	.665		.2642	.4166	.3404
31	.0112	.0172	.0142	.4531	.594	.698		.2845	.4369	.3607
30	.0127	.0187	.0157	.5143	.656	.759	3.20	.3188	.4783	.3988
29	.0142	.020	.0172	.5755	.719	.820		.3569	.5169	.4369
28	.0157	.0217	.0187	.6367	.781	.881	3.81	.3950	.5550	.4750
27	.0172	.0232	.0202	.6979	.844	.943		.4331	.5931	.5131
26	.0187	.0247	.0217	.7591	.906	1.004	4.42	.4712	.6312	.5512
25	.0217	.0287	.0247	.8407		1.167		.5274	.7274	.6274
24	.0236	.0316	.0276	.9590	1.156	1.285	5.64	.6010	.8010	.7010
23	.0266	.0346	.0306	1.0814		1.408		.6772	.8772	.7772
22	.0296	.0376	.0336	1.2038	1.406	1.530	6.86	.7534	.9534	.8534
21	.0326	.0406	.0336	1.3263		1.653		.8296	1.0296	.9296
20	.0356	.0436	.0396	1.4486	1.656	1.775	8.08	.906	1.106	1.006
19	.0406	.0506	.0456	1.6526		2.061		1.028	1.288	1.158
18	.0466	.0566	.0516	1.8974	2.156	2.305	10.52	1.181	1.441	1.311
17	.0525	.0625	.0575	2.1381		2.546		1.331	1.591	1.461
16	.0575	.0695	.0635	2.342	2.656	2.832	12.96	1.463	1.763	1.613
15	.0650	.0770	.0710	2.6481		3.138		1.653	1.953	1.803
14	.0705	.0865	.0785	2.8725	3.281	3.525	16.01	1.784	2.204	1.994
12	.0854	.1014	.0934	3.4804		4.133		2.162	2.5823	2.372
12	.0994	.1174	.1084	4.0516	4.531	4.786	22.11	2.523	2.983	2.753
11	.1143	.1323	.1233	4.6505		5.394		2.902	3.362	3.132
10	.1292	.1472	.1382	5.2675	5.781	6.002	28.21	3.280	3.740	3.510
9	.1442	.1622	.1532	5.8795		6.614		3.661	4.121	3.891
8	.1591	.1771	.1681	6.4874	6.875	7.222		4.040	4.500	4.270

UNREINFORCED DUCT (WALL THICKNESS)

DUCT DIMENSION	PRESSURE CLASS (In W.G.)						
	Positive or Negative						
	½ "	1"	2"	3"	4"	6"	10"
8" dn	26	26	26	24	24	24	22
9, 10"	26	26	26	24	22	20	18
11, 12"	26	26	24	22	20	18	16
13, 14"	26	24	22	20	18	18	
15, 16"	26	22	20	18	18	16	
17, 18"	26	22	20	18	16		
19, 20"	24	20	18	16	Reinforcement is Required		
21, 22"	22	18	16	16			
23, 24"	22	18	16	16			
25, 26"	20	18	Reinforcement is Required				
27, 28"	18	16					
29, 30"	18	16					
31–36"	16						
This table gives minimum duct wall thickness (gage) for use of flat type joint systems. Plain S and hemmed S connectors are limited to 2" w.g. maximum. Slips and drives must not be less than two gages lighter than the duct wall nor below 24 gage. Double S slips must be 24 gage for ducts 30" wide or less and 22 gage for greater width.							
Duct Gage	26 to 22	20	18	16			
Minimum Flat Slip and Drive Gage		24	22	20 18			

ROUND DUCT GAGE UNREINFORCED POSITIVE PRESSURE

TABLE 3-2A ROUND DUCT GAGE UNREINFORCED POSITIVE PRESSURE						
MAX. DIA.	+2" wg		+4" wg		+10" wg	
	Spiral Seam	Long. Seam	Spiral Seam	Long. Seam	Spiral Seam	Long. Seam
6"	28	28	28	28	28	28
8"	28	28	28	28	28	26
10"	28	26	28	26	28	26
12"	28	26	28	26	26	24
14"	28	26	26	24	26	24
16"	26	24	26	24	24	22
18"	26	24	24	24	24	22
19-26"	26	24	24	22	24	22
27-26"	24	22	22	20	22	20
37-50"	22	20	20	20	20	20
51-60"	20	18	18	18	18	18
61-84"	18	16	18	16	18	16

TABLE 3-2AM ROUND DUCT GAGE UNREINFORCED POSITIVE PRESSURE						
MAX. DIA. (mm)	+500 Spiral Seam	Pa Long. Seam	+1000 Spiral Seam	Pa Long. Seam	+2500 Spiral Seam	Pa Long. Seam
150	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
200	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.55

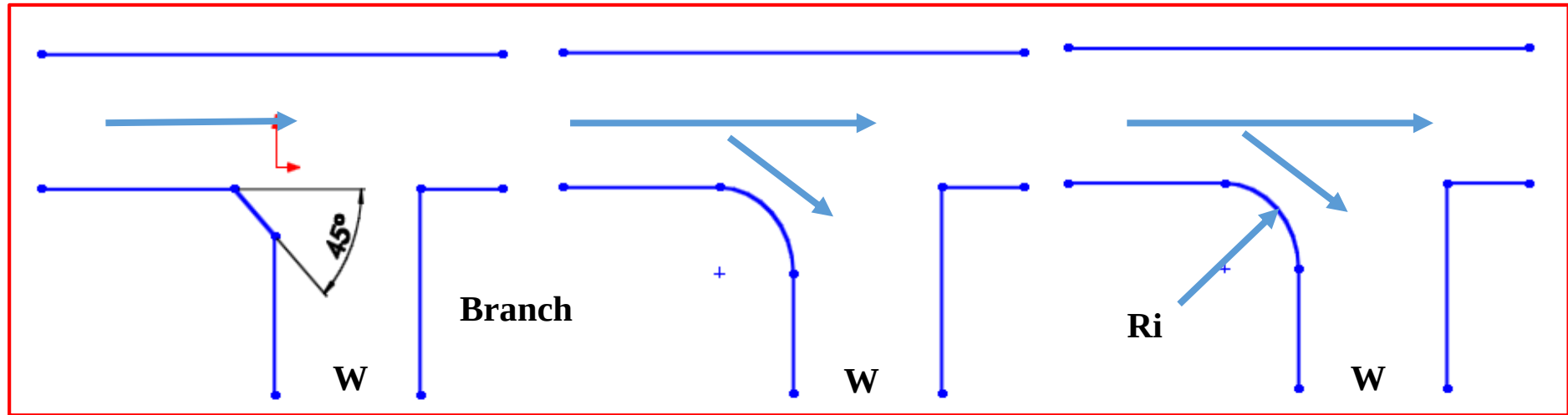
250	0.8	0.55	0.8	0.55	0.8	0.55
300	0.8	0.55	0.8	0.55	0.55	0.70
360	0.8	0.55	0.55	0.70	0.55	0.70
00	0.55	0.70	0.55	0.70	0.70	0.85
60	0.55	0.70	0.70	0.70	0.70	0.85
660	0.55	0.70	0.70	0.85	0.70	0.85
910	0.70	0.85	0.85	1.00	0.85	1.00
1270	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1520	1.00	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
2130	1.31	1.61	1.31	1.61	1.31	1.61

Note:

- Nominal Thickness in Millimeters

Duct Fittings

1. Take off



- عندما يتم أخذ فرع branch من الـ main duct لابد من عمل take off في إتجاه السريان و ذلك لمنع حدوث دوامات و مرور الهواء بأنسيابية دون حدوث صوت.
- نقوم بعمل سلب (خط مستقيم) يميل بزاوية ٤٥° و هذا هو الأسهل في التصنيع أو يكون take off عبارة عن قوس بحيث يكون المماس يميل بزاوية ٤٥° و ده الأفضل أو يكون على هيئة ربع دائرة نصف قطرها Ri .

$$R_i = 10 \text{ cm} \rightarrow w \leq 14''$$

$$R_i = 15 \text{ cm} \rightarrow 14'' < w \leq 14''$$

$$R_i = 20 \text{ cm} \rightarrow 24'' < w \leq 32''$$

$$R_i = 25 \text{ cm} \rightarrow w > 32''$$

- الأرقام السابقة للتسهيل و ليست كود .
- ارتفاع منطقة الـ take off يساوي (¼ W) و لا يقل عن ١٠ سم بأي حال.
- يتم عمل reducer بعد الـ take off بـ ١٠ سم.

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ قَالَ كَانَ رَسُولُ اللَّهِ -صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ- يُكْثِرُ أَنْ يَقُولَ: (أَكْثَرُوا مِنْ ذِكْرِ هَٰذِهِ النَّاتِ)

- Take off types

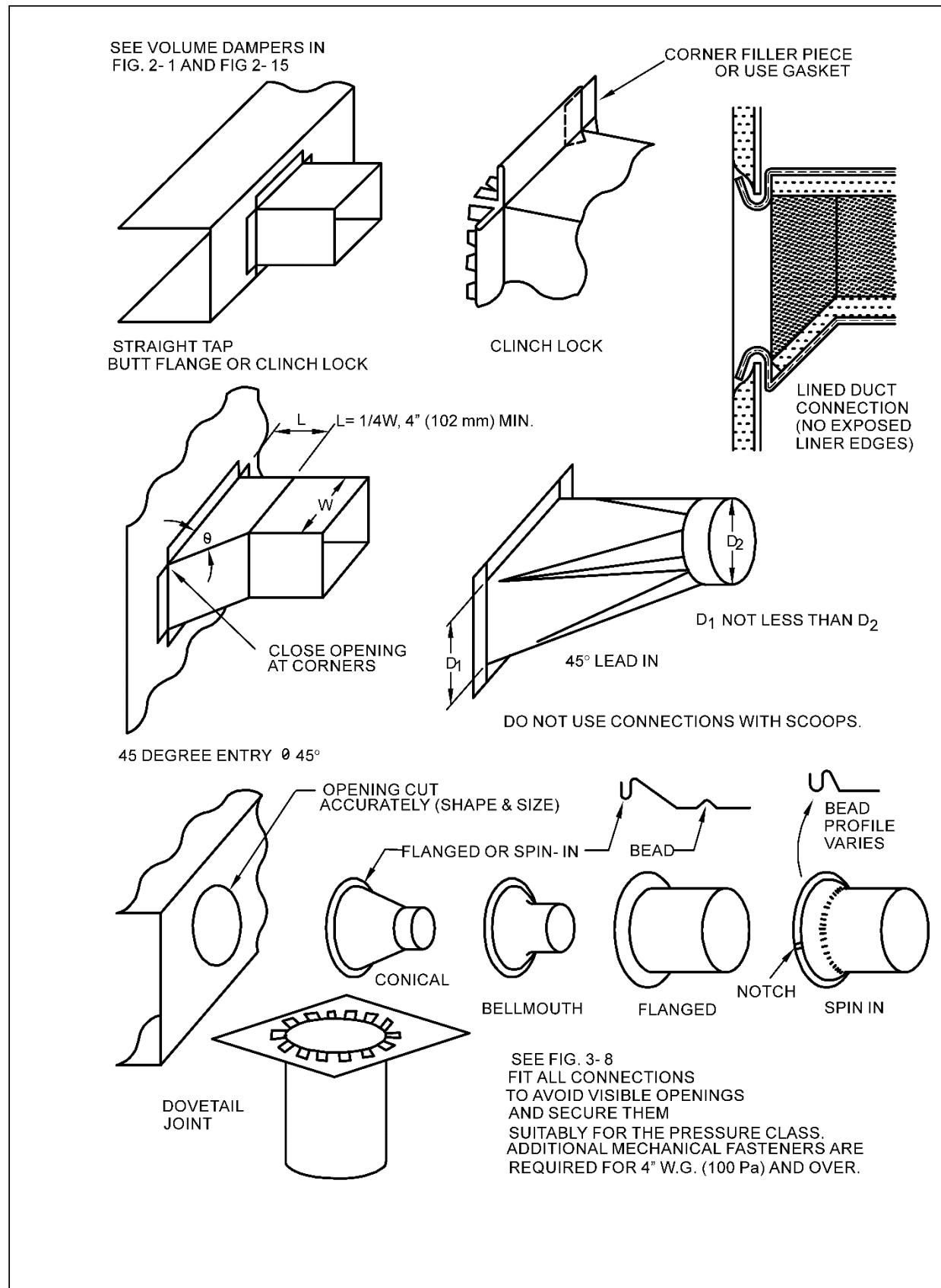
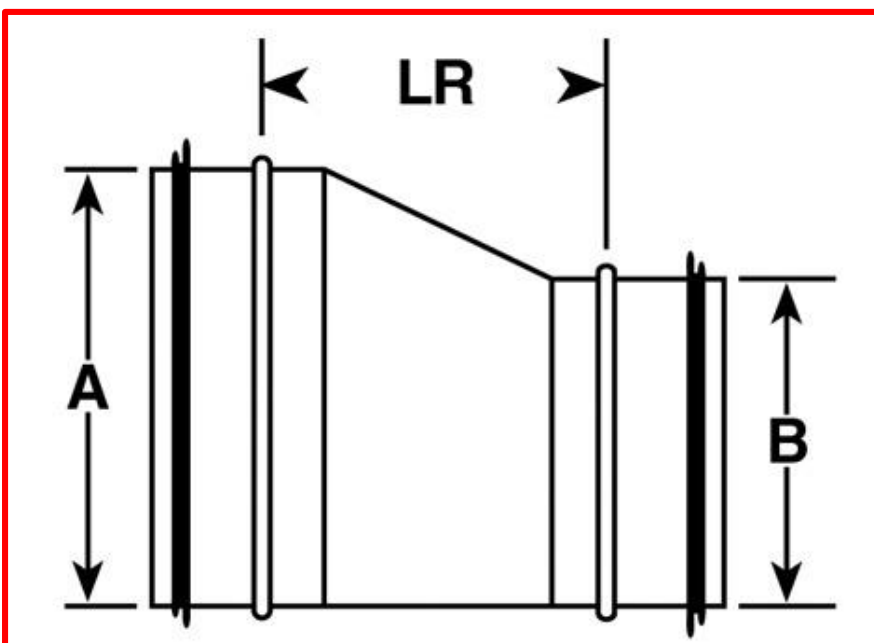


FIGURE 2-6 BRANCH CONNECTION

2. المسلوب Reducer



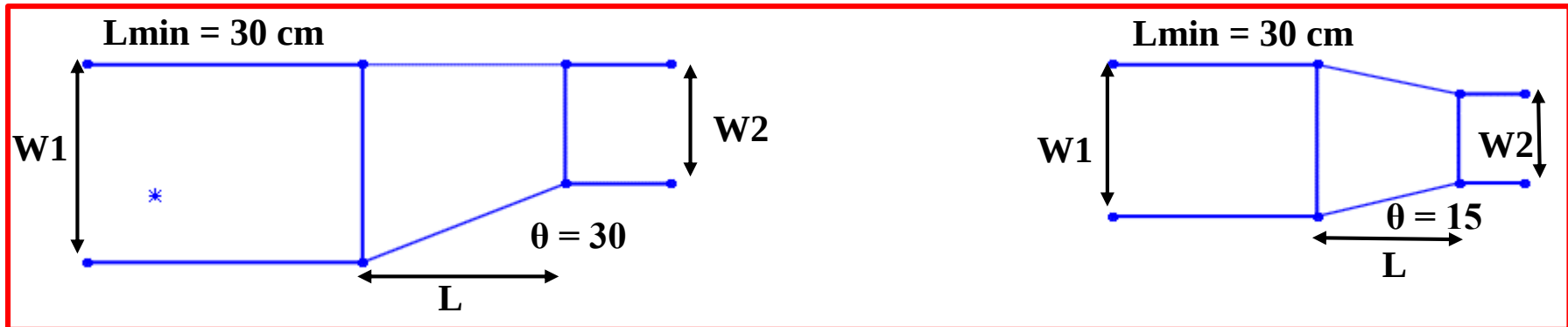
- بعد أخذ الـ branch من الـ main duct و عمل take off يتم عمل reducer بعدها بـ 10 cm على الأقل.

Reducer

Single act

Double act

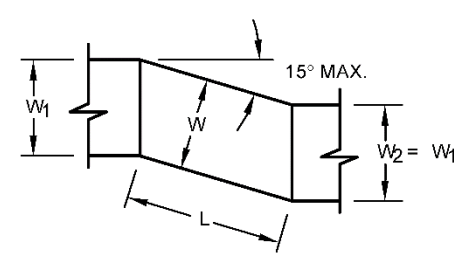
- السلب من إتجاه واحد : Single act
- السلب من إتجاهين : Double act



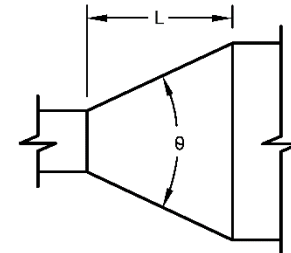
- الأسهل في التصنيع هو السلب من جهة واحدة.
- عند تغيير الأبعاد يُفضل ثبات الـ depth بسبب الإرتفاع فوق السقف الساقط.
- من المهم الحفاظ على طول المسلوب بحيث لا يقل عن ٣٠ سم و الزاوية θ لا تزيد عن ٣٠ درجة.

Offset & transitions

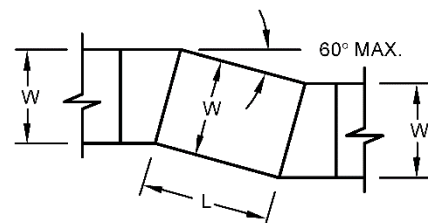
OFFSETS 2 AND 3 AND TRANSITIONS MAY HAVE EQUAL OR UNEQUAL INLET AND OUTLET AREAS. TRANSITIONS MAY CONVERT DUCT PROFILES TO ANY COMBINATION FOR RECTANGULAR, ROUND OR FLAT OVAL SHAPES.



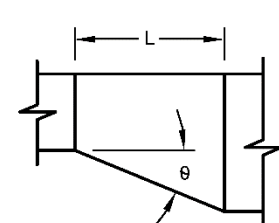
OFFSET TYPE 1
(ANGLED)



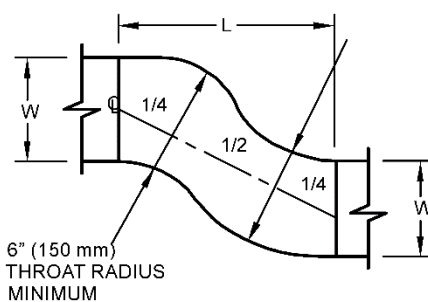
CONCENTRIC TRANSITION
 θ MAX. 45° DIVERGING, 60° CONVERGING



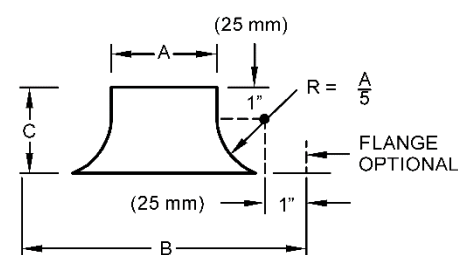
OFFSET TYPE 2
(MITERED)



ECCENTRIC TRANSITION
 θ MAX. 30°
(EXCEPT 45° IS PERMITTED
AT ROUND TO FLAT OVAL)



OFFSET TYPE 3
(RADIUSSED
OR OGEE)



STANDARD BELLMOUTH
(ON SHORT PATTERN BELL
C = 3" (76 mm)
B = A + 4" (102 mm))

FIGURE 2-7 OFFSETS AND TRANSITIONS

- Offset types

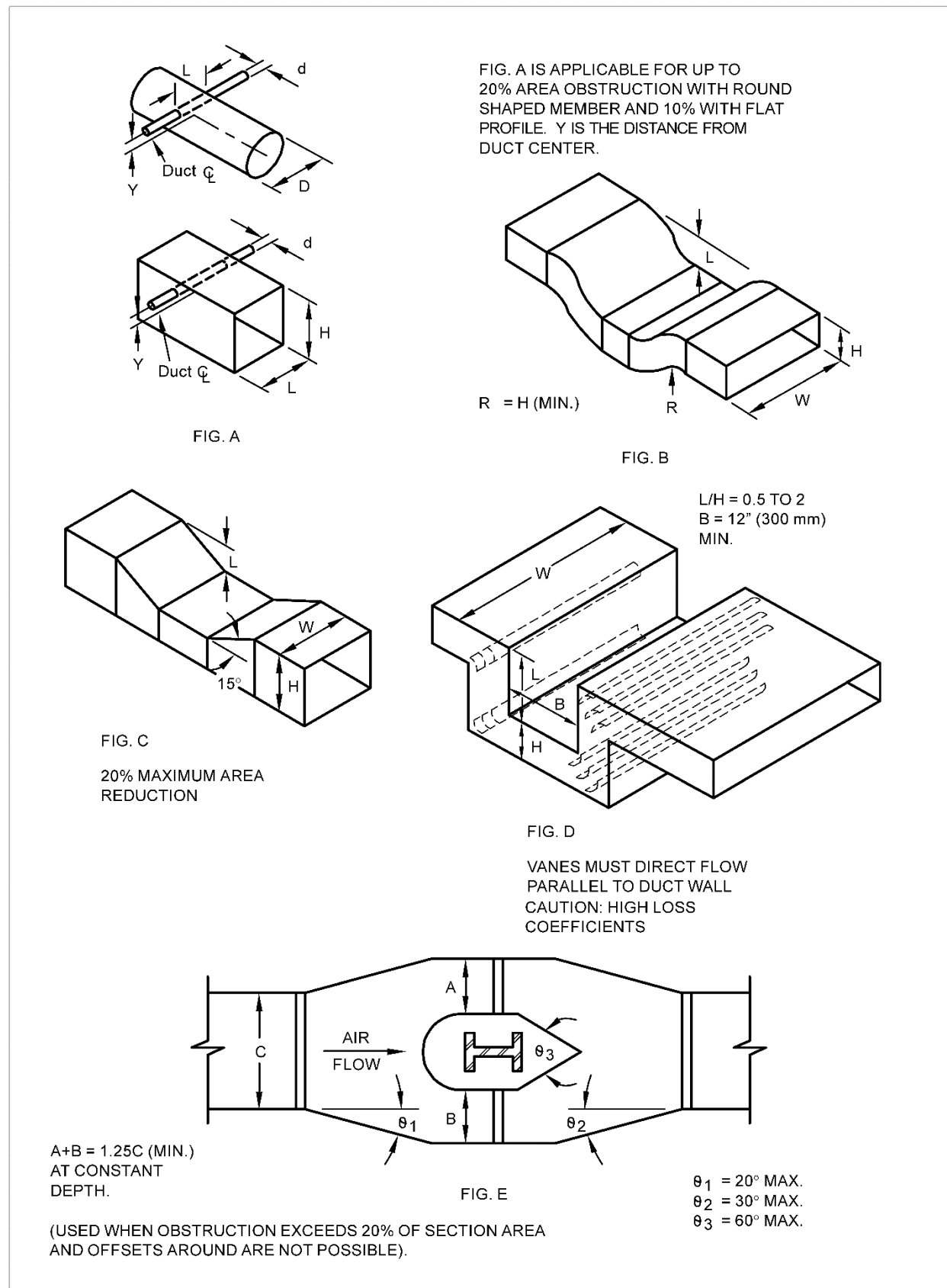
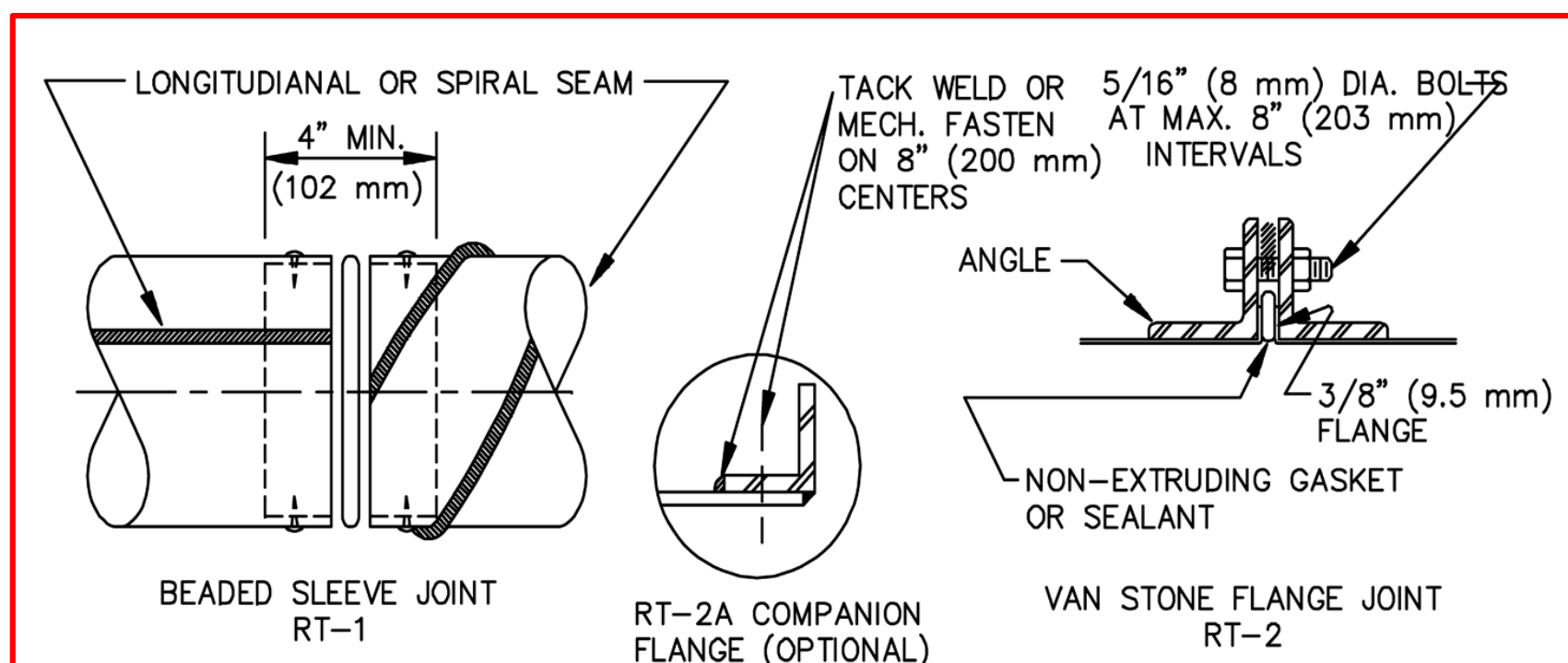
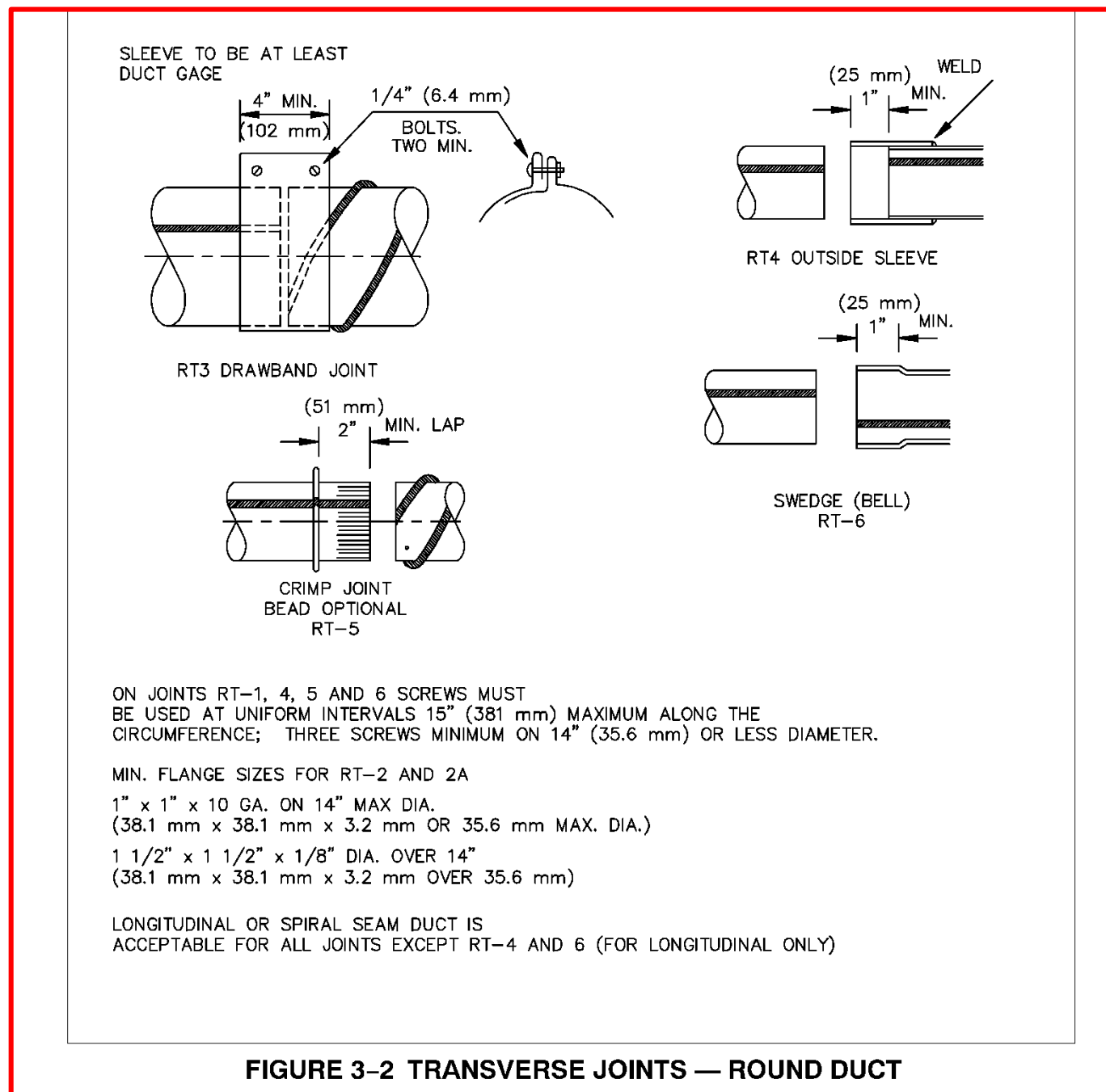


FIGURE 2-8 OBSTRUCTIONS

- For Round duct:





3. الكوع Elbows

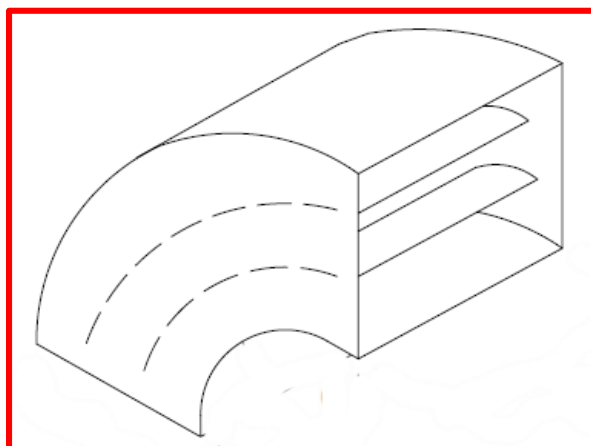


- R_{th} ⚡ throat radius
- R_H ⚡ Heal radius
- $R_H = R_{th} + H$
- $R_{th} = 6"$ if $H < 18"$
- $R_{th} = 10"$ if $H \geq 18"$

Center line radius $R = 3/2 W$

هذه الأرقام ليست كود

- عند تغيير مسار الهواء في الدكت عن طريق كوع يحدث دوامات للهواء تسبب فقد في الضغط لذلك يتم تركيب ريش توجيه بالكوع guide vanes عددها من ١ إلى ٣ .



- When $W = 10"$ ⚡ None
- When $W = 12 : 16"$ ⚡ 1
- When $W = 16 : 24"$ ⚡ 2
- When $W = 24 : 30"$ ⚡ 3

- **Elbows types :**

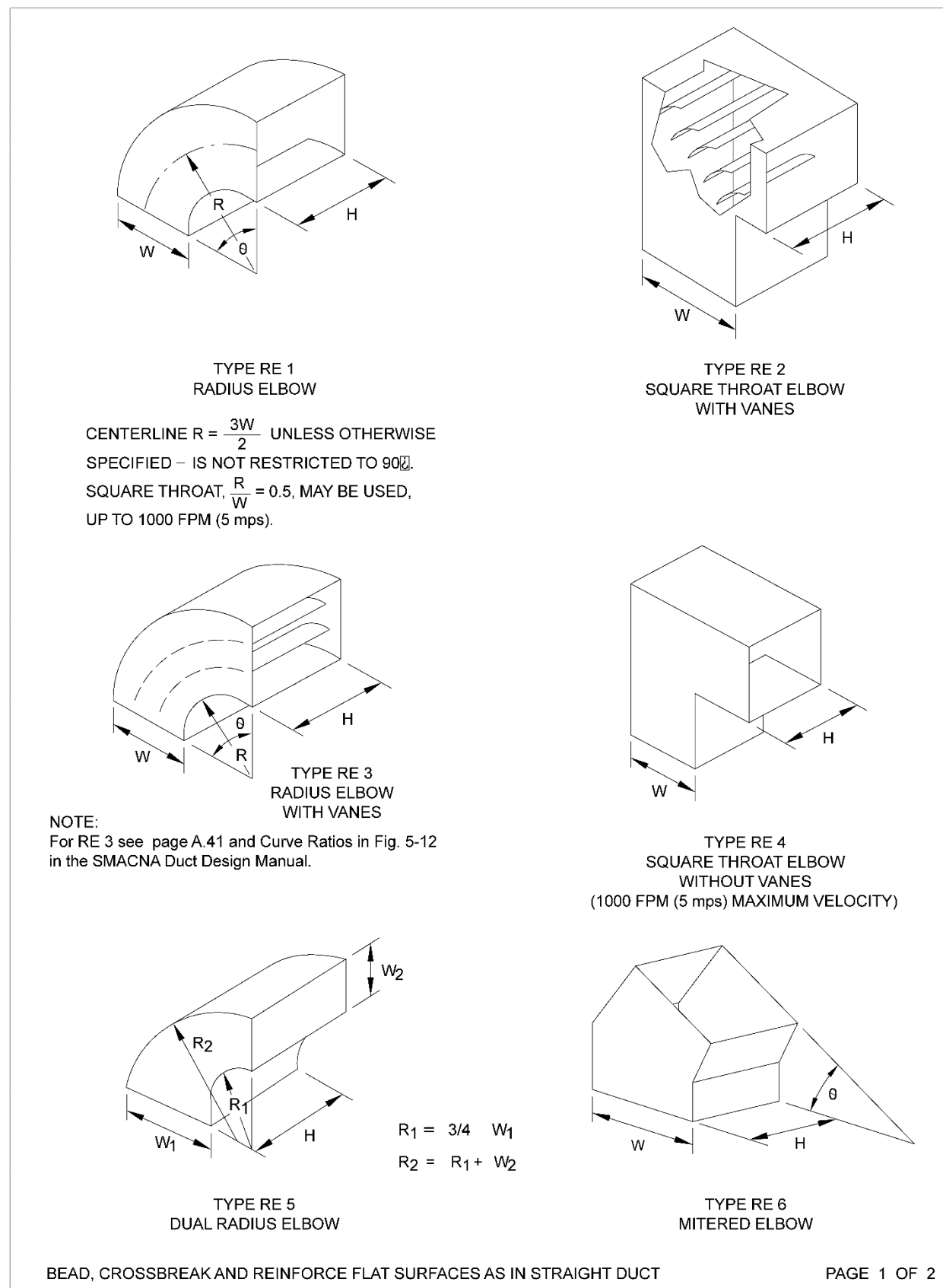


FIGURE 2-2 RECTANGULAR ELBOWS

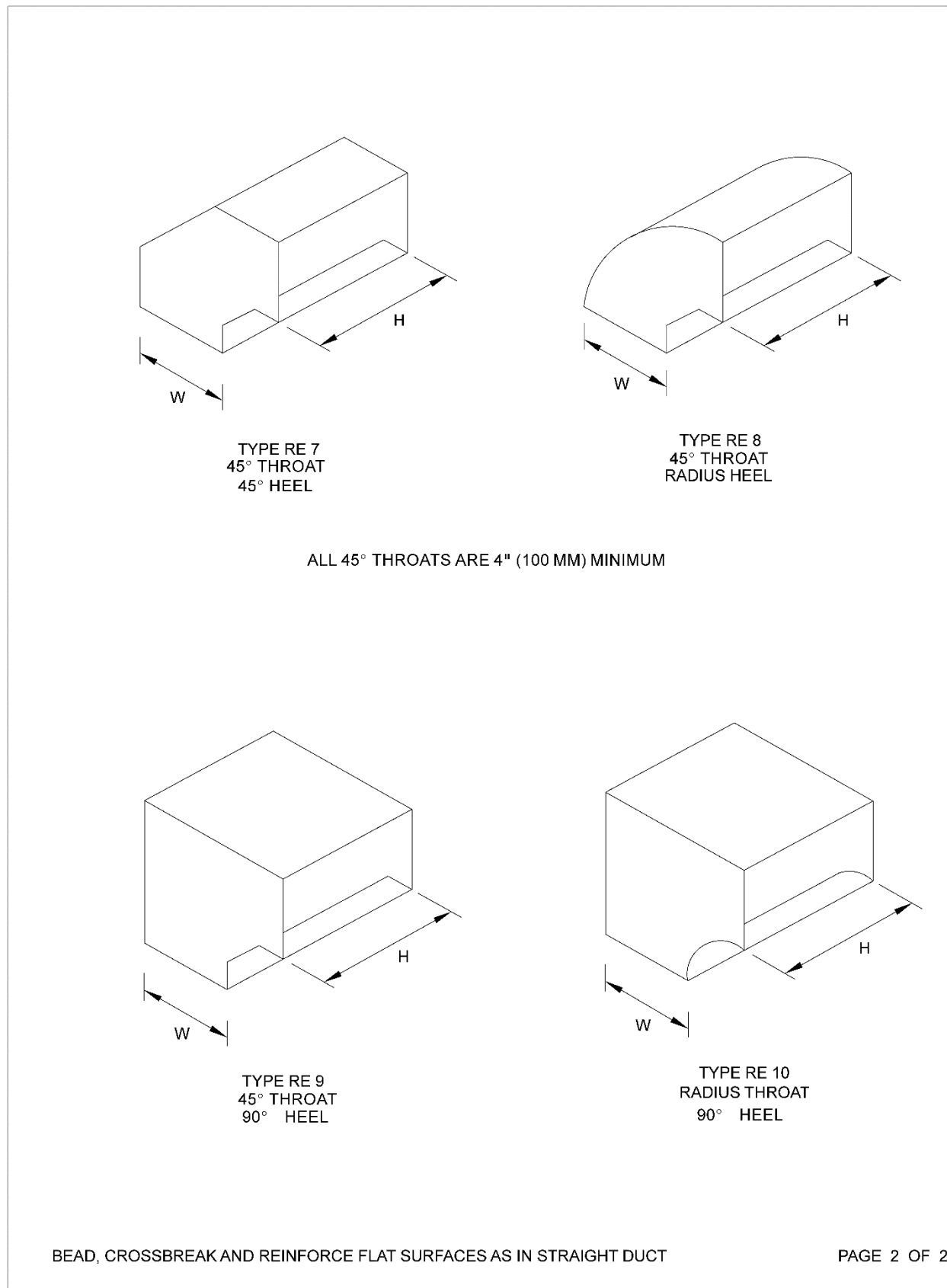


FIGURE 2-2 RECTANGULAR ELBOWS (CONTINUED)

TABLE 3-1 MITERED ELBOWS

Duct Velocity	R/D Ratio Centerline Radius to Duct Diameter	Number of <u>Mitered Pieces</u> 90 deg. 60 deg.			45 deg.
		3	2		
Up to 1000 fpm	0.6	3	2		2
1001 to 1500 fpm	1.0	4	3		2
Above 1500 fpm	1.5	5	4		3

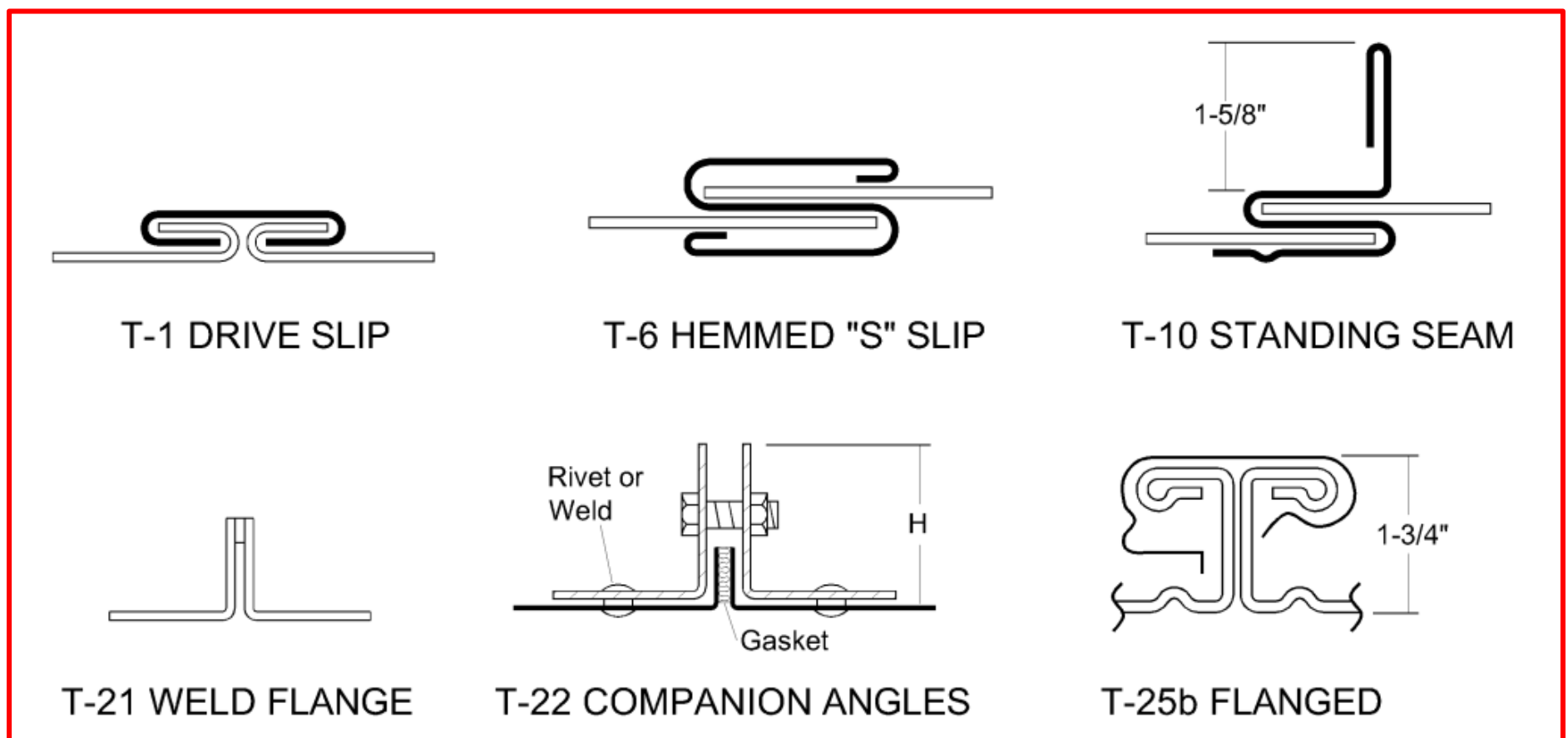
- SMACNA CODE

• Duct Network

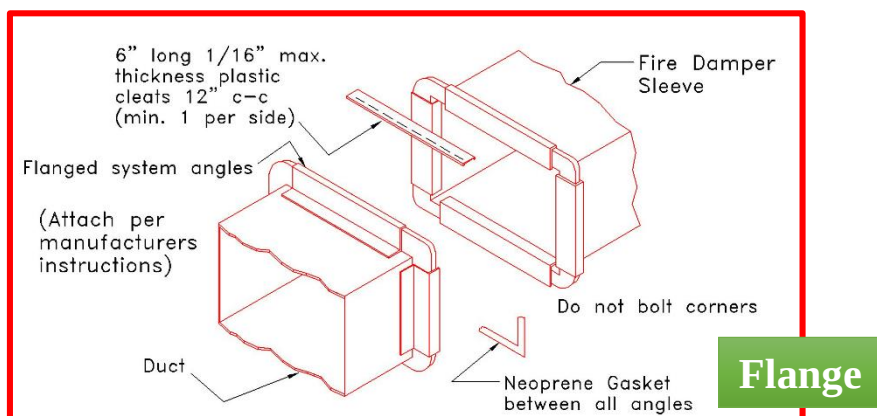


• Duct Connection

- يتم توصيل و ربط مجاري الهواء المُصنعة من الصاج المجلفن على هيئة مستطيل ببعضها باستخدام ما يُعرف بالدسر (seams) و لها أشكال مختلفة و أشهرها الـ C Cleats أو ما يُعرف بالسحابة بلغة السوق و الـ S Slip أو ما يُعرف بالقشاط و له أكثر من شكل و جميع طرق و أشكال التوصيل موجودة في كود SMACNA.

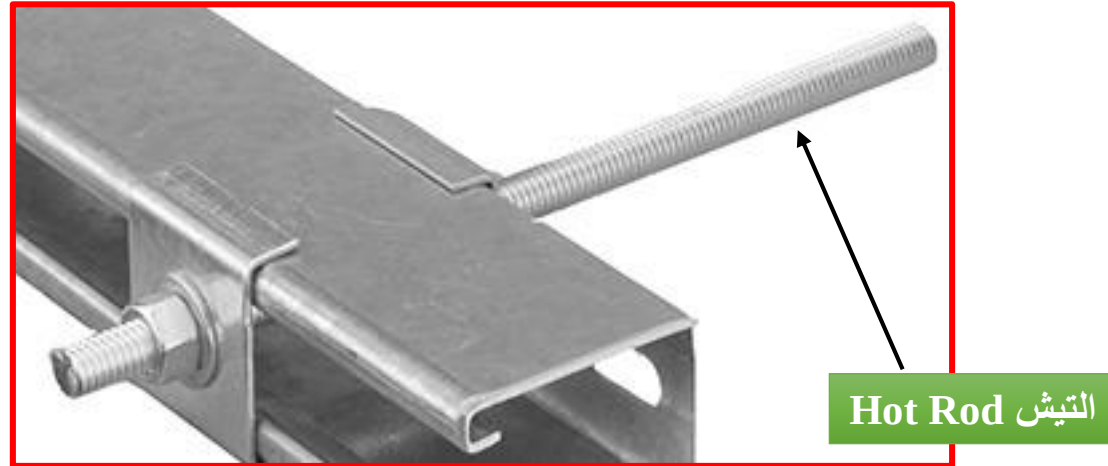


- يوجد أيضاً طريقة الفلانات Flange حيث يتم ربط علب الصاج ببعضها البعض باستخدام فلانج Flange و مسامير بعد تركيب مانع تسرب Gasket .
- في كل الطرق السابقة يتم استخدام السيلكون عند الوصلات لمنع تسريب الهواء .
- على حسب قيمة الضغط الإستاتيكي للهواء (in w.g) داخل الدكت يتم إختيار نوع الوصلات و يتم الرجوع إلى كود SMACNA .
- الأغلب و الشائع في الإستخدام هو الـ Drive slip و S Slip type للمقاسات الصغيرة و المتوسطة، أما الـ Flange type يُستخدم في الضغوط الكبيرة و المقاسات الكبيرة من الصاج أعلى من ٦٠\"/>
- المجاري الدائرية يتم ربطها عن طريق مسامير أو ما يُعرف بـ Spiral seam .

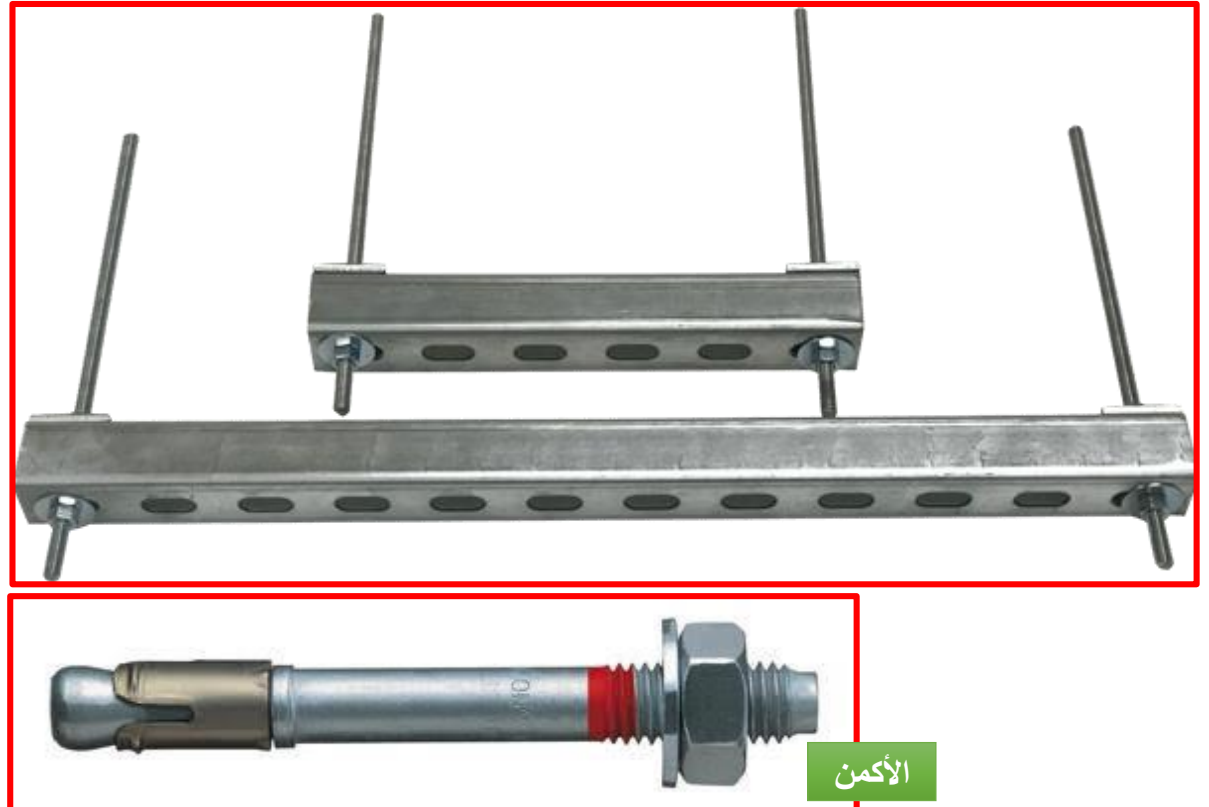
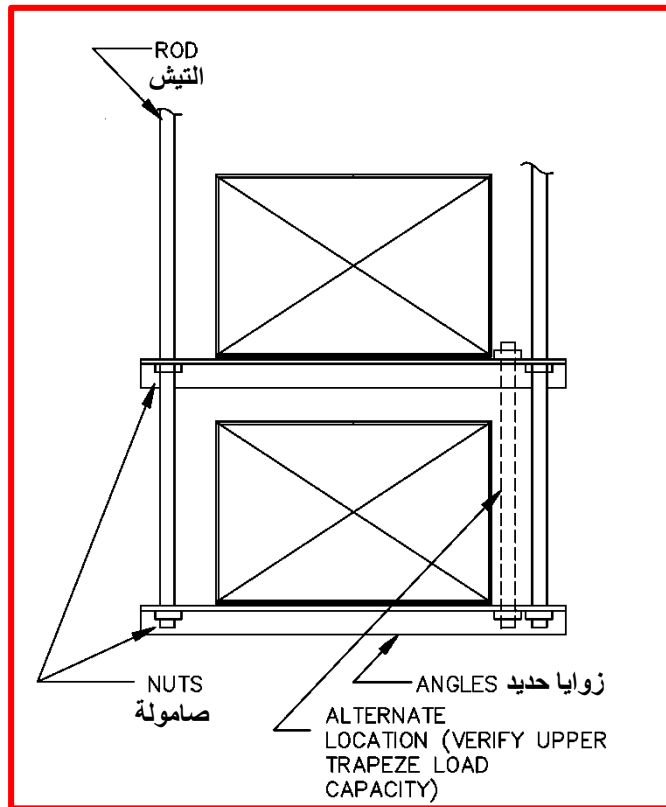


Ducts supports (Hangers)

- يتم تعليق الدكت الصاج المستطيل بالسقف الخرساني عن طريق دعائم supports على شكل Trapeze .
- عبارة عن زوايا من الحديد المجلفن على شكل حرف L تكون أسفل الدكت ثم أتياش (أسياخ مقلوطة) من الحديد المجلفن .



- الـ support له أبعاد مُعينة تُحدد من جداول الكود SMACNA على حسب أبعاد الدكت و كذلك المسافات بين التحاميل .



- أبعاد الـ supports كما بالجدول التالي من كود SMACNA .

TABLE 4-1 RECTANGULAR DUCT HANGERS (MINIMUM SIZE)								
MAXIMUM HALF OF DUCT PERIMETER	Pair at 10 ft Spacing		Pair at 8 ft Spacing		Pair at 5 ft Spacing		Pair at 4 ft Spacing	
	STRAP	WIRE/ ROD	STRAP	WIRE/ ROD	STRAP	WIRE/ ROD	STRAP	WIRE/ ROD
P/2 = 30"	1" x 22 ga.	10 ga. (.135")	1" x 22 ga.	10 ga. (.135")	1" x 22 ga.	12 ga. (.106")	1" x 22 ga.	12 ga. (.106")
P/2 = 72"	1" x 18 ga.	3/8"	1" x 20 ga.	1/4"	1" x 22 ga.	1/4"	1" x 22 ga.	1/4"
P/2 = 96"	1" x 16 ga.	3/8"	1" x 18 ga.	3/8"	1" x 20 ga.	3/8"	1" x 22 ga.	1/4"
P/2 = 120"	1 1/2" x 16 ga.	1/2"	1" x 16 ga.	3/8"	1" x 18 ga.	3/8"	1" x 20 ga.	1/4"
P/2 = 168"	1 1/2" x 16 ga.	1/2"	1 1/2" x 16 ga.	1/2"	1" x 16 ga.	3/8"	1" x 18 ga.	3/8"
P/2 = 192"	Not Given	1/2"	1 1/2" x 16 ga.	1/2"	1" x 16 ga.	3/8"	1" x 16 ga.	3/8"
P/2 = 193" up	SPECIAL ANALYSIS REQUIRED							
WHEN STRAPS ARE LAP JOINED USE THESE MINIMUM				SINGLE HANGER MAXIMUM ALLOWABLE LOAD				
				STRAP		WIRE OR ROD (Dia.)		

FASTENERS:		
1" x 18, 20, 22 ga. - two #10 or one 1/4" bolt 1" x 16 ga. - two 1/4" dia.	1" x 22 ga.-260 lbs. 1" x 20 ga.-320 lbs. 1" x 18 ga.-420 lbs. 1" x 16 ga.-700 lbs. 1 1/2" x 16 ga.-1100 lbs.	0.106"-80 lbs. 0.135"- 120 lbs. 0.162"-160 lbs. 1/4"-270 lbs. 3/8"- 680 lbs. 1/2"-1250 lbs. 5/8"-2000 lbs. 3/4"-3000 lbs.
1 1/2" x 16 ga. - two 3/8" dia. Place fasteners in series, not side by side.		

NOTE:

1. Dimensions other than gage are in inches.
2. Tables allows for duct weight, 1 lb./sf insulation weight and normal reinforcement and trapeze weight, but no external loads!
3. Allowable loads for P/2 assume that ducts are 16gs. Maximum, excepts that when maximum duct dimension (w) is over 60" then p/2 maximum is 1.25 w.
4. Straps are galvanized steel; other materials are uncoated steel.
5. 12, 10, or 8 ga. wire is steel of black annealed, bright basic, or galvanized type.

TABLE 4- 1M RECTANGULAR DUCT HANGERS (MINIMUM SIZE)								
MAXIMUM HALF OF DUCT PERIMETER	Pair at 3 m Spacing		Pair at 2.4 m Spacing		Pair at 1.5 m Spacing		Pair at 1.2 m Spacing	
	STRAP	WIRE/ ROD	STRAP	WIRE/ ROD	STRAP	WIRE/ ROD	STRAP	WIRE/ ROD
P/2 = 760	25.4 x 0.85	3.4	25.4 x 0.85	3.4	25.4 x 0.85	2.7	25.4 x 0.85	2.7
P/2 = 1830	25.4 x 1.31	9.5	25.4 x 1.00	6.4	25.4 x 0.85	6.4	25.4 x 0.85	6.4
P/2 = 2440	25.4 x 1.61	9.5	25.4 x 1.31	9.5	25.4 x 1.00	9.5	25.4 x 0.85	6.4
P/2 = 3050	38.1 x 1.61	12.7	25.4 x 1.61	9.5	25.4 x 1.31	9.5	25.4 x 1.00	6.4
P/2 = 4270	38.1 x 1.61	12.7	38.1 x 1.61	12.7	25.4 x 1.61	9.5	25.4 x 1.31	9.5
P/2 = 4880	Not Given	12.7	38.1 x 1.61	12.7	25.4 x 1.61	9.5	25.4 x 1.61	9.5
P/2 = More	SPECIAL ANALYSIS REQUIRED							
WHEN STRAPS ARE LAP JOINED USE THESE MINIMUM FASTENERS: 25.4 x 1.31, 1.00, 0.85 mm - one 6.4 bolt 25.4 x 1.61 mm - two 6.4 bolts 38.1 x 1.61 mm - two 9.5 bolts Two bolts must be in series, not side by side.				SINGLE HANGER MAXIMUM ALLOWABLE LOAD				
				STRAP		WIRE OR ROD (Dia.)		
				25.4 x 0.85 - 118 Kg 25.4 x 1.00 - 145 Kg 25.4 x 1.31 - 191 Kg 25.4 x 1.61 - 318 Kg 38.1 x 1.61 - 500 Kg		2.7 - 36 Kg 3.4 - 54 Kg 4.1 - 73 Kg 6.4 - 122 Kg 9.5 - 308 Kg 12.7 - 567 Kg 15.9 - 907 Kg 19.1 - 1360 Kg		

NOTE:

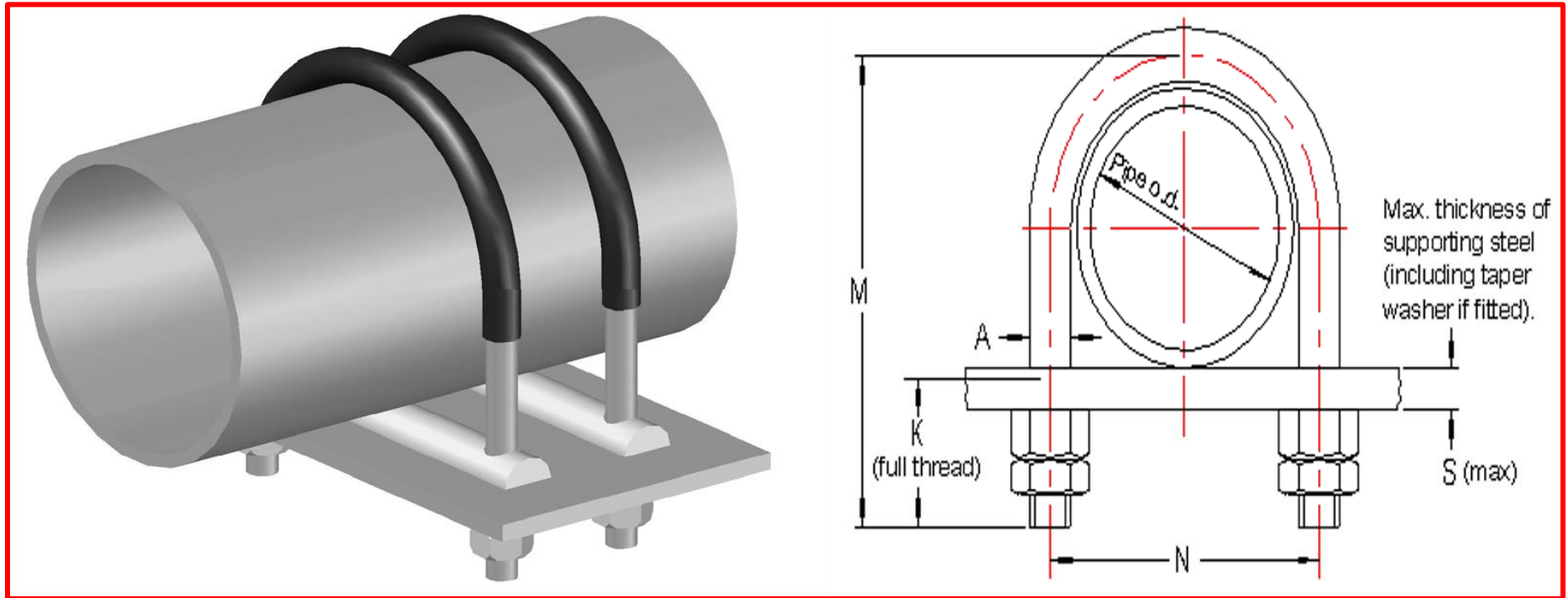
1. Dimensions other than hanger spacing are in millimeters.
2. Table allow for duct weight, 4.89 kg/m² insulation weight and normal reinforcement and trapeze weigh, but no external loads!
3. Straps are galvanized steel; other materials are uncoated steel.
4. Allowable loads for P/2 assume that ducts are 1.61 mm maximum, excepts that when maximum duct dimension (w) is over 1520 mm then p/2 maximum is 1.25w.
5. 2.7, 3.4, and 4.1 mm wire is steel of black annealed, bright basic, or galvanized type.

- أبعاد الـ supports كما بالجدول التالي من الكود المصري .

المسافة بين التحويلات (متر)	أبعاد الزاوية	قطر التيش	طول البعد الأكبر (بوصة)
٣	٢٥ * ٢٥ * ٢	٨	حتى ٢٠ بوصة
٢,٥	٣٥ * ٣٥ * ٢,٥	١٠	٢١ إلى ٣٠
٢,٥	٢٥ * ٢٥ * ٣	١٠	٣٣ على ٤٠
٢	٤٠ * ٤٠ * ٣	١٢	٤١ إلى ٦٠
١,٥	٥٠ * ٥٠ * ٥	١٢	أكبر من ٦١

- يتم تعليق الدكت الرأسي بواسطة زاوية على شكل حرف U بمسافات لا تزيد عن ٣ متر
- يتم تعليق الدكت الدائري عن طريق U-bolt و تيش مثل المواسير.

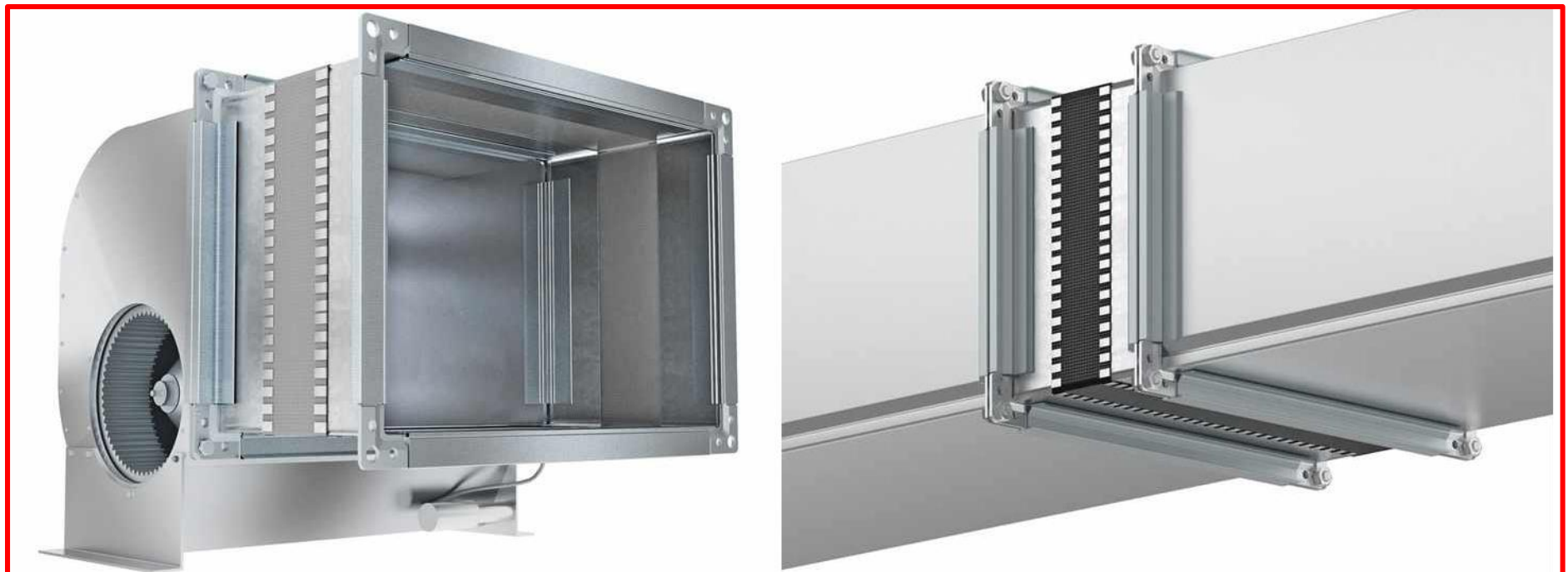
• U-Bolt



Vibration Isolater [Canvas]

عازل الاهتزازات (الكانفاس)

- عبارة عن شريحتين من الصاج و بينهما مادة تشبه القماش أو المطاط rubber .
- يتم تركيبه ما بين الماكينة سواء كانت AHU & FCU & Fan و بين الدكت الصاج الواصل بالماكينة و ذلك لمنع إنتقال الاهتزازات من الماكينة للدكت الصاج أو السقف الخرساني.
- تشبه الـ Flexible connection التي يتم تركيبها على خط طرد الطلمبات لمنع إنتقال الاهتزازات من الطلمبة إلى المواسير .
- يتم توريدها إلى الموقع على هيئة لفات في كرتونة إلى موقع العمل و يتم تفصيلها على حسب أبعاد الصاج.
- عرض الـ canvas تقريباً يكون من ١٠ إلى ١٥ سم.
- يُراعى عند تركيب الـ canvas أن يتم ضبط الدكت الصاج مع الماكينة و عدم تركيبه بطريقة جيدة يؤدي إلى تسرب الهواء.



Volume Control Damper [VCD]

- تُستخدم في ضبط معدل تدفق الهواء cfm في الدكت أو الخارج من مخارج الهواء.
- الـ VD إما أن يكون دائري Round أو Rectangular على حسب شكل الدكت .
- الـ VD يكون مقاسه الداخلي نفس مقاس الدكت الذي ستركب عليه و يوجد به شفة من جميع النواحي لزوم التثبيت و يتم وضع جوانات gasket أو Seal حتى يمنع تسريب الهواء.

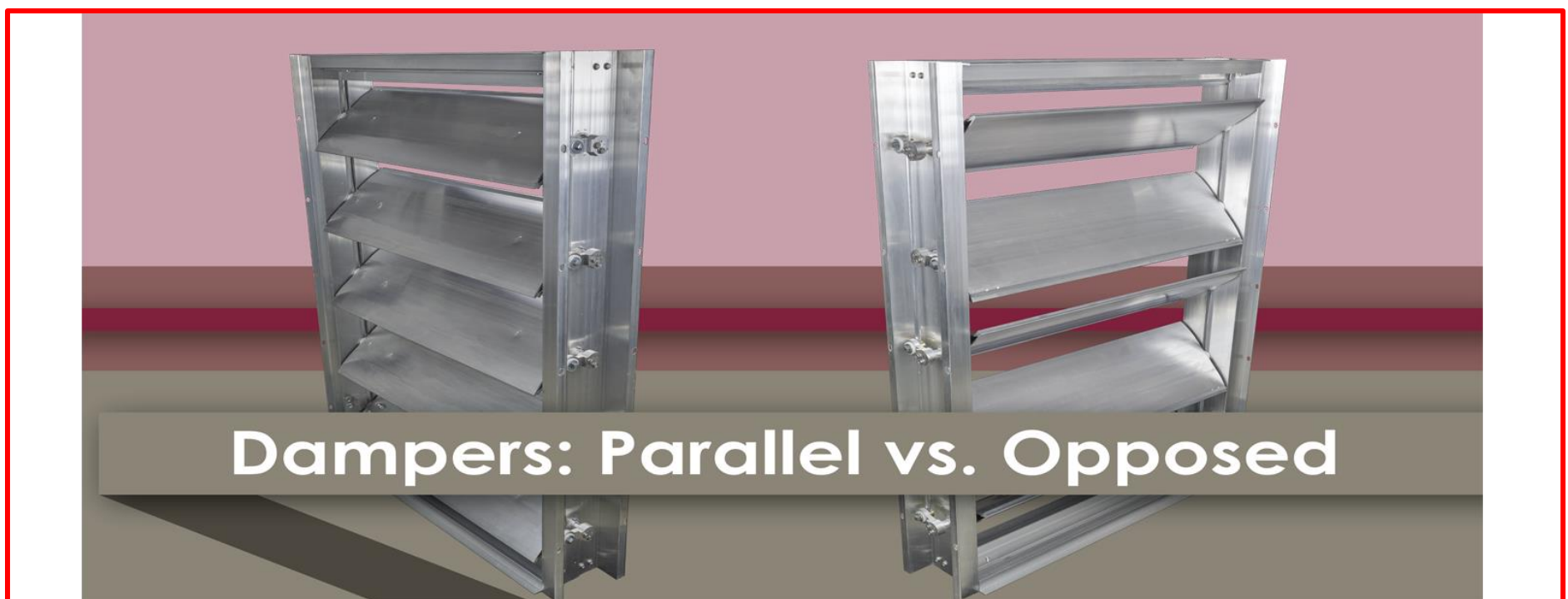
• **يوجد منه نوعان:**

١. Manual: يتم التحكم فيه يدوياً عن طريق ذراع .
٢. Motorized: يكون مزود بمحرك يغلق و يفتح من إشارة وغالباً يُستخدم مع VAV system .

• **يوجد منهم ٣ أنواع:**

1. Parallel blade damper (on-off damper)
2. Opposed blade damper (part control)
3. Splitter damper يُستخدم مع السرعات الصغيرة

- يتم تركيب الـ VD على الـ branch بعد الـ Take off بمسافة لا تقل عن ١٠ سم.
- يتم تصنيعه من الألومنيوم مثل مخارج الهواء وبمقاسات حسب الطلب.
- يتم ضبطه مرة واحدة فقط و يحتاج إلى باب كشف مؤقت أثناء عملية ضبط إتران الهواء فقط.

• **Parallel blade damper & Opposed blade damper**• **أشهر المصنعين للـ VD :**

١. EGAT

٢. ALANDOLSA

٣. ZAMZAM

- يتم التحكم في كمية الهواء بواسطة Try & Error Method و استخدام أجهزة قياس للـ CFM ، ويتم التحكم بالـ CFM بواسطة air balance و يتم الفتح و القفل حتى يتم ضبط الكمية المناسبة و هو ما يُسمى بعملية الضبط و الموازنة Test & balance و تتم بواسطة شركات متخصصة .

- تتم عملية الضبط والموازنة مرة واحدة في بداية المشروع و تحتاج إلى باب كشف عند كل VD حتى نستطيع توصيله بعد ذلك عند أعمال الصيانة.
- عد عمل حسابات قيمة الـ static pressure أو الفقد في الضغط خلال الدكت يؤخذ في الاعتبار الفقد في الضغط خلال الـ VD و يتم الحصول عليه من كتالوج المصنع أو نفرضه 0.1 m w.g .

• Air Flow meter [Test Balance].



Fir Damper [FD]

- الـ FD عبارة عن علبة من الألومنيوم بها باب (مثل الستارة) و دائماً في spring يضغط على الباب لينزله و لكن الذي يمنعه وجود وصلة قابلة للانصهار Fusible link تنصهر عند درجة حرارة معينة (حسب المصنع) عند مرور الدخان فيتم إغلاق الباب بواسطة الـ spring.
- يتم تركيب الـ FD على Return duct لوحدة مناولة الهواء AHU أو وحدة الـ Packing unit التي تخدم أكثر من مكان و ذلك لمنع إنتقال الدخان من مكان لآخر وقت الحريق ، ولمنع دخول الدخان على الـ AHU او Packing unit للحفاظ عليها.
- في بعض الأماكن تكون الجدران مقاومة للحريق fire rated wall وعندما يخترق الدكت سواء كان الـ Supply or Return هذه الجدران يتم وضع الـ FD داخل الدكت يعمل على الفصل بين الغرف عند حدوث الحريق كما يتم تركيب مادة إسمها Fire sealant حول الدكت.
- يوجد ما يُسمى بـ Smoke Damper ويكون motorized وبيأخذ إشارة من smoke detector وقد حدوث الحريق لكي يغلق ، و بالتالي هو أسرع و لا ينتظر ارتفاع درجة الحرارة مثل الـ FD
- لمعرفة المزيد عن الـ FD يتم الرجوع إلى NFPA 90A .
- عند عمل حسابات الـ static pressure خلال الدكت يؤخذ في الاعتبار الفقد في الضغط خلال الـ FD من الكتالوج الخاص بالمصنع
- الـ FD يوجد منه نوع round لزوم التركيب في الدكت الدائري.



FD for Rectangular



FD for Round

• أشهر المُصنِّعين للـ FD :

١. EGAT

٢. ALANDOLSA

٣. ZamZam

Images from sites:



Plenum Box



- عبارة عن صندوق من الصاج.
- أبعاد الـ plenum box والغرض من إستخدامه على حسب مكان تركيبه.
- الـ plenum box يتم تركيبه على diffuser حيث يتم تجميع الهواء من الدكت الرئيسي عن طريق الدكت المرن Flexible duct وإعادة توزيع الهواء كاملاً على طول الـ diffuser و تعتمد أبعاد الـ plenum box على أبعاد الـ diffuser (neck size) و يُمكن الحصول عليها من الكتالوج.
- الـ plenum box يتم تركيبه على الـ Slot diffuser و تعتمد أبعاده على عدد الـ slots و المسافة بينهم و يتم الحصول عليها من الكتالوج.
- الـ plenum box يتم تركيبه على مخرج وحدة المناولة AHU أو على مخرج الـ FCU بطول من ٥٠ إلى ٨٠ سم أو على حسب عدد الأفرع branches المتفرعة منه و عرضه و عمقه بنفس أبعاد الـ AHU كما يُمكن تركيبه على مخرج الـ package unit بغرض توزيع الهواء الكلي الخارج منها عن طريق الـ branches.
- الـ plenum box على مخرج الـ AHU أو الـ FCU يتم عزله خارجياً بالـ fiber glass و داخلياً بعزل صوتي (AromFlex)
- الـ plenum box يحدث خلاله pressure drop يؤخذ في الإعتبار عند حساب الـ static pressure للدكت و نحصل عليه من الكتالوج الخاص بالمصنع أو نستخدم برنامج Ashrae duct fitting database على حسب الـ cfm و السرعة .
- يتم تركيب Canvas ما بين الدكت و الـ plenum box .

الدكت المرن Flexible Duct

- عبارة عن دكت دائري مرن يُستخدم في توصيل مخارج الهواء بالدكت الصاج و بالتالي تحريك المخرج بسهولة إلى أي مكان.

الد Flexible duct ممكن أن يكون :

١. Metallic معدني

٢. Non-Metallic (من البلاستيك المرن المدعم بالأسلاك المعدنية).

الد Flexible duct يوجد منه نوعان :

١. Air connector

٢. Air duct

- الد air connector لا يزيد طوله عن 14 ft أو 4.3 m و هذا النوع لم يتجاوز جميع إختبارات UL-181 standard .
- النوع الثاني air duct لا يوجد له طول أقصى و تجاوز إختبارات UL-181 standard .
- الد Flexible duct يحدث خلاله pressure drop كبير لذلك يتم تقليل طوله على قدر المُستطاع و أفضل طول له متر و نصف .
- عند تركيب الد Flexible duct يُفضل أن يتم تمديده (فرده) بالكامل بدون ضغطه أو عمل ثني (كوع) به ، و ذلك لتقليل الفقد في الضغط.
- يجد عدم ثني الد Flexible duct بزوايا حادة .
- يُمكن أن يتم عزله حرارياً أو لا على حسب التطبيق.
- عند تعليق الد Flexible duct يجب ألا تزيد المسافة ما بين كل support و آخر عن ١,٢ متر و يُمكن أن تصل المسافة إلى ١,٥ متر أو على حسب توصيات المصنع و يجب ألا يزيد الميول عند تركيبه عن 1/2 in/ft .
- قطر الد Flexible duct من ٤ إلى ١٨ بوصة و يتم تحديد القطر من الكتالوج الخاص بالمصنع و ذلك بمعلومية معدل تدفق الهواء cfm خلاله و سرعة الهواء أيضاً، و يُفضل ألا تزيد سرعة الهواء داخل الد Flexible duct عن 600 fpm إذا كان supply و عن 400 fpm للـ return .
- يُراعى أن يكون قطر الد Flexible duct نفس قطر الد neck size للمخرج .
- لا يجوز إستخدام الد Flexible duct بحيث يخترق الجدران المقاومة للحريق fire rated wall و التي يتم تركيب Fire Damper ضمنها .
- الفقد في الضغط الذي يحدث خلال الد Flexible duct يتم معرفته من كتالوج المصنع .



قال رسول الله صلى الله عليه وسلم: (ما من يوم يُصْبِحُ العبادُ فيه، إلَّا مَلَكَانِ يَنْزِلَانِ، فيقولُ أحدهما: اللَّهُمَّ اعْطِ مُنْفِقًا خَلْفًا، ويقولُ الآخرُ: اللَّهُمَّ اعْطِ مُمْسِكًا تَلْفًا).

Flexible duct support

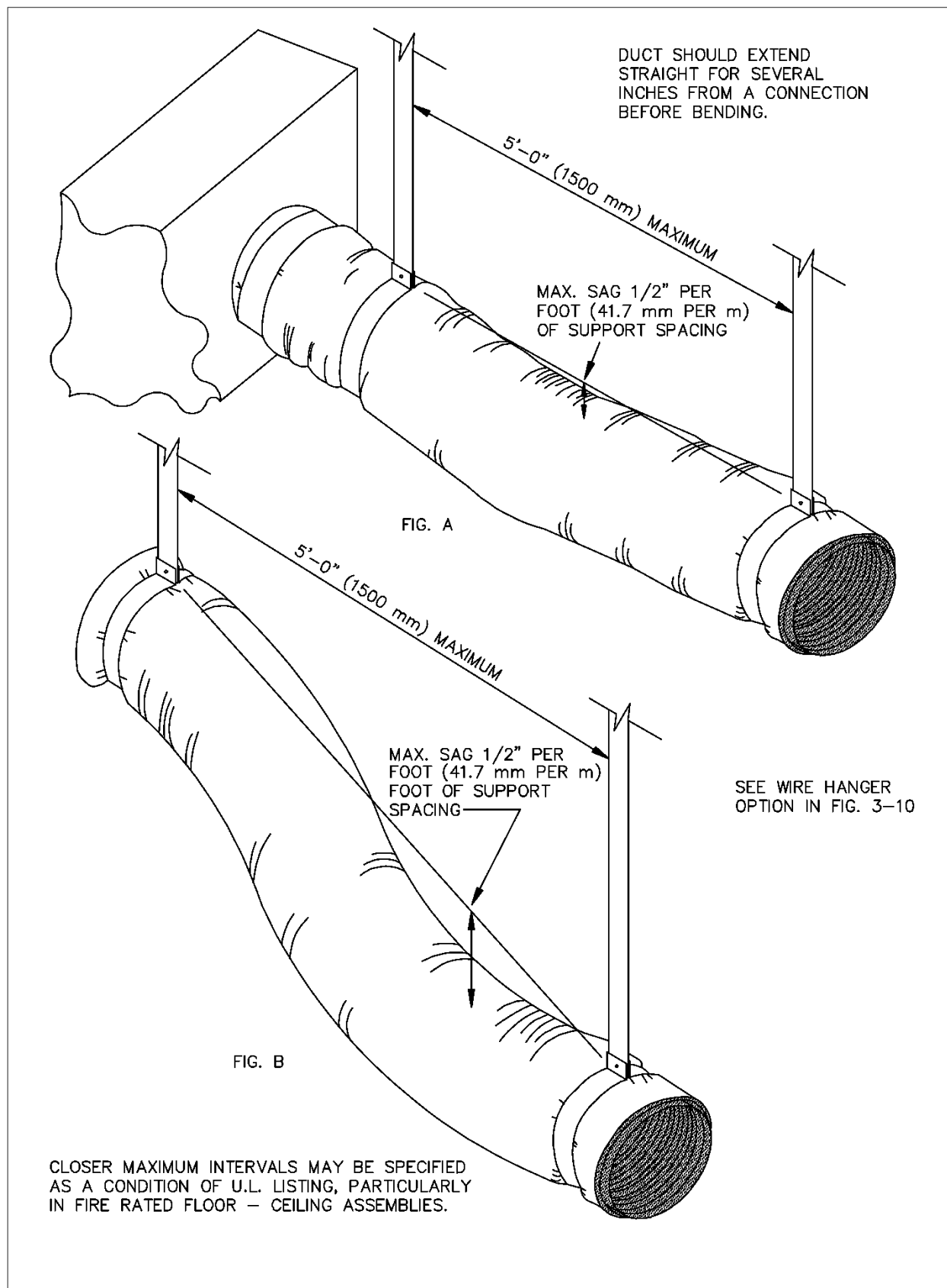
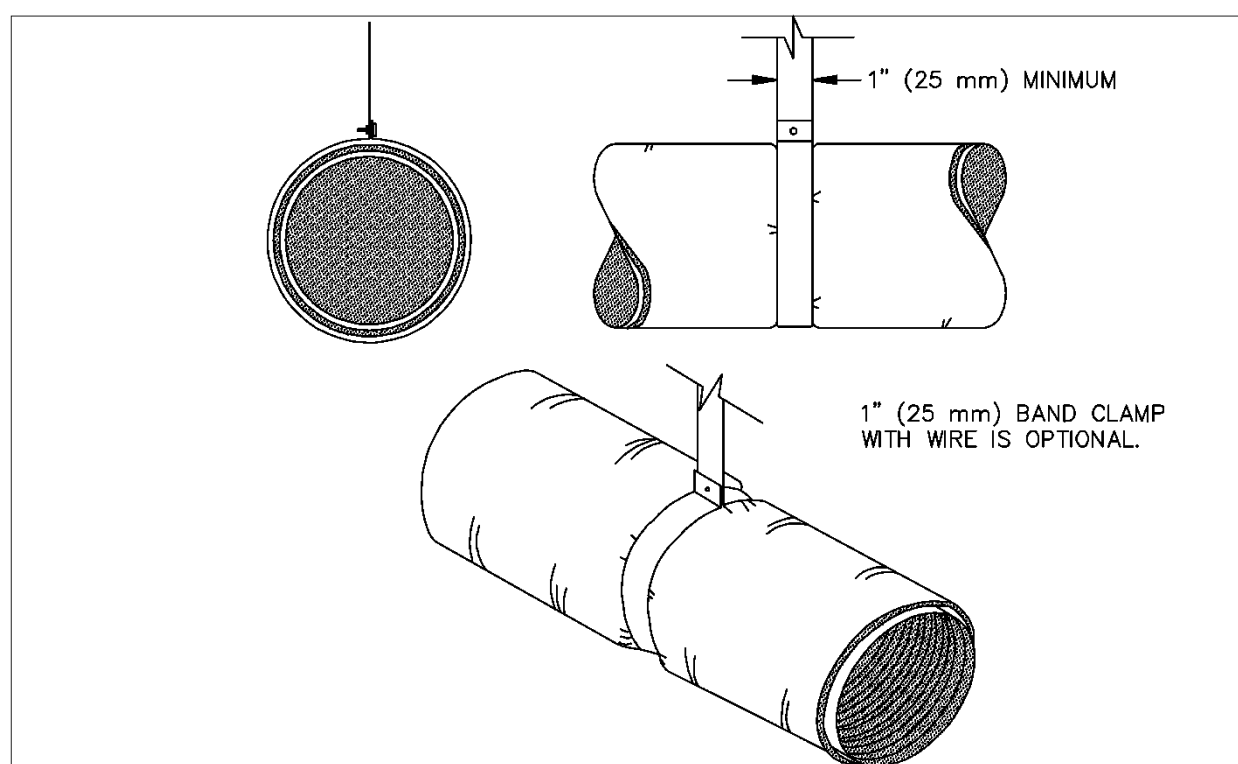


FIGURE 3-9 FLEXIBLE DUCT SUPPORTS



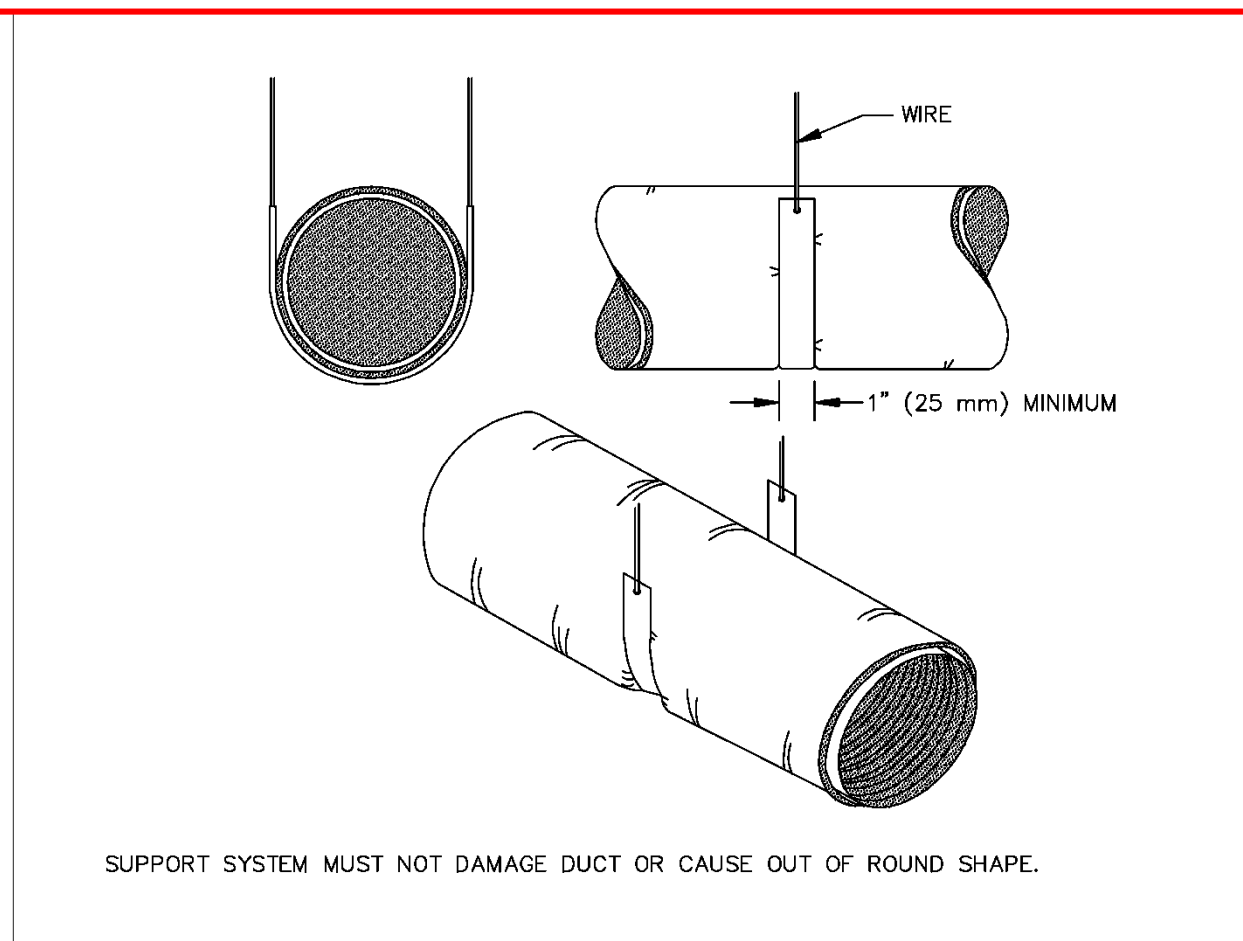


FIGURE 3-10 FLEXIBLE DUCT SUPPORTS

Characteristics of flexible duct

2.1 Description

Flexible ducts usually are packaged in compressed form in a variety of lengths with plain ends or as assemblies with special end fittings attached to either or both ends. Diameters generally range from 2" [50 mm] through 12" [300 mm] in 1 in. [25 mm] increments and 14" [350 mm] through 22" [560 mm] in 2 in. [50 mm] increments. Most flexible ducts are slightly over-sized in diameter to fit over standard sheet metal fittings (see "Dimensions and Tolerances" in Section 3.5).

2.2 Typical Styles

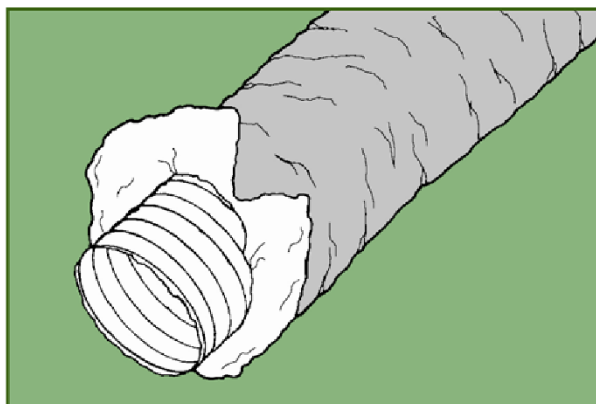


Figure 1 Style NM-IL - Nonmetallic, Insulated, Lined (Non porous Inner Core)

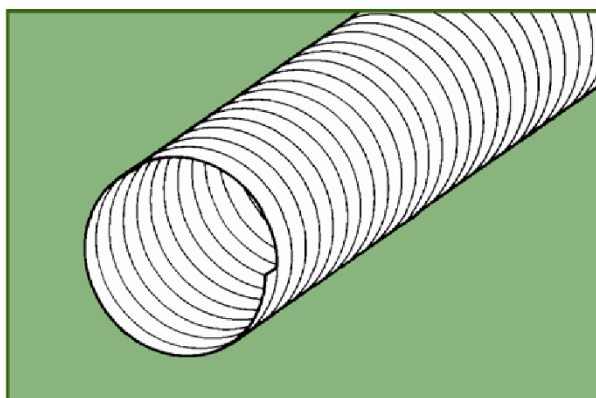


Figure 2 Style NM-UN Nonmetallic, Uninsulated

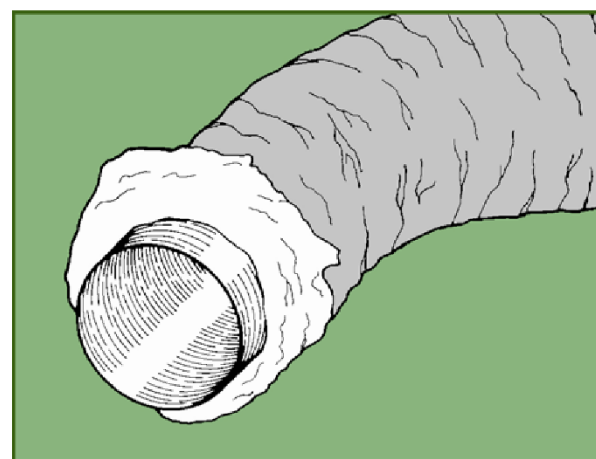


Figure 3 Style M-I - Metallic, Insulated

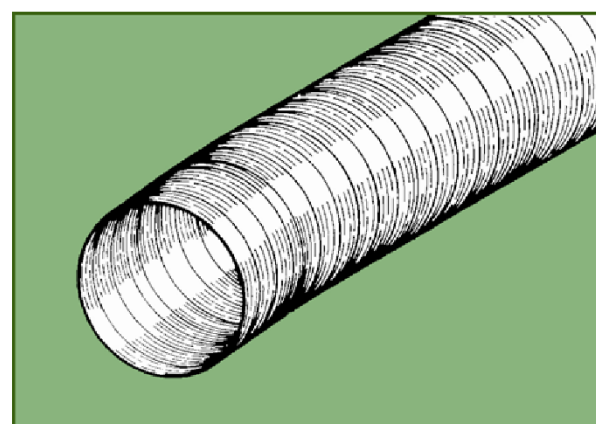


Figure 4 Style M-UN - Metallic, Uninsulated

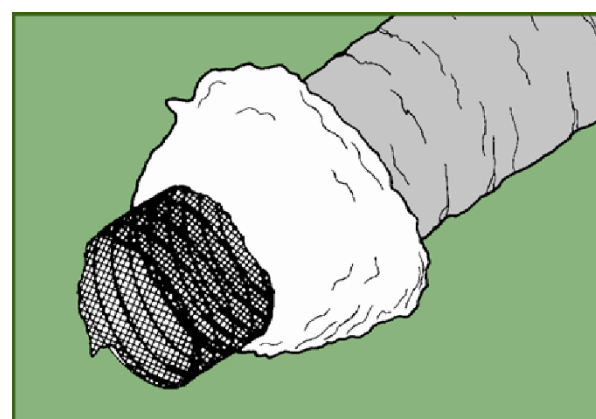


Figure 5 Style NM-IP - Nonmetallic Insulated,

Duct Leakage Test

إختبار التسرب من الدكت

- بعد الإنتهاء من أعمال التركيبات للصاج و قبل البدء في أعمال العزل للصاج يتم عمل إختبار Duct leakage test .
- وجود تسريب كميات من الهواء يُفقد الهواء طاقته التبريدية.
- لإجراء إختبار تسريب الهواء بالشكل الأمثل يجب إتباع التعليمات الموضحة في المرجع HVAC air duct leakage test manual .
- **تتم الإختبارات بإحدى الطرق الثلاث الآتية:**

Smoke Test الدخان



١. يتم تقفيل جميع مخارج الهواء بالدكت أو عدم التفتيح لأماكن مخارج الهواء إلا بعد الإختبار .
٢. يتم عمل فتحة خروج للدخان في آخر نقطة للدكت.
٣. يتم إستخدام جهاز أو ماكينة تقوم بإصدار دخان.
٤. يتم تسليط الدخان إلى داخل الدكت.
٥. إذا كان الدكت طويل يتم إستخدام blower حتى يصل الدخان إلى كامل الدكت.
٦. يتم ملاحظة وجود تسريب للدكت (يتم المرور على جميع الوصلات ما بين علب الصاج و ملاحظة تسريب دخان من عدمه).
٧. يوجد سماحية للتسريب من ٢ إلى ٥ % فإذا كان التسريب بسيط يتم المعالجة بمادة duct sealant السيلكون السائل، وإذا كان التسريب كبير يتم فك الوصلات و إعادة تركيبها مرة أخرى و يُعاد الإختبار مرة أخرى.
٨. إختبار الدخان للدكت (غير إلزامي) إذا كان الضغط العامل أقل من ٣ " .

Light Test الضوء



- هذه الإختبار يتم في المساء (الظلام).
- يتم إغلاق جميع الفتحات الموجودة بالدكت.
- يتم تجهيز كشاف قوي قدره ١٠٠٠ وات أو أكثر من كشاف.
- يتم تسليط الضوء داخل الدكت.
- يتم التأكيد على وصول الضوء إلى آخر نقطة بالدكت و يُمكن تحريك الكشاف داخل الدكت الرأسى.
- يتم مراجعة كافة الوصلات بين علب الصاج.
- في حالة وجود تسريب للضوء صغير تتم المعالجة بالسيلكون و في حالة وجود تسريب للضوء كبير يتم الفك و التركيب مرة أخرى و يتم إعادة الإختبار.
- هذا الإختبار غير مُكلف و لكن من عيوبه أنه يتم في المساء.
- من عيوبه أيضاً أنه يلزم الصعود على سقالة لرؤية الدكت من أعلى .

Pressure Test الضغط



- يتم تجهيز جهاز pressure test (جهاز متكامل من مروحة وعداد قياس ضغط وخلافه).
- يتم تقسيم الدكت إلى zones حسب إستطاعة جهاز الضغط بحيث تكون مساحة الدكت المُقاس ضمن مجال الـ cfm للجهاز.
- يتم غلق كل الفتحات فى الدكت فيما عدا فتحة واحدة دائرية لعملية الضغط.
- نقوم بعملية الضغط من الجهاز مع ملاحظة عدم رفع ضغط الهواء داخل الدكت عن الضغط المسموح.
- يتم مراقبة عداد الضغط و في حالة إنخفاض الضغط يكون دلالة على وجود تسريب يتم البحث عن مكانه و معالجته.

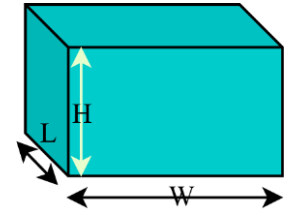
وزن الدكت Duct Weight

- لو حضرتك المصمم و مطلوب منك تحديد وزن الصاج بالطن المستخدم بالمشروع في مقايضة الأعمال BOQ و بعد التركيبات مطلوب منك حصر كميات الصاج التي تم تركيبها لمحاسبة مقاول التركيبات.
- **يتم حساب وزن الصاج من المعادلة الآتية :**

$$Weight = 2 * (W + H) * L * t * \rho$$

W : duct width H : duct height L : duct length t : duct thickness

ρ : density = 7850 kg/m³ (density for galvanized steel).



OR

$$Weight = 0.4 * (W + H) * L * t$$

W & H are in inches :: L & T are in meters

- يتم حساب وزن كل علبه صاج على حده ثم التجميع للحصول على الوزن الكلي، و طبعا إستخدام المعادلة هيكلف وقت لذلك يتم إستخدام Excel Sheets في الحسابات أو برامج أخرى .
- بالنسبة للإكسسوارات أو الوصلات الخاصة بالدكت مثل Splitter , take off , reducer and elbow . هناك إختلاف على طريقة حساب وزنها لذلك الأفضل يتم الاتفاق ما بين المقاول و الإستشاري قبل التركيبات.
- في بعض المشاريع و خاصة المشاريع الكبرى يتم وزن الصاج على ميزان بسكول قبل العمل به و بحضور المقاول و المنوب عن الإستشاري و يتم المحاسبة على ذلك.



الـ Reducer يُحسب مع المقاس الكبير

الكوع يُحسب ١,٦ م من الطول

- هذه فروض سابقة لحساب وزن الكوع و المسلوب و ليست كود.
- بعد حساب الوزن نزود نسبة ١٠ إلى ٢٠ % من الوزن أو على حسب الإتفاق بين المقاول و الإستشاري.

وزن العزل Insulation Weight

- يتم حساب وزن العزل من المعادلة التالية :

$$Insulation\ area\ (m^2) = 0.05 * (W + H) * L$$

$$\frac{\text{مساحة العزل}}{\text{مساحة اللفة الواحدة}} = \text{عدد لفات العزل المستخدمة}$$

- مساحة اللفة الواحدة = ٢٤ م (لفة العزل يكون طولها ٢٠ م و إرتفاعها ١,٢ م).

$$\frac{\text{عدد لفات العزل}}{\text{وزن الصاج بالطن}} = 6 : 7.5 \text{ لفة لكل طن}$$

- من خلال المعادلة السابقة يُمكن عمل CHECK على الحسابات و على المقاول بالموقع .

Static Pressure Calculation

حساب الضغط الاستاتيكي للمروحة

- الضغط الاستاتيكي للمروحة هو الضغط المطلوب منها لتوصيل الهواء إلى أبعد نقطة في أبعد مسار Longest duct و اللازم للتغلب على مجموع المفايد في الضغط .

المفايد في الضغط تنقسم إلى :

1. المفايد في الدكت نفسه Major Losses or Primary losses (Duct losses)
2. المفايد خلال الإكسسوارات و الوصلات بالدكت Local losses or Secondary losses
- Fittings [Reducers, Elbows,...] (a)
- Dampers [VD, FD, ...] (b)
- Air outlets (c)

خطوات حساب الضغط الاستاتيكي:

1. يتم تحديد أطول مسار بداية من المروحة إلى أبعد مخرج هواء من المروحة (يتم تحديد من الرسم CAD).
2. يتم حساب قيمة الـ primary losses و هو الفقد في الضغط الاستاتيكي لكل وحدة طول $\Delta L / P$ من أبعد مسار $0.1/100 =$ طول أبعد مسار ft
هذه القيمة فرض إن كل 100 قدم يحدث فقد في الضغط قيمته 0.1 Ft .
3. يتم حساب الـ Secondary losses و هي تعبر عن قيمة الفقد في الضغط خلال الـ Fittings يعني خلال المساليب و الأنواع و الـ dampers و و نعبر عنها بما يُسمى الطول المكافئ equivalent length .
- لحساب الفقد في الضغط أو الطول المكافئ له لأي Fittings يتم استخدام برنامج Ashrae duct fittings database أو يمكن الاستعانة بالفروض الآتية :

1. Equivalent length of Take off = 5 Ft
2. Equivalent length of elbow = 10 Ft
3. Equivalent length of reducer = 15 Ft
4. Equivalent length of branches = 20:25 Ft

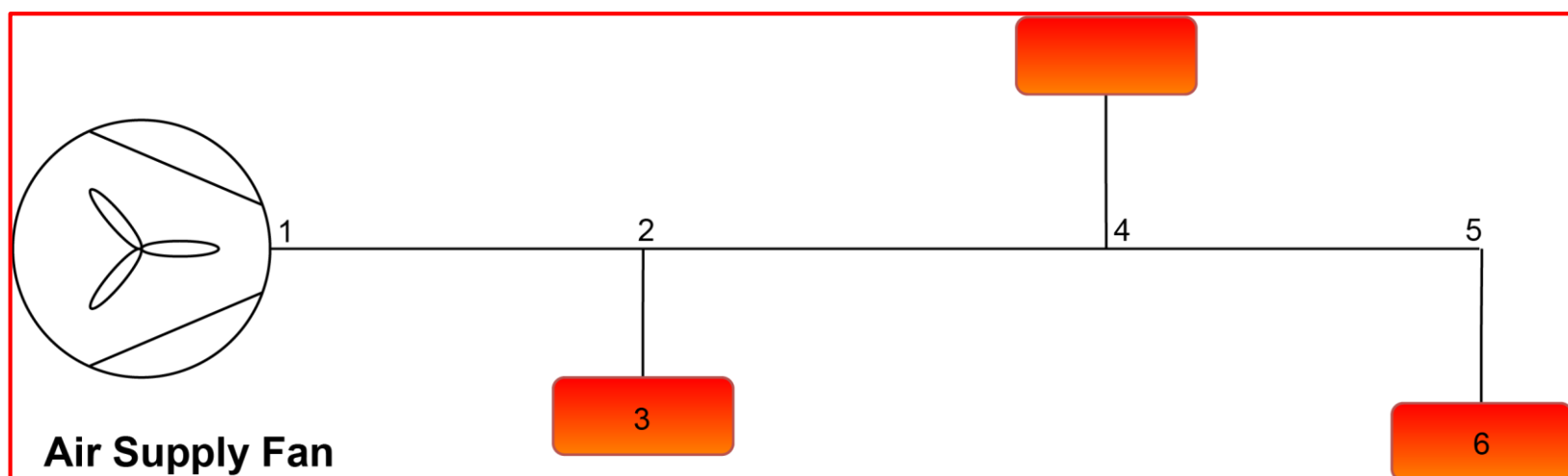
الفروض هذه للتسهيل و الأفضل استخدام البرنامج.

- الفقد في الضغط خلال الـ volume damper يتم الحصول عليه من الكتالوج.
- الفقد في الضغط خلال الـ fire damper يتم الحصول عليه من الكتالوج.
- الفقد في الضغط خلال الـ air outlet يتم الحصول عليه من الكتالوج.
- في حالة حساب الـ static pressure لمروحة الـ AHU يجب أن يؤخذ في الاعتبار الفقد في الضغط خلال

1. Cooling coil
2. Heating coil
3. Filters

- يتم جمع كل من الـ Secondary and Major losses للحصول على قيمة الـ external static pressure للمروحة ثم
- نضرب في معامل أمان 1.25 .
- وحدة قياس الـ ESP هي In w.g (inch water gauge) .

ESP = (Longest duct run length + total equivalent length of fittings) * (0.1/100) + (pressure drop through volume damper & fire damper & air outlet) = معامل امان 1.25 * in W.G



- أطول مسار هو من النقطة 1 إلى 6 .
- خلال هذا المسار يوجد عدد 2 take off عند النقطة 2 ، 4 و يوجد عدد 2 reducer و يوجد elbow عند النقطة 6 .
- الأفضل استخدام البرامج المخصصة لحساب ESP مثل Elite duct sizer , Ahrae , Varitrane duct designer .

الباب السادس

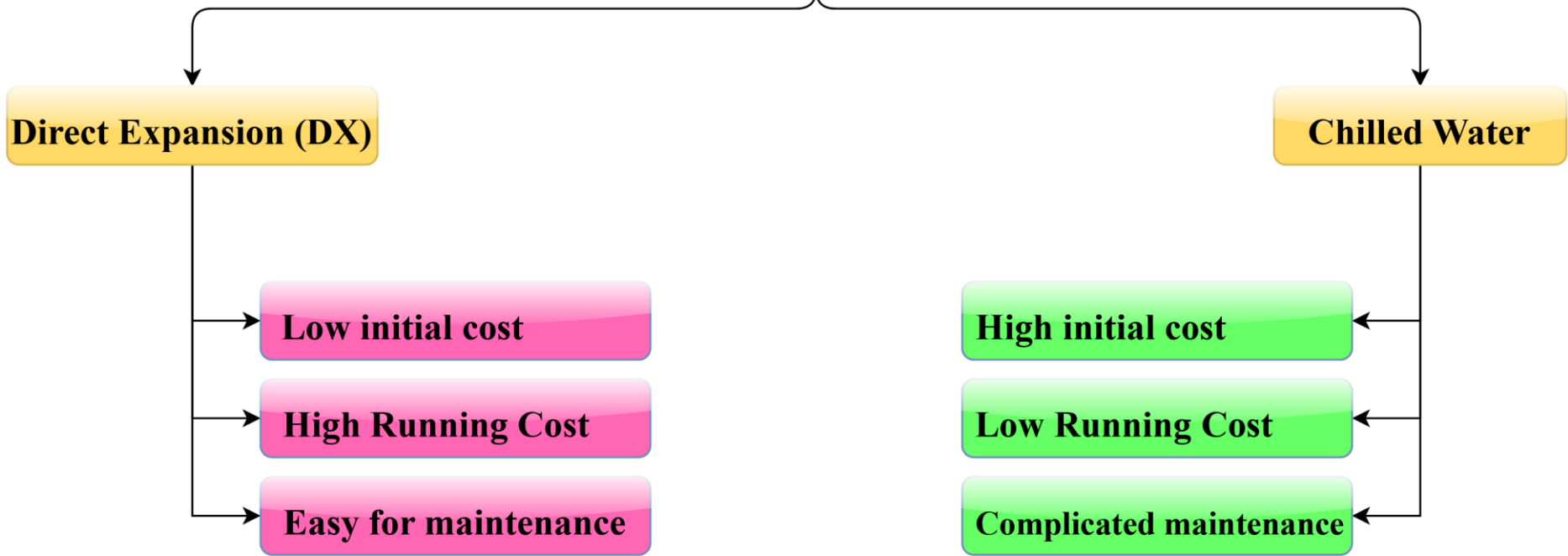
نظام المياه المُثلجة Chilled Water System



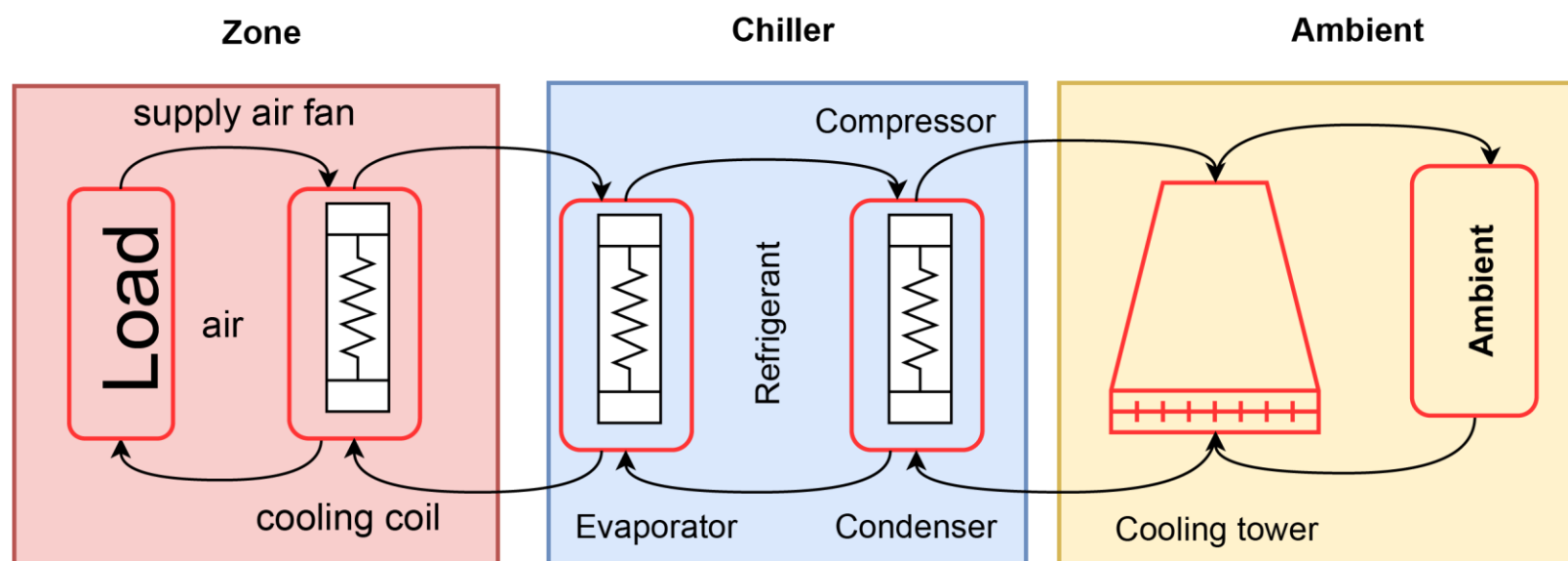
Prepared & Written by

Mohamed Ahmed EL Mozey

MEP Engineer

Chilled Water System**نظام المياه المُثلجة****HVAC Systems**

- نظام الـ DX يتم تبريد الهواء عن طريق الفريون مباشرة أما نظام Chilled water يتم تبريد الهواء بالغرفة عن طريق مياه مُبردة مُسبقاً في الـ chiller عن طريق الفريون.
- نظام الـ DX يُستخدم في الأماكن التي لها حمل حراري صغير حيث أن هذا النظام له سعة تبريدية محدودة أما نظام الـ Chilled يُستخدم في الأماكن التي لها حمل حراري كبير و السعة التبريدية له غير محدودة.
- نظام الـ DX تكاليف التركيب والتشغيل له صغيرة بالمقارنة مع تكاليف التركيب والتشغيل لنظام الـ Chilled water.
- نظام الـ Chilled water العمر الافتراضي له كبير قد يصل إلى ٣٠ عاماً أما نظام الـ DX قد تحتاج إلى تغييره بعد فترة.
- الـ running cost لنظام الـ Chilled منخفضة حيث أنه نظام موفر للطاقة بالمقارنة مع نظام الـ DX والذي يحتوي على أكثر من compressor و غير موفر للطاقة.
- الشكل الجمالي للمبنى أفضل في حالة استخدام نظام Chilled بالمقارنة مع نظام نظام الـ DX حيث نستخدم وحدات خارجية تشبه الشكل الجمالي لواجهة المبنى.
- نظام الـ DX سهل عند إجراء أعمال الصيانة له أما نظام الـ Chilled مُعقد في أعمال الصيانة ويحتاج إلى متخصصين.

Chilled Water System**نظام المياه المُثلجة (التكييف المركزي)**

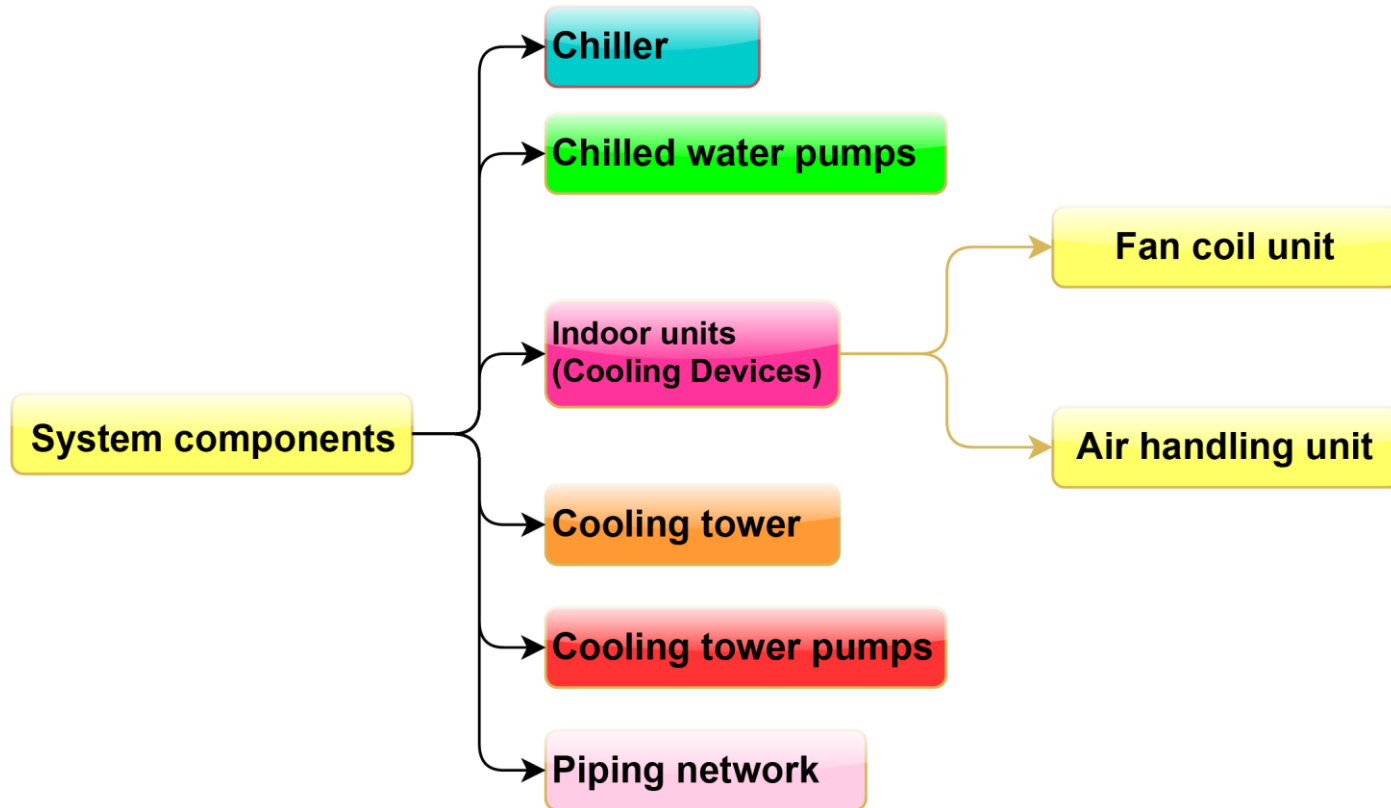
- في كل space أو zone بالمشروع يتم وضع Cooling coil يمر بها مياه مُبردة تعمل على إزالة الحمل الحراري load من الـ zone باستخدام Supply air fan.
- هذه المياه المُبردة تم تبريدها في evaporator موجود في Chiller ويمر به وسيط تبريد refrigerant (فريون) ثم يتم تبريد الفريون في المُكثف condenser عن طريق water يأتي من cooling tower عن طريق condenser pump أو يتم تبريد الفريون في المُكثف عن طريق الهواء.
- يتم تبريد المياه في الـ cooling tower عن طريق الهواء الخارجي الـ ambient.

- في نظام الـ Chilled water تم استخدام الماء كوسيط تبريد للهواء، ثم استخدام الفريون refrigerant كوسيط تبريد للمياه chilled water ، ثم استخدام الهواء الخارجي Ambient كوسيلة تبريد للمياه في الـ cooling tower .

System Components

مكونات النظام

يتكون النظام من الآتي:



Chiller

- التشيلر هو الجزء الرئيسي في النظام وهو المسئول عن تبريد المياه.
- يتم تصنيف الـ Chiller طبقاً لطريقة تبريد المكثف إلى:
 1. Water cooled chiller
 2. Air cooled chiller
- يتم تصنيف الـ Chiller أيضاً طبقاً لنوع الـ Compressor إلى:
 1. Reciprocating chiller
 2. Centrifugal chiller
 3. Screw or Rotary chiller
 4. Scroll chiller
- يوجد نوع خاص من الـ Chiller يُسمى Absorbent Chiller.
- أشهر الشركات المُصنعة للـ Chiller
 1. Carrier
 2. York
 3. Trane
 4. Daikin
 5. Hitachi

Water Cooled Chiller	Air cooled chiller
• يتم تبريد المكثف عن طريق المياه باستخدام برج تبريد. • هذا النوع unlimited (احمال متنوعة). • حجمه صغير. • يُمكن وضعه في أي مكان مع توفير مصدر مياه. • يستهلك طاقة أقل. • كفاءته أعلى. • سعره مرتفع. • صيانتُه مُعقدة.	• يتم تبريد المكثف عن طريق الهواء باستخدام مراوح. • هذا النوع limited (أقصى حمل له 500TR). • حجمه كبير بسبب المراوح. • يلزم وضعه على السطح أو في مساحة مفتوحة. • يستهلك طاقة كهربائية عالية. • كفاءته منخفضة. • سعره منخفض. • صيانتُه بسيطة.

- **Reciprocating chiller**

- **Advantages**

1. Low initial cost.
2. Have a higher condensing temperature.
3. More suited for applicant where air cooled condenser.
4. Suitable till 200 TR مناسب للإختيار حتى ٢٠٠ طن تبريدي

- **Disadvantages**

1. High noise.
2. High vibration
3. Need high level of maintenance



Reciprocating chillers have more moving parts than other chiller types.

- **Rotary or Screw chillers**

- **Advantages**

1. Available in capacities ranging from 20 to 200 TR.
2. More efficient than reciprocating chillers.
3. Less efficient than centrifugal chillers
4. Small size and light weight.
5. Less vibration.

- **Disadvantages**

1. High initial cost (for small cooling loads).
2. Screw chillers are the most expensive.
3. The lubricating oil system is complex and consumes a lot of oil.



- **Centrifugal chillers**

- **Advantages**

1. Available in capacities ranging from 90 to 1000 TR.
2. Centrifugal chillers cost lower than screw chillers by 10 : 15 % @ the same operation conditions.
3. Centrifugal chillers are the most efficient at peak load.

- **Disadvantages**

1. High requirements for water quality. ...
2. The cost is high, many parts, vulnerable parts, high maintenance costs.
3. Low compression ratio and small single cooling capacity.
4. Poor adjustment performance under a partial load of a single head, no stepless adjustment.
5. Large weight index of unit refrigerating capacity.



- **Scroll chillers**

- **Advantages**

1. Simple structure, few parts, few wearing parts, and long life.
2. It is a stable, low load operation without “surge” phenomenon.
3. The compression ratio and EER value are high.
4. Stepless regulation in the range of 10%~100%, high efficiency under partial load and power saving.
5. Insensitive to wet stroke.



○ Disadvantages

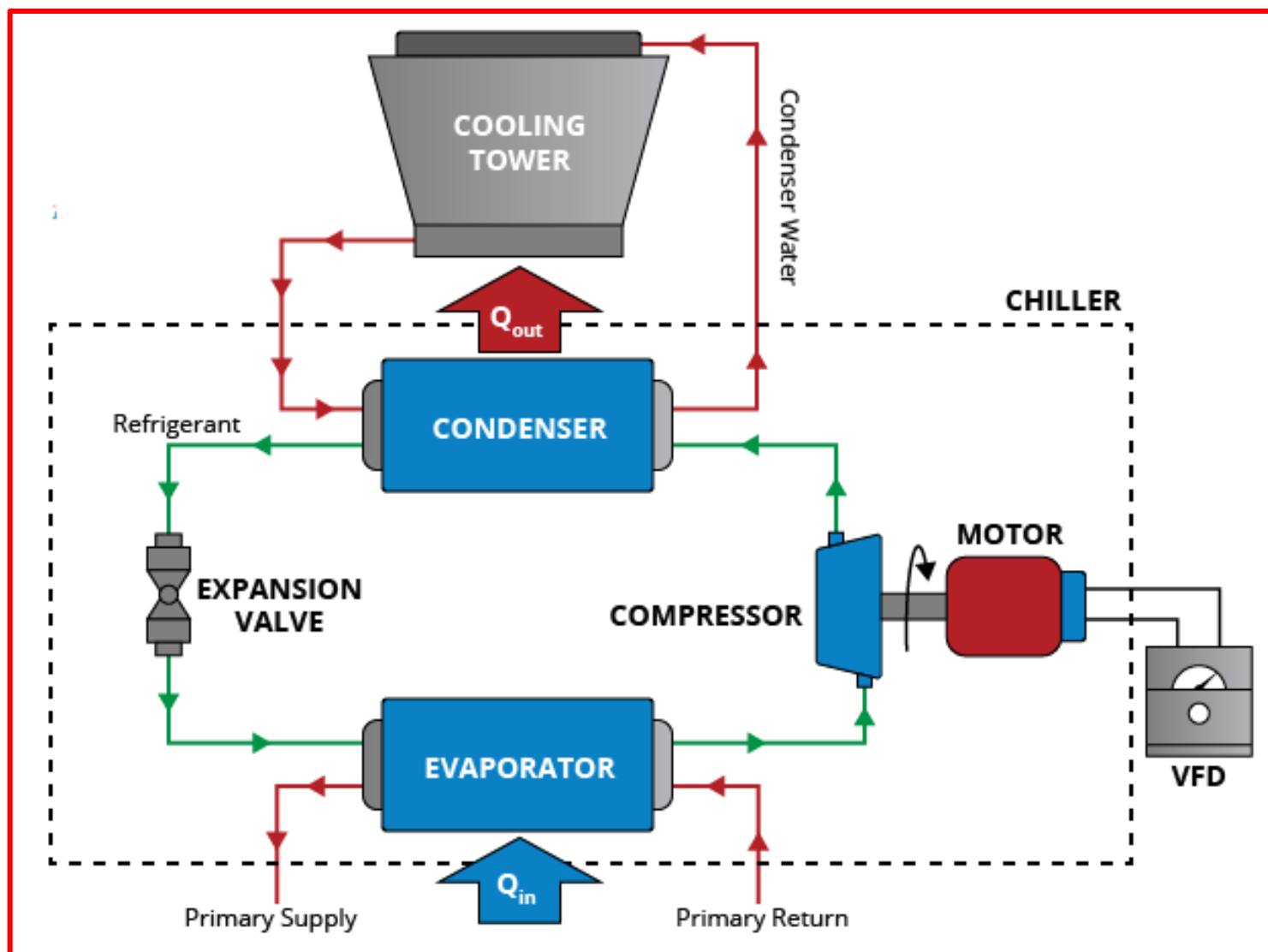
1. The price is higher than the piston water chiller. Single capacity than centrifugal water chiller small, low speed than centrifugal water chiller also.
2. The lubricating oil system is complex and consumes a lot of oil.
3. Large capacity unit noise than centrifugal water chiller high.
4. High machining and assembly accuracy are required.

Chiller components

مكونات التشيلر

The main chiller components are the Compressor, Condenser, Evaporator, Expansion Valve, Power Panel, Controls unit and the Water Box.

Chillers can be found in most medium to large buildings and will produce the chilled water that is used to provide air conditioning. There are many different types of chillers but essentially they all have the same main components.



- يتكون الـ Chiller من دائرة تبريد عادية Compressor, Condenser, Evaporator, Expansion Valve, Power Panel, Controls unit and the Water Box.
- تدخل المياه إلى المُبخر و هو من النوع shell and tube بدرجة حرارة 12 °C و تخرج منه مياه مُبردة بدرجة حرارة 6 °C غالباً.
- في النوع water cooled chiller يوجد دائرة مياه أخرى حيث تدخل المياه إلى المُكثف لتعمل على تبريده.
- غالباً الـ Chiller سيكون أكثر من دائرة تبريد وكل دائرة ممكن أن تحتوي على أكثر من compressor لذلك الـ Chiller يعمل على part load.
- كل chiller له Microcomputer control على حسب الشركة المُصنعة و هو عبارة عن software متحكم في التشغيل و يُعطي إنذار عند حدوث عطل بالـ Chiller مثل (ارتفاع أو انخفاض ضغط الفريون، نقص في زيت الكباس، نقص أو تجمد المياه،) وذلك عن طريق حساسات sensors و يُمكن من خلال شاشة لوحة التحكم control panel تحديد نوع العطل.
- يُمكن التحكم في درجة حرارة المياه عن طريق solenoid valve يعمل على منع دخول السائل إلى المُبخر إلا في حالة ما يكون أحد الكباسات compressor يعمل في الدائرة.

➤ Chillers types



Steam Based



Hot Water Based



Natural gas Based



Solar Energy Based



Waste Heat Based

• Water cooled chiller & Air cooled chiller



Water cooled chiller



Air cooled chiller

Design of chilled water system

Design requirements:

1. GPM (Flow rate).
2. Pipe size
3. Pressure drop of pump

1. GPM (chiller flow rate or pump flow rate).

- هي كمية المياه المُبردة المارة بالمواسير من الـ **Chiller**
- **E.C.W.T** : Entering Chilled Water temperature = 54 °F = 12 °C (for Egypt)
درجة الحرارة الداخلة إلى الـ **Chiller**
- **L.C.W.T** : Leaving Chilled Water Temperature = 44 °F = 6 °C
درجة الحرارة الخارجة من الـ **Chiller**
- **ΔT** = Temperature difference

- فرق درجات الحرارة للمياه ما بين الدخول والخروج من الـ **Chiller**

$$\Delta T = ECWT - LCWT = 10 \text{ }^{\circ}\text{F or } 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q = m^0 C_p \Delta T \quad \text{من العلاقة}$$

$$m^0 \rightarrow \text{water flow rate} \quad Q \rightarrow \text{load} \quad C_p \rightarrow \text{heat transfer coefficient}$$

نحصل على GPM

$$GPM = \frac{TR * 24}{\Delta T} \quad \text{OR} \quad GPM = \frac{BTU/hr}{500 \Delta T}$$

- In EGYPT 1 TR = 2.4 GPM @ $\Delta T = 10^\circ F$
- IN GULF دول الخليج 1 TR = 1.9 GPM @ $\Delta T = 12^\circ F$

بمعنى أن كل ١ طن تبريدي يحتاج إلى ٢,٤ جالون (كمية ماء) عند $\Delta T = 10^\circ F$

2. Pipe size (Chilled water piping design)

- بعد حساب الحمل التبريدي لكل space بالمشروع بـ TR.
- يتم رسم شبكة المياه المبردة من الطلمبات و حتى آخر جهاز تكييف بالنظام سواء كان FCU or AHU ثم الرجوع إلى المضخات.
- يتم تحديد الـ GPM داخل المواسير على إعتبار أن كل ١ طن تبريدي يحتاج إلى 2.4 GPM و أن $\Delta T = 10^\circ F$.
- يتم تحديد أقطار جميع المواسير، يوجد عدة عوامل يجب أن تؤخذ في الإعتبار لحساب أقطار المواسير.

١. سرعة المياه داخل المواسير

يُراعى أن تكون سرعة المياه داخل المواسير مناسبة و هي تتراوح ما بين 2:10 Ft/S و السرعة المناسبة 5 Ft/S .

٢. الفقد في الضغط خلال المواسير Pressure Drop

يُراعى ألا يزيد الفقد في الضغط عن 10 ft / 100 ft و القيمة المناسبة هي 4 ft / 100 ft .

٣. مادة المواسير pipe material

المواسير المُستخدمة في شبكة المياه المُبردة يُمكن أن تكون

Galvanized steel (a)

Seamless black steel (b) و هو الأكثر شيوعاً

٤. Chilled water cycle is closed دائرة التبريد دائرة مغلقة

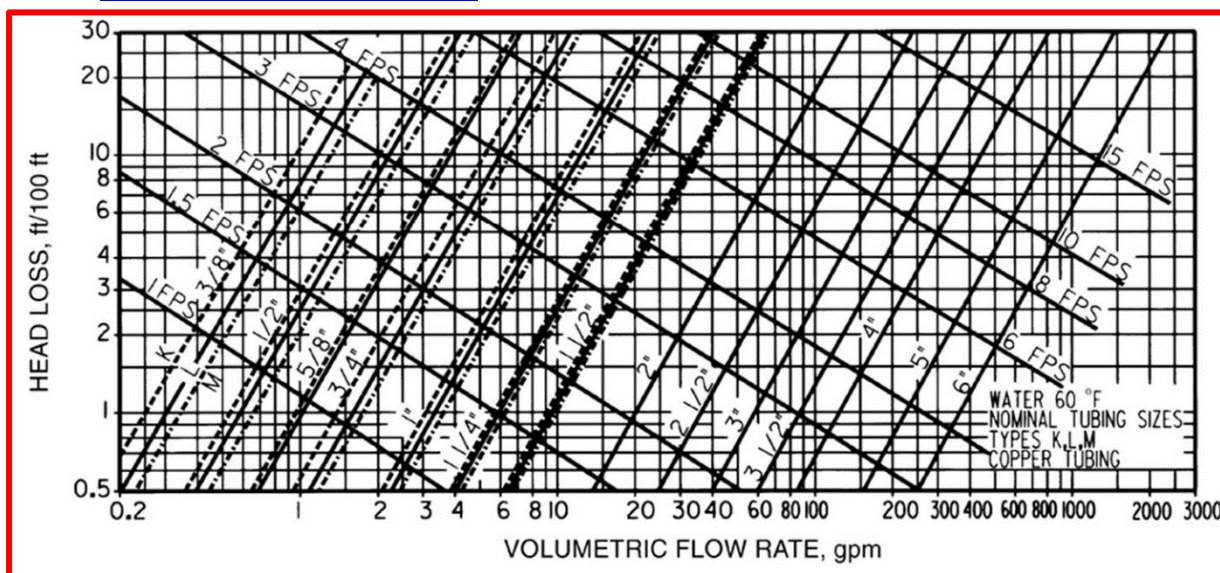
Summary:

1. Water capacity through pipes = 5 ft / sec
2. Pressure drop through pipes = 4 ft / 100 ft.
3. Pipe material $\Rightarrow$ seamless black steel
4. Chilled water cycle is closed

يُمكن تحديد أقطار المواسير بإحدى الطرق الآتية:

1. Friction chart
2. Friction table
3. Pipe sizer software
4. Pipe flow wizard software

1. Friction chart الخريطة



- الخطوط الرأسية تمثل الفقد في الضغط.
- الخطوط الأفقية تمثل الـ gpm.
- الخطوط المائلة من اليمين للشمال تمثل قطر الماسورة diameter.
- الخطوط المائلة من الشمال لليمين تمثل السرعة Velocity.
- ندخل الخريطة بمعلومية الـ gpm نرسم خط أفقي مستقيم إلى أن يقطع خط السرعة 5 Ft/sec في نقطة و منها يتم تحديد القطر و ننزل رأسي لمعرفة الفقد في الضغط و يُراعى ألا يزيد عن 4 Ft/100 ft و إذا كانت النقطة تقع ما بين قطرين نأخذ القطر الأكبر.

Example:

$$GPM = 33.6 \Rightarrow d = 1 \frac{1}{2} " \Rightarrow F = 6 \text{ ft/100ft}$$

2. Friction table الجداول

هي الطريقة الأسهل والأسرع والشائعة الإستخدام هي الجدول وهو مبني على الخريطة

Friction Loss - Schedule 40 Pipe

For Water at 60°F per 100 Feet of Pipe

Pipe Size	¾"			1"			1-1/4"			1-1/2"			2"			2-1/2"		
U.S. gpm	Velocity	Head Loss Ft		Velocity	Head loss Feet		Velocity	Head loss Feet		Velocity	Head loss Feet		Velocity	Head loss Feet		Velocity	Head loss Feet	
	Feet Per Sec.	Steel	Plastic	Ft Per Sec.	Steel	Plastic	Ft Per Sec.	Steel	Plastic	Ft Per Sec.	Steel	Plastic	Ft Per Sec.	Steel	Plastic	Ft Per Sec.	Steel	Plastic
2	1.20	1.93	1.04	0.80	0.60	0.32												
4	2.40	6.94	3.74	1.50	2.14	1.16	0.86	0.56	0.30	0.63	0.20	0.11						
6	3.60	14.70	7.95	2.20	4.54	2.45	1.29	0.85	0.46	0.95	0.56	0.31	0.57	0.17	0.09			
8	4.80	25.00	13.50	3.00	7.78	4.20	1.72	1.20	0.65	1.26	0.96	0.52	0.77	0.28	0.15	0.54	0.12	0.06
10	6.00	37.80	20.40	3.70	11.70	6.32	2.15	2.04	1.10	1.58	1.45	0.78	0.96	0.43	0.23	0.67	0.18	0.10
12	7.20	53.00	28.60	4.50	16.40	8.86	2.57	3.08	1.66	1.89	2.04	1.10	1.15	0.60	0.33	0.80	0.25	0.14
15	9.00	80.00	43.30	5.60	24.80	13.39	3.17	6.54	3.53	2.37	3.09	1.67	1.53	1.03	0.56	0.98	0.36	0.19
18	10.80	112.00	60.50	6.70	34.70	18.74	3.86	6.72	3.63	2.84	4.31	2.33	1.72	1.28	0.69	1.21	0.54	0.29
20	12.00	136.00	73.50	7.40	42.10	22.73	4.29	9.13	4.93	3.15	5.24	2.83	1.91	1.55	0.84	1.34	0.65	0.35
25				9.30	63.60	34.34	5.36	11.10	5.99	3.80	7.30	3.94	2.55	2.73	1.47	1.63	0.92	0.50
30				11.10	89.20	48.17	6.43	16.80	9.07	4.72	11.00	5.94	2.87	3.29	1.78	2.01	1.39	0.75
35				13.00	119.00	64.26	7.51	23.50	12.69	5.51	14.70	7.94	3.35	4.37	2.36	2.35	1.84	0.99
40				14.90	152.00	82.08	8.58	31.20	16.85	6.30	18.30	9.88	3.82	5.60	3.02	2.68	2.36	1.27
45				16.70	189.00	102.06	9.64	50.20	27.11	7.03	23.20	12.53	4.30	6.96	3.76	3.02	2.93	1.58
50							10.70	60.40	32.62	7.87	23.40	12.64	4.78	8.46	4.57	3.35	3.56	1.92
55							11.80	72.55	39.18	8.66	34.00	18.36	5.26	10.10	5.45	3.69	4.24	2.29
60							12.90	84.70	45.74	9.44	39.60	21.38	5.74	11.90	6.43	4.02	4.99	2.69
65							13.95	99.35	53.65	10.23	45.90	24.79	6.21	13.70	7.40	4.36	5.79	3.13
70							15.00	114.00	61.56	11.02	53.00	28.62	6.69	15.80	8.53	4.69	6.64	3.59
75							16.10	129.00	69.66	11.80	60.00	32.40	7.17	17.90	9.67	5.03	7.55	4.08
80							17.20	144.00	77.76	12.59	68.00	36.72	7.65	20.20	10.91	5.36	8.50	4.59
85							18.25	161.50	87.21	13.38	75.00	40.50	8.13	22.60	12.20	5.70	9.51	5.14
90							19.30	179.00	96.66	14.71	84.00	45.36	8.61	25.10	13.55	6.03	10.60	5.72
95										14.95	93.00	50.22	9.08	27.70	14.96	6.37	11.70	6.32
100										15.74	102.00	55.08	9.56	30.50	16.47	6.70	12.80	6.91
110										17.31	122.00	65.88	10.50	36.40	19.66	7.37	15.30	8.26
120										18.89	143.00	77.22	11.50	42.70	23.06	8.04	18.00	9.72
130										20.46	166.00	89.64	12.40	49.60	26.78	8.71	20.90	11.29
140										22.04	190.00	102.60	13.40	56.90	30.73	9.38	23.90	12.91
150										23.60	218.00	117.72	14.30	64.70	34.94	10.00	27.30	14.74
160										25.20	245.00	132.30	15.30	72.80	39.31	10.70	30.70	16.58
170										26.80	275.00	148.50	16.30	81.40	43.96	11.40	34.30	18.52
180										28.40	305.00	164.70	17.20	90.50	48.87	12.10	38.10	20.57
190													18.20	100.00	54.00	12.70	42.10	22.73
200													19.10	110.00	59.40	13.40	46.30	25.00
220													21.00	131.00	70.74	14.70	55.30	29.86
240													22.90	154.00	83.16	16.10	66.40	35.86
260													24.90	179.00	96.66	17.40	75.30	40.66
280													26.80	205.00	110.70	18.80	86.30	46.60
300													28.70	233.00	125.82	20.10	98.10	52.97
320																20.92	103.00	55.62
340																22.22	116.00	62.64
360																23.53	123.00	66.42
380																24.84	142.00	76.68
400																26.80	167.00	90.18

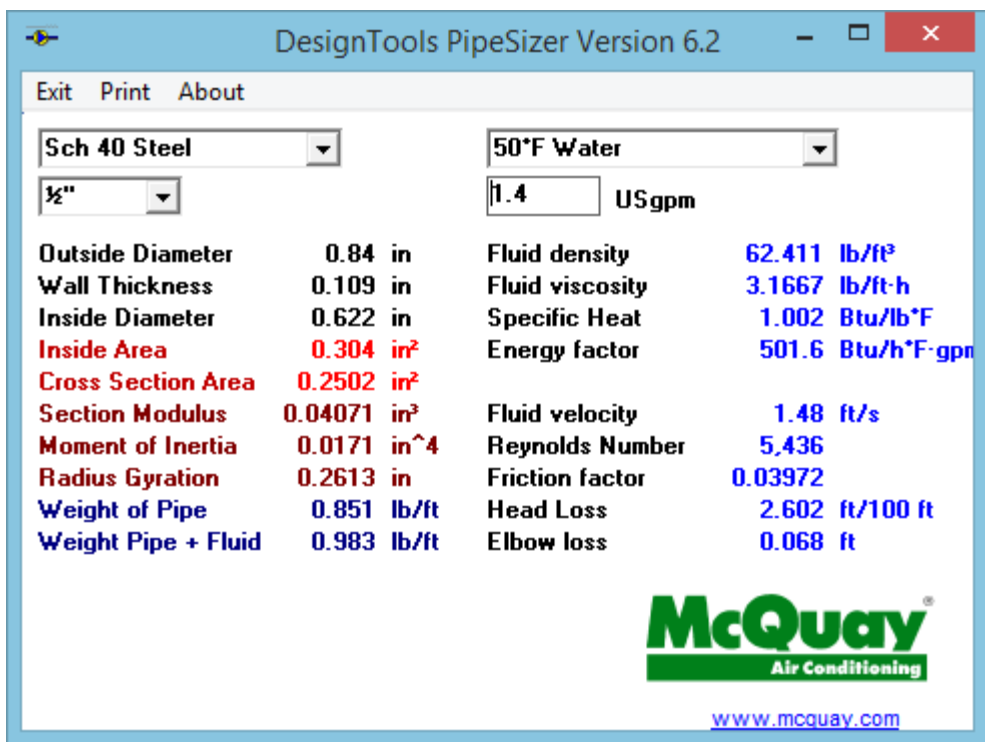
Pipe Size	3"			4"			6"			8"			10"			12"		
Gallons	Velocity	Head Loss Ft		Velocity	Head Loss Ft		Velocity	Head Loss Ft		Velocity	Head Loss Ft		Velocity	Head Loss Ft		Velocity	Head Loss Ft	
	Ft Per Sec.	Steel	Plastic	FT Per Sec.	Steel	Plastic	FT Per Sec.	Steel	Plastic	Ft Per Sec.	Steel	Plastic	Ft Per Sec.	Steel	Plastic	Ft Per Sec.	Steel	Plastic
45	1.95	1.02	0.55															
50	2.17	1.24	0.67															
55	2.39	1.47	0.79															
60	2.60	1.74	0.94															
65	2.82	2.01	1.09															
70	3.04	2.31	1.25	1.76	0.62	0.33												
75	3.25	2.62	1.41	1.91	0.73	0.39												
80	3.47	2.96	1.60	2.02	0.79	0.43												
85	3.69	3.31	1.79	2.17	0.91	0.49												
90	3.91	3.67	1.98	2.27	0.98	0.53												
95	4.12	4.06	2.19	2.42	1.12	0.60												
100	4.34	4.47	2.41	2.52	1.19	0.64												
110	4.77	5.33	2.88	2.77	1.42	0.77												
120	5.21	6.26	3.38	3.02	1.67	0.90												
130	5.64	7.26	3.92	3.28	1.93	1.04												
140	6.08	8.32	4.49	3.53	2.22	1.20	1.56	0.30	0.16									
150	6.51	9.48	5.12	3.78	2.53	1.37	1.70	0.36	0.19									
160	6.94	10.70	5.78	4.03	2.84	1.53	1.78	0.39	0.21									

170	7.71	13.30	7.18	4.29	3.18	1.72	1.92	0.45	0.24									
180	7.81	13.20	7.13	4.54	3.53	1.91	2.00	0.48	0.26									
190	8.63	15.50	8.37	4.79	3.90	2.11	2.16	0.55	0.30									
200	8.68	16.10	8.69	5.05	4.29	2.32	2.22	0.58	0.32									
220	9.55	19.20	10.37	5.55	5.12	2.76	2.44	0.70	0.38									
240	10.40	22.60	12.20	6.05	6.01	3.25	2.67	0.82	0.44									
260	11.30	26.20	14.15	6.55	6.97	3.76	2.89	0.95	0.51									
280	12.20	30.00	16.20	7.08	8.00	4.32	3.11	1.09	0.59	1.80	0.29	0.15						
300	13.00	34.10	18.41	7.57	9.09	4.91	3.33	1.24	0.67	1.92	0.32	0.18						
320	13.90	38.40	20.74	8.07	10.20	5.51	3.56	1.39	0.75	2.05	0.37	0.20						
340	14.80	43.00	23.22	8.58	11.50	6.21	3.78	1.56	0.84	2.18	0.41	0.22						
360	15.60	47.80	25.81	9.08	12.70	6.86	4.00	1.73	0.93	2.30	0.45	0.24						
380	16.50	52.80	28.51	9.59	14.10	7.61	4.22	1.92	1.04	2.43	0.50	0.27						
400	17.40	58.00	31.32	10.10	15.50	8.37	4.44	2.11	1.14	2.57	0.55	0.30	1.63	0.183	0.10			
450	20.40	78.00	42.12	11.49	19.00	10.26	5.00	2.62	1.41	2.88	0.69	0.37	1.83	0.228	0.12			
500	21.70	87.70	47.36	12.60	23.40	12.64	5.56	3.19	1.72	3.20	0.84	0.45	2.04	0.277	0.15			
550	23.90	105.00	56.70	13.90	27.90	15.07	6.11	3.80	2.05	3.52	1.00	0.54	2.24	0.330	0.18			
600	26.00	123.00	66.42	15.10	32.80	17.71	6.66	4.46	2.41	3.85	1.17	0.63	2.44	0.388	0.21			
650	28.20	143.00	77.22	16.40	38.00	20.52	7.22	5.17	2.79	4.17	1.36	0.73	2.64	0.450	0.24			
700				17.60	43.60	23.54	7.78	5.93	3.20	4.49	1.56	0.84	2.85	0.516	0.28			
750				18.90	49.50	26.73	8.34	6.74	3.64	4.81	1.77	0.96	3.06	0.590	0.32			
800				20.20	55.80	30.13	8.90	7.60	4.10	5.13	1.99	1.07	3.25	0.660	0.36			
850				21.40	62.40	33.70	9.45	8.50	4.59	5.45	2.23	1.20	3.47	0.750	0.41			
900				22.70	69.30	37.42	10.00	9.44	5.10	5.77	2.48	1.34	3.66	0.821	0.44	2.56	0.34	0.18
950				24.00	76.60	41.36	10.50	10.20	5.51	6.09	2.74	1.48	3.88	0.910	0.49	2.70	0.33	0.18
1000				25.20	84.30	45.52	11.10	11.50	6.21	6.41	3.02	1.63	4.07	0.998	0.54	2.84	0.41	0.22
1100				27.70	101.00	54.54	12.20	13.70	7.40	7.05	3.60	1.94	4.48	1.190	0.64	3.12	0.50	0.27
1200							13.30	16.10	8.69	7.69	4.23	2.28	4.89	1.400	0.76	3.41	0.58	0.31
1300							14.40	18.60	10.04	8.33	4.90	2.65	5.30	1.620	0.87	3.69	0.67	0.36
1400							15.60	21.40	11.56	8.97	5.62	3.03	5.70	1.86	1.00	3.98	0.77	0.42
1500							16.70	24.30	13.12	9.61	6.39	3.45	6.10	2.11	1.14	4.26	0.88	0.47
1600							17.80	27.40	14.80	10.30	7.20	3.89	6.51	2.38	1.29	4.55	0.99	0.53
1800							20.00	34.10	18.41	11.50	8.95	4.83	7.32	2.96	1.60	5.11	1.23	0.66
2000							22.20	41.40	22.36	12.80	10.90	5.89	8.14	3.60	1.94	5.68	1.50	0.81
2200							24.40	49.40	26.68	14.10	13.00	7.02	8.95	4.29	2.32	6.25	1.78	0.96
2400							26.70	58.00	31.32	15.40	15.20	8.21	9.76	5.04	2.72	6.81	2.10	1.13
2600										16.70	17.70	9.56	10.60	5.84	3.15	7.38	2.43	1.31
2800										18.00	20.30	10.96	11.40	6.70	3.62	7.95	2.78	1.50
3000										19.20	23.00	12.42	12.20	7.61	4.11	8.52	3.17	1.71
3200										20.80	26.80	14.47	13.00	8.58	4.63	9.10	3.51	1.90
3500										22.40	30.60	16.52	14.30	10.08	5.44	9.95	4.21	2.27
3800										24.00	34.90	18.85	15.51	13.40	7.24	10.80	4.90	2.65
4200										27.20	44.00	23.76	16.91	14.75	7.97	11.92	5.83	3.15
4500										28.80	48.80	26.35	18.30	16.10	8.69	12.80	6.70	3.62
5000										32.00	59.30	32.02	20.30	19.60	10.58	14.20	8.15	4.40
5500										35.30	70.70	38.18	22.40	23.40	12.64	15.60	9.72	5.25
6000													24.40	27.50	14.85	17.00	11.40	6.16
6500													26.40	31.80	17.17	18.40	13.20	7.13
7000													28.50	36.50	19.71	19.90	15.20	8.21

• بمعلومية الـ gpm يُمكنك الحصول على قطر الماسورة مباشرة.

3. Pipe Sizer Software

برنامج مجاني من إنتاج شركة McQuay



4. Pipe flow wizard

برنامج بريطاني غير مجاني

Fittings losses:

Screw Fittings - equivalent length in feet

Equivalent length (in feet) of straight pipe for fittings like bends, returns, tees and valves. (Pipe size in inches)

Equivalent Length of Straight Pipe for Valves and Fittings (feet)												
Screwed Fittings		Pipe Size										
		1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
Elbows	Regular 90 deg	2.3	3.1	3.6	4.4	5.2	6.6	7.4	8.5	9.3	11.0	13.0
	Long radius 90 deg	1.5	2.0	2.2	2.3	2.7	3.2	3.4	3.6	3.6	4.0	4.6
	Regular 45 deg	0.3	0.5	0.7	0.9	1.3	1.7	2.1	2.7	3.2	4.0	5.5
Tees	Line flow	0.8	1.2	1.7	2.4	3.2	4.6	5.6	7.7	9.3	12.0	17.0
	Branch flow	2.4	3.5	4.2	5.3	6.6	8.7	9.9	12.0	13.0	17.0	21.0
Return Bends	Regular 180 deg	2.3	3.1	3.6	4.4	5.2	6.6	7.4	8.5	9.3	11.0	13.0
Valves	Globe	21.0	22.0	22.0	24.0	29.0	37.0	42.0	54.0	62.0	79.0	110.0
	Gate	0.3	0.5	0.6	0.7	0.8	1.1	1.2	1.5	1.7	1.9	2.5
	Angle	12.8	15.0	15.0	15.0	17.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
	Swing Check	7.2	7.3	8.0	8.8	11.0	13.0	15.0	19.0	22.0	27.0	38.0
Strainer			4.6	5.0	6.6	7.7	18.0	20.0	27.0	29.0	34.0	42.0

Screw Fittings - equivalent length in metre

Equivalent length (in meter) of straight pipe for fittings like bends, returns, tees and valves.

Equivalent Length of Straight Pipe for Valves and Fittings (m)												
Screwed Fittings		Pipe Size										
		1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
Elbows	Regular 90 deg	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	2.8	3.4	4.0
	Long radius 90 deg	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.4
	Regular 45 deg	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.7
Tees	Line flow	0.2	0.4	0.5	0.7	1.0	1.4	1.7	2.3	2.8	3.7	5.2
	Branch flow	0.7	1.1	1.3	1.6	2.0	2.7	3.0	3.7	4.0	5.2	6.4
Return Bends	Regular 180 deg	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	2.8	3.4	4.0
Valves	Globe	6.4	6.7	6.7	7.3	8.8	11.3	12.8	16.5	18.9	24.1	33.6
	Gate	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8
	Angle	3.9	4.6	4.6	4.6	5.2	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
	Swing Check	2.2	2.2	2.4	2.7	3.4	4.0	4.6	5.8	6.7	8.2	11.6
Strainer			1.4	1.5	2.0	2.3	5.5	6.1	8.2	8.8	10.4	12.8

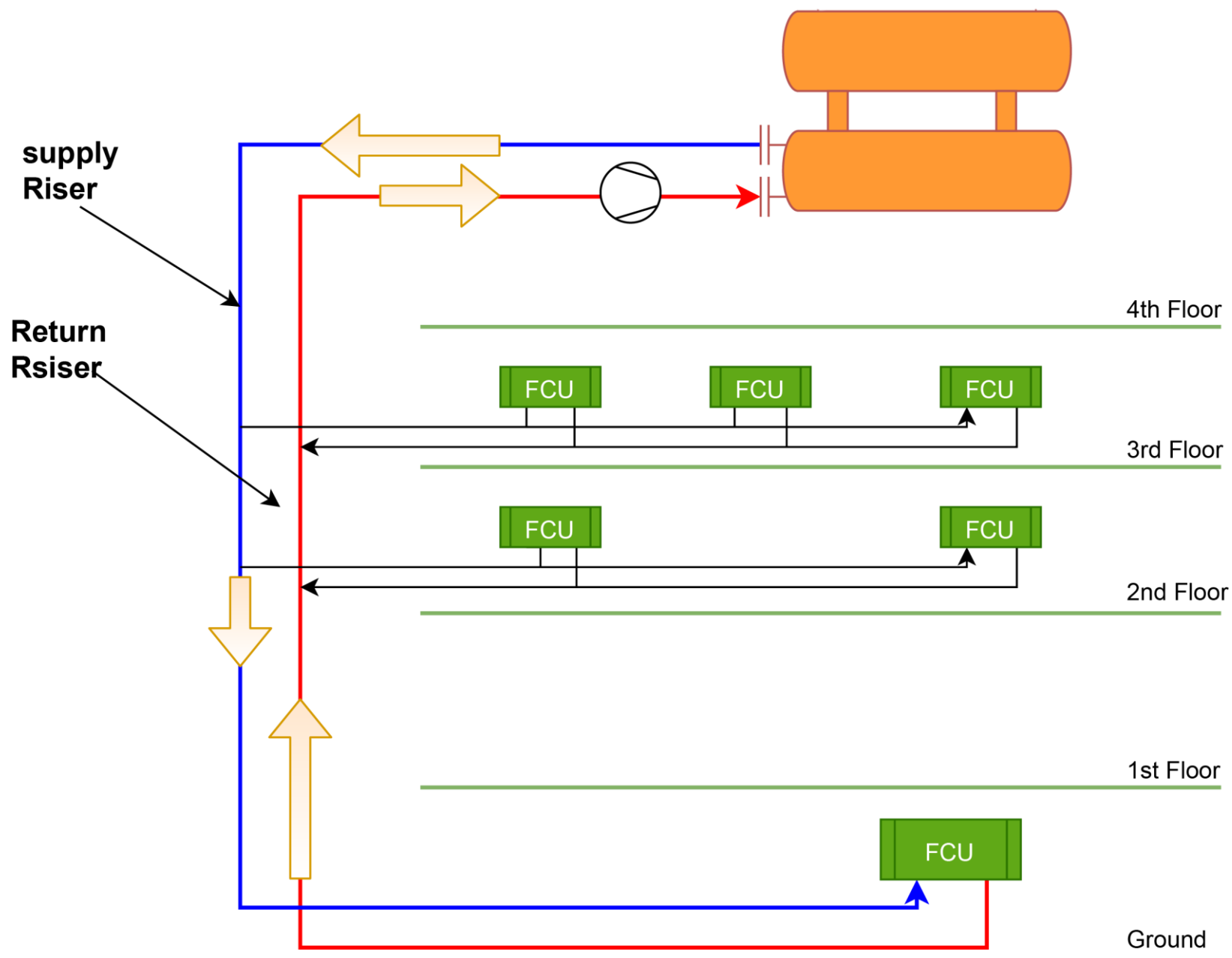
Flanged Fittings - equivalent length in metre

Equivalent length (in meter) of straight pipe for fittings like bends, returns, tees and valves.

Flanged Fittings		Pipe Size												
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10
Elbows	Regular 90 deg	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.8	2.2	2.7	3.7	4.3
	Long radius 90 deg	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.3	1.5	1.7	2.1	2.4
	Regular 45 deg	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.1	1.4	1.7	2.3	2.7
Tees	Line flow	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6
	Branch flow	0.6	0.8	1.0	1.3	1.6	2.0	2.3	2.9	3.7	4.6	5.5	7.3	9.2
Return Bends	Regular 180 deg	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.8	2.2	2.7	3.7	4.3
	Long radius 180 deg	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.3	1.5	1.7	2.1	2.4
Valves	Globe	11.6	12.2	13.7	16.5	18.0	21.4	23.5	28.7	36.6	45.8	58.0	79.3	94.6
	Gate	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0
	Angle	4.6	4.6	5.2	5.5	5.5	6.4	6.7	8.5	11.6	15.3	19.2	27.5	36.6

Pressure drop calculation**Pump head calculation**

- بعد حساب الحمل الحراري لكل space بالمشروع بـ TR.
- يتم رسم layout للشبكة.
- يتم تحديد الـ gpm و الـ Friction losses في كل جزء من الشبكة.
- يتم تحديد أقطار المواسير.
- يتم تحديد الـ head أو ضغط المطلوبة.



- يتم تحديد أطول مسار في شبكة المواسير من المضخات إلى أبعد جهاز FCU أو AHU عنها.
- من الرسم نجد أن أطول مسار هو المسار إلى FCU في الدور الأرضي Ground.
- $\text{Pressure drop} = \text{friction loss} + \text{Chiller cooling coil pressure drop} + \text{FCU (AHU) cooling coil Pressure drop}.$

الفقد في الضغط (pump head) = الفقد في الضغط خلال أطول مسار في شبكة المواسير + الفقد في الضغط خلال التشيلر + الفقد في الضغط خلال آخر جهاز سواء كان AHU أو FCU.

- **Friction losses** = [pipe length + fittings and valves equivalent length] $\Delta P/L$
- **Pipe length**: هو أطول مسار في شبكة المواسير بالقدم ft ، المسافة الأفقية و الرأسية من بداية المضخات حتى آخر جهاز و نضرب في (٢) لأنه خط تغذية و راجع.
- **Fittings and equivalent length**: الفقد في الضغط من الوصلات (الأكواع، Tee،) و خلال المحابس و الأجهزة الموجودة على طول المسار و نعبر عنها بالطول المكافئ و نحصل عليها من جداول الكود حسب نوع الوصلة أو الجهاز و القطر.
- Chiller cooling coil pressure drop
- الفقد في الضغط خلال التشيلر نحصل عليه من الكتالوج أو نفرضه (10:20 ft).
- FCU cooling coil pressure drop (assumed 4:6 ft (أو من الكتالوج
- AHU cooling coil pressure drop (assumed 6:10 ft (أو من الكتالوج

• **Friction losses (H_{Losses})** = $[L_{pipe} + L_{fittings} + L_{valves}] * (4 \text{ ft} / 100 \text{ ft})$

(4 ft / 100 ft) و هذا بفرض أن كل ١٠٠ قدم يحدث فقد في الضغط ٤ قدم، و لكن الأدق هو حساب (Friction losses 4ft/100ft) لكل section على حسب الـ gpm باستخدام friction chart.

- Pressure drop (Pump head) in ft = Friction losses (ft) + $\Delta P_{chiller}$ + ΔP_{AHU} (FCU)
Safety factor 10 %
- Pump pressure = $\rho * g * H$
 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $g = 9.81 \text{ m/sec}^2$, H : pump head

$$\text{pump horse power} = \frac{\text{gpm} * \text{Head (ft)}}{3960 * \text{efficiency}} * \text{specific gravity}$$

- كما يُمكن حساب الهبوط في الضغط باستخدام برنامج pipe flow wizard.

Flow Control Method

System balance

- بعد حساب الحمل الحراري لكل space بالمشروع بالـ TR و رسم شبكة المواسير للمياه المُبردة بعد توزيع الوحدات FCU أو AHU على كل space يتم تحديد gpm داخل كل جزء من شبكة المواسير بما يتناسب مع الحمل الحراري و حساب الـ Friction losses عن طريق الـ friction chart و تحديد أقطار المواسير بمعلومية الـ gpm.
- بعدها لابد من عمل إتران للنظام system balance وضبط الـ gpm لكل جهاز سواء FCU أو AHU حسب التصميم و ذلك لضمان دخول كمية المياه إلى كل FCU و بالأخص الموجودة في الأدوار البعيدة عن المضخة حيث بدون عمل Flow control ستسرى المياه في المسار الأسهل في الأدوار القريبة من المضخة.

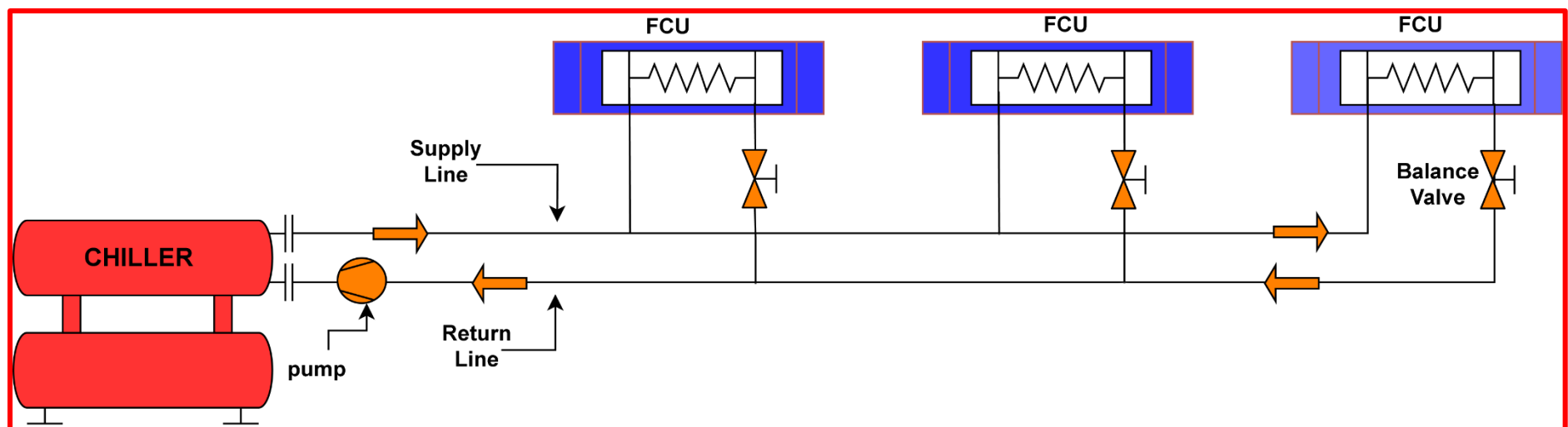
- يتم الـ Flow control بطريقتين:

١. Direct return (balancing valve)

٢. Reverse return

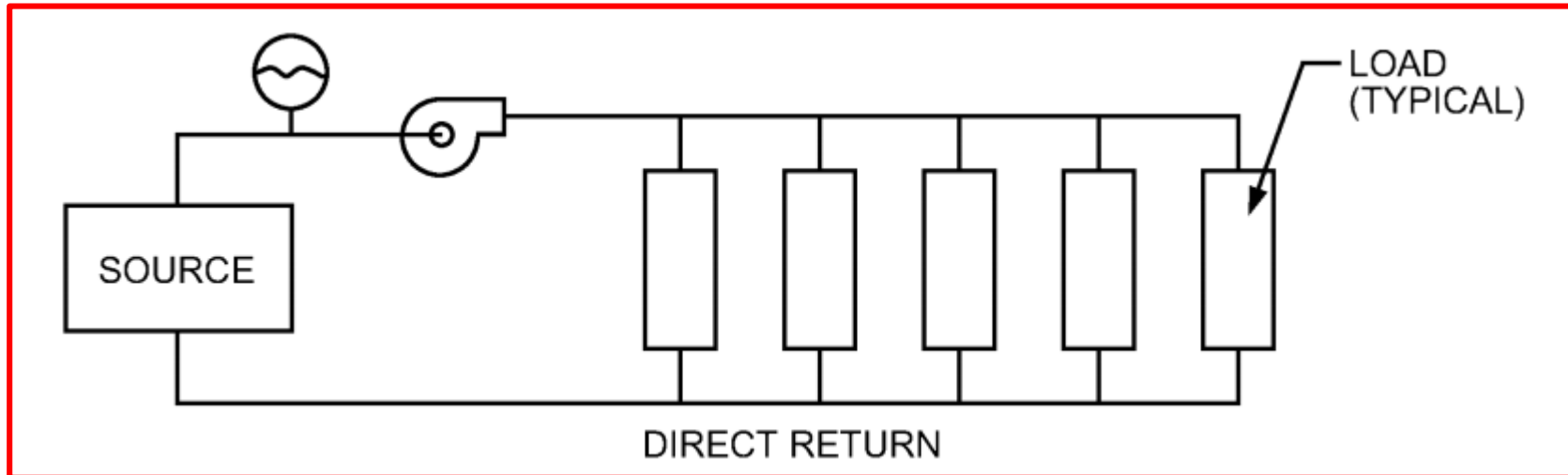
1. Direct Return

By using balance valve

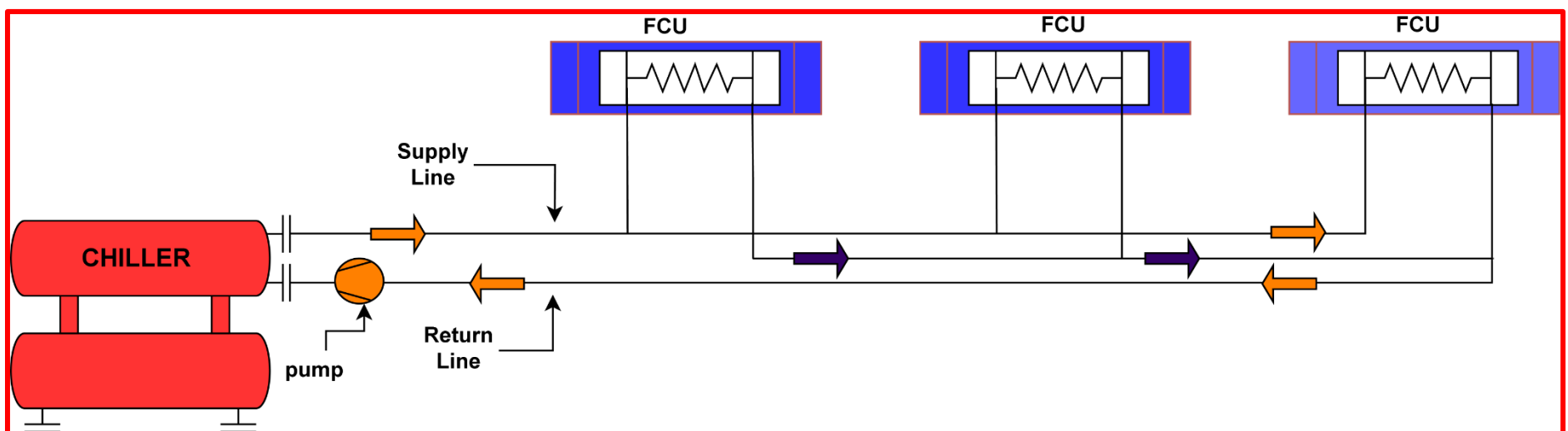


- في هذه الطريقة يتم تركيب محبس إتران Balancing valve على راجع كل وحدة FCU أو AHU.

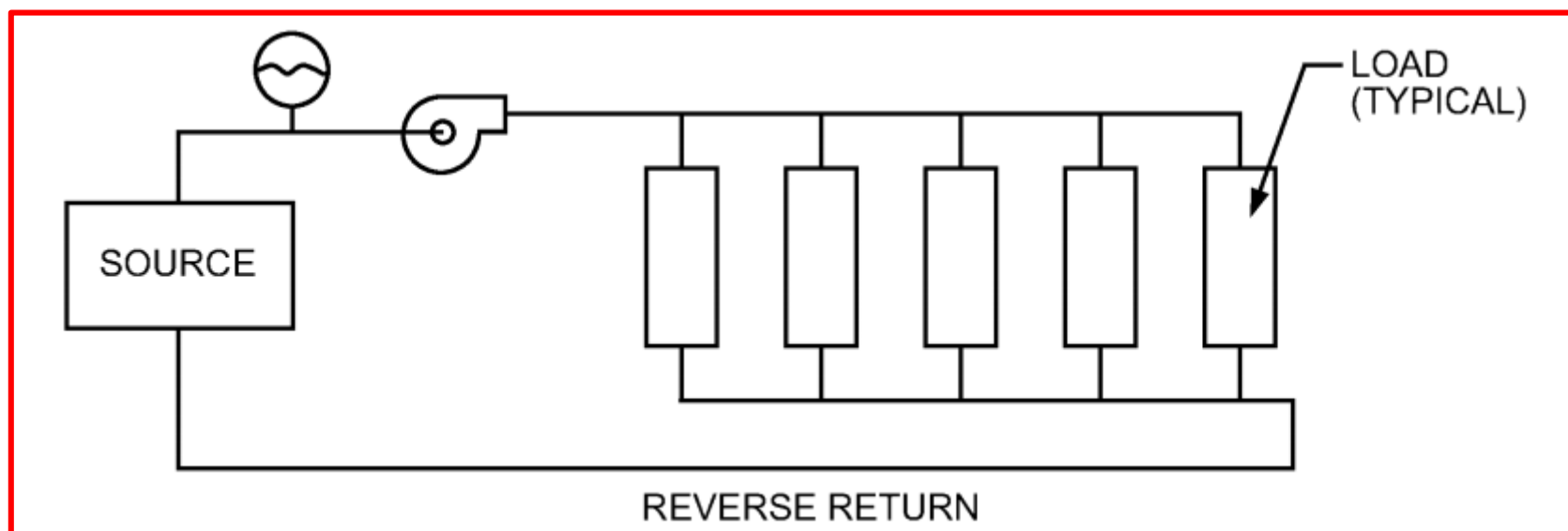
- الـ **Balancing valve** عبارة عن محبس عليه تدريج أو عداد لقراءة الـ **gpm** للمياه الخارجة من الوحدة **FCU** أو **AHU**.
- الـ **Balancing valve** يتم معايرته مرة واحدة فقط في بداية المشروع عن طريق شركة متخصصة و هو ما يُسمى بعملية الضبط و الموازنة للنظام، و تتم المعايرة على أقصى كمية تحتاجها الوحدة و لا يتم تعديل هذه المُعايرة (الضبط) بعد ذلك إلا إذا حدثت رواسب أو انسداد أو أحد عبث به.
- يتم تركيب الـ **Balancing valve** على خط الراجع وليس الـ **Supply** ما لم يُحدد المصنع مكان آخر و ذلك لأن الضغط على خط الراجع أقل من الضغط على خط الـ **supply** لذلك يتم حمايته بوضعه على الراجع **return**.
- تُستخدم هذه الطريقة عندما يكون فقط الضغط في كل وحدة **FCU** مختلف أو بمعنى آخر إختلاف أقطار المواسير التي يسير فيها المياه من جهاز لآخر.



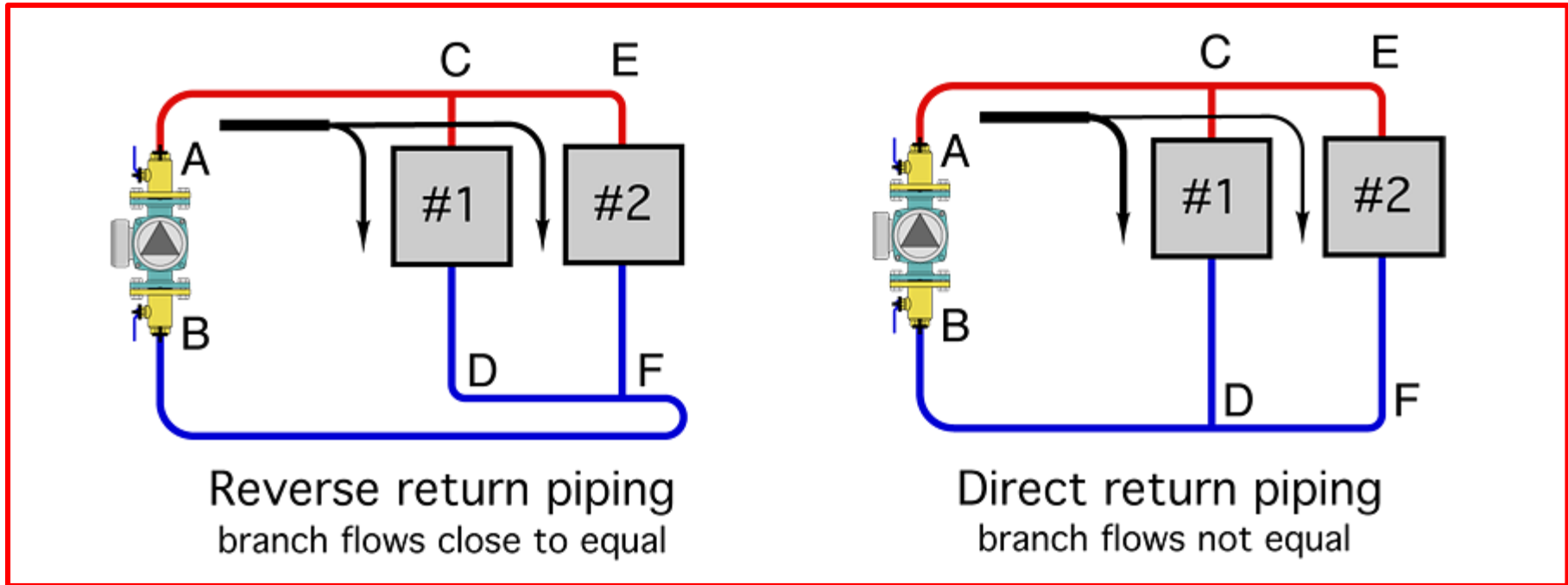
2. Reversed Return



- في هذه الطريقة لا يتم استخدام **Balancing Valve**.
- هذه الطريقة غير شائعة الاستخدام و الطريقة الأولى هي الأكثر شيوعاً و استخداماً.
- تُستخدم هذه الطريقة عندما يكون فقد الضغط في المواسير متساوي أي أقطار المواسير متساوية و الأحمال متساوية بمعنى أن النظام **symmetric** متماثل ، الأماكن متساوية في الأحمال و بها وحدات **FCU** متساوية مثل الفنادق التي بها غرف نفس المواصفات.



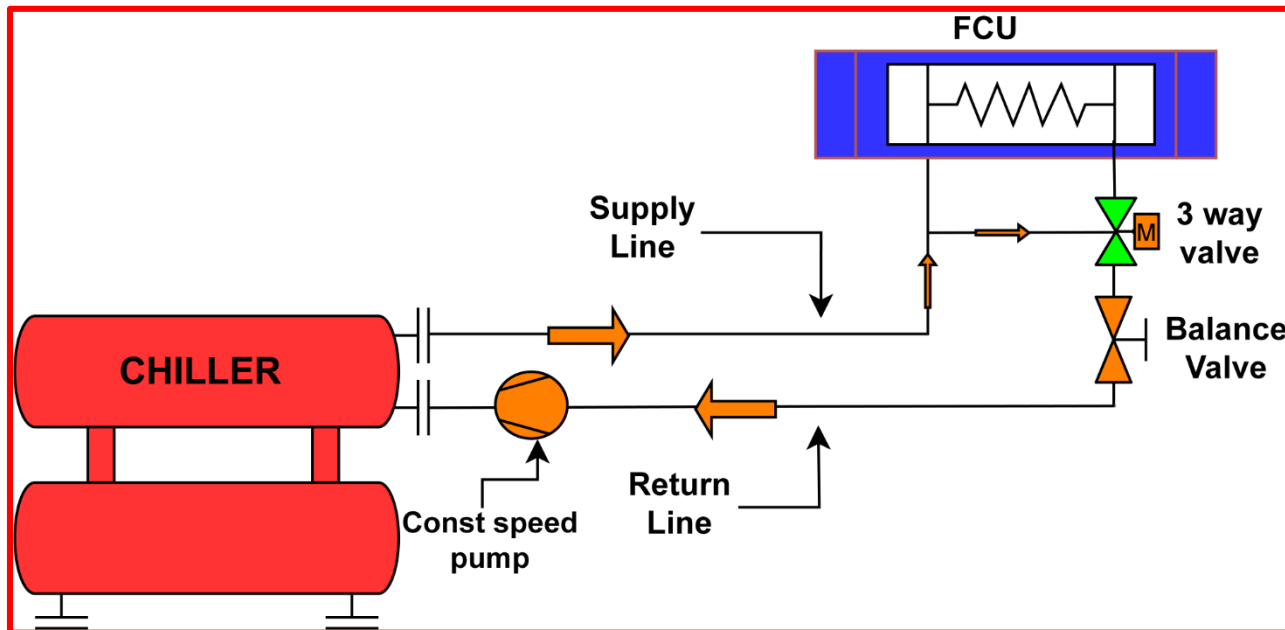
• Direct return & Reverse return piping systems



Part load control

- في حالة بدء التشغيل يكون الحمل الحراري للمكان كبير Full و درجة الحرارة للهواء بالمكان مرتفعة و نحتاج إلى أقصى كمية gpm إلى داخل الوحدة FCU أو AHU.
- بعد مرور الوقت يُصبح الحمل الحراري للمكان أقل و نحتاج إلى كمية GPM تتناسب مع مقدار الحمل.
- الـ Balancing valve يتم معايرته على أقصى كمية GPM تحتاجها الوحدة FCU أو AHU و لا يُستخدم في حالة Part load و لكن يتم التحكم في حالة الـ part load بطريقتين :
 ١. By using 3 way control valve .
 ٢. By using 2 way control valve .
 ٣. By using PICV .

3 Way Control Valve



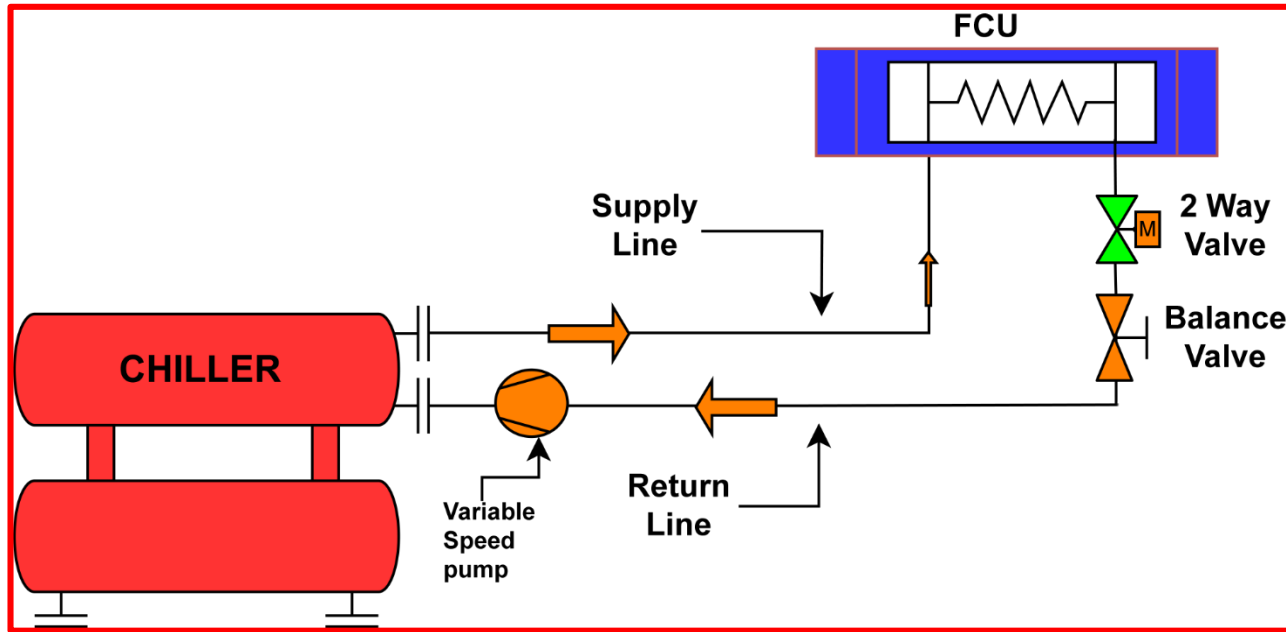
- يتم تركيب محبس الـ 3way على خط الراجع للوحدة FCU أو AHU وذلك لأن قيمة الضغط على خط الراجع أقل من قيمة الضغط على خط الـ Supply و بالتالي يتم حماية الصمام.
- محبس الـ 3way له ٣ فتحات و يتم التحكم في الفتح و الغلق عن طريق Motor يأخذ إشارته من ثرموستات التحكم.
- في حالة الـ part load يستشعر بذلك ثرموستات التحكم في درجة حرارة الغرفة و يُعطي إشارة إلى الموتور الخاص بالمحبس الـ 3way ليقوم بغلق مسار المياه الباردة إلى الوحدة FCU أو AHU و يفتح المسار الآخر لتعود المياه الباردة إلى Chiller.

في حالة تركيب الـ 3way تكون المضخة ثابتة السرعة Constant speed pump.

- يوجد نوعان من محبس الـ 3way:

١. Mixing type مدخلين و مخرج (النوع الشائع).
٢. Diverting type مخرجين و مدخل واحد (غير شائع).



2 way control valve

- يتم تركيب محبس الـ 2Way على خط الراجع للوحدة FCU أو AHU إن لم يحدد المصنع غير ذلك في الكتالوج و ذلك لحمايته.
- في حالة الـ Part load يستشعر بذلك ثرموستات التحكم في درجة الحرارة للمكان و يُعطي إشارة إلى الموتور الخاص بالمحبس ليقوم بخنق السريان لتمر كمية gpm على قدر الحمل و تعود أو تظل باقي كمية المياه على خط الـ supply و تراكم الـ flow على

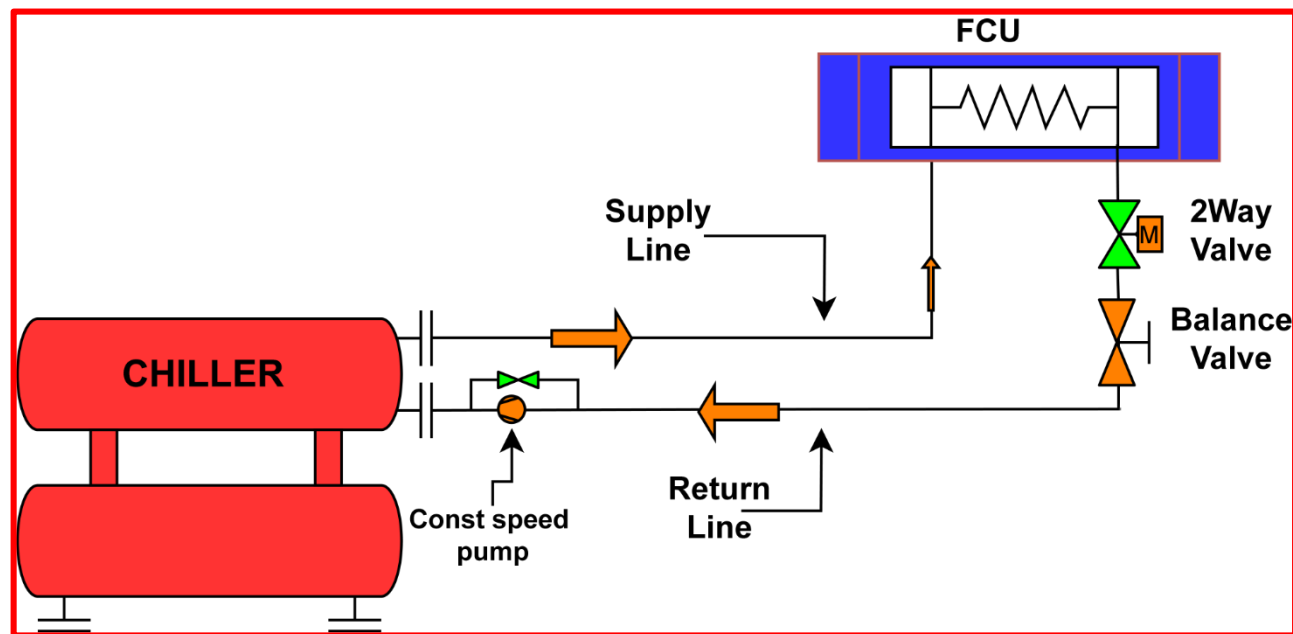


خط الـ supply يزيد من ضغط المياه و يحس بذلك حساس ضغط pressure switch يتم تركيبه على خط الـ supply ليُعطي إشارة إلى الطلبية (متغيرة السرعات Variable speed pump) لتغير سرعتها.

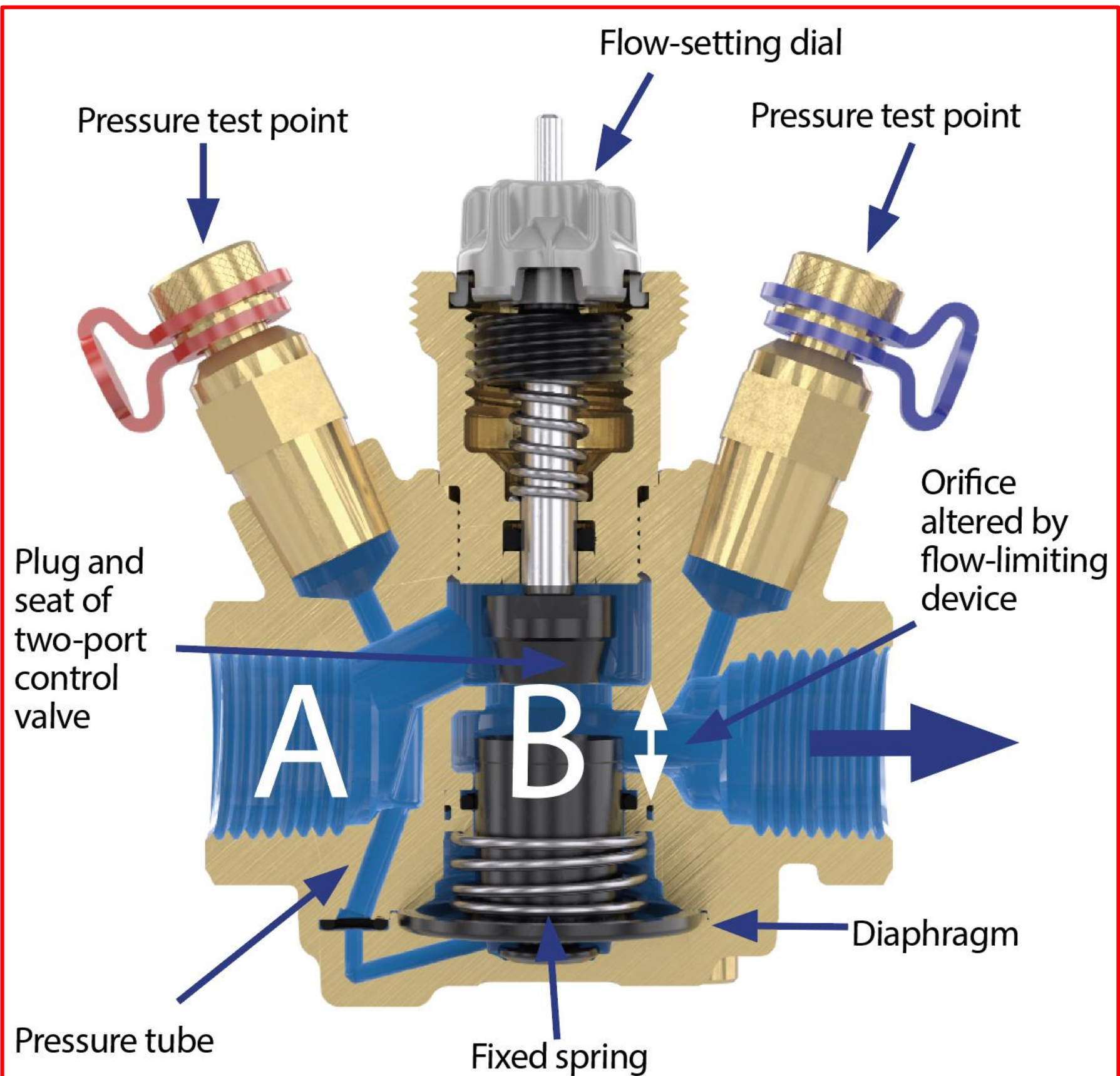
- الطلبية المُستخدمة عند تركيب محبس الـ 2Way تكون متغيرة السرعات و كثيرة الأعطال بالمقارنة مع الطلبية ثابتة السرعات.

محبس الـ 2Way يوجد منه نوعان:

١. **ON-OFF type** لا يوجد تدرج في الفتح و الغلق، عندما تصل درجة الحرارة المطلوبة يتم غلق المحبس ١٠٠% و عندما ترتفع درجة الحرارة يفتح ١٠٠% وهو أقل كفاءة و أرخص.
 ٢. **Modulating type** يوجد تدرج في الفتح و الغلق، يفتح و يغلق تدريجياً فيسمح بمرور كمية المياه تدريجياً فيوفر أكثر في الطاقة من النوع الأول.
- بسبب المشاكل المتعلقة بالطلبية متغيرة السرعات من (تكلفة عالية – الأعطال المتكررة – صعوبة الصيانة)، يُمكن إستخدام طلبية ثابتة السرعة مع المحبس 2Way على أن يكون هناك by pass على الطلبية نفسها.

Pressure Independent Control Valve (PICV)

- محبس متعدد الوظائف.
- هو ثلاث محابس في محبس واحد.
- يجمع ما بين المحابس الآتية:
 ١. 2Way Control Valve
 ٢. Double regulating valve (DRV)
 ٣. Differential pressure control valve (DPCV)
- من مميزاته:
 ١. Reduce the number of valves
 ٢. Reduces installation time



➤ Balancing valve

- The balance valve is designed for heat transfer devices and units. By preventing a flow above the flow rate for heat transfer, the valve, which makes the system much more reliable, balanced and healthy operation, allows the temperatures to reach comfort conditions.
- If the heat transfer device or units accepts the flow above the designed flow at the heating and cooling systems, it can increase the cost as a result of unstable operation.
- In order to prevent all this, you can choose balance valve which will provide the cheapest temperature for all units of heating and cooling systems.

• يُعابير مرة واحدة فقط عند عمل إتران للنظام.



➤ Double regulating valve



1. Function

Double regulating valves are pressure sensitive and they react to pressure changes from the hot and cold water flowing into them. It causes the valve to either open or closes a port, thus maintains a pressure balance. Balancing this pressure between the two water supplies keeps the temperature consistent.

٢. سُمى بهذا الاسم لأنه يقوم بوظيفتين:

١. تنظيم التدفق.

٢. منع التدفق

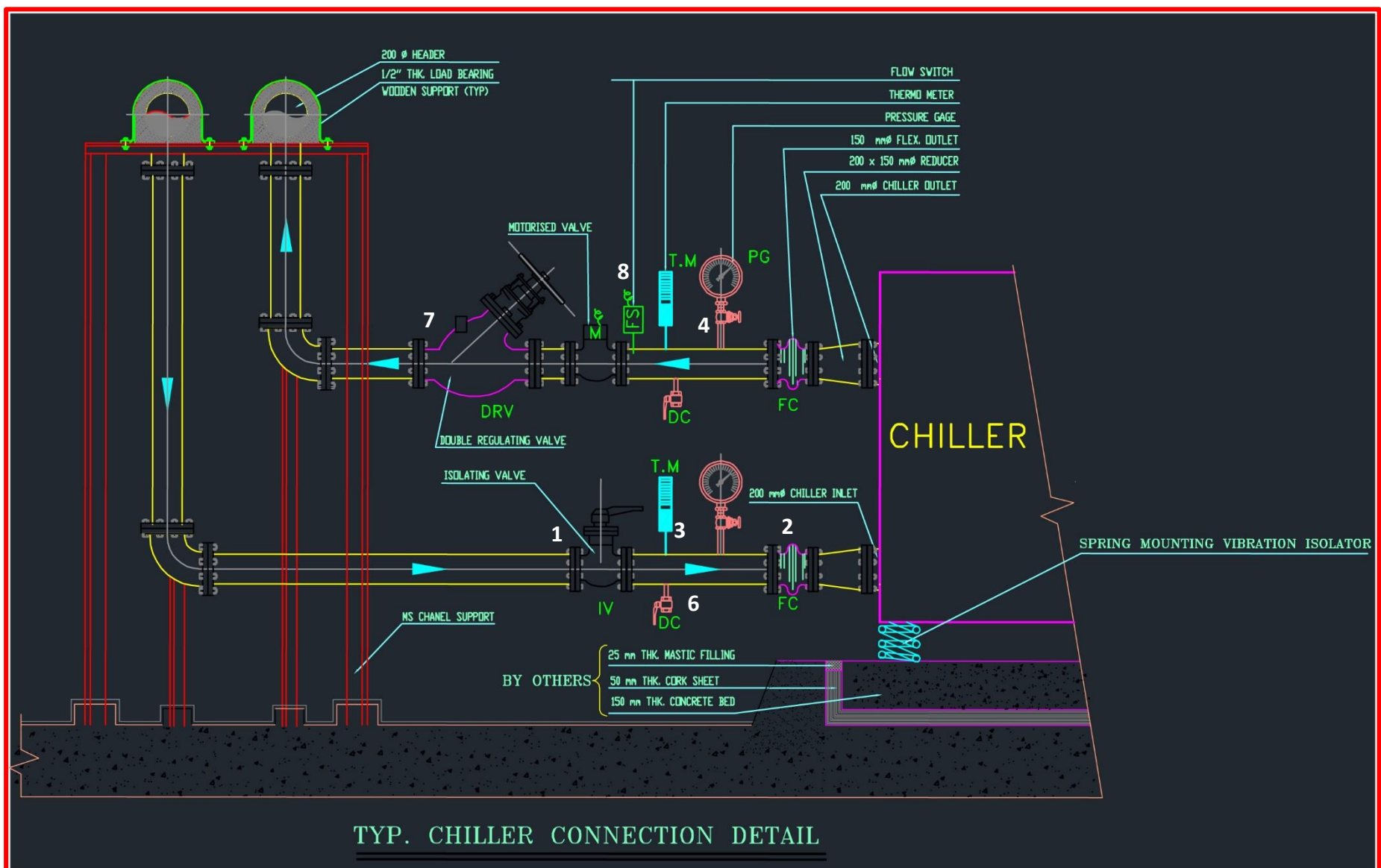
3. Benefits

During the situation of a sudden change in water, like the change caused by a flushing toilet, a balance valve keeps the temperature of the shower constant. This means that there will not be a sudden cessation in the flow of cold water when a toilet flushes.

٤. ملحوظة: يتم تركيبه بوضع التنظيم و يُثبت على هذه الوضعية و عندما يتم إغلاقه أو فتحه فإنه لا يفتح أكثر من الوضعية التي ضبط عليها مسبقاً و يتحمل ضغط حتى ٢٠ بار.

HOOKUPS

Chiller hook up



١. Gate valve (Isolating valve)

محبس غلق أو عزل يُستخدم عند أعمال الصيانة و يُركب على خط الدخول و الخروج للـ Chiller.

٢. Flexible connection وصلة مرنة

حيث تُستخدم لإمتصاص الإهتزازات من المواسير و يُركب منها ٢ على الدخول و الخروج.

٣. Thermometer ثرموميتر

يُركب على الدخول و الخروج للـ Chiller و يُستخدم في قياس درجة حرارة المياه.

٤. Pressure gauge

يُركب على خط الدخول و الخروج للـ Chiller و يُستخدم في قياس ضغط المياه.

٥. **Strainer مصفاه**

تُركب على خط الدخول للـ Chiller و تُستخدم في تنقية المياه من الشوائب.

٦. **Drain valve محبس تصفية**

يُركب على خط الدخول للـ Chiller و يُستخدم في تصفية المياه من الموائير عند أعمال الصيانة.

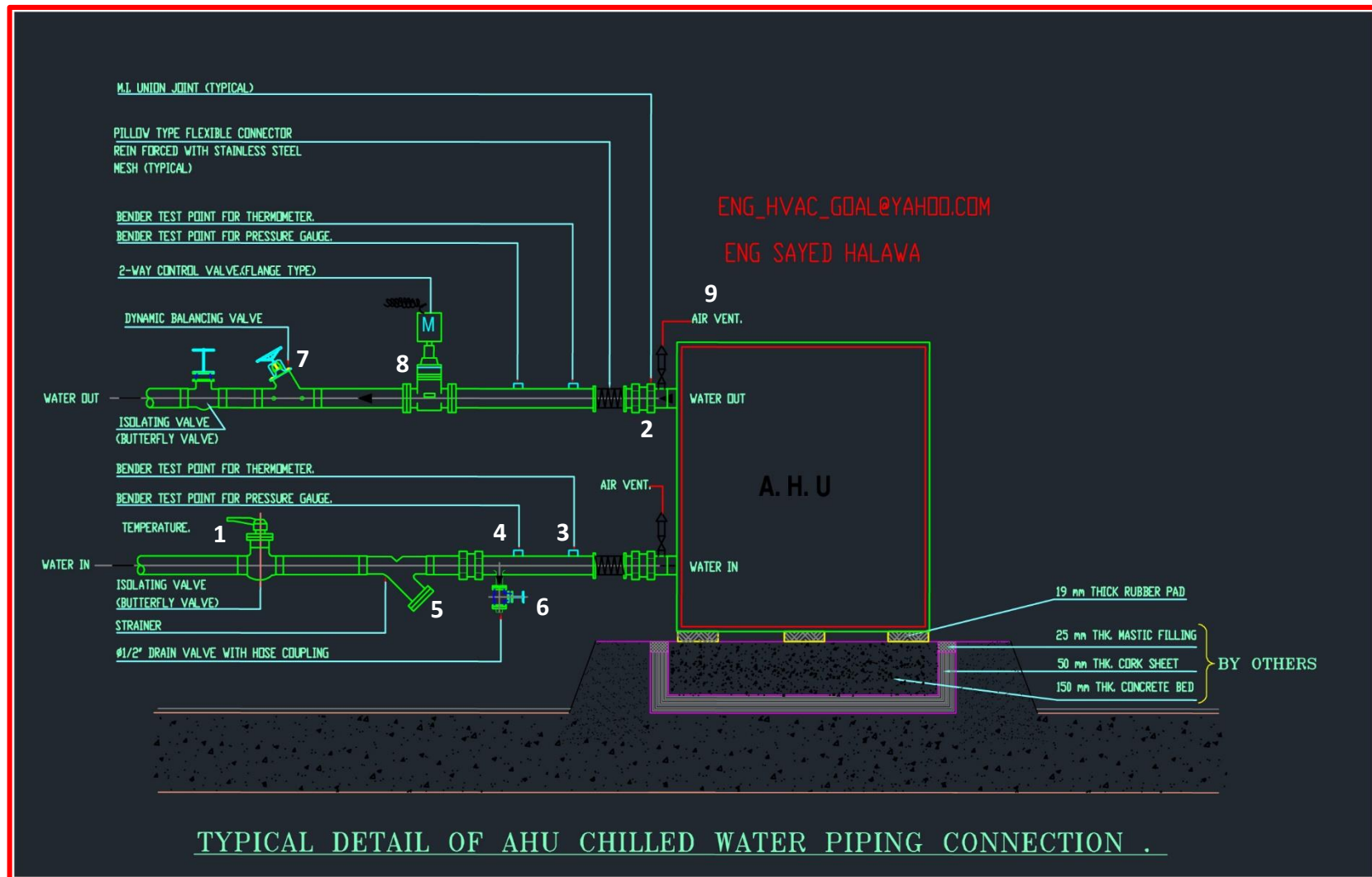
٧. **Balancing Valve (DRV)**

يُركب على خط الخروج للـ Chiller و يعمل على ضبط مُعدل التدفق الكلي gpm للـ Chiller.

٨. **Flow switch**

يُستخدم في فصل الـ Chiller عند عدم وجود سريان للمياه في الموائير.

AHU hook up



١. **Gate Valve or Isolating Valve**

عدد (٢) محبس بوابة أو محبس فراشة لزوم أعمال الصيانة.

٢. **Flexible joint**

عدد (٢) وصلة مرنة للحماية من الاهتزازات.

٣. **Thermometer**

عدد (٢) مقياس لدرجة حرارة المياه.

٤. **Pressure gauge**

عدد (٣) مقياس لضغط المياه.

٥. **Strainer**

مصفاه على خط الدخول لتنقية المياه من الشوائب.

٦. **Drain Connection**

تُستخدم لتصريف المياه عند أعمال الصيانة و غسيل الشبكة.

٧. **DRV or Balancing Valve**

يوضع على خط الرجوع للوحدة لضبط كمية الـ gpm الكلية.

٨. **2Way or 3Way Valve**

للتحكم في كمية الـ gpm في حالة الـ part load و يتم تركيبه على الخروج.

٩. **Air Vent**

صمام لتسريب الهواء.

Chiller Selection

➤ Number of chillers

- عدد التشييلرات في أي مشروع لا يقل عن ٢، مش هينفع يكون عدد التشييلرات في النظام يكون Chiller واحد لأنه إذا حدث عطل به سيتوقف النظام بأكمله و بالتالي لازم يكون العدد (٢) على الأقل.
- تحديد عدد التشييلرات بالضبط هيكون على حسب التطبيق والعميل و أنا كمصمم عندي ٣ إتجاهات في التفكير.

1. 100 % stand By

هذا معناه أن يكون عندي عدد Chillers بحيث لو حصل عطل في أحدهم يكون عندي stand by من الـ Chillers يحافظ على إستمرارية عمل المشروع بكامل قوته ١٠٠ %.

مثال: لو عندي حمل حراري للمشروع كله (1000 TR) يبقى هجيب عدد (٢) chillers سعة كل واحد منهم (1000 TR) أحدهما يعمل و الآخر stand by حتى إذا تعطل واحد فالآخر يعمل، أو نجيب عدد (٣) Chillers كل واحد فيهم (500 TR) و يبقى (٢) منهم يعملون بإستمرار و الثالث stand by، وده بيكون في الأماكن الحرجة مثل المستشفيات و مصانع الأدوية و مصانع الأغذية ... بالإتفاق مع العميل لأنه مكلف.

2. 50 % stand By

هذا معناه أن يكون عندي عدد الـ chillers بحيث لو تعطل أحدهم يكون عندي stand by من الـ chillers يشغل المشروع نسبة ٥٠ %.

مثال: لو عندي الحمل الحراري للمشروع كله (500 TR) هنجيب عدد (٢) chiller سعة كل واحد منهم (250 TR) يعملان و لو تعطل أحدهم عندي ٥٠ % من المشروع شغال و هذا تكلفته مُنخفضة و بيكون في المباني الإدارية.

3. 65 % : 75 % Stand by

هذا معناه أن يكون عندي عدد chillers بحيث لو حصل عطل في أحدهم يكون عندي المشروع شغال بنسبة ٦٥ % إلى ٧٥ %.

مثال: لو عندي الحمل الحراري للمشروع كله (1000 TR) هنجيب عدد (٣) chiller سعة كل واحد منهم (375 TR) بحيث لو تعطل أحدهم عندي حوالي ٧٥ % من المشروع شغال.

أشهر المُصنِّعين للـ Chillers :

Carrier (a)
York (b)
Trane (c)

Factors affect air cooled chiller selection from catalogue (Selection data required)

العوامل التي تؤخذ في الإعتبار عند عمل إختيار للـ chiller من النوع air cooled يعني الداتا المطلوبة لعمل selection.

١. Ambient temperature

درجة حرارة الهواء الخارجي على حسب موقع المشروع، حيث يتم تبريد ملفات المُكثف لدائرة الـ chiller عن طريق الهواء الخارجي.

٢. Leaving chilled water temperature (LWT)

درجة حرارة المياه عند الخروج من الـ CHILLER و غالباً بتكون 44 °F أو 7 °C .

٣. Total coil load (TR or Kw)

الحمل الحراري (سعة الـ chiller)

Example:

Project in Cairo, ambient temperature 40 °C , cooling load = 250 TR = 875 Kw.

ندخل كتالوج شركة Carrier أو York (مفیش فرق)، في كتالوج York سنجد أن cooling capacities تبدأ من 310 kw إلى 1480 kw و عنده 2 models و هما YDAJ and YCAJ و لهم سعات مختلفة، في بداية الكتالوج سيخبرك كيف تعمل Selection.

ندخل جدول ٦:

	LWT °C	Condenser Air Entering Temperature °C									
		25		30		35		40		45	
		Cool kW	Power kW	Cool kW	Power kW	Cool kW	Power kW	Cool kW	Power kW	Cool kW	Power kW
YCAJ 44MR7	6	333	93	317	97	301	101	285	105	269	109
	7	344	95	328	99	312	103	295	107	279	111
	8	355	96	339	100	322	104	305	108		

	9	366	97	349	102	332	106	315	110		
	10	377	99	360	103	343	108	325	112		
	12	399	102	381	106	363	111	345	116		
YCAJ 55MR7	6	383	114	364	119	345	124	326	129	307	134
	7	395	116	376	121	357	126	337	132	318	137
	8	407	118	388	123	368	129	348	134	329	139
	9	420	120	400	126	379	131	359	137	339	142
	10	432	122	411	128	391	133	370	139	350	145
	12	457	126	435	132	414	138	392	144	371	150
YCAJ 55ST7	6	410	115	389	121	369	126	349	132	329	137
	7	423	117	402	123	382	128	361	134	340	140
	8	437	119	415	125	394	131	373	136	352	142
	9	450	121	428	127	407	133	385	139	363	145
	10	464	123	442	129	419	135	397	141	375	147
	12	491	126	468	133	444	139	421	146	398	153
YCAJ 65NS7	6	415	125	395	130	376	135	356	140	336	145
	7	428	127	408	132	388	138	368	143	348	148
	8	441	129	421	135	401	140	380	146	360	151
	9	455	131	434	137	413	143	392	148	371	154
	10	468	133	447	139	426	145	404	151	383	157
	12	495	138	473	144	451	150	429	156		
YCAJ 66ST9	6	468	133	445	140	422	146	399	152	376	158
	7	484	135	460	142	437	148	413	155	390	161
	8	499	138	475	144	451	151	427	158	403	164
	9	514	140	490	147	465	154	441	160	416	167
	10	530	142	504	149	479	156	454	163	429	170
	12	560	146	534	154	508	161	482	169		
YCAJ 76ST9	6	502	150	477	156	452	163	427	170	403	176
	7	518	152	493	159	467	166	442	173	417	180
	8	534	155	508	162	482	169	456	176	430	183
	9	550	157	524	165	497	172	471	179	444	187
	10	567	160	540	168	512	175	485	183	458	190
	12	599	165	571	173	543	181	514	189		
YCAJ 77XT9	6	546	167	518	174	491	181	463	188	436	195
	7	563	170	535	178	507	185	479	192	451	199
	8	581	173	552	181	523	188	494	196	466	203
	9	598	176	569	184	540	192	510	200	481	207
	10	616	179	586	187	556	195	526	203	496	211
	12	651	185	620	194	589	202	557	211		
YCAJ 77SU7	6	559	152	532	160	505	168	478	175	452	183
	7	577	154	550	162	522	170	495	178	467	186
	8	595	156	567	165	539	173	511	181	483	189
	9	614	158	585	167	556	175	528	184	499	192
	10	632	161	603	169	574	178	544	187	515	196
	12	669	165	638	174	608	183	577	193	547	202
YCAJ87SU7	6	599	163	571	171	542	179	513	187	484	195
	7	619	165	589	174	560	182	531	190	501	198
	8	638	168	608	176	578	185	548	193	518	202
	9	658	170	627	179	596	188	566	196	535	205
	10	677	172	646	181	615	191	583	200	552	209
	12	716	177	684	187	651	196	618	206		
YCAJ 97AU7	6	649	181	617	189	586	198	554	206	522	214
	7	670	184	637	192	605	201	573	210	541	218
	8	691	187	658	196	625	204	592	213	559	222
	9	711	189	678	199	644	208	610	217	577	226
	10	732	192	698	202	664	211	629	221	595	230
	12	774	198	738	208	703	218	667	228		
YCAJ 98XU7	6	706	195	671	204	637	213	602	222	568	231
	7	729	198	693	207	658	216	623	226		
	8	751	201	715	211	679	220	643	230		
	9	774	204	737	214	700	224	664	234		
	10	797	207	759	217	722	228				
	12	842	213	803	224						
YCAJ 99XU7	6	749	212	712	221	675	230	639	240	602	249
	7	773	215	735	225	698	235	660	244		
	8	797	219	758	229	720	239	681	249		
	9	820	222	781	233	742	243				
	10	844	226	804	237	764	247				
	12	892	233	850	244						
YCAJ 99XW9	6	792	205	754	214	716	224	678	234	640	244
	7	817	208	779	218	740	228	701	238	662	248
	8	843	211	803	221	764	232	724	242	684	253
	9	869	214	828	225	788	235	747	246		
	10	894	217	853	228	812	239	770	250		
	12	946	223	903	235	860	247				

- عند درجة حرارة 40 °C = Ambient نرسم خط رأسي.
- عند درجة حرارة 7 °C = LWT نرسم خط أفقي.
- نقطة تقاطع الخطين عند 875 KW حمل تبريدي cool يُعطينا الموديل و هو YDAJ 76ST9 و يُعطي حِمل حراري 884 KW و حِمل كهربى 346 KW.
- نحصل على ال physical data الخاصة بالموديل و أهمها وزن ال chiller بالـ kg.

TABLE 12 PHYSICAL DATA - YDAJ

YDAJ				44MR7	55MR7	55ST7	65NS7	66ST9	76ST9
Compressor	Number of Refrigerant Circuits			4	4	4	4	4	4
	Model	System No. 1 & 3		PC43-M	PC44-P	PC44-P	PC63-Q	PC63-Q	PC64-S
		System No. 2 & 4		PC43-M	PC44-P	PC44-P	PC44-P	PC63-Q	PC63-Q
	Number of Cylinders			4+4+4+4	4+4+4+4	4+4+4+4	6+6+4+4	6+6+6+6	6+6+6+6
	Speed		rpm	1450	1450	1450	1450	1450	1450
	Total Oil Capacity		l	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6
	Number of Capacity Steps			2+2+2+2	2+2+2+2	2+2+2+2	3+3+2+2	3+3+3+3	3+3+3+3
				15-29-43	15-29-43	15-29-43	12-24-35	10-20-29	11-21-30
	Cooling capacity step %			-58-68-79 -89-100	-58-68-79 -89-100	-58-68-79 -89-100	-47-56-66 -74-83	-39-47-55 -62-70-77	-40-48-56 -63-71-78
Unit							-91-100	-85-92-100	-86-93-100
				12-25-37	12-25-37	12-25-37	11-23-33	-9-18-27	10-20-29
	Power input step %			-50-62-75 -87-100	-50-62-75 -87-100	-50-62-75 -87-100	-43-54-61 -70-80	-37-45-53 -60-68-76	-38-46-54 -60-67-76
							-90-100	-84-92-100	-85-92-100
Cooler	Cooler DXC Model			1408A	1408A	1608A	1408A	1608A	1608A
	Number of Circuits			2	2	2	2	2	2
	Water Capacity		l	270	270	300	254	300	300
Condenser	Number of Condenser Models			2	2	2	2	2	2
	Face Area		m ²	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6
	Number of Tube Rows			3	3	4	4+3	4	4
Fans	Quantity			8	8	8	8	8	8
	Standard (950 rpm)	Power (each)	kW	2.2	2.2	2.2	2.2	3.8	3.8
		Total Airflow	m³/s	58.2	58.2	55.2	57.2	67.0	67.0
		Ext. Static Pressure	Pa	20	20	20	20	20	20
	Slow Speed (730 rpm)	Power (each)	kW	1.4	1.4	1.4	1.4	1.7	1.7
		Total Airflow	m³/s	52.0	52.0	50.0	51.0	62.0	62.0
		Ext. Static Pressure	Pa	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
	High Pressure (950 rpm)	Power (each)	kW	3.8	3.8	3.8	3.8	4.1	4.1
		Total Airflow	m³/s	58.2	58.2	55.2	57.2	67.0	67.0
		Ext. Static Pressure	Pa	100	100	100	100	100	100
Heat recovery Condenser	BPC Model			51	51	51	73	73	73
	Quantity			2	2	2	2	2	2
	Water Volume		l	78	78	118	118	118	118
Refrigerant Charge	Standard Chiller		kg	32+32	35+35	38+38	40+37	44+44	50+44
	Heat Recovery		kg	50+32	53+35	56+38	64+37	68+44	74+44
Weight	Aluminium Fins	Shipping	kg	7730	7870	8340	8240	9010	9150
		Operating	kg	8000	8140	8640	8490	9310	9450
	Copper Fins	Shipping	kg	8650	8790	9500	9280	10170	10310
		Operating	kg	8920	9060	9800	9530	10470	10610
	Additional for Heat Recovery		kg	780	780	780	1040	1040	1040
Dimensions Cooling Only Units	Length		mm	5950	5950	5950	5950	5950	5950
	Width			2315	2315	2315	2315	2315	2315
	Height			2410	5410	2410	2410	2410	2410
Dimensions Heat Recovery Units	Length		mm	7690	7690	7690	7690	7690	7690
	Width			2315	2315	2315	2315	2315	2315
	Height			2480	2480	2480	2480	2480	2480

PHYSICAL DATA - YDAJ (Continued)

TABLE 12

YDAJ				77XT9	87SU7	97AU7	98XU7	99XU7	99XW9
	Number of Refrigerant Circuits			4	4	4	4	4	4
	Model	System No. 1 & 3		PC64-S	PC83-S	PC84-T	PC84-T	PC84-T	PC84-T
		System No. 2 & 4		PC64-S	PC64-S	PC64-S	PC83-S	PC84-T	JS84-T
Compressor	Number of Cylinders			6+6+6+6	8+8+6+6	8+8+6+6	8+8+8+8	8+8+8+8	8+8+8+8
	Speed		rpm	1450	1450	1450	1450	1450	1450
	Total Oil Capacity		l	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6
	Number of Capacity Steps			3+3+3+3	4+4+3+3	4+4+3+3	4+4+4+4	4+4+4+4	4+4+4+4
				10-20-29	8-16-23	9-17-25	8-16-23	8-16-23	8-16-23
				-39-47-55	-31-40-49	-33-41-49	-31-38-45	-31-38-45	-31-38-45
	Cooling capacity step %			-62-70-77 -85-92-	-55-61-68 -75-80-86	-55-62-69 -76-81-87	-51-58-64 -70-75-80	-51-58-64 -70-75-80	-51-58-64 -70-75-80

			100					
				-93-100	-93-100	-85-91	-85-91	-85-91
Unit						-95-100	-95-100	-95-100
			-9-18-27	7-15-20	8-15-21	7-15-20	7-15-20	7-15-20
			-37-45-53	-26-34-43	-28-36-44	-26-32-39	-26-32-39	-26-32-39
	Power input step %		-60-68-76 -84-92-100	-49-56-63 -71-78-85	-51-58-64 -71-78-86	-44-49-55 -62-67-73	-44-49-55 -62-67-73	-44-49-55 -62-67-73
				-92-100	-93-100	-80-88	-80-88	-80-88
						-94-100	-94-100	-94-100
Cooler	Cooler DXC Model		2008A	1608A	1808A	2008A	2008A	2008A
	Number of Circuits		2	2	2	2	2	2
	Water Capacity	l	410	300	350	410	410	410
	Number of Condenser Modules		2	4	4	4	4	4
Condenser	Face Area	m ²	23.6	47.2	47.2	47.2	47.2	47.2
	Number of Tube Rows		4	3	3	3	3	4
	Quantity		8	16	16	16	16	16
	Standard	Power (each)	kW	3.8	2.2	2.2	2.2	3.8
		Total Airflow	m ³ /s	67.0	116.4	116.4	116.4	134.0
	(950 rpm)	Ext. Static Pressure	Pa	20	20	20	20	20
Fans	Slow Speed	Power (each)	kW	1.7	1.4	1.4	1.4	3
		Total Airflow	m ³ /s	62.0	104.0	104.0	104.0	124.0
	(730 rpm)	Ext. Static Pressure	Pa	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
	High Pressure	Power (each)	kW	4.1	3.8	3.8	3.8	4.1
		Total Airflow	m ³ /s	67.0	116.4	116.4	116.4	134.0
	(950 rpm)	Ext. Static Pressure	Pa	100	100	100	100	100
Heat recovery	BPC Model		73					
	Quantity		2					
Condenser	Water Volume	l	118					
Refrigerant	Standard Chiller	kg	52+52	59+62	63+62	63+71	63+71	66+74
Charge	Heat Recovery	kg	76+52					
	Aluminium Fins	Shipping	kg	9690	9690	13270	13390	14090
		Operating	kg	10090	12754	13622	14000	14500
Weight	Copper Fins	Shipping	kg	10840	14330	15140	15460	17270
		Operating	kg	11250	14626	15494	15872	17684
	Additional for Heat Recovery	kg	1040					
Dimensions	Length	mm	5950	11650	11650	11650	11650	11650
Cooling Only	Width	mm	2315	2315	2315	2315	2315	2315
Units	Height	mm	2410	2480	2480	2480	2480	2480
Dimensions	Length	mm	7690					
Heat Recovery	Width	mm	2315					
Units	Height	mm	2410					

• Weight

Weight	Aluminium Fins	Shipping	kg	7730	7870	8340	8240	9010	9150
		Operating	kg	8000	8140	8640	8490	9310	9450
	Copper Fins	Shipping	kg	8650	8790	9500	9280	10170	10310
		Operating	kg	8920	9060	9800	9530	10470	10610
	Additional for Heat Recovery		kg	780	780	780	1040	1040	1040

• **Shipping** معناها الوزن و هو متوقف و **Operating** الوزن و هو يعمل.

• Dimensions

Dimensions Cooling Only Units	Length	mm	5950	5950	5950	5950	5950	5950
	Width	mm	2315	2315	2315	2315	2315	2315
	Height	mm	2410	5410	2410	2410	2410	2410

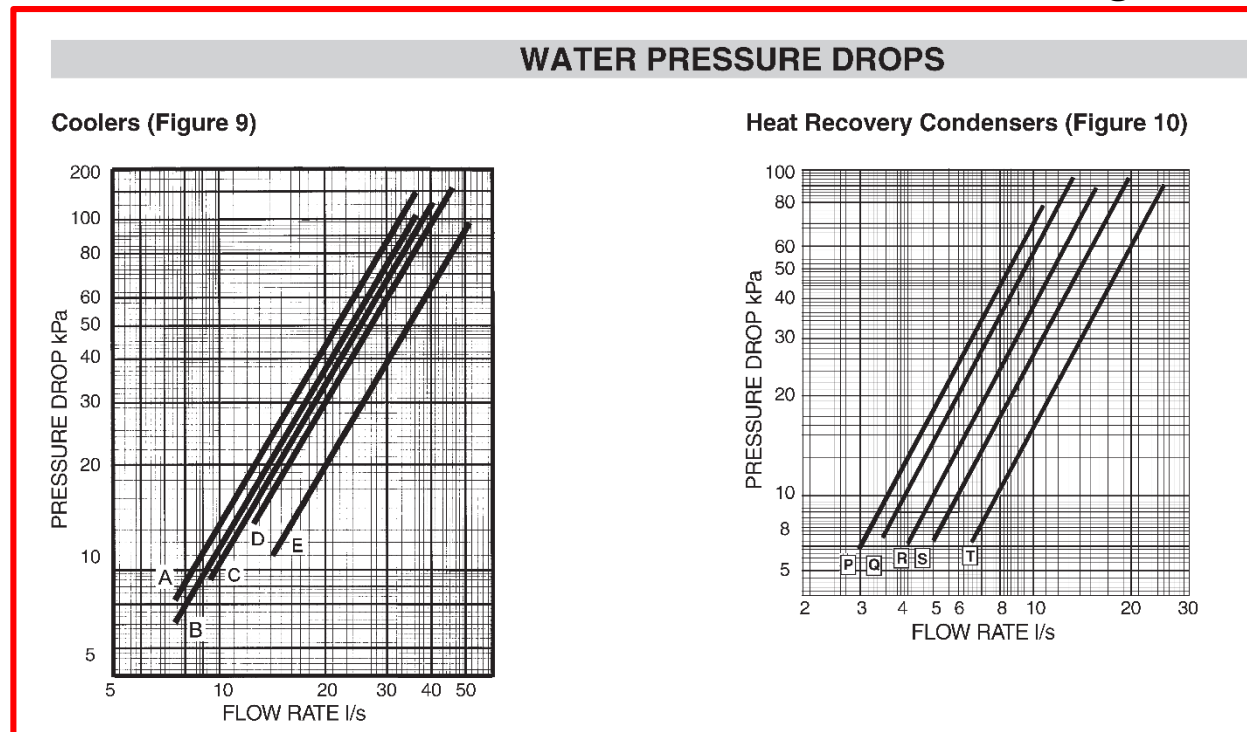
• من المهم معرفة الوزن و الأبعاد لكي نطلب من المهندس المدني يعمل حسابه في قاعدة التثبيت و أيضاً من المهم معرفة الـ power الحمل الكهربائي حتى يقوم مهندس الكهرباء بعمل حسابه.

Electrical Data

Item	Standard Fan Chillers							High Pressure Fan Additions			Low Noise Fan Deductions		
	Maximum Running Power (kW)		Maximum Running Amps (A)			Starting Amps (A)							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Unit Size	YCAJ Total Unit	YDAJ Total Unit	Single Electrical Input	System 1 (YCAJ) 1 & 3 (YDAJ)	System 2 (YCAJ) 2 & 4 (YDAJ)	Part Winding	Star / Delta	Total Unit kW	Single Electrical Input Amps	Amps Per System	Total Unit kW	Single Electrical Input Amps	Amps Per System
44 MR7	124	248	202	101	101	283	147	8(16)	11	5.5	3(6)	7	3.5
55 MR7	160	320	254	127	127	356	161	8(16)	11	5.5	3(6)	7	3.5
55 ST7	160	320	254	127	127	356	161	8(16)	11	5.5	3(6)	7	3.5
65 NS7	167	334	279	151	127	482	218	8(16)	11	5.5	3(6)	7	3.5
66 ST9	185	370	312	156	156	482	218	1(2)	6	3	8.5(17)	15	7.5
76 ST9	206	412	344	188	156	578	260	1(2)	6	3	8.5(17)	15	7.5
77 XT9	227	454	376	188	188	578	260	1(2)	6	3	8.5(17)	15	7.5
77 SU7	213	426	372	186	186	578	260	15(30)	22	11	6(12)	15	7.5
87 SU7	226	452	388	202	186	578	260	15(30)	22	11	6(12)	15	7.5
97 AU7	249	498	418	230	188	725	320	15(30)	22	11	6(12)	15	7.5
98 XU7	248	496	440	235	205	725	320	15(30)	22	11	6(12)	15	7.5
99 XU7	265	530	470	235	235	725	320	15(30)	22	11	6(12)	15	7.5
99 XW9	292	584	476	238	238	725	320	2(4)	11	5.5	17(34)	25	12.5

من المهم أيضاً معرفة الـ pressure drop خلال ملف التبريد cooling coil للـ chiller لعمل حسابات المضخة pump head

من صفحة G.57 (صفحة ١٥) سجد منحنى Fig 9.



Flow rate هو معدل التدفق للمياه

خلا الـ chiller و هو يساوي ٢٥٠

* ٢,٤ = ٦٠٠ gpm = ٣٧,٨٥

L/Sec

أسفل المنحنى سجد جدول كل

موديل له رمز Line

YDAJ 76ST9 ⇒ Line C

تقاطع خط 37.85 L/s مع Line

C يعطي قيمة pressure drop

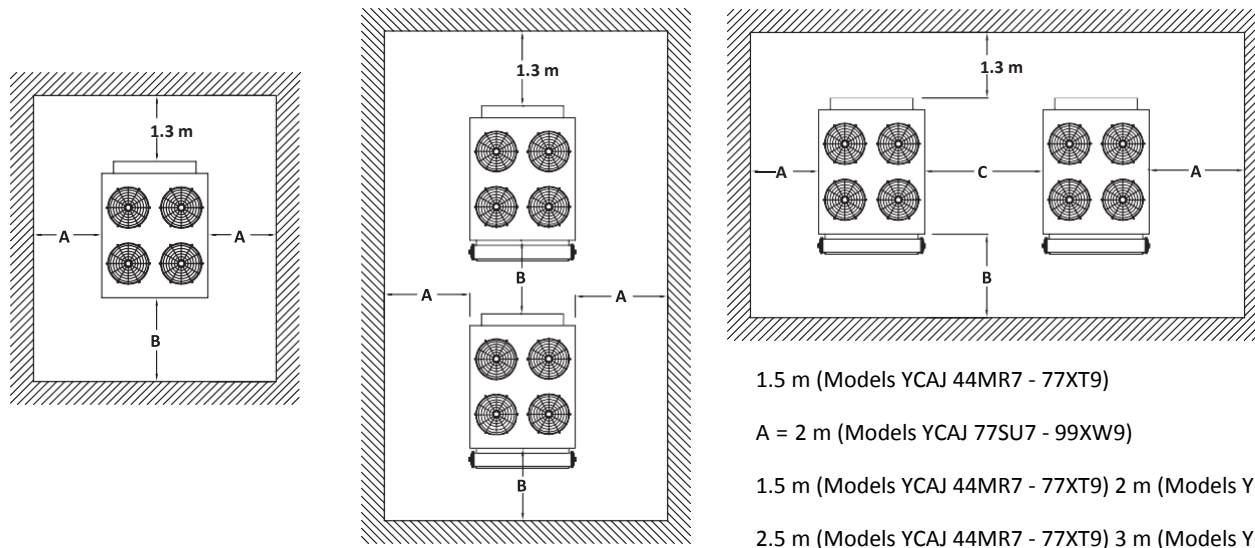
تقريباً 100 kpa

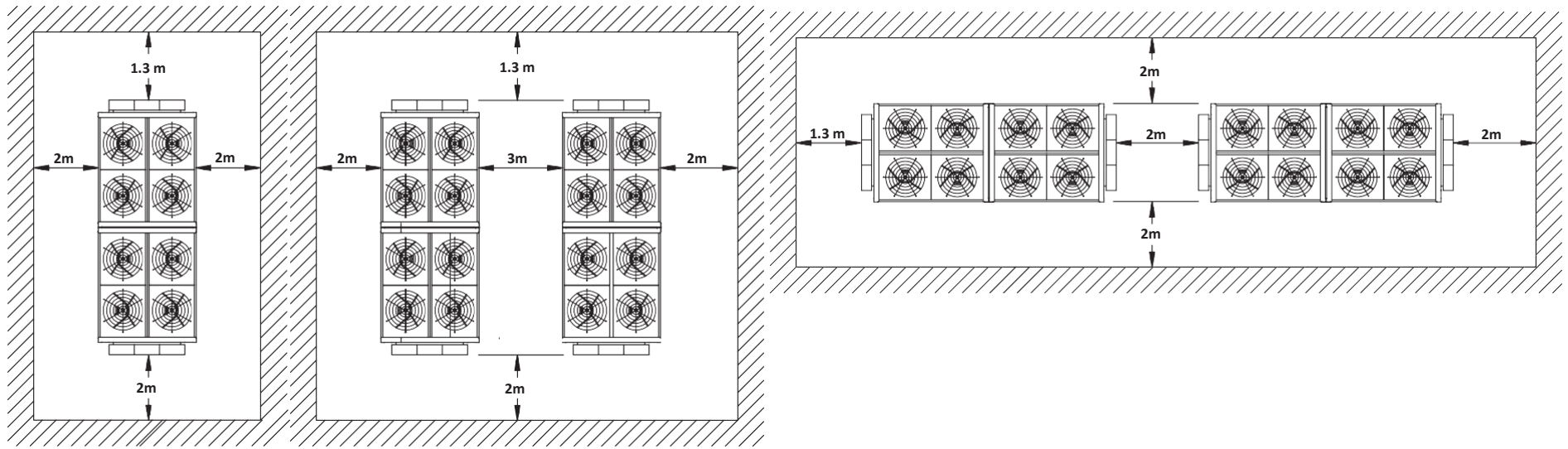
• $P = \rho g h$, $h = 10 \text{ m} = 33 \text{ ft}$

Models	Line	Models	Line
YCAJ 44MR7	A	YDAJ 44MR7	A
YCAJ 55MR7	A	YDAJ 55MR7	A
YCAJ 55ST7	C	YDAJ 55ST7	C
YCAJ 65NS7	B	YDAJ 65NS7	B
YCAJ 66ST9	C	YDAJ 66ST9	C
YCAJ 76ST9	C	YDAJ 76ST9	C
YCAJ 77XT9	E	YDAJ 77XT9	E
YCAJ 77SU7	C	YDAJ 87SU7	C
YCAJ 87SU7	C	YDAJ 97AU7	D
YCAJ 97AU7	D	YDAJ 98XU7	E
YCAJ 98XU7	E	YDAJ 99XU7	E
YCAJ 99XU7	E	YDAJ 99XW9	E
YCAJ 99XW9	E		

	SYS 1	SYS 2
Models	Line	
YCAJ/YDAJ 44MR7	Q	-
YCAJ/YDAJ 55MR7	Q	-
YCAJ/YDAJ 55ST7	Q	-
YCAJ/YDAJ 65NS7	S	-
YCAJ/YDAJ 66ST9	S	-
YCAJ/YDAJ 76ST9	S	-
YCAJ/YDAJ 77XT9	S	-
YCAJ 77SU7	S	S
YCAJ 87SU7	T	S
YCAJ 97AU7	T	T
YCAJ/YDAJ 98XU7	T	T
YCAJ/YDAJ 99XU7	T	T
YCAJ 99XW9	T	T

من صفحة G.66 سجد تعليمات التركيب و أدنى مسافة بين الـ chillers و بعضها، و أدنى مسافة بين الـ chiller و الحائط و هكذا.





للحصول على نسخة من الكتالوج اضغط على الرابط التالي: <https://bit.ly/333FqWH>

Cooling Tower

أبراج التبريد

- أبراج التبريد عبارة عن مبادلات حرارية تعمل على تبريد المياه بالتبخير في حيز محدود و بكفاءة عالية.
- تُستخدم أبراج التبريد مع المُكثفات المبردة بالماء لخفض درجة حرارة الماء المُستخدم كوسيط تكثيف بعد إكتسابه الطاقة الحرارية المفقودة من المُكثف.

أسباب استخدام أبراج التبريد:

1. يُستخدم في التطبيقات الكبيرة للتكييف المركزي التي تتعدى 500 TR حيث تحتاج كمية كبيرة من الماء لتبريد الفريون.
2. يُستخدم في حالة ارتفاع ثمن المياه في بعض البلدان.

مكونات برج التبريد:

1. **الجسم body**: من الحديد أو الصاج المقاوم للصدأ.
2. **فتحات تهوية louver**: تسمح بمرور هواء إلى داخل البرج.
3. **مروحة Fan**: تعمل على سحب الهواء إلى داخل البرج ليحدث التبادل الحراري ما بين الهواء و قطرات المياه المُتساقطة.

4. **موانع الرذاذ Eliminators**: تمنع خروج قطرات مياه التي قد تتطاير مع تيار الهواء إلى خارج البرج.

5. **الرشاشات Nozzles**: تقوم برش المياه على هيئة رذاذ ليتساقط من أعلى البرج.

6. **Packing**: تعمل على تحويل المياه التي تمر عليها إلى رذاذ عن طريق توفير مساحة سطحية كبيرة مُبتلة تساعد على سرعة التبخير.

7. **حوض البرج Basin**: يكون في أسفل البرج حيث يتجمع فيه المياه المُتساقطة و يحتوي على صمام عوامة لضبط منسوب المياه و أيضاً مصفاه عند خروج المياه.

فكرة عمل برج التبريد:

باستخدام مضخة يتم ضخ الماء الساخن الخارج من المُكثف و يدخل إلى برج التبريد من الأعلى و يوزع بشكل متساوي على شكل قطرات و تتم عملية التبريد نتيجة تبخر جزء من الماء أثناء تساقطه حيث تعمل المروحة أعلى البرج على سحب الهواء الخارجي عن طريق فتحات جانبية تمر على louver و تقابل المياه المُتساقطة و حدث تبادل حراري بينهم و تسقط المياه إلى حوض البرج بالأسفل.

- تنقسم أبراج التبريد من حيث طريقة إزالة الحرارة إلى قسمين:

1. Open cooling towers

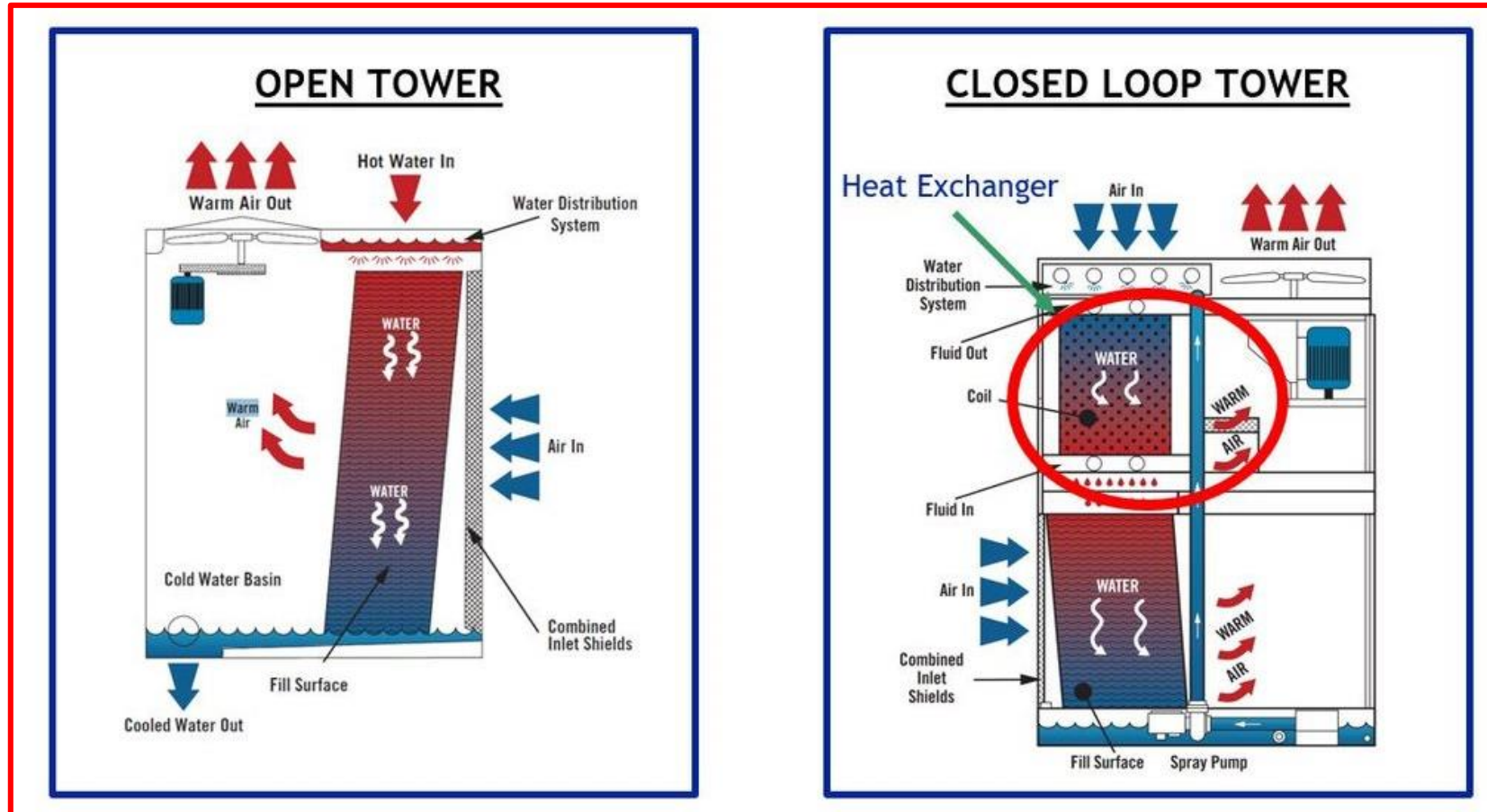
2. Closed cooling towers

- تنقسم أبراج التبريد من حيث طريقة دخول الهواء إلى قسمين:

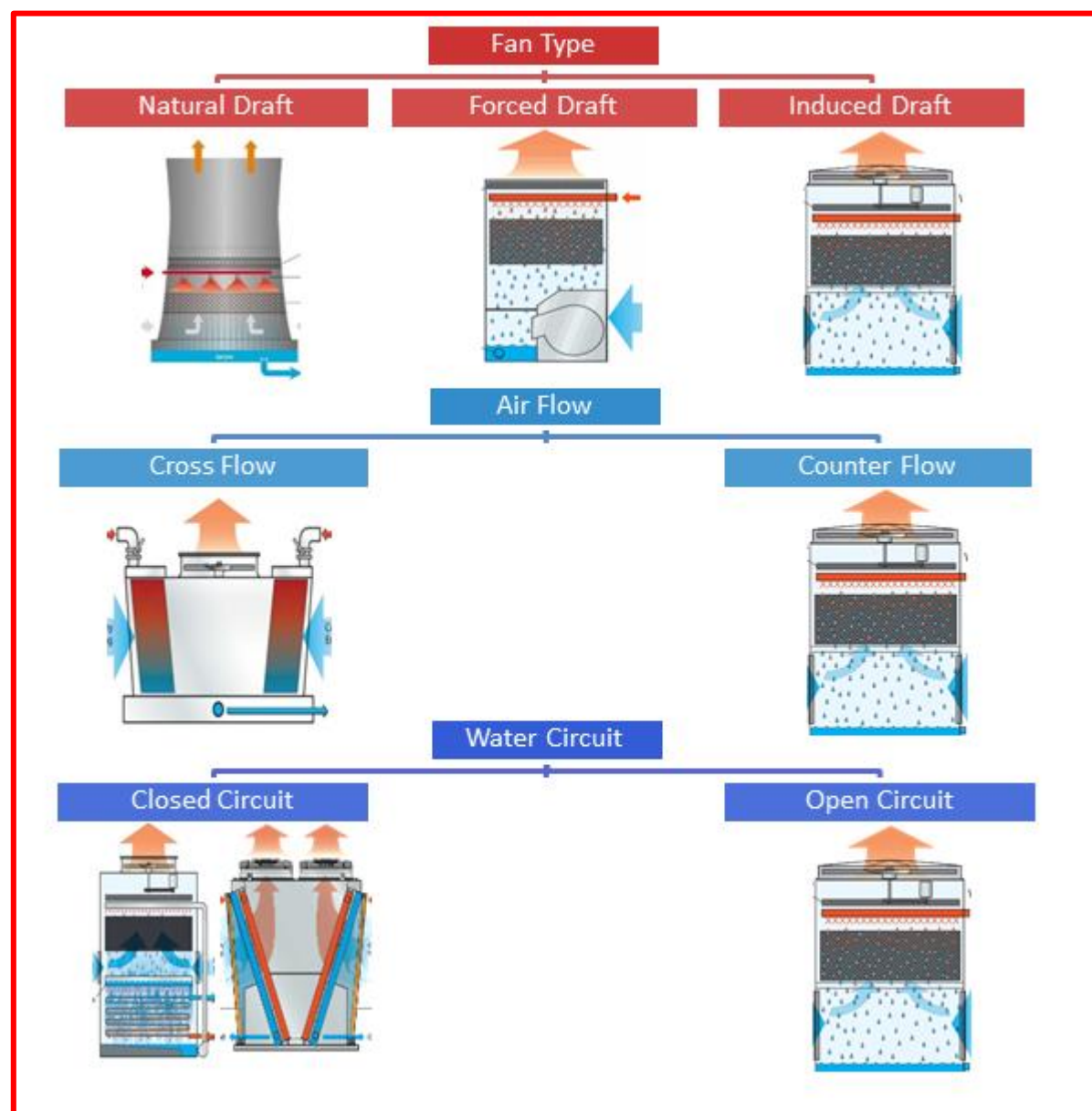
1. Nature draft cooling towers

2. Mechanical draft cooling towers

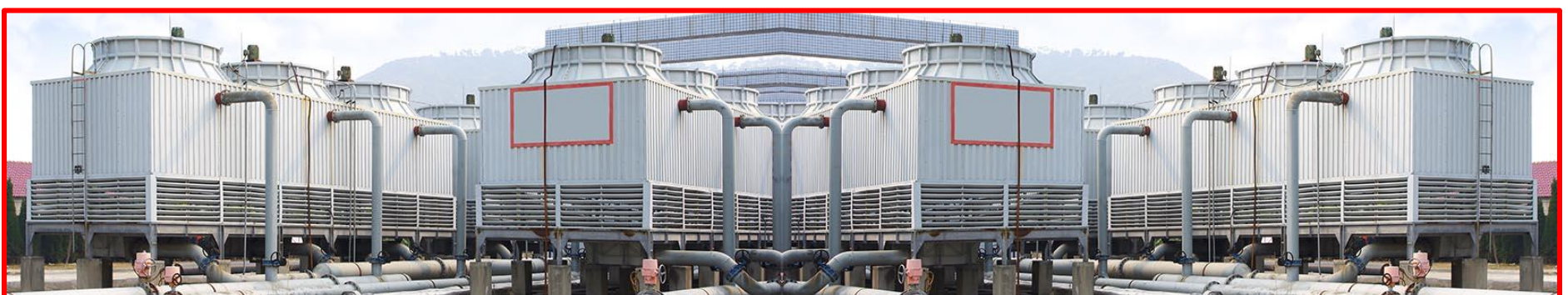
1. Open & Closed cooling tower



2. Classification of cooling tower



3. Cooling tower in site



Cooling tower selection

٤. العوامل التي تؤخذ في الاعتبار عند عمل إختيار لبرج التبريد:

1. EWT : Entering Water Temperature = 95 °F = 35 °C

درجة حرارة المياه عند الدخول و هي غالباً في مصر (٣٥م)

2. LWT : Leaving Water Temperature = 85 °F = 30 °C

درجة حرارة الخروج من برج التبريد و هي غالباً في مصر (٣٠م)

3. WBT : Wet Bulb Temperature = 24 °C

درجة الحرارة الرطبة للهواء المحيط و هي غالباً في القاهرة (٢٤م)

- بالنسبة لدرجة الحرارة الرطبة للهواء يتم الاعتماد عليها في تبريد المياه التي تدخل لبرج التبريد حيث يحدث التبريد عن طريق التبخير عندما يلامس الهواء الساخن قطرات المياه الباردة القادمة من الـ Nozzles فيتحول الماء إلى بخار ثم يتكثف هذا البخار فيحدث تبريد لقطرات المياه الساخنة مع القطرات الباردة.

• Cooling tower water flow = 3 gpm/TR

بمعنى لو عندي سعة الـ chiller تساوي 500 TR هحتاج كمية gpm مياه في برج التبريد قدرها 500 * 3 = 1500 gpm

• Temperature range = EWT – LWT

فرق درجات الحرارة للمياه عند الدخول و الخروج يُسمى Temp range.

• Temperature approach = LWT - WBT

فرق درجات الحرارة ما بين درجة حرارة دخول المياه و درجة حرارة الهواء الرطبة يُسمى approach.

• Nominal load (kw) = m °w Cp_w ΔT_w

• Nominal load (kw) = Flow rate (L/S) * 4.186 * Temp range كمية الحراة المفقودة من المياه حتى تبرد

• Actual load (kw) = nominal load (kw) * capacity factor

Example:

- Chiller capacity = 500 TR
- Wet bulb temperature = 34 °C (Cairo)
- EWT = 35 °C
- LWT = 30 °C
- Water flow rate = 3 * 500 = 1500 gpm = 31.5 L/Sec

ندخل كتالوج شركة Evapco AT على سبيل المثال نجد الجدول كالتالي:

Cooling capacity in l/s*																					
MODEL NO.	EWT	32	36	32	36	32	36	32	37	35	40	35	40	35	37	40	42	36	37	41	42
	LWT	27	26	27	26	27	26	27	27	30	30	30	30	30	32	30	32	31	32	31	32
	WB	19	19	20	20	21	21	22	22	24	24	25	25	26	26	26	26	27	27	27	27
AT/UAT 19-56		32	18	29	16	26	14	23	15	31	20	27	18	24	34	16	22	25	30	17	20
AT/UAT 19-66		34	20	32	18	29	16	25	17	33	22	30	20	26	36	18	24	27	33	19	22
AT/UAT 19-76		37	23	35	21	32	19	28	20	36	25	33	23	29	39	20	27	30	36	21	25
AT/UAT 19-86		40	25	37	23	34	21	31	22	39	27	35	25	31	42	22	30	33	38	23	28
AT/UAT 19-96		45	28	42	27	39	24	35	25	44	31	40	29	35	47	26	34	37	43	27	31
AT/UAT 19-28		39	22	36	20	32	17	28	18	37	24	34	22	29	41	19	27	30	37	20	25
AT/UAT 19-38		42	24	39	21	35	19	31	20	40	26	36	24	31	44	21	30	33	40	22	27
AT/UAT 19-48		44	26	41	23	37	21	33	22	43	28	39	26	34	47	23	32	35	42	24	29
AT/UAT 19-58		45	27	42	25	38	22	34	23	43	30	39	27	34	47	24	33	36	43	25	30
AT/UAT 19-68		48	29	45	27	41	24	37	25	46	32	42	30	37	50	26	35	39	46	28	33
AT/UAT 19-78		49	31	46	29	42	26	38	27	48	34	43	31	39	52	28	37	40	47	30	34
AT/UAT 19-88		52	32	49	30	45	27	40	28	50	35	46	33	41	55	29	39	43	50	31	36
AT/UAT 19-98		54	34	51	32	47	29	42	31	53	37	48	35	43	57	31	41	44	52	33	38
AT/UAT 26-517		64	36	59	32	53	29	47	30	61	40	55	36	48	67	32	45	50	61	33	41
AT/UAT 26-617		69	40	64	36	58	32	51	34	67	44	60	40	52	73	35	49	55	66	37	45
AT/UAT 26-717		74	45	69	42	64	37	57	39	72	50	66	46	58	78	41	55	60	72	43	51
AT/UAT 26-817		80	50	75	46	69	41	62	43	78	54	71	50	63	85	45	60	66	77	47	55
AT/UAT 26-917		90	57	84	53	78	49	70	51	87	62	80	58	71	95	52	68	74	87	55	63
AT/UAT 28-217	78	43	72	39	65	35	57	37	75	49	67	44	58	82	38	55	61	74	41	50	
AT/UAT 28-317	83	47	77	43	70	38	62	40	80	53	72	48	63	88	42	59	66	80	45	54	
AT/UAT 28-417	89	51	82	47	75	41	66	44	86	57	77	52	67	94	46	63	71	85	48	58	
AT/UAT 28-517	89	54	83	49	76	44	68	47	86	59	78	54	69	94	48	66	72	86	51	60	
AT/UAT 28-617	96	58	89	54	82	48	73	51	93	64	84	59	74	101	53	71	78	92	55	65	
AT/UAT 28-717	98	62	92	58	84	53	76	55	95	67	87	63	77	103	57	74	80	94	59	68	
AT/UAT 28-817	104	65	97	60	89	54	80	57	101	71	92	65	82	110	59	78	85	100	61	72	
AT/UAT 28-917	109	69	102	64	93	59	84	61	105	75	96	69	85	114	63	82	89	105	66	76	
AT/UAT 212-59	64	36	59	32	53	29	47	30	61	40	55	36	48	67	32	45	50	61	33	41	
AT/UAT 212-69	69	40	64	36	58	32	51	34	67	44	60	40	52	73	35	49	55	66	37	45	
AT/UAT 212-79	74	45	69	42	64	37	57	39	72	50	66	46	58	78	41	55	60	72	43	51	
AT/UAT 212-89	80	50	75	46	69	41	62	43	78	54	71	50	63	85	45	60	66	77	47	55	
AT/UAT 212-99	90	57	84	53	78	49	70	51	87	62	80	58	71	95	52	68	74	87	55	63	
AT/UAT 215-29	78	43	72	39	65	35	57	37	75	49	67	44	58	82	38	55	61	74	41	50	

AT/UAT 215-39		83	47	77	43	70	38	62	40	80	53	72	48	63	88	42	59	66	80	45	54
AT/UAT 215-49		89	51	82	47	75	41	66	44	86	57	77	52	67	94	46	63	71	85	48	58
AT/UAT 215-59		89	54	83	49	76	44	68	47	86	59	78	54	69	94	48	66	72	86	51	60
AT/UAT 215-69		96	58	89	54	82	48	73	51	93	64	84	59	74	101	53	71	78	92	55	65
AT/UAT 215-79		98	62	92	58	84	53	76	55	95	67	87	63	77	103	57	74	80	94	59	68
AT/UAT 215-89		104	65	97	60	89	54	80	57	101	71	92	65	82	110	59	78	85	100	61	72
AT/UAT 215-99		109	69	102	64	93	59	84	61	105	75	96	69	85	114	63	82	89	105	66	76
AT/UAT 110-112		83	50	78	46	71	41	63	43	81	55	73	51	64	88	45	61	67	80	47	56
AT/UAT 110-212		90	52	83	48	76	43	67	45	87	58	78	53	68	94	47	65	72	86	50	59
AT/UAT 110-312		90	55	84	51	77	46	69	48	87	61	80	56	70	95	50	67	73	87	52	62
AT/UAT 110-412		93	55	87	51	79	45	71	48	90	61	82	56	72	98	50	68	75	90	52	62
AT/UAT 110-512		96	59	90	55	82	49	74	52	93	65	85	60	75	101	54	71	78	92	56	66
AT/UAT 110-612		98	62	92	58	84	53	76	55	95	67	87	63	77	103	57	74	80	94	59	68
AT/UAT 110-712		101	62	94	58	86	52	78	55	97	69	89	63	79	106	57	75	82	97	59	70
AT/UAT 110-812		103	65	97	61	89	56	80	58	100	71	91	66	81	108	60	77	84	99	62	72
AT/UAT 110-912		108	68	101	64	92	58	83	61	104	74	95	69	85	---	63	81	88	104	65	75
AT/UAT 110-118		111	62	102	56	92	49	81	52	107	69	95	63	82	117	55	78	87	106	58	71
AT/UAT 110-218		111	69	104	64	95	58	86	61	108	76	98	70	87	117	63	83	91	107	66	77
AT/UAT 110-318		119	71	111	65	101	58	90	61	115	78	104	71	91	125	63	87	96	114	67	80
AT/UAT 110-418		124	71	115	65	104	58	92	61	120	79	108	72	94	131	63	89	98	119	67	81
AT/UAT 110-518		127	77	118	70	108	63	97	66	123	85	112	77	98	134	69	93	103	122	72	86
AT/UAT 110-618		134	81	125	75	114	67	102	71	129	90	118	82	104	141	73	99	108	128	77	91
AT/UAT 110-718		137	87	128	80	118	74	106	77	133	94	121	87	108	144	79	103	112	132	83	96
AT/UAT 110-818		145	90	136	83	124	75	112	78	141	98	128	91	113	153	81	108	118	140	85	100
AT/UAT 110-918		150	95	140	88	128	81	116	84	145	103	132	96	118	157	87	112	122	144	90	104

- من الكتالوج الموديل هو AT16 – 66 (صفحة ٣٠).
- من صفحة ٤٤ من الكتالوج نحصل على الـ data و الأبعاد الخاصة بالموديل AT16 – 66.
- للحصول على نسخة من الكتالوج اضغط الرابط التالي : <https://bit.ly/3kYvkwy>

• في بعض الكتالوجات الأخرى يتم الاختيار كالآتي:

١. بمعلومية سِعة الـ Chiller نقوم بحساب Flow rate بـ L/sec.
٢. نقوم بحساب Temp range و حساب Temp approach بمعلومية EWT, LWT, WBT.
٣. حساب الـ Nominal load.
٤. بمعلومية الـ approach & Range نحسب مُعامل التصحيح capacity factor من جداول بالكتالوج.
٥. بمعلومية مُعامل التصحيح والـ Nominal load نحسب Actual load.
٦. بمعلومية الـ Actual & flow Rate ندخل على خريطة بالكتالوج نختار الموديل.

Expansion Tank

خزان التمدد

- مكان التركيب:
خزان التمدد هو خزان معدني بحجم معين يتم تركيبه في نظام التكييف المركزي على هيدر سحب المضخات.
- الفائدة من إستخدامه:
له وظيفتان وهما
 ١. في حالة حدوث تسريب leakage من شبكة المواسير يقوم خزان التمدد بتعويض النقص في الشبكة.
 ٢. عند إرتفاع درجة حرارة المياه داخل شبكة المواسير (ترتفع درجة الحرارة عند توقف الـ chiller عند التبريد) تتمدد المياه داخل المواسير و لمنع حدوث شروخ cracks بالمواسير ناتجة عن زيادة الضغط يتم تركيب خزان التمدد حيث يسمح بتمدد المياه داخله.

• أنواعه:

١. Open expansion tank

- ✓ يكون مفتوح على الوسط الخارجي.
- ✓ يتم تركيبه على سحب الطلمبة في مكان عالي.
- ✓ يتم تركيبه إذا كانت المضخة و الـ chiller فوق أعلى المبنى.
- ✓ سِعره منخفض بالمقارنة مع الأنواع الأخرى و لكنه غير شائع الإستخدام.

٢. Closed expansion tank

- ✓ يحتوي على هواء مضغوط بداخله.
- ✓ يتم تركيبه على سحب الطلمبات.
- ✓ الأكثر شيوعاً و إستخداماً من الأنواع الأخرى.

٣. Diaphragm expansion tank

- ✓ يحتوي على غِشاء مرن يفصل ما بين الهواء المضغوط و المياه.
- ✓ الأغلى من حيث السعر.



➤ Expansion tank sizing حساب حجم خزان التمدد

- For closed tanks (from Ashrae)

$$V_t = V_s \frac{\left[\left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right) \right] - 3 \alpha \Delta T}{\left(\frac{P_a}{P_1} - \frac{P_a}{P_2} \right)}$$

Where:

V_t = volume of expansion tank (m^3) & V_s = expansion of water in systems (m^3)

T_1 = lower temp $^{\circ}C$ & T_2 = higher temp & P_a = atmospheric pressure (KPa)

P_1 = pressure at T_1 (KPa) & P_2 = pressure at T_2 (KPa)

v_1 = specific volume of water at T_1 (m^3/kg) & v_2 = specific volume of water at T_2 (m^3/kg)

α = linear coefficient of thermal expansion [$m/(m.k)$]

α for steel = $11.7 \times 10^{-6} m/m.k$ & α for Copper = $17.1 \times 10^{-6} m/m.k$

$\Delta T = (T_1 - T_2) K$

- For open tanks

$$V_t = 2V_s \left[\left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right) - 3 \alpha \Delta T \right]$$

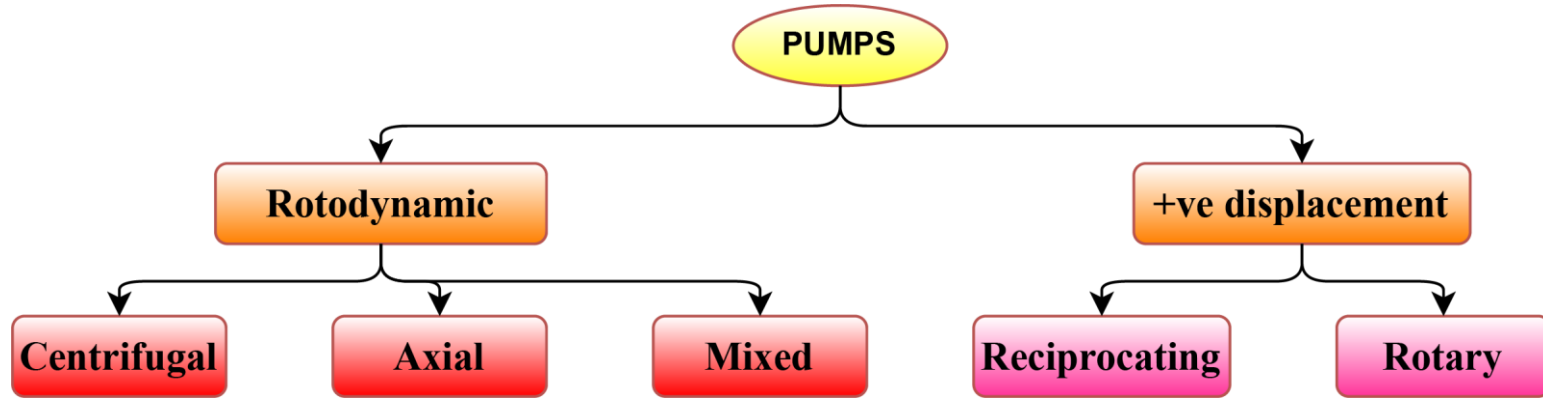
- For diaphragm tank

$$V_t = V_s \frac{\left[\left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right) \right] - 3 \alpha \Delta T}{1 - (P_1/P_2)}$$

- أشهر المُصنِّعين:

١. Taco

٢. Damfos

المضخات PUMPS

- Classification according to application

1. Lifting pumps

مضخات رفع مثل المُستخدمة في نظم التغذية بالمياه

2. Circulation pump

مضخات تدوير مثل المُستخدمة في أنظمة التكييف

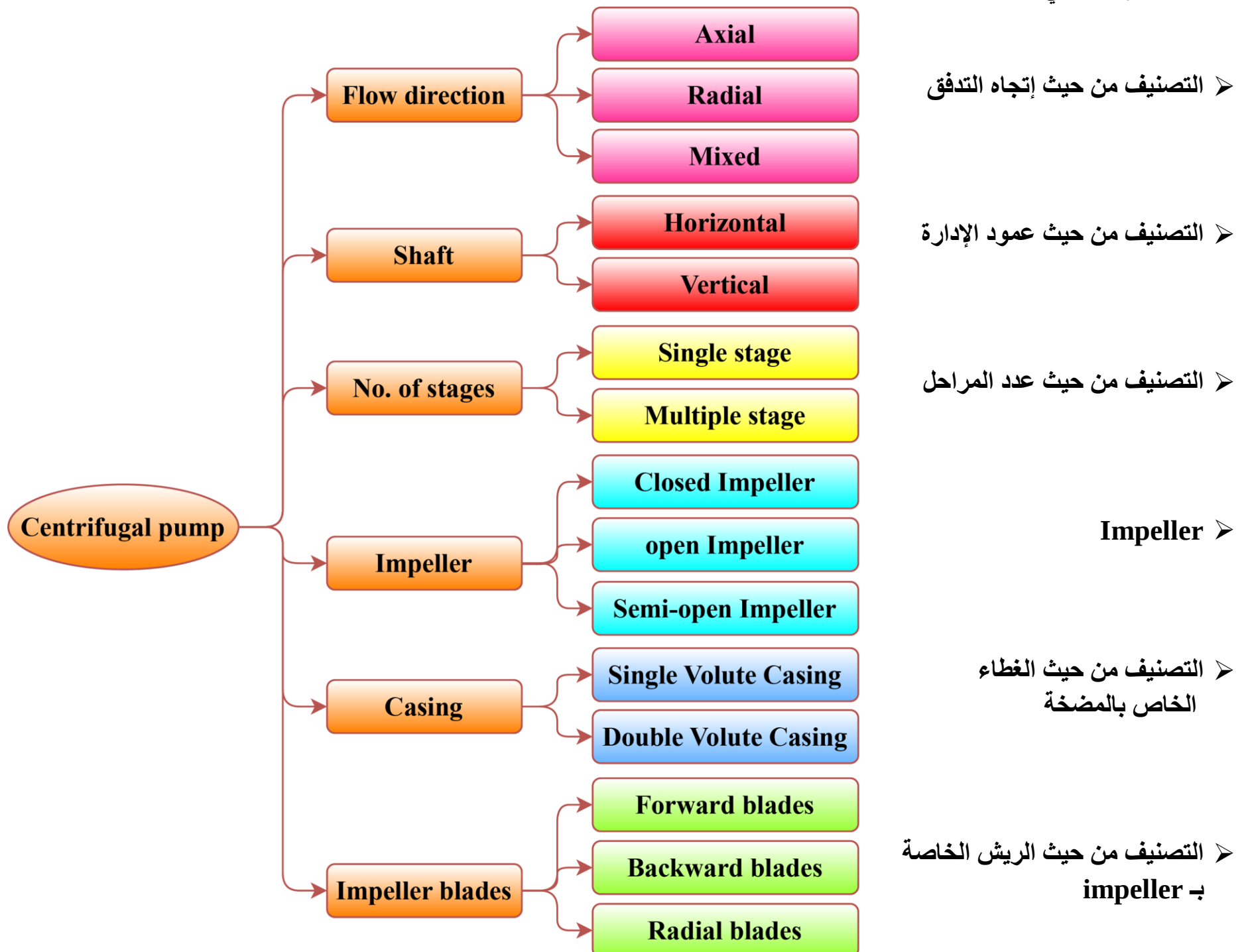
3. Boosting pump

مضخات تعزيز أو توزيع

المضخات الطاردة المركزية Centrifugal pumps

هي المضخات الأكثر شيوعاً و إستخداماً في مجال التكييف و الصحي و الحريق و ذلك لما تتمتع من مميزات:

١. بساطة التركيب و التكوين و التصميم.
٢. انخفاض تكاليف الصيانة و سهولتها.
٣. كفاءة عالية + وزن خفيف.
٤. انخفاض مستوى الضوضاء عند التشغيل.
٥. إنتظام سريان المياه منها في حالة التركيب السليم لها.
٦. أرخص في الثمن.



➤ التصنيف من حيث الـ coupling مع عمود الإدارة:

١. Closed coupling

الموتور مع الـ coupling في غطاء مُحكم لا يفك.

٢. Long coupling

الموتور يُمكن تغييره لأن الـ coupling مكشوف.

➤ المضخات الطاردة المركزية تنقسم إلى نوعين أساسيين هما:

١. Inline pumps السحب و الطرد في إتجاه واحد.

٢. End suction pump السحب أفقي في إتجاه موازي لمحور الطلمبة و الطرد عمودي عليه.

➤ سرعة دوران المضخة @F = 50 Hz

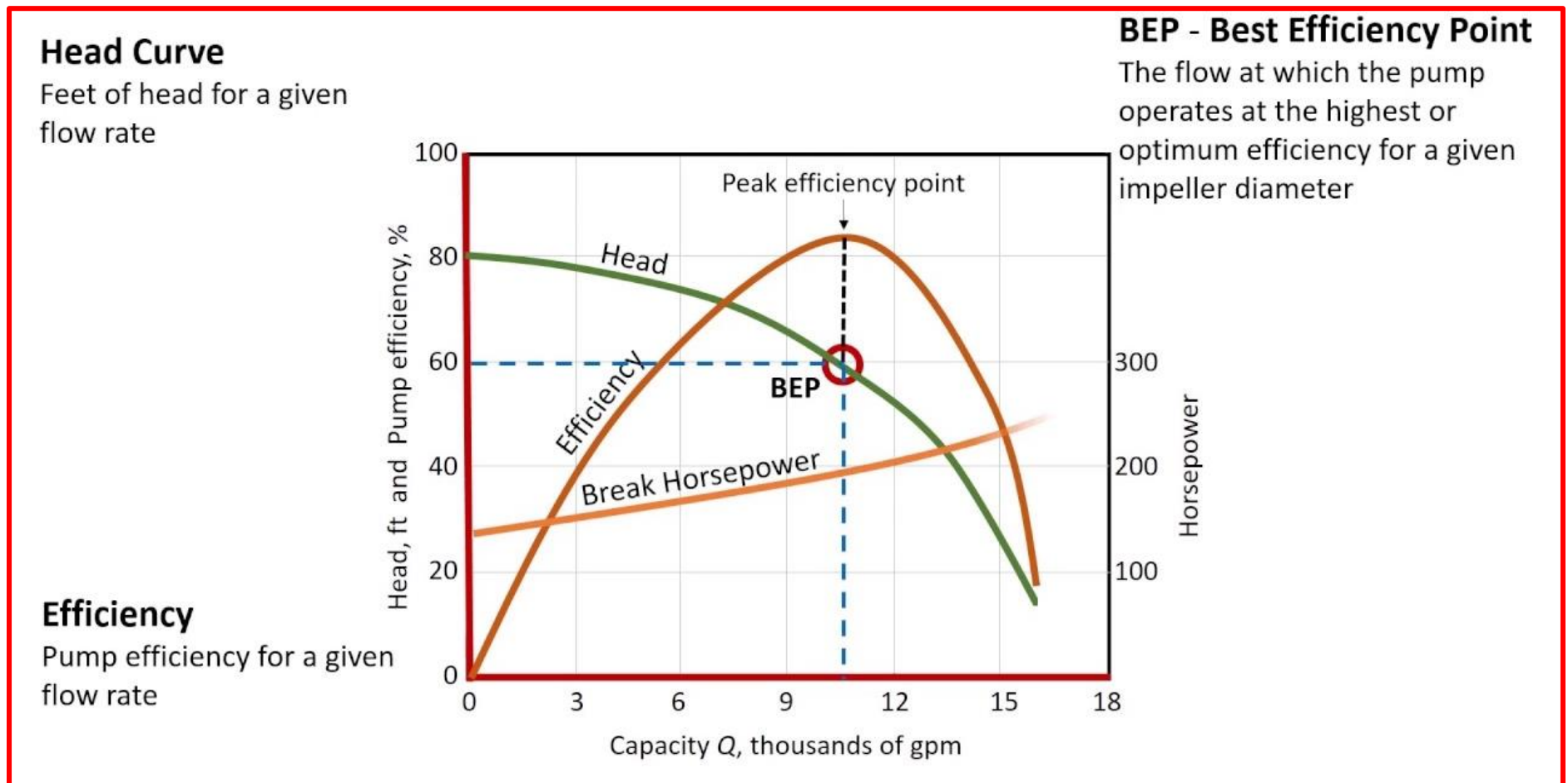
2950 rpm (a)

١. حجم صغير.
٢. صوت عالي.
٣. سعر منخفض.
٤. صيانة أكثر و عُمر إفتراضي أقل.
٥. تُستخدم في أعمال الحريق.

1450 rpm (b)

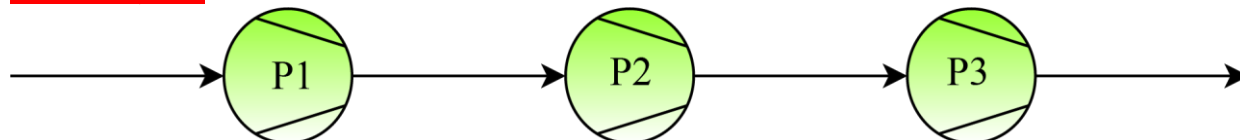
١. حجم كبير.
٢. صوت منخفض.
٣. سعر عالي.
٤. صيانة أقل و عمر إفتراضي طويل.
٥. تُستخدم في أعمال التكييف و الصحي.

➤ Performance curves of pumps



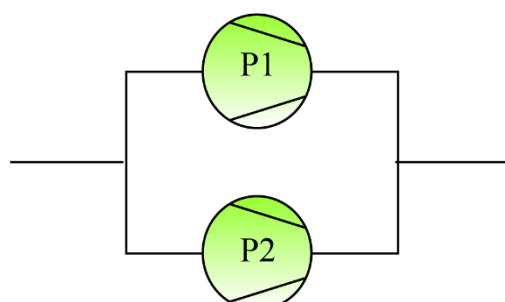
➤ Pump arrangements

a) توالى Series



- عندما يكون مطلوب زيادة الـ Head والـ Flow rate ثابت.

b) توازي Parallel



- عندما يكون مطلوب زيادة الـ Head و Flow rate ثابت.

التكهف Cavitation

- هي ظاهرة تكون فقاعات هواء في السائل داخل المضخات نتيجة تبخر السائل بسبب انخفاض ضغطه ليصل إلى ضغطه البخاري و هذه الفقاعات يكون لها صوت و تحدث نقر في الريش و جسم المضخة و تحدث إهتزازات و تُقلل من كفاءة و عمر و أداء المضخة.

- Net positive suction head (NPSH)

Divided into NPSH_{available} and NPSH_{required} , to prevent cavitation it must be

$$\text{NPSH}_{\text{available}} > \text{NPSH}_{\text{required}}$$

- NPSH_{required} تمثل الضغط المطلوب عند مدخل المضخة و تأتي بالقيمة الخاصة به من كتالوج المضخة.

- NPSH_{available} تمثل الضغط الفعلي عند مدخل المضخة و يتم حسابه من العلاقة

$$\text{NPSH}_{\text{available}} = H_{\text{atm}} - H_s - H_f - H_v$$

حيث :

(a) H_{atm} تمثل الضغط الجوي = 10.2 m .

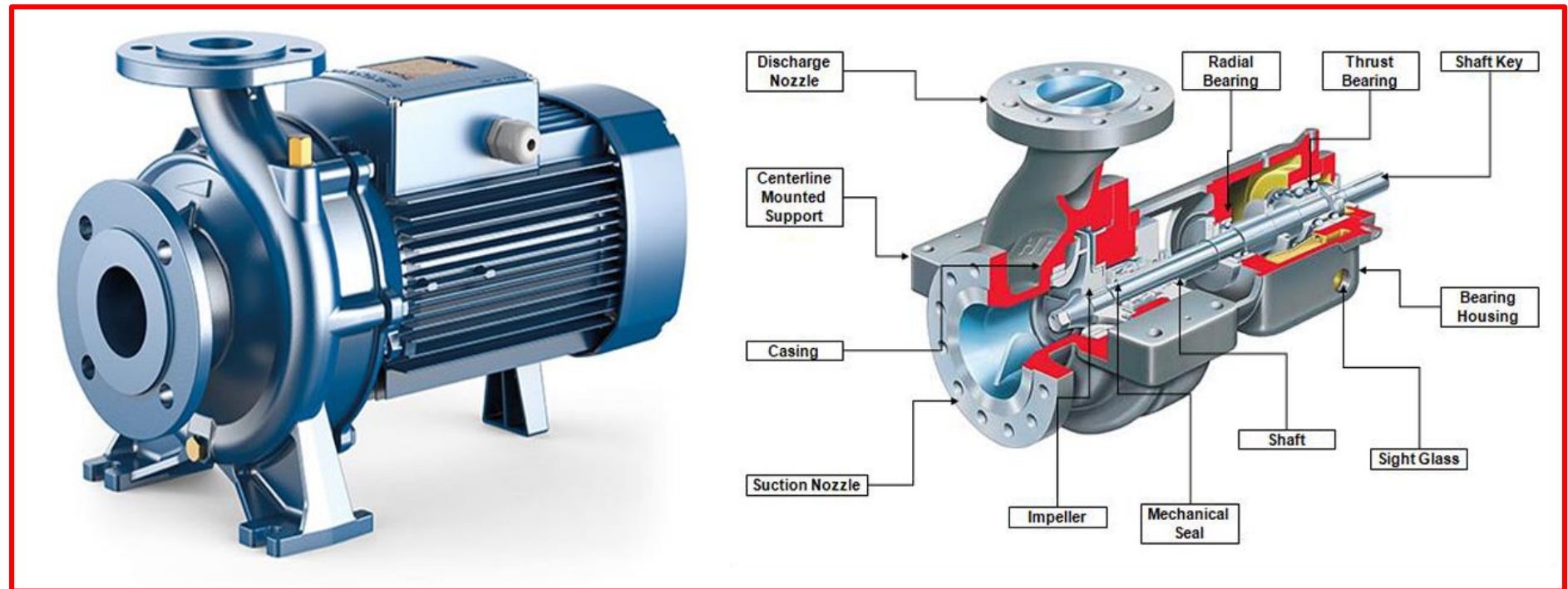
(b) H_s هو الارتفاع الرأسي على جانب السحب ما بين مستوى المضخة و مستوى سطح السائل بالمتري.

(c) H_f هو قيمة الفقد في الضغط نتيجة الاحتكاك على خط السحب بالمتري.

(d) H_v هو الضغط البخاري للسائل بالمتري و يتم الحصول على الضغط البخاري عند درجات حرارة مختلفة من الجدول التالي:

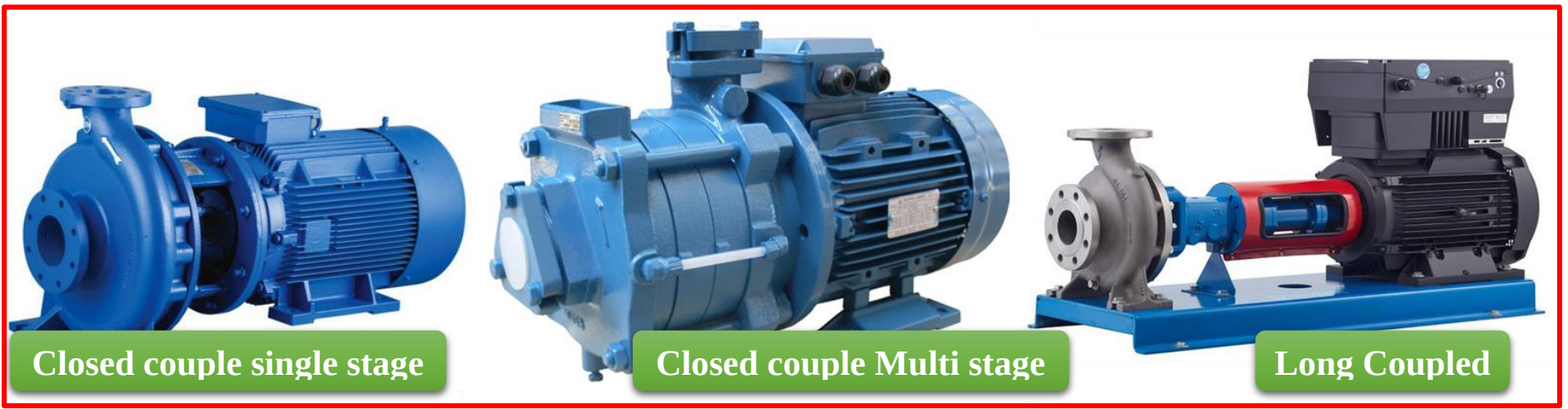
T (°C)	P (bar)	H (m)
20	0.0233	0.233
30	0.0424	0.424
40	0.0737	0.737
50	0.123	1.23

- Radial centrifugal pump

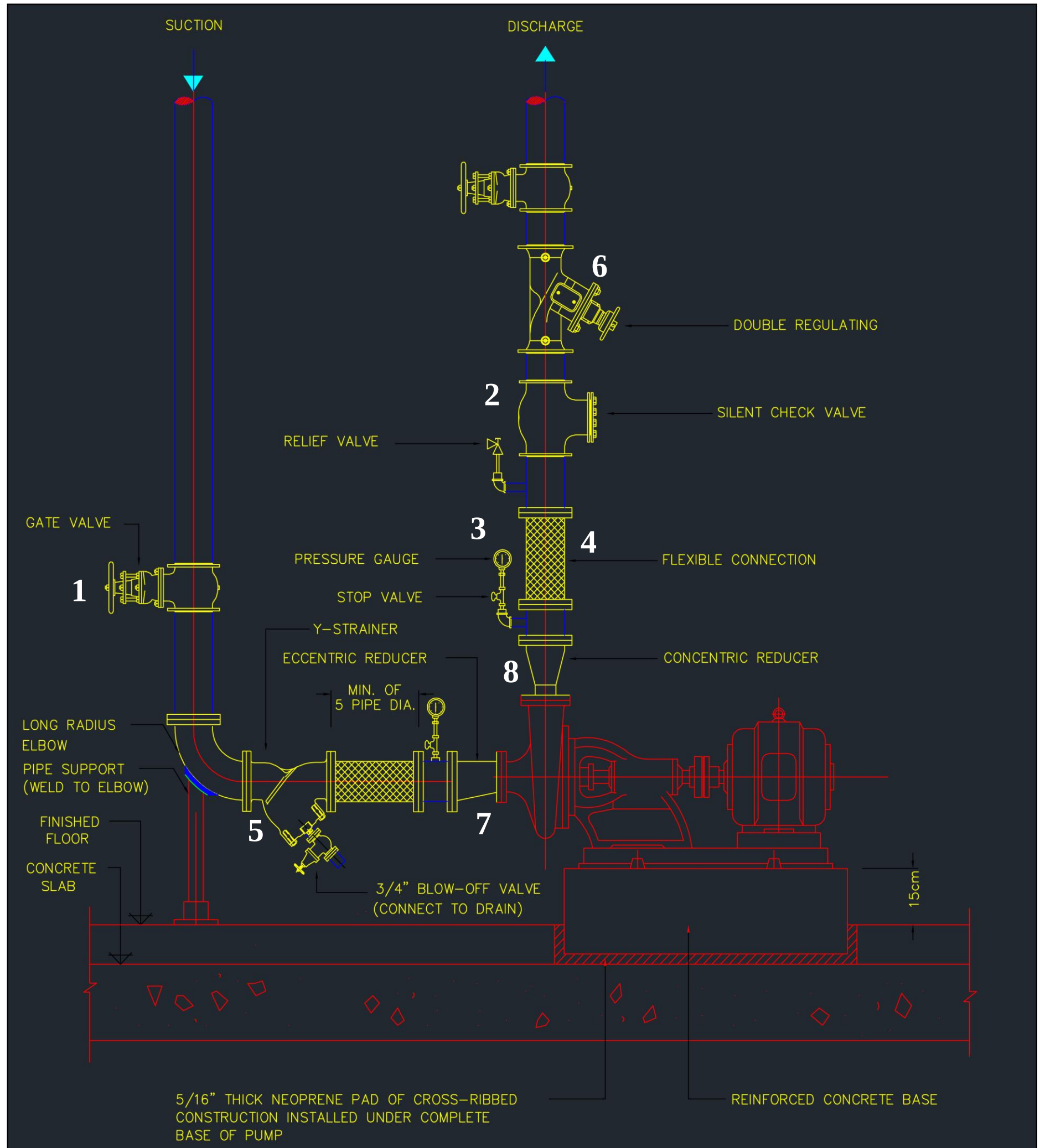


- Axial centrifugal pump





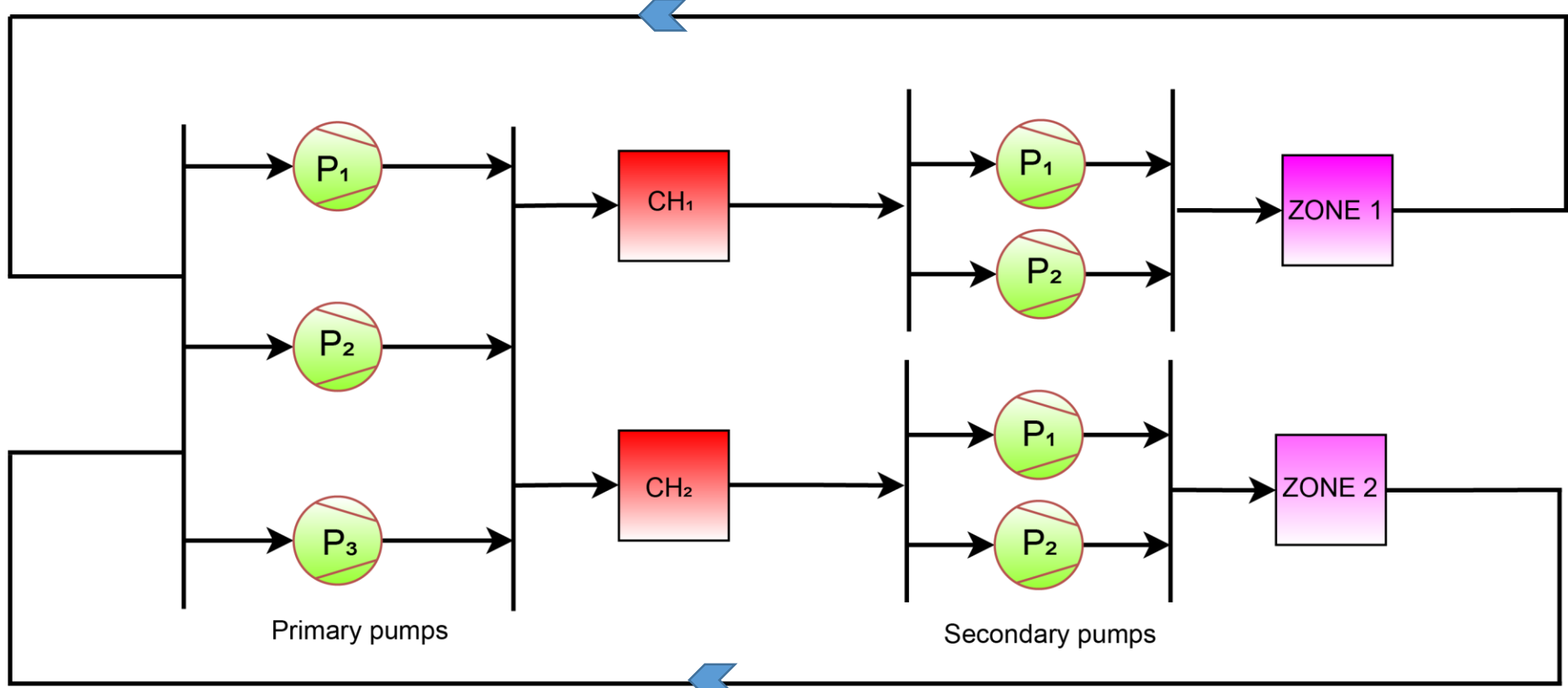
➤ Pump hook up



١. Gate valve: محبس بوابة على خط السحب و الطرد للظلمة لزوم أعمال الصيانة.

٢. Check valve: محبس عدم رجوع على خط الطرد للطلبة يُستخدم لمنع التدفق العكسي للمياه.
٣. Pressure gauge: عداد قياس الضغط على خط السحب و الطرد للطلبة.
٤. Flexible connection: وصلة مرنة تُركب على خط السحب و الطرد للطلبة و تُستخدم لإمتصاص الإهتزازات من المواسير.
٥. Strainer: مصفاه تُركب على خط السحب للطلبة لزوم تنقية المياه من الشوائب.
٦. Balancing valve or double regulating: يُركب على خط طرد الطلبة و يُستخدم في ضبط كمية الـ gpm للطلبة.
٧. Eccentric reducer: مسلوب من النوع eccentric على مدخل الطلبة لمنع حدوث air gap جيوب هوائية على خط السحب لمنع حدوث cavitation.
٨. Concentric reducer: مسلوب مركزي على خط الطرد للطلبة.

➤ Primary & Secondary pumps



- في المشاريع الضخمة جداً مثل القرى السياحية تكون أطوال المواسير كبيرة جداً والـ Friction losses عالي في المواسير و أقطار كبيرة للمواسير و كميات كبيرة من الـ gpm و عدد chillers كبير (محطة تشيلرات مركزية) ولا يتم إستخدام مجموعة طلبات واحدة و لكن يتم إستخدام مجموعتين من الطلبات و هما:

١. Primary pumps

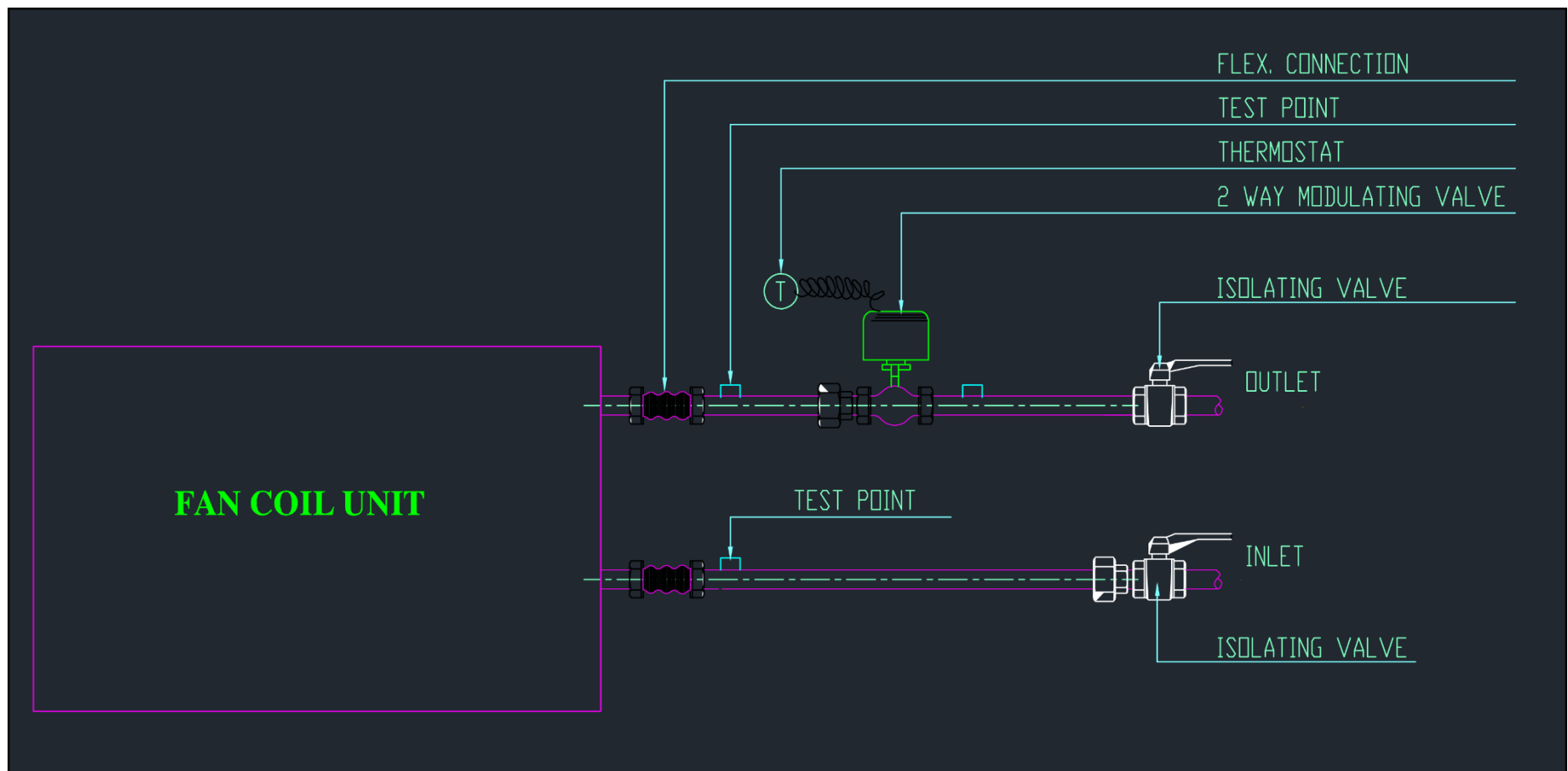
يتم تركيبها قبل الـ chillers و تكون مسؤولة عن سحب المياه من شبكة المواسير بالـ zones حتى الـ chillers و يكون عددها = عدد الـ chillers + ١ و يكون الـ gpm للمشروع الكلي موزع عليها بالتساوي.

٢. Secondary pumps

يتم تركيبها على خط الـ supply للـ chillers و تكون مسؤولة عن التغلب على المفايد على خط الـ supply فقط و مسؤولة عن إمداد الـ zones بالـ gpm و ليست شرطاً أن تكون متساوية في كمية الـ gpm لأن كل طلببة مسؤولة عن zones معينة.

Fan coil Unit (FCU)

- هي وحدات تُشبه الوحدات الداخلية لأجهزة التكييف المنفصلة من حيث الشكل، التركيب و الوظيفة و لكن تختلف عنها في أن ملف التبريد الخاص بها يستخدم المياه المُبردة بدلاً من الفريون.
- يتم تركيبها داخل الأماكن المراد تكييفها و لها سعات تبريد محدودة حتى 6 TR.
- بسيطة في التركيب (ملف + مروحة) و رخيصة الثمن بالمقارنة مع وحدة مناولة الهواء (AHU) و لكن لها سعات تبريدية محدودة
- يوجد منها نوعين على حسب تركيبها:
 ١. **Concealed** تكون مخفية داخل السقف المُستعار و تغذي فراغ أو أكثر.
 ٢. **Decorative** تكون داخل الفراغ على هيئة صندوق.
- لها مُسميات أخرى مثل:
 ١. Terminal units
 ٢. Blower coils
- بجانب كل FCU يتم وضع ثرموستات Thermostat للتحكم في درجة حرارة الغرفة.



FCU Hookup

- Gate Valve: محبس بوابة على خط الدخول و الخروج للمياه لزوم أعمال الصيانة.
- Strainer: على خط الدخول لتنقية المياه من الشوائب.
- Balancing Valve: لضبط معدل التدفق gpm للوحدة و يُركب على الراجع 2Way valve أو 3Way للتحكم في حالة الـ part load و يتم تركيبه على الراجع.

FCU Selection

- أشهر الشركات المُصنعة:

1. Carrier
2. Saiver
3. Trane

- يوجد نوعان من الـ FCU:

1. 2 pipe 2 way تبريد فقط (خط supply و خط return).
2. 4 pipe 4 way (تبريد و تسخين).

العوامل التي تؤخذ في الاعتبار عند عمل اختيار لوحدة الـ FCU

Selection data required

- **Cooling load (TR or Kw)**: الحمل الحراري للمكان أو سعة الـ FCU بـ TR or Kw من حسابات برنامج الـ HAP.
- **Chilled water inlet temperature (CWIT)**: درجة حرارة المياه عند الدخول للـ FCU و تكون 7°C .
- **Air inlet temperature (DBT and WBT)**: درجة الحرارة الرطبة و الجافة للهواء عند الدخول للـ FCU ونحصل عليها من الـ Hap.

Example:

Cooling load = 2.3 TR

C.L = $2.3 * 3.5 = 8.05 \text{ KW}$

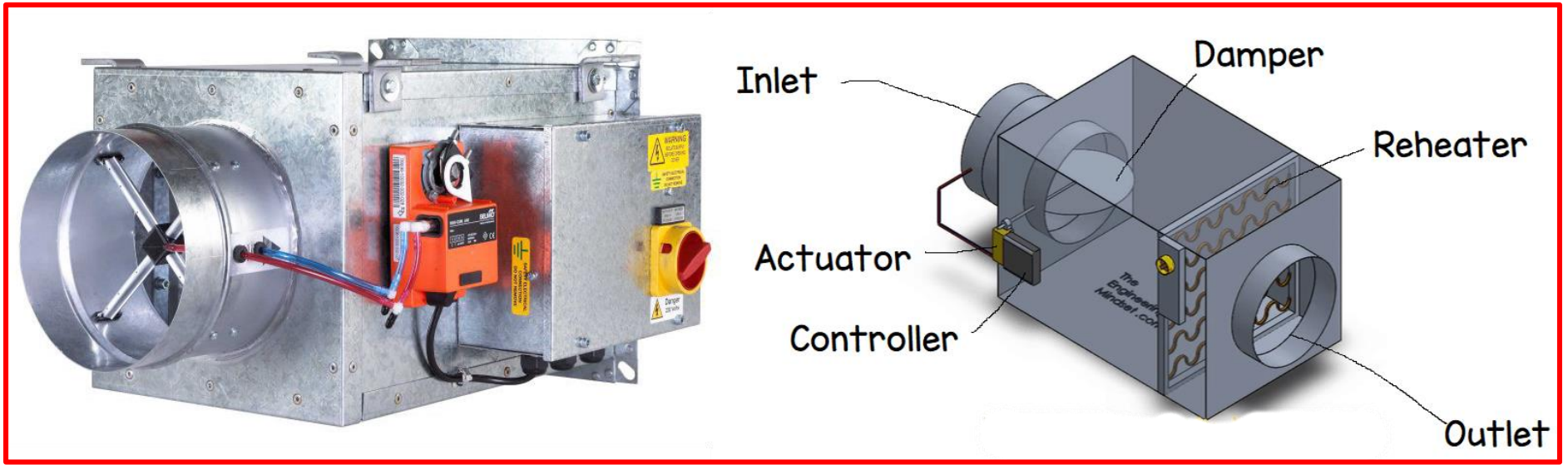
Air inlet temperature DBT = 25°C , WBT = 17°C

Chilled water inlet temp = 7°C

SKM Fan Coil Units Hi-Static FCU

ندخل الكتالوج وليكن SKM FCU نجد الجدول كالتالي:

Size	Speed	ESP		50 Hz										60 Hz									
				Air Flow Rate		Total Capacity		Sensible Capacity		Water Flow Rate		Water Pressure Drop		Air Flow Rate		Total Capacity		Sensible Capacity		Water Flow Rate		Water Pressure Drop	
		inwg	Pa	cfm	l/s	MBh	KW	MBh	KW	gpm	l/s	ftwg	Kpa	cfm	l/s	MBh	KW	MBh	KW	gpm	l/s	ftwg	Kpa
6	High	0.1	25	632	298	24.59	7.21	16.57	4.86	4.92	0.31	4.51	13.49	559	264	22.63	6.63	15.09	4.42	4.53	0.29	3.87	11.58
		0.2	50	611	288	24.04	7.05	16.15	4.73	4.81	0.30	4.33	12.94	555	262	22.52	6.60	15.01	4.40	4.50	0.28	3.84	11.48
		0.3	75	583	275	23.30	6.83	15.59	4.57	4.66	0.29	4.09	12.22	543	256	22.19	6.50	14.76	4.33	4.44	0.28	3.74	11.17
	Medium	0.1	25	465	219	20.06	5.88	13.15	3.85	4.01	0.25	3.11	9.28	395	186	18.08	5.30	11.66	3.42	3.62	0.23	2.57	7.67
		0.2	50	447	211	19.56	5.73	12.77	3.74	3.91	0.25	2.97	8.87	375	177	17.44	5.11	11.20	3.28	3.49	0.22	2.40	7.19
		0.3	75	421	199	18.83	5.52	12.22	3.58	3.77	0.24	2.77	8.27	352	166	16.60	4.87	10.63	3.12	3.32	0.21	2.20	6.57
	Low	0.1	25	368	174	17.19	5.04	11.03	3.23	3.44	0.22	2.34	7.00	292	138	14.34	4.20	9.10	2.67	2.87	0.18	1.68	5.03
		0.2	50	343	162	16.27	4.77	10.40	3.05	3.25	0.21	2.12	6.33	267	126	13.35	3.91	8.44	2.47	2.67	0.17	1.48	4.42
		0.3	75	313	148	15.15	4.44	9.64	2.83	3.03	0.19	1.86	5.56	243	115	12.38	3.63	7.79	2.28	2.48	0.16	1.29	3.85
8	High	0.1	25	782	369	31.09	9.11	20.74	6.08	6.22	0.39	7.41	22.16	754	356	30.36	8.90	20.18	5.92	6.07	0.38	7.10	21.21
		0.2	50	760	359	30.51	8.94	20.30	5.95	6.10	0.39	7.16	21.41	741	350	30.01	8.80	19.92	5.84	6.00	0.38	6.95	20.78
		0.3	75	733	346	29.80	8.74	19.76	5.79	5.96	0.38	6.86	20.51	725	342	29.59	8.67	19.60	5.75	5.92	0.37	6.77	20.24
	Medium	0.1	25	635	299	27.04	7.93	17.73	5.20	5.41	0.34	5.74	17.16	587	277	25.62	7.51	16.69	4.89	5.12	0.32	5.20	15.54
		0.2	50	615	290	26.46	7.76	17.30	5.07	5.29	0.33	5.52	16.49	566	267	24.99	7.32	16.23	4.76	5.00	0.32	4.97	14.85
		0.3	75	590	278	25.71	7.54	16.76	4.91	5.14	0.32	5.23	15.64	544	257	24.33	7.13	15.75	4.62	4.87	0.31	4.73	14.14
	Low	0.1	25	484	228	22.49	6.59	14.42	4.23	4.50	0.28	4.10	12.25	443	209	21.19	6.21	13.48	3.95	4.24	0.27	3.67	10.98
		0.2	50	462	218	21.79	6.39	13.92	4.08	4.36	0.27	3.87	11.57	419	198	20.40	5.98	12.92	3.79	4.08	0.26	3.43	10.25
		0.3	75	437	206	20.99	6.15	13.34	3.91	4.20	0.26	3.61	10.80	395	186	19.59	5.74	12.35	3.62	3.92	0.25	3.18	9.52
10	High	0.1	25	930	439	38.46	11.27	25.40	7.44	7.69	0.49	6.46	19.32	935	441	38.60	11.31	25.50	7.47	7.72	0.49	6.51	19.45
		0.2	50	866	409	36.62	10.73	24.05	7.05	7.32	0.46	5.91	17.66	934	441	38.57	11.31	25.48	7.47	7.71	0.49	6.50	19.42
		0.3	75	794	375	34.50	10.11	22.50	6.60	6.90	0.44	5.30	15.83	923	436	38.26	11.21	25.25	7.40	7.65	0.48	6.40	19.13
	Medium	0.1	25	703	332	31.76	9.31	20.51	6.01	6.35	0.40	4.55	13.61	569	268	27.54	8.07	17.47	5.12	5.51	0.35	3.51	10.49
		0.2	50	690	326	31.36	9.19	20.22	5.93	6.27	0.40	4.45	13.30	565	267	27.41	8.03	17.38	5.09	5.48	0.35	3.48	10.39
		0.3	75	655	309	30.29	8.88	19.44	5.70	6.06	0.38	4.17	12.47	594	280	28.35	8.31	18.05	5.29	5.67	0.36	3.70	11.06
	Low	0.1	25	453	214	23.48	6.88	14.65	4.29	4.70	0.30	2.62	7.84	465	219	23.93	7.02	14.96	4.38	4.79	0.30	2.72	8.12
		0.2	50	465	219	23.93	7.02	14.96	4.38	4.79	0.30	2.72	8.12	407	192	21.46	6.29	13.35	3.91	4.29	0.27	2.23	6.65
		0.3	75	455	215	23.56	6.91	14.71	4.31	4.71	0.30	2.64	7.89	370	175	19.80	5.80	12.28	3.60	3.96	0.25	1.92	5.75
12	High	0.1	25	1227	579	48.02	14.07	32.16	9.43	9.60	0.61	7.21	21.54	1116	527	45.14	13.23	29.98	8.79	9.03	0.57	6.43	19.22
		0.2	50	1183	558	46.89	13.74	31.30	9.17	9.38	0.59	6.90	20.61	1100	519	44.72	13.11	29.66	8.69	8.94	0.56	6.32	18.89
		0.3	75	1127	532	45.43	13.32	30.20	8.85	9.09	0.57	6.51	19.45	1069	505	43.89	12.86	29.03	8.51	8.78	0.55	6.10	18.25
	Medium	0.1	25	920	434	39.62	11.61	25.90	7.59	7.92	0.50	5.06	15.11	780	368	35.40	10.38	22.83	6.69	7.08	0.45	4.11	12.29
		0.2	50	881	416	38.44	11.27	25.05	7.34	7.69	0.49	4.78	14.30	738	348	34.11	10.00	21.90	6.42	6.82	0.43	3.84	11.48
		0.3	75	825	389	36.76	10.77	23.83	6.98	7.35	0.46	4.41	13.17	690	326	32.60	9.55	20.81	6.10	6.52	0.41	3.53	10.56
	Low	0.1	25	724	342	33.67	9.87	21.58	6.33	6.73	0.42	3.75	11.21	572	270	28.67	8.40	18.04	5.29	5.73	0.36	2.79	8.35
		0.2	50	671	317	31.99	9.38	20.37	5.97	6.40	0.40	3.41	10.20	523	247	26.92	7.89	16.83	4.93	5.38	0.34	2.49	7.44
		0.3	75	608	287	29.91	8.77	18.90	5.54	5.98	0.38	3.02	9.02	474	224	24.85	7.28	15.48	4.54	4.97	0.31	2.15	6.43
15	High	0.1	25	1502	709	58.31	17.09	39.08	11.46	11.66	0.74	8.52	25.46	1474	696	57.59	16.88	38.54	11.30	11.52	0.73	8.32	24.88
		0.2	50	1455	687	57.10	16.74	38.17	11.19	11.42	0.72	8.19	24.49	1445	682	56.84	16.66	37.98	11.13	11.37	0.72	8.13	24.29
		0.3	75	1399	660	55.65	16.31	37.07	10.87	11.13	0.70	7.81	23.36	1412	666	55.99	16.41	37.33	10.94	11.20	0.71	7.90	23.62
	Medium	0.1	25	1249	590	51.64	15.14	34.07	9.99	10.33	0.65	6.81	20.35	1155	545	48.97	14.35	32.10	9.41	9.79	0.62	6.17	18.45
		0.2	50	1208	570	50.50	14.80	33.22	9.74	10.10	0.64	6.53	19.53	1114	526	47.77	14.00	31.23	9.15	9.55	0.60	5.90	17.63
		0.3	75	1154	544	48.94	14.34	32.08	9.40	9.79	0.62	6.17	18.43	1070	505	46.47	13.62	30.29	8.88	9.29	0.59	5.61	16.76
	Low	0.1	25	953	450	42.94	12.59	27.73	8.13	8.59	0.54	4.85	14.49	870	411	40.35	11.83	25.86	7.58	8.07	0.51	4.32	12.92
		0.2	50	907	428	41.51	12.17	26.70	7.83	8.30	0.52	4.56	13.62	822	388	38.81	11.38	24.77	7.26	7.76	0.49	4.03	12.04
		0.3	75	856	404	39.90	11.70	25.55	7.49	7.98	0.50	4.24	12.66	775	366	37.28	10.93	23.68	6.94	7.46	0.47	3.74	11.18
18	High	0.1	25	1723	813	69.87	20.48	46.37	13.59	13.97	0.88	6.21	18.58	1865	880	73.58	21.57	49.18	14.41	14.72	0.93	6.84	20.43
		0.2	50	1594	752	66.35	19.45	43.74	12.82	13.27	0.84	5.65	16.88	1841	869	72.96	21.38	48.71	14.28	14.59	0.92	6.73	20.12
		0.3	75	1456	687	62.36	18.28	40.82	11.96	12.47	0.79	5.04	15.06	1799	849	71.87	21.06	47.88	14.03	14.37	0.91	6.55	19.57
	Medium	0.1	25	1389	656	60.36	17.69	39.37	11.54	12.07	0.76	4.74	14.18	1124	530	52.31	15.33	33.52	9.83	10.46	0.66	3.65	10.90
		0.2	50	1332	628	58.65	17.19	38.13	11.17	11.73	0.74	4.50	13.45	1160	547	53.43	15.66	34.33	10.06	10.69	0.67	3.79	11.33
		0.3	75	1245	587	56.03	16.42	36.22	10.62	11.21	0.71	4.14	12.37	1226	579	55.45	16.25	35.80	10.49	11.09	0.70	4.06.	



• أنواع الـ VAV Box

١. Single duct, cooling only

هذا النوع هو الأكثر شيوعاً و يُستخدم في الأماكن التي تحتاج إلى تبريد طوال العام.

٢. VAV Reheat

يُستخدم مع الأماكن التي تحتاج إلى تبريد أو تسخين طوال العام و الفرق بينه و بين النوع الأول أنه يتم إضافة ملف .heating coil

٣. Parallel fan forward

يُستخدم هذا النوع بدلاً من VAV Reheat و يتم إدخال كمية من هواء الـ Plenum و ذلك مع كمية الهواء الأولية.

٤. Changeover / By pass VAV

يُستخدم هذا النوع مع وحدات AHU الثابتة السرعة عن طريق By pass damper يفتح عند زيادة الـ static pressure في دكت التغذية supply duct.

• يتم تقسيم الـ VAV Box إلى نوعين من حيث طريقة التحكم:

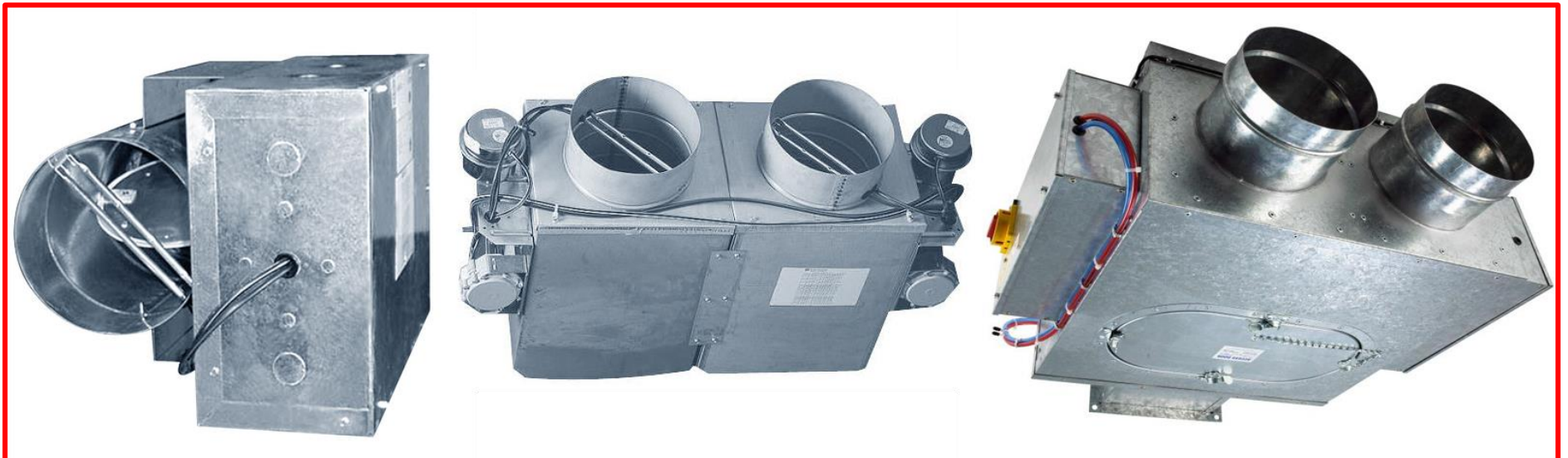
١. Pressure Independent

مُزود بحساس تدفق بحيث يتحكم بقيمة تدفق الهواء العظمى و الصغرى المسموح به للهواء الرئيسي.

٢. Pressure Dependant

معدل التدفق للهواء على حسب قيمة الضغط الإستاتيكي قبل الصندوق.

- يُستخدم نظام الـ VAV Box مع نظام التهوية أيضاً حيث يتم تركيب CO₂ sensor بالمكان و عند زيادة نسبة الـ CO₂ بالمكان يُعطي إشارة إلى الـ controller الخاص بالـ VAV Box ليعمل على زيادة قيمة الهواء الفريش Fresh air إلى داخل المكان.



فيديوهات توضيحية Videos links

1. Air Cooled Chiller - How they work, working principle, Chiller basics
<https://bit.ly/AirCooledChiller>
2. How Air Cooled Chiller Works – Advanced
<https://bit.ly/AirCooledAdvanced>
3. How a Chiller, Cooling Tower and Air Handling Unit work together
<https://bit.ly/ChCTAHU>
4. How cooling tower works
<https://bit.ly/Cooling1TowerWork>
5. Chillers – Condensers
<https://bit.ly/ChillersCondensers>
6. Chiller - Expansion Valve
<https://bit.ly/ExpansionValve>
7. PICV Explained - Pressure Independent Control Valves
<https://bit.ly/PICValve>
8. How Solenoid Valves Work - Basics actuator control valve working principle
<https://bit.ly/SolenoidValve1>
9. Centrifugal Pump Basics - How centrifugal pumps work working principle
<https://bit.ly/CentrifugalPump1>
10. HVAC - AHU Filters
<https://bit.ly/AHUFilters>
11. Constant Air Volume - CAV HVAC System
<https://bit.ly/CAVSystem>
12. VAV Variable Air Volume - HVAC system basics
<https://bit.ly/VAVSystem2>
13. Variable Air Volume - VAV system HVAC
<https://bit.ly/VAVSystem>

• للحصول على نسخة من ملفات الكاد AHU, Pump, Chiller and FCU Hookups
<https://bit.ly/Hook1Ups>

النهاية شكراً