FUTURE WAY

الباب السادس تصميم ممرات الهواء

تكييف |اعداد م/ احمد امين, م/محمد نجم

Table of Contents

تصميم ممرات الهواءDuct design..... 2
تعريفات..... 2
كيفية تصميم ممرات(مجارى)الهواء(DUCT DESIGN)..... 3
العوامل المؤثرة على تخطيط الممرات (Factors influencing duct layout)..... 4
تقسيم الممرات الهوائية (Air duct layout methods)..... 4
تصنيف ممرات الهواء حسب السرعة و الضغط..... 5
تصميم الممرات الهوائية (Air duct design)..... 6
طرق تصميم الممرات الهوائية (سرعات منخفضة فقط)..... 7
شكل الممرات (duct) واشتراطات التنفيذ..... 12
مخارج الهواء..... 20
تعريفات..... 20
-أشكال مخارج الهواء المختلفة..... 31
-خطوات اختيار مخارج الهواء..... 33
-المراجع..... 36

تصميم ممرات الهواء Duct design

تعريفات

- **الضغط Pressure**

هو القوة علي وحدة المساحات او ارتفاع عمود مائع معين(h) مضروب في كثافة المائع(ρ) في عجلة الجاذبية(g).

$P=\rho*g*h$

ويعبر عنه احيانا بالارتفاع فقط.

- **الضغط الاستاتيكي Static Pressure Pst.**

هو الضغط الناشئ عنه ارتفاع استاتيكي في المانومتر بمقدار معين في اي مكان بالمواسير او الممرات الهوائية في حالة حركة المائع.

- **ضغط السرعة Velocity Pressure Pvel.**

اذا تخيلنا ايقاف المائع تماما فان فإن الفرق بين سرعته والصفر او السكون سيولد ارتفاع اضافي عن الارتفاع المذكور في التعريف السابق وهذه الاضافة هي قيمة ضغط السرعة ويطلق عليه ايضا اسم الضغط الحركي Dynamic Pressure.

- **الضغط الاجمالي Total Pressure Ptot.**

هو مجموع الضغط الحركي والضغط الاستاتيكي.

ويوضح الشكل التالي المانومترات المختلفة المستخدمة في قياس الارتفاع الاستاتيكي والارتفاع الناجم عن السرعة.

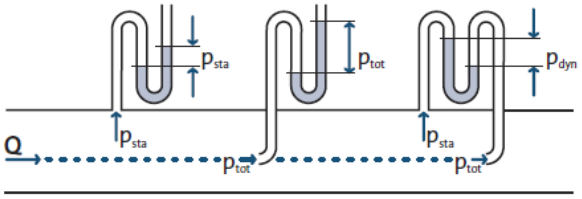


Fig. 2.2.2: How to determine the static pressure p_{sta}, the dynamic pressure p_{dyn} and the total pressure p_{tot}

- **مفاقيد الاحتكاك Pressure Loss**

نتيجة سكون السطح الداخلي للمواسير او ممرات الهواء فان المائع يحتك بذلك السطح احتكاك يؤدي الي انخفاض سرعة المائع بالقرب من الجدار الداخلي او السطح الداخلي وهذا الاحتكاك يتحول الي طاقة حرارية ويؤدي الي فقد في الطاقة او الضغط الكلي للمائع وكذلك ان تكون السرعة اكبر مايكون عند منتصف الممر.

- **Uniform Pressure Loss**

هي مفاقيد الاحتكاك لكل متر طولي من الممر الهوائي او المواسير.

- **الطول المكافئ Equivalent Length**

يعبر عن مفاقيد الاحتكاك داخل الوصلات والاكواع والخوانق وغيره بقطع طوليه من الممر الهوائي بطول معين فمثلا مفاقيد الاحتكاك لكوع بمقاس معين تساوي المفاقيد التي تنتج عن ممر هوائي بطول 1 متر.

- **مفاقيد الاحتكاك الاجمالية**

هي محصلة مجموع طول الممر الهوائي و الاطوال المكافئة للقطع والوصلات مضروبه في Uniform Pressure Loss وبالطبع مجموع عليهم اي مفاقيد خاصة بالمخارج او الملفات التبريدية.

- **Bernoulli Equation**

المفاقيد السابق الكلام عنها بالتعريفات السابقة تفقد من الطاقة الضغطية الاجمالية للمائع وعلي ذلك فان المعادلة المستنتجه لهذا الشأن هي ان الطاقة الاجمالية عند اي نقطة بالممر اذا جمع عليها مفاقيد الاحتكاك الحاصلة في الممر الواصل بين تلك النقطة والمروحة او المصدر لحركة المائع فإن الناتج هو الطاقة الضغطية الخاصة بالمروحة.

يوضح الشكل التالي رسم بياني علي طول ممر هوائي للضغط الاستاتيكي والاجمالي.

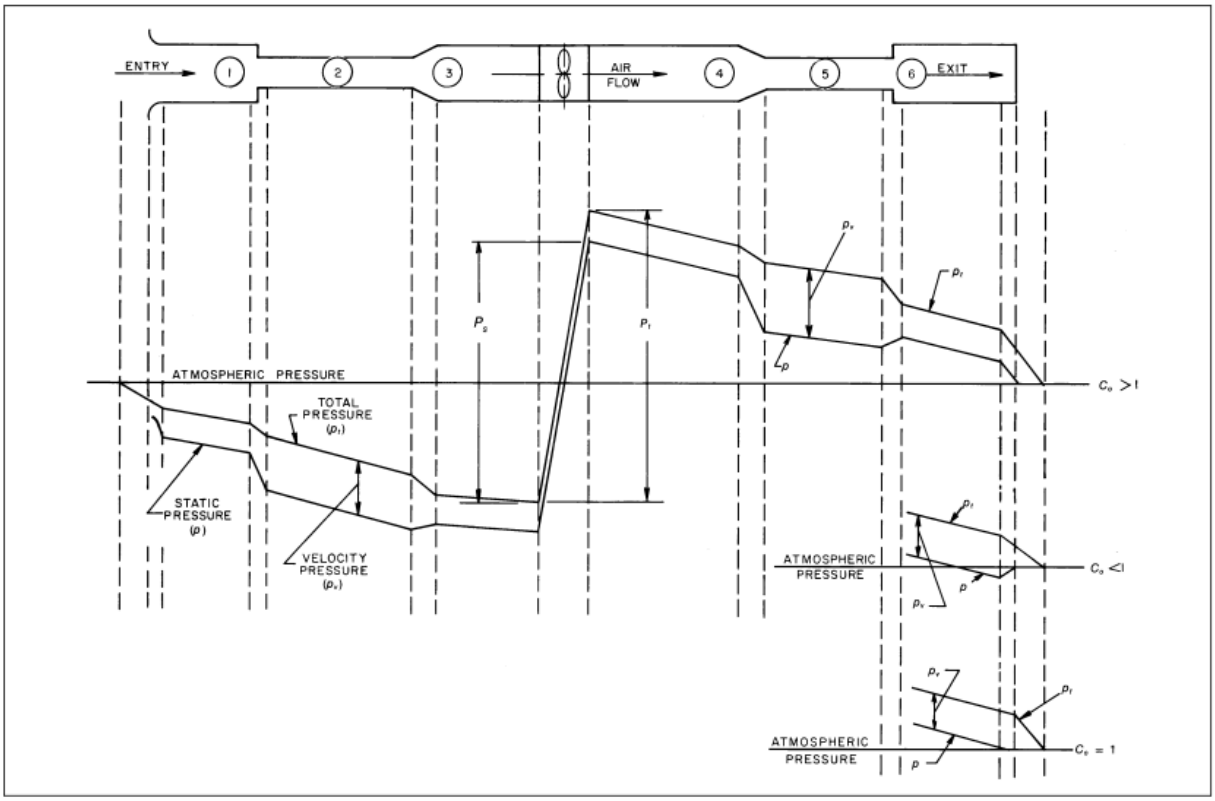


Fig. 7 Pressure Changes During Flow in Ducts

كيفية تصميم ممرات(مجارى)الهواء(DUCT DESIGN)

- الغرض من تصميم الممرات هو توصيل كمية معينة من الهواء إلى كل مخرج في الأماكن المكيفة. تصنع جميع الممرات في عمليات تكييف الهواء من الصاج المجلفن لرخصه وسهولة تشكيلة. يختلف سمك الصاج تبعاً لأبعاد مقطع

الممر. للممرات الصغيرة والتي لايتجاوز طول أكبر ضلع فيها 75سم تصنع من صاج سمكه $\frac{3}{4}$ مم وللممرات التي يزيد طول أحد أضلاع مقطعها عن 75 سم تصنع من صاج سمكه 1مم. يجب أن لا تسمح الممرات الهوائية بتسرب الهواء إلا في حدود 1% من معدل السريان وذلك لأنظمة السرعات العالية.

العوامل المؤثرة على تخطيط الممرات (Factors influencing duct layout)

تخطط أنظمة الممرات الهوائية مهم جداً عادة نحدد أماكن مخارج الهواء وأجهزة التكييف بعد ذلك نحدد ممرات الهواء التي تتفق مع سهولة تصنيع وتركيب الممرات.

يؤثر على تخطيط الممرات الهوائية العوامل التالية:

أ ـ الحرارة المكتسبة أو المفقودة خلال الممرات.

ب ـ نسبة الباعية (Aspect ratio) لأضلاع المقطع المستطيل.

ج ـ معدل فاقد الاحتكاك لكل متر طولي للممرات المستقيمة.

د ـ أنواع تركيبات الممرات وعددها.

يؤدي زيادة aspect ratio (النسبة بين ضلعى الممر العرض والعمق) إلى زيادة كل من الحرارة المنتقلة الي الممرات، و التكلفة الأولية (Initial cost) و معامل الاحتكاك وبالتالي تكلفة التشغيل (Operating cost).

ولتسهيل ذلك يجب العلم بان مساحة مقطع الممر الهوائي تؤخذ كدائرة لان هذه اقل مساحة ممكنة ولكن يمكن ان تؤخذ مستطيل لتقليل العمق او الارتفاع لتسهيل مرور الممر في مكان معين ما ولكن مع هذا التحويل من ممر دائري الي مستطيل تزيد كمية الصاج المستخدمة وكذالك تزيد المساحة الغير مستغلة من الممر (الاركان) وبالتالي تقل المساحة الفعلية من الممر وبذالك تزيد مفاقيد الاحتكاك وكلما زادت نسبة الارتفاع الي العمق كلما زادت المفاقيد تباعا.

تقسيم الممرات الهوائية (Air duct layout methods)

يمكن تقسيم أنظمة ممرات الهواء إلى:

ـ أنظمة علوية (Overhead systems)

ينقل الهواء المكيف من جهاز التكييف إلى الأماكن المختلفة خلال ممرات هوائية علوية تمتد خلال السقف المزيف إلى مخارج سقفية أو حائطية علوية. هاذ النظام مفضل إذا كان تبريد الهواء هو الغالب على مدار السنة.

توجد طريقتان لتقسيم الممرات العلوية:

أ ـ طريقة الممرات المستقلة (Individual ducts method)

في هذه الطريقة يجمع الهواء المكيف عند مخرج المروحة في صندوق تجميع ومنه تخرج فروع مستقلة إلى أي مكان أو حجرة يراد تكييفها

ب ـ طريقة الممر الرئيسي (Trunk duct method)

في هذه الطريقة يخرج الهواء من المروحة في مسلك رئيسي، يتفرع منه ممرات فرعية صغيرة إلى الأماكن المختلفة المراد تكييفها

تتكون أنظمة نقل الهواء من الأجزاء التالية:

أ ـ جانب السحب للمروحة (Fan suction side)

يشتمل جانب السحب للمروحة على مسلك الهواء الخارجي (Outside air duct) ، مسلك الهواء الراجع (Return air duct) وجريلات الراجع (Return grilles).

ب ـ جانب التغذية للمروحة (Fan supply side)

يشتمل جانب التغذية للمروحة على مسلك التغذية الرئيسي (Main supply duct) الممرات الفرعية (Branch ducts) ومخارج هواء التغذية (Supply air grilles)

تصنيف ممرات الهواء حسب السرعة و الضغط

اولا حسب السرعة

1- الانظمة التجارية بسرعة منخفضة Commercial low velocity

وتكون السرعة في حدود 1200-2200 fpm

2- الانظمة التجارية بسرعة عالية Commercial high velocity

وتكون في حدود ما يزيد عن 2500fpm

وتصمم ممرات الراجع او return علي سرعات من 1500-1800 fpm

3- انظمة المصانع سرعة منخفضة Factory low velocity

وتكون السرعة ما يقل عن 2500 fpm

4- انظمة المصانع سرعة عالية Factory high velocity

وتكون السرعة 2500-5000 fpm

ثانيا حسب الضغط

1- Low pressure

ما يقل عن 3.75 in.wg ويستخدم معه مراوح class I.

2- Medium pressure

ما بين 3.75-6.75 in.wg ويستخدم معه مراوح class II.

3- High pressure

ما بين 12.25-6.75 in.wg ويستخدم معه مراوح class III.

تصميم الممرات الهوائية (Air duct design)

عند تصميم الممرات الهوائية يجب اتباع الخطوات التالية:

أ ـ يدرس المبنى أو رسوماته.

ب ـ يختار نوعية نظام الممر سرعة عالية او منخفضة.

ج ـ توقع وتختار مخارج وجريلات الهواء وإبعادها لتعطي كميات الهواء المطلوبة في كل حيز حسب حمل التبريد الخاص به.

د ـ توقع أبسط وأنسب المسارات للممرات وتسجل عليها كميات الهواء المتداولة.

هـ ـ تحسب مقاسات ممرات التغذية والراجع طبقا لاحد الطرق الاتي شرحها.

و ـ يحدد فاقد الاحتكاك في نظام نقل الهواء.

والفاقد في الاحتكاك مكون من الفقد خلال المخارج والملفات والمكونات والممر الهوائي نفسه.

يوضح جدول (8-1) فواقد الاحتكاك لمعدات أنظمة الممرات الهوائية:

العنصر	فاقد الاحتكاك (pa)	فاقد الاحتكاك (in.wg)
مدخل الهواء أو مدخل المروحة	25 – 1.25	0.1-0.005
ملفات التبريد أو التسخين	90 – 25	0.36-0.1
وحدات الرش	90 – 50	0.36-0.2
الفلاتر	100 – 50	0.4-0.36
نظام الممرات	100 – 10	0.4-0.04
ستائر أو جريلات registers	50 – 25	0.2-0.1
مخارج الهواء	25	0.15

مفاقيد الاحتكاك بالممرات الهوائيه ويتم تحديد قيمته المترتبة علي السرعات الاتية:

أ ـ لأنظمة السرعات المنخفضة (Low velocity systems)

يعطى جدول (8-2) سرعات الهواء المفضلة لأنظمة السرعات المنخفضة تصمم أنظمة السرعات المنخفضة:

جدول (8-2)

TABLE 7 – RECOMMENDED MAXIMUM DUCT VELOCITIES FOR LOW VELOCITY SYSTEMS (FPM)

APPLICATION	CONTROLLING FACTOR NOISE GENERATION Main Ducts	CONTROLLING FACTOR—DUCT FRICTION			
		Main Ducts		Branch Ducts	
		Supply	Return	Supply	Return
Residences	600	1000	800	600	600
Apartments Hotel Bedrooms Hospital Bedrooms	1000	1500	1300	1200	1000
Private Offices Directors Rooms Libraries	1200	2000	1500	1600	1200
Theatres Auditoriums	800	1300	1100	1000	800
General Offices High Class Restaurants High Class Stores Banks	1500	2000	1500	1600	1200
Average Stores Cafeterias	1800	2000	1500	1600	1200
Industrial	2500	3000	1800	2200	1500

ب ـ لأنظمة السرعات العالية (High velocity systems)

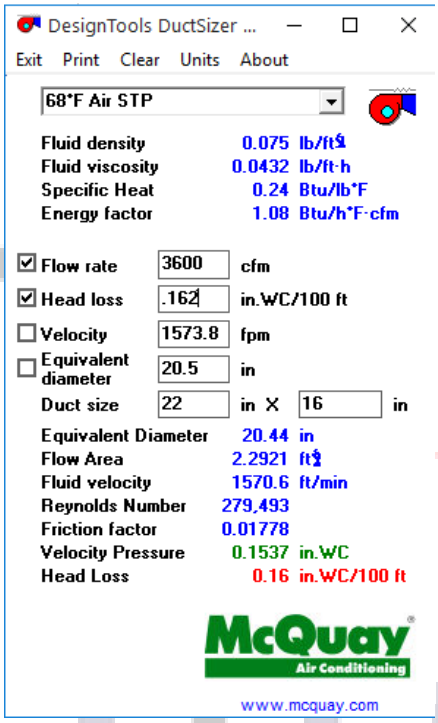
يعطي جدول (3-8) سرعة خروج الهواء من المروحة والتي تتناسب مع معدل سريان الهواء من المروحة.

سرعة الهواء (fpm)	سرعة الهواء (m/s)	معدل السريان (cfm)	معدل السريان (m^3/s)
5905	30	59328-38139	28 – 18
4921	25	38139-25426	18 – 12
4527	23	25426-14832	12 – 7
3937	20	14832-9958	7 – 4. 7
3543	18	9958-5932	4.7 – 2.8
2952	15	5982-2966	2.8 – 1.4
2559	13	2966-1000	1.4 – 0.5

طرق تصميم الممرات الهوائية (سرعات منخفضة فقط)

1- تخفيض السرعة velocity reduction

وفيها يتم اختيار السرعة طبقا للجدول 2-8 بالممر الرئيسي بعد المروحة مباشرتا ثم تقليل السرعة تباعا حتي الوصول الي مخارج الهواء ويتم تحديد مقاس الممر سواء كان دائريا او مستطيلا من احد برامج الممرات الهوائية مثل الموضح في الصورة التالية.

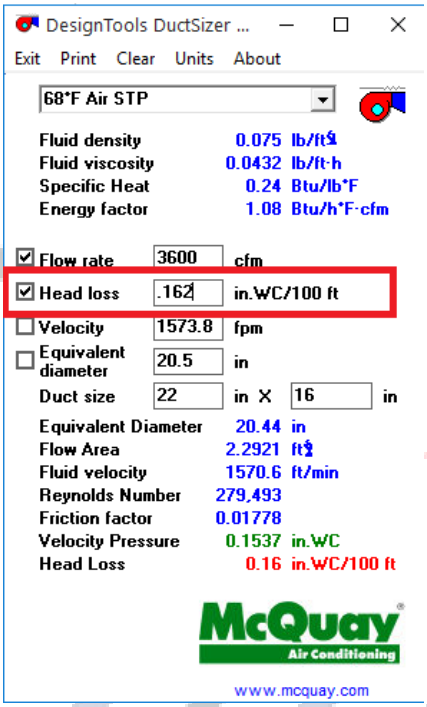


حيث يمكن تحديد التدفق والسرعة المطلوبة لكل قطاع من الممر الهوائي وسيحدد البرنامج باقي الخواص بعد تحديد المقاس المرغوب العمل به من ارتفاع و عمق للمر الهوائي وتؤخذ مفاقيد الاحتكاك حيث سيتم استخدامها لحساب مفاقيد الاحتكاك خلال الممر الهوائي ومن ثم تحديد الضغط المطلوب الاجمالي للمروحة ويكون ذلك من خلال العلاقة التالية:

$$In.wg = 100 * in.wg / 100 * L_{equivalent} + in.wg\ loss\ at\ outlets - in.wg\ velocity\ regain + in.wg\ of\ any\ friction\ due\ to\ equipment\ (cooling\ coil\ or\ heating\ coil\ or\ stated\ in\ table\ 8\text{-}1)$$

2- الاحتكاك المتساوي equal friction

وفي هذه الطريقة يتم اختيار سرعة من الجدول 2-8 ثم نحدد مفاقيد الاحتكاك بالممر الرئيسي طبقا للطريقة السابقة وبعد ذلك نأخذ قيمة مفاقيد الاحتكاك كقيمة ثابتة لكل القطاعات والفروع الاخري والموضحة بالشطل التالي.



ويتم تحديد باقي المقاسات باستخدام معدل التدفق و ثابت الاحتكاك الذي تم استخدامه في الممر الرئيسي.

هذه الطريقة من اشهر الطرق ولكن لها بعض العيوب التي تظهر في عملية ضبط التدفق من كل مخرج وممر او balancing.

يجب الاخذ في الاعتبار الاتي:

استرجاع السرعة:

هو قيمة موجوبة للضغط تطرح من المفاقيد الاجمالية بالممر الهوائي عند تحديد ضغط المروحة سبب هذه القيمة الموجوبة هو انخفاض السرعة في الممرات الفرعية وهذا الامر في الطريقتين السابقتين ويرجع ذلك الامر الي ان طاقة المائع او الضغط الكلي هي عبارة عن طاقة ضغط استاتيكي وطاقة سرعة, فالانخفاض في الضغط الناجم عن الاحتكاك يقلل من الضغط الاستاتيكي عند سرعة ثابتة ولكن عند تعمد خفض السرعة فانه سيقل الضغط الاستاتيكي بسبب الاحتكاك وخفض طاقة السرعة سيؤدي الي زيادة مرة اخري في الضغط الاستاتيكي بقيمة معينة وهي قيمة الاسترجاع وهذه القيمة تضاف الي الضغط الاستاتيكي لان طاقة المائع ثابته فطالما حدث خفض في طاقة السرعة سيحدث مقابل له زيادة في طاقة الضغط الاستاتيكي ولتحديد هذا الاسترجاع يستخدم القانون التالي:

If the velocity in the duct is higher than the fan outlet velocity, use the following formula for the additional static pressure required:

$$\text{Loss} = 1.1\left[\left(\frac{V_d}{4000}\right)^2 - \left(\frac{V_f}{4000}\right)^2\right]$$

where V_d = duct velocity
V_f = fan outlet velocity
Loss = in. wg

If the fan discharge velocity is higher than the duct velocity, use the following formula for the credit taken to the static pressure required:

$$\text{Gain} = .75\left[\left(\frac{V_f}{4000}\right)^2 - \left(\frac{V_d}{4000}\right)^2\right]$$

الاسترجاع السابق هو اساس عمل الطريقة التالية.

وكما كان الامر بالطريقة السابقة نستخدم العلاقة التالية لتحديد الضغط الاجمالي المطلوب من المروحة من خلال العلاقة التالية:

In.wg = 100 * in.wg / 100 * $L_{equivalent}$ + in.wg loss at outlets - in.wg velocity regain + in.wg of any friction due to equipment (cooling coil or heating coil or stated in table 8-1)

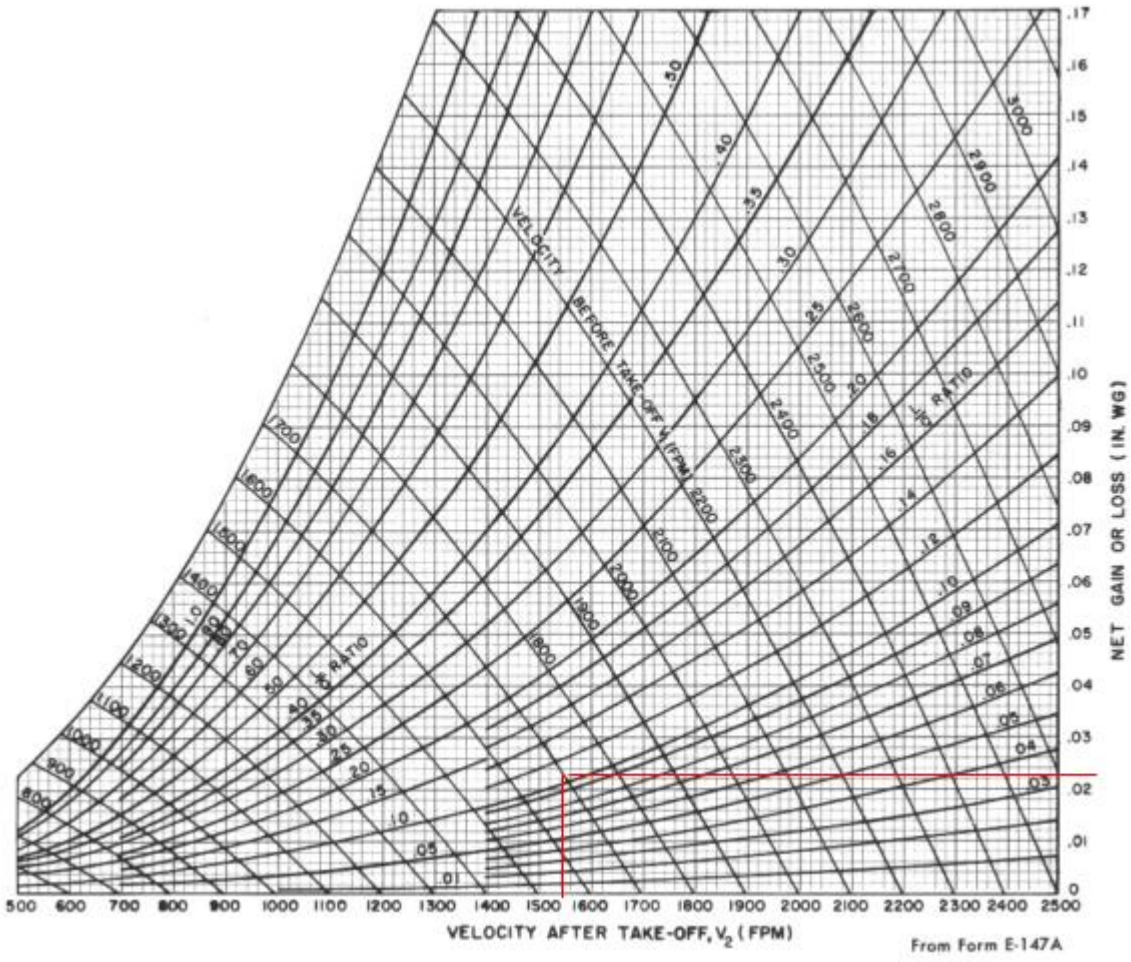
3- طريقة الاسترجاع الاستاتيكي static regain

في هذه الطريقة تحدد قيمة السرعة والمفاقيد بالممر الرئيسي طبقا للطرق السابقة ولكن يتم تحديد قيمة السرعة في الممرات والفروع بحيث الاسترجاع في السرعة يتغلب علي او يساوي المفاقيد التي سوف تحدث في هذا الممر او الفرع بمعني يوضحه المعادلة التالية:

$$\text{Gain} = 0.75*\{(V1/4000)^2-(V2/4000)^2\}=\text{friction loss into second branch}=\text{in.wg}*L_{equivalent}$$

ولا تتحدد تلك القيمة بشكل عشوائي اقصد V_2 والتي تعبر عن السرعة بالفرع ولكن تحدد من الخريطة القادمة ولكن نحتاج الي القيمة $L_{equivalent.} / Q^{0.61}$ حيث $L_{equivalent}$ هي مجموع طول الممر الهوائي والطول المكافئ للوصلات (الاكواع وغيرها) و$Q^{0.61}$ هو معدل التدفق بالCFM.

ملحوظة قد يتطلب الامر فرض قيمة الطول المكافئ للوصلات بسبب عدم معرفة مقاس الممر الهوائي اصلا او افتراض ان قيمته تمثل 10-30% من الطول الاجمالي للممر.



من الخريطة السابقة نحدد قيمة السرعة بالفرع ولكن يجب عدم العمل علي الاسترجاع الموضح بها علي المحور الرأسي لصعوبة تحديدة بدقة ولكن يفضل حسابه من العلاقة السابقة وينتج عن ذلك تحديد فقد الاحتاكاك الذي يساوي هذا الاسترجاع او الذي سيتغلب عليه الاسترجاع ويحدد بشكل مكرر من العلاقة التالية:

$$In.wg / 100\ ft = 100 * Gain / L_{equivalent}$$

بعد تحديد ذلك تستخدم كل قيمة خاصة (مفاقيد احتكاك) لتحديد المقاس الخاص بممرها الهوائي بالبرنامج السابق.

وكما كان الامر بالطريقة السابقة نستخدم العلاقة التالية لتحديد الضغط الاجمالي المطلوب من المروحة من خلال العلاقة التالية (ولكن الفرق هنا ان $L_{equivalent}$ تكون فقط للممر الرئيسي حيث المفاقيد بالفروع تم تلافيها بفرق السرعات) :

$$In.wg = 100 * in.wg / 100 * L_{equivalent} + in.wg\ loss\ at\ outlets - in.wg\ velocity\ regain + in.wg\ of\ any\ friction\ due\ to\ equipment$$ (cooling coil or heating coil or stated in table 8-1)

هذه الطريقة نادرة الاستخدام لصعوبتها النسبية ولكنها توفر نسبة من الطاقة التشغيلية ولكن بزيادة طفيفة في تكلفة البدء اي وزن الممرات الهوائية ويجب التنويه انه اذا تم العمل طبقا للقوانين السابقة الخاصة بتلك الطريقة عند حساب الضغط المطلوب للمروحة فانه سيساوي فقط الضغط المطلوب للتغلب علي الاحتكاك في الممر الرئيسي (هذا فيما يخص الاحتكاك بالممرات الهوائية فقط) ولذلك فهي توفر كثيرا من الطاقة التشغيلية, ويجب معرفة ايضا ان تلك الطريقة تقلل من اعمال التوازن والضبط لتحديد كمية التدفق لكل مخرج وممر وفيما يلي مقارنة بسيطة بينها وبين الطرق الاخري.

	STATIC REGAIN METHOD S.P. (in. wg)	EQUAL FRICTION METHOD S.P. (in. wg)
Air handling equipment	1.5	1.5
Duct friction	.104	.33
Terminal pressure	.15	.15
Static regain credit	-	-.12
Total	1.75	1.86

$$\text{Additional hp} = \frac{1.86 - 1.75}{1.75} = 6.3\% \text{approx.}$$

A 6% increase in horsepower often indicates a larger fan motor and subsequent increased electrical transmission costs.

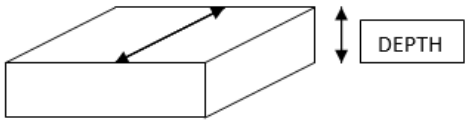
شكل الممرات (duct) واشتراطات التنفيذ

لابد أن نعرف أن الـ DUCT نوعان RECTUNGULER DUCT و ROUND DUCT والأكثر استخدام يكون دائماً RECTUNGULER DUCT. نظرا لصعوبة تصنيع الROUND ولكن كما ذكرنا أن أقل تكلفة للمقاطع الدائرية، يليها المقاطع المربعة ثم المقاطع المستطيلة ذات النسبة الباعية الصغيرة (ASPECT RATION) حيث تمثل النسبة بين (w/d DEPTH &WIDTH) وكلما قلت كان أفضل (الأفضل نسبة 1:1 ثم يليها 1:2 ثم يليها 1:3) لماذا ؟

- اولا انه افضل من حيث ال flow ان يمر الهواء فى مربع (width =depth) افضل من مستطيل يقلل من حدوث turbulence لل flow .

- انه يعمل على تقليل وزن الصاج مما يقلل من التكلفة وذلك بسبب زيادة المحيط.

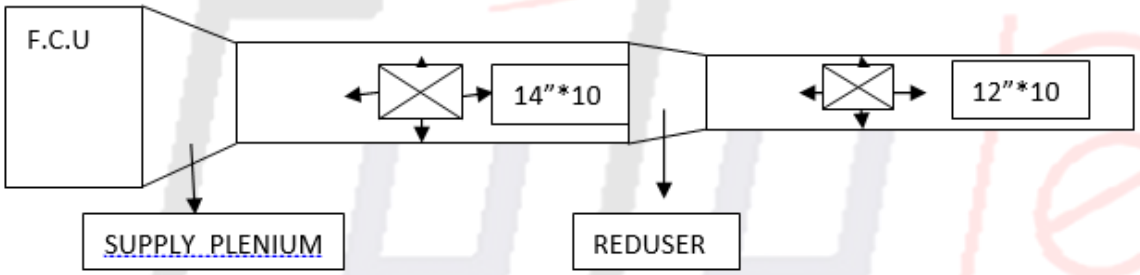
Duct size → duct → width * depth



وعند التصميم والرسم فإننا نرسم Plane view ونرسم علي حسب بعد الـ width مع الأخذ في الإعتبار الـ height ceiling لتحديد الـ depth المناسب .

← يتم تحديد الـ duct size باستخدام الطرق احد الطرق السابقة.

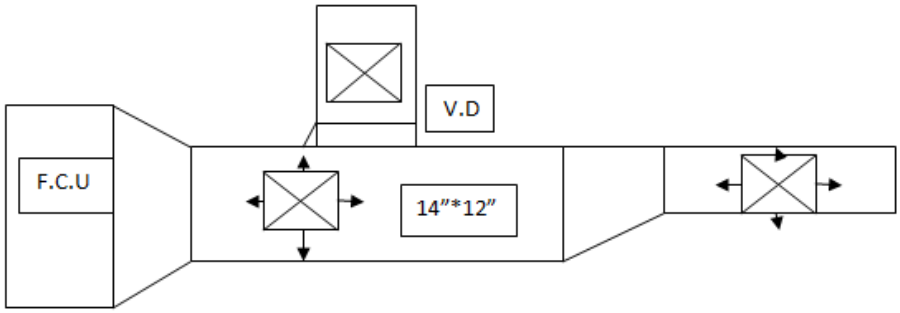
شكل الـ duct مع عرض بعض القيم



وإليكم بعض التطبيقات التي تتم علي الـ duct :-

1. **عمل Take off :**

- يتم عمل take off للـ duct عندما يكون مخرج الهواء (diffuser & grill) في إتجاه غير إتجاه الـ duct

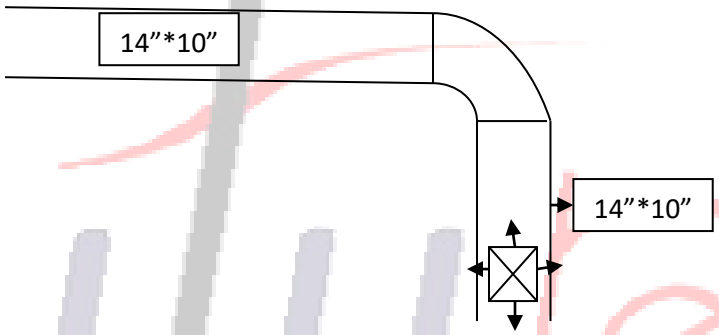


عند عمل Take off فإننا نقوم بعمل take off للـ duct حيث نقوم بالقطع في الـ depth للـ duct الرئيسي لذلك فلابد أن يكون الـ depth للـ duct الرئيسي أكبر من الـ depth للـ take off .

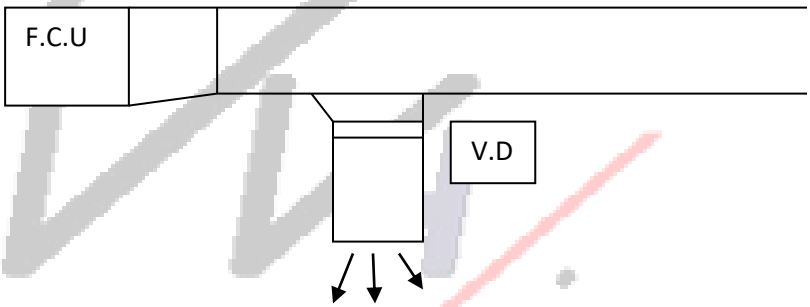
- عند عمل take off فإننا نقوم بسلب الـ take off علي زاوية 45^{o} وليس 90^{o}

- وذلك لأن لمرور الهواء بإنسيابية دون حدوث صوت وعند عمل Reducer بعد الـ take off فإننا نسلب من الناحية التي نأخذ الـ take off منها أو إننا لا نسلب في إتجاه الـ take off وهذا لنفس السبب وهو عدم إحداث صوت بال duct لحدوث خنق للـ flow rate.
- ويتم عمل ال reducer بعد ال Take off ب 10 سم .
- ونلاحظ أيضاً من الشكل يتم تركيب Volume damper (v.d) للتحكم في كمية الـ flow rate عند الـ take off .

ومن التطبيقات أيضاً التي نعلمها في الـ duct عمل الـ elbow (كوع) .



- عند تغيير إتجاه الـ Flow ويكون الـ duct نفس الـ size فأنت تقوم بعمل elbow وذلك لحدوث تدفق بإنسيابية وتقليل من حجم الـ losses وعدم حدوث تصغير للـ duct .
- ومن ضمن التعديلات التي من الممكن أن أقوم بها عند عمل الـ duct عمل خفض المقاس او السلب من اتجاه واحد كالشكل التالي:



- يوضح الشكل التالي بعض قواعد التغيير في الممرات الهوائية لضمان اداء جيد للمر من مرجع SMACNC

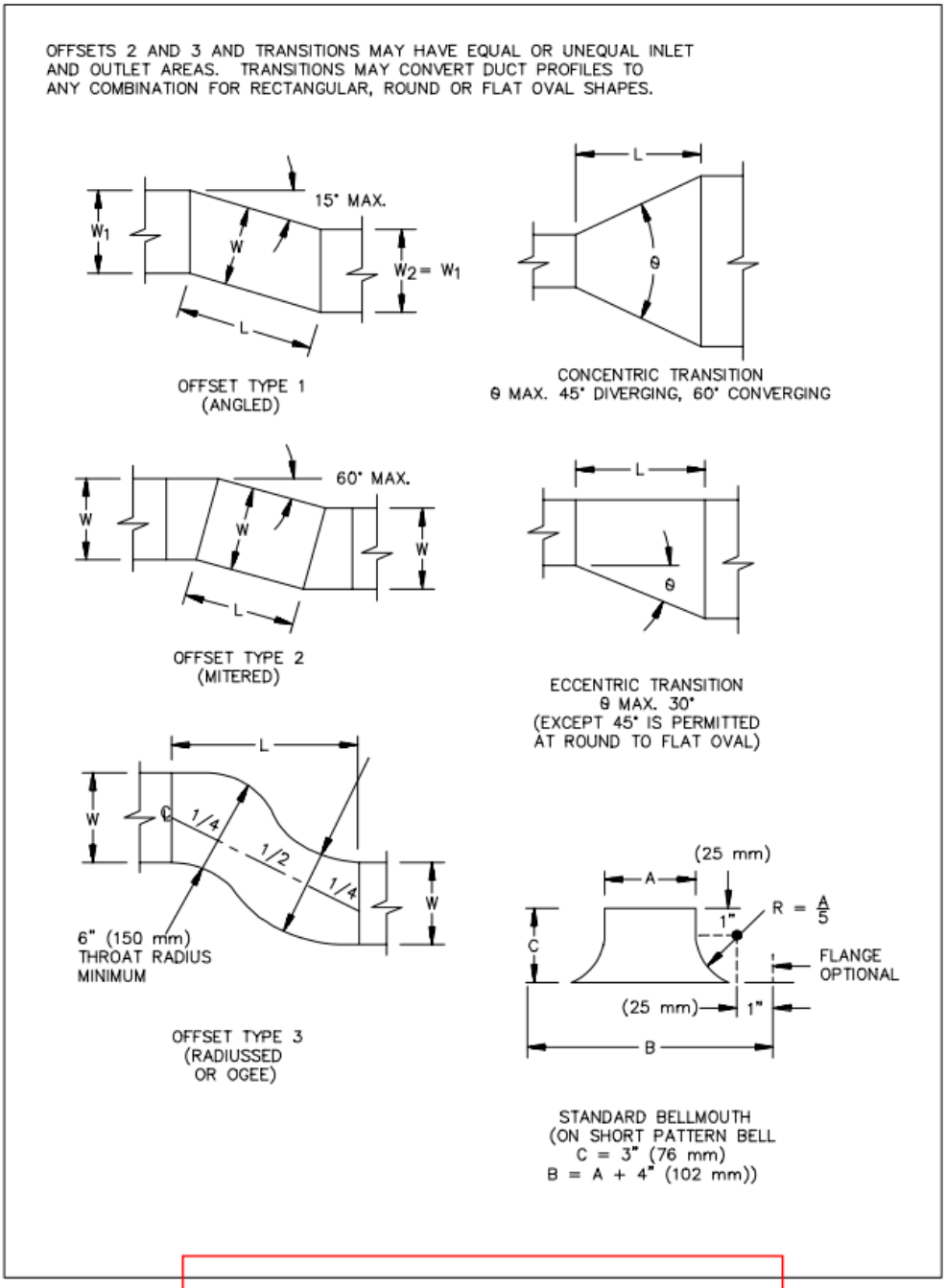


FIGURE 2–7 OFFSETS AND TRANSITIONS

- عند تعليق الممرات الهوائية يتم العمل بالجدول التالي من SMACNC

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							

- **تحدد الجداول التالي سمك الصاج المستخدم للمر الهوائي طبقا للنظام المتبع للتصميم**

TABLE 14 – RECOMMENDED CONSTRUCTION FOR RECTANGULAR SHEET METAL DUCTS
Low pressure systems

DUCT DIMENSION (in.)	MATERIAL GAGE				RECOMMENDED CONSTRUCTION* Transverse Joints, Bracing and Reinforcing
	Steel U.S. Gage		Aluminum B & S Gage		
	Duct	Slip	Duct	Slip	
Up to 24	24	24	22	20	Pocket slip or Bar-S slip, spaced not more than eight feet apart.
24 to 30	24	24	22	20	Pocket slip or Bar-S slip, spaced not more than four feet apart.
31 to 60	22	22	20	18	
61 to 72	20	20	18	16	Reinforced pocket slip† or reinforced Bar-S†, spaced not more than four feet apart. 1½" x 1½" x ⅛" diagonal angle reinforcing‡ or 1½" x 1½" x ⅛" girth angle reinforcing‡ located midway between joints.
73 to 90	20	20	18	16	Reinforced pocket slip† or reinforced Bar-S slip† spaced not more than four feet apart. 1½" x 1½" x ⅛" diagonal angle reinforcing† or 1½" x 1½" x ⅛" girth angle reinforcing‡ located midway between joints. 1¼" x ⅛" band iron stay bracing for duct width 73" to 90".
91 and Up	18	20	16	16	Reinforced pocket slip† or reinforced Bar-S slip† spaced not more than four feet apart. 1½" x 1½" x ⅛" diagonal angle reinforcing‡ or 1½" x 1½" x ⅛" girth angle reinforcing‡ located midway between joints. 1¼" x ⅛" band iron stay bracing for duct width 91" to 120". 1¼" x ⅛" band iron stay bracing spaced 48" apart for duct widths 121" and up.

*All ducts over 18" in either dimension are cross-broken, except those to which rigid board insulation is applied or area of duct where outlet or duct connection is to be installed. Duct seams are either Pittsburg lock seam or longitudinal seam.

†Reinforce joint with 1¼" x ⅛" band iron.

‡Angles are attached to duct by tack welding, sheet metal screws, or rivets on 6" centers.

TABLE 15 – RECOMMENDED CONSTRUCTION FOR ROUND SHEET METAL DUCT
Low and High Pressure Systems

DUCT DIMENSION (in.)	MATERIAL GAGE		RECOMMENDED CONSTRUCTION	
	Steel U.S. Gage	Aluminum B & S Gage	Reinforcing	Joints and Seams
Up to 8	24	22		Round duct sections are joined together by welding, by a coupling, or by belling out one end of duct.
9 to 24	22	20		
25 to 36	20	18	1¼" x 1¼" x ⅛" girth angle reinforcing spaced on 8' centers.	
37 to 48	20	18	1¼" x 1¼" x ⅛" girth angle reinforcing spaced on 6' centers.	The seams on round duct may be continuous welded or grooved longitudinal seam.
49 to 72	18	16	1½" x 1½" x ⅛" girth angle reinforcing spaced on 4' centers.	
73 and Up	16	14		

وبطريقة اخري من SMACNA

TABLE 1–24
UNREINFORCED DUCT
(WALL THICKNESS)

DUCT DIMENSION		PRESSURE CLASS (In WG) Positive or Negative						
		1/2"	1"	2"	3"	4"	6"	10"
200	8" dn	26	26	26	24	24	24	22
201	9, 10" 250	26	26	26	24	22	20	18
	11, 12" 300	26	26	24	22	20	18	16
	13, 14" 350	26	24	22	20	18	18	
	15, 16" 400	26	22	20	18	18	16	
	17, 18" 450	26	22	20	18	16		
	19, 20" 500	24	20	18	16			
	21, 22" 550	22	18	16	16			
	23, 24" 600	22	18	16	16			
	25, 26" 650	20	18					
	27, 28" 700	18	16					
	29, 30" 750	18	16					
	31–36" 900	16						

Reinforcement is required.

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" wg maximum. Slips and drives must not be less than two gages lighter then 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 to22	20	18	16
Minimum Flat Slip and Drive Gage	24	22	20	18

See Figure 1- 7 for joint types.

- **طرق توصيل الممرات الهوائية ببعضها**

يوضحها الشكل التالي

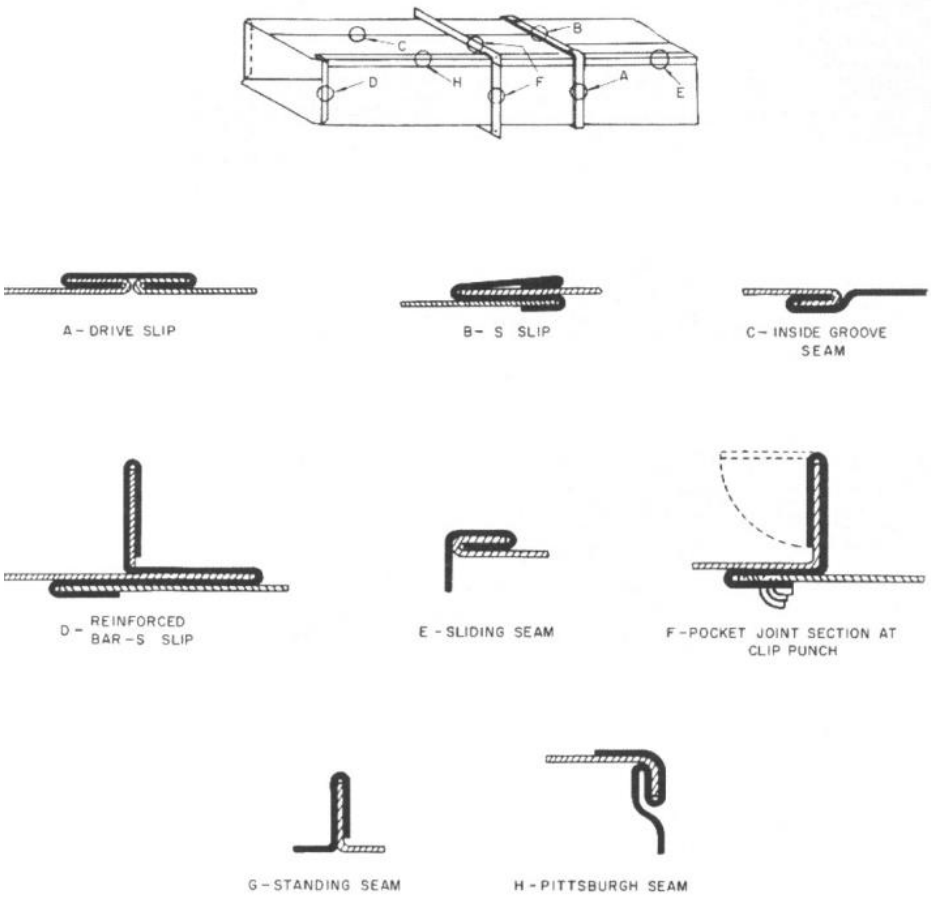


Fig. 58 – Joints and Seams For Low Pressure System

- **تحديد وزن الصاج**

الصاج المتسخدم فى التكييف غالبا صاج مجلفن (galvanized steel duct).

ويتم حساب وزن ال duct من المعادلة

$$Weight = 2*(w+d)*length*T*\rho$$

T – Thickness of duct

ρ density = 7850 kg/m3

وبالطبع تستخدم Excel sheets في الحسابات وهناك حالات خاصة بالوصلات.

- **عزل الصاج :**

عزل الصاج يكون من مادة الفيبر جلاس Fiber Glass

العزل الداخلى = كثافة العزل يكون 16 كجم/م3 او 24 كجم /م3 ويكون عزل 1 بوصة

العزل الخارجى= هو عزل ال duct المعرض للهواء الخارجى ويكون عادتا فى ال riser وال roof ويكون كثافة العزل من 24 كجم/م3 او 48 كجم /م3 ويكون عزل 2 بوصة .

عزل الصوت (accosted lining insulation) يتم عمل عزل الصوت للماكينة من مادة **الارم فليكس** ويكون سمكه من 9- 15 mm ولكن عادتا نستخدم 9 مم وتكون الكثافة لمادة العزل 72 kg/m3 حيث يتم عزل plenum ويتم عزل الصاج لمسافة 3-5 متر من ال plenum .

- **Duct test**

- **Smoke Test**: وهو عبارة عن جهاز يقوم باصدار دخان وبذلك يتم الكشف عن التسريب فى ال ductوتصليح الجزء الذى يحدث فيه تسريب حيث يصعد دخان منه.

- **Light Test :** يتم عمل هذا الاختبار بالليل مع اطفاء جميع الانوار ويتم ادخال كشاف فى ال duct ونحدد مكان التسريب حيث نرى ضوء يخرج منه .

- **pressure test** : حيث نقوم برفع الضغط فى ال duct عن طريق مروحة ويتم تركيب عداد للضغط لنعرف هل هناك تسريب ام لا.

مخارج الهواء

تعريفات

- **سرعات الهواء داخل المكان Air Velocities**

هي عامل مهم جدا في راحة البشر المتواجدين بالمكان ولا تزيد السرعة في التطبيقات التجارية عن 50 قدم في الدقيقة ولكن يمكن ان تتجاوز تلك القيمة في التطبيقات الصناعية وكل ذلك في ما يسمي منطقة الاشغال بالبشر او تواجد البشر بالغرفة.

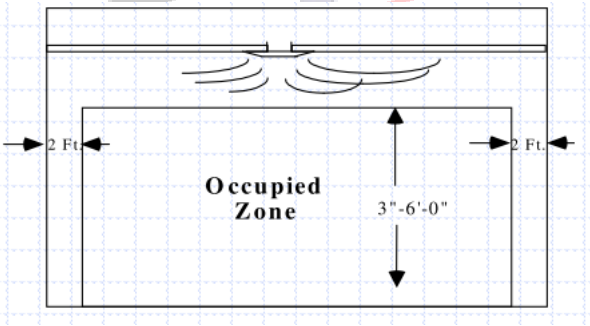
وتلك القيم بناءا علي نشاط الاشخاص كما بالجدول التالي:

TABLE 19 – OCCUPIED ZONE ROOM AIR VELOCITIES

ROOM AIR VELOCITY (fpm)	REACTION	RECOMMENDED APPLICATION
0-16	Complaints about stagnant air	none
25	Ideal design—favorable	all commercial applications
25-50	Probably favorable but 50 fpm is approaching maximum tolerable velocity for seated persons	all commercial applications
65	Unfavorable—light papers are blown off a desk	
75	Upper limit for people moving about slowly—favorable	retail and dept. store
75-300	Some factory air conditioning installations—favorable	factory air conditioning higher velocities for spot cooling

- **المكان المشغول بالبشر Occupied Zone**

يحدد ذلك بالحجم من الغرفة الذي يكون من ارتفاع 1.8 متر او 6 قدم من ارضية الغرفة الي الحوائط بمسافة 60 سم عنها او 2 قدم كما بالشكل التالي:



Outlet Through or Blow T50 -

هي المسافة الافقية مالم يذكر غير ذلك بين المخرج والنقطة التي تصل عندها السرعة الي 50 قدم في الدقيقة, ومعظم الكتالوجات تعطي ثلاث قيم هما ال T150, T100 and T50 وهي بالطبعة المسافات عند السرعات 150و 100و 50 قدم في الدقيقة ويوضح ذلك الشكل التالي:

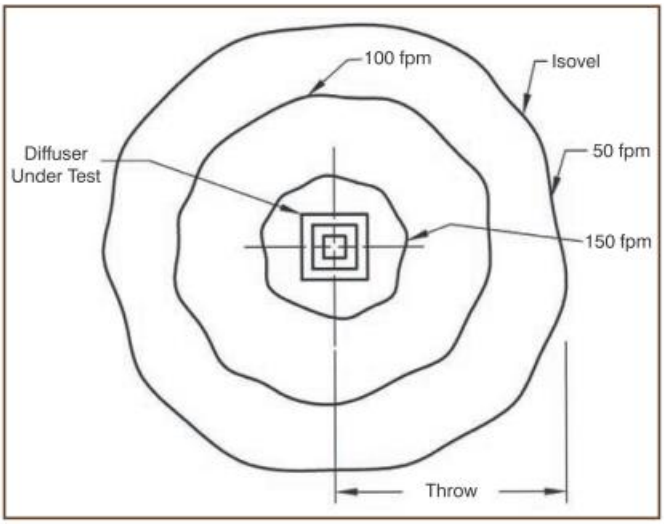
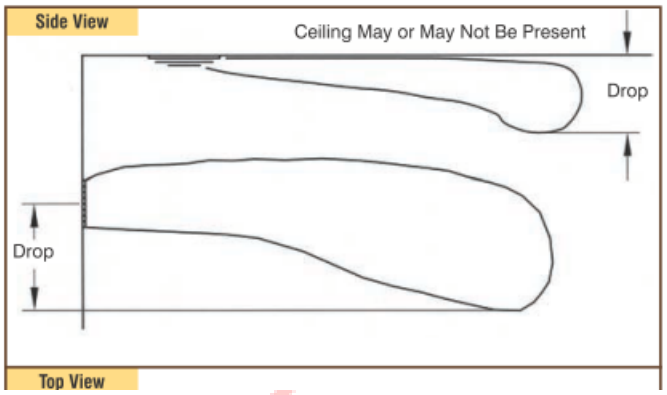


Figure 4: Plan view of ceiling-mounted outlet indicating location of 150, 100 and 50 fpm isovels (from ASHRAE Standard 70-2006).

Drop -

المسافة الرأسية التي تصل عندها السرعة الي الT50 كما بالشكل التالي:



- **Laminar Flow Outlet**

ويكون التدفق الخارج منها كما بالشكل التالي:

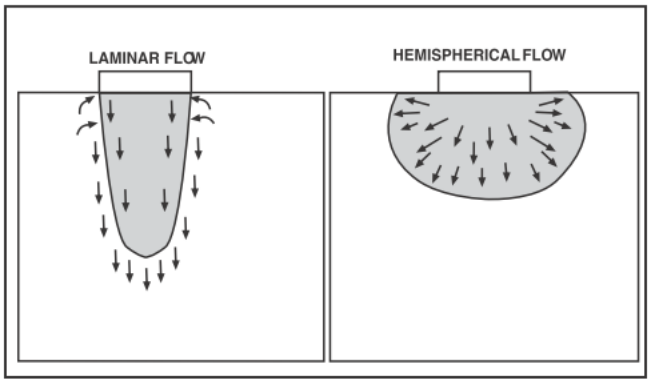


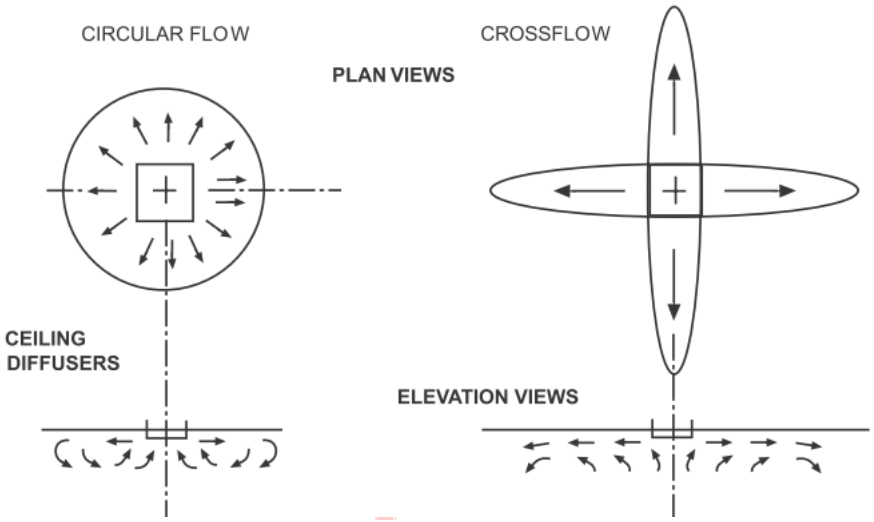
Figure 22. Laminar Flow Diffusion Pattern

Figure 23. Hemispherical Flow Diffusion Pattern

ويحدث التبادل في درجات الحرارة بعد كسح الهواء لان في هذا النوع من المخارج يتم كسح الهواء الساخن بالكامل تقريبا بالهواء البارد لمنع التلوث وهذ النوع يفضل في التطبيقات الطبية.

- **Turbulent Flow Outlet**

يحدث التبادل الحراري بين الهواء البارد الخارج من المخرج والهواء الساخن بالغرفة نتيجة الاحتكاك بين الاثنين كما بالشكل التالي:



- **Conada Effect**

هو التصاق الهواء الخارج من المخارج بالسقف نتيجة مقاومة هواء الغرفة له ونعومة سطح سقف الغرفة من الاعلي.

يجب الاخذ في الاعتبار انه اذا تم اختيار مخرج هواء بناءا علي T_{50} من الكتالوج وكان المخرج سوف يركب مباشرتا علي الممر الهوائي اي لا يوجد سقف مستعاراو المسافة بين المخرج والسقف اكبر من 60سم وجب ضرب القيمة المأخوذ من الكتالوج في 0.7 لان الظاهرة Conada Effect تعمل علي تكبير قيمة الT_{50} وهذ ما يتم عمل الكتالوجات بناءأ عليه.

- **Isothermal Effect**

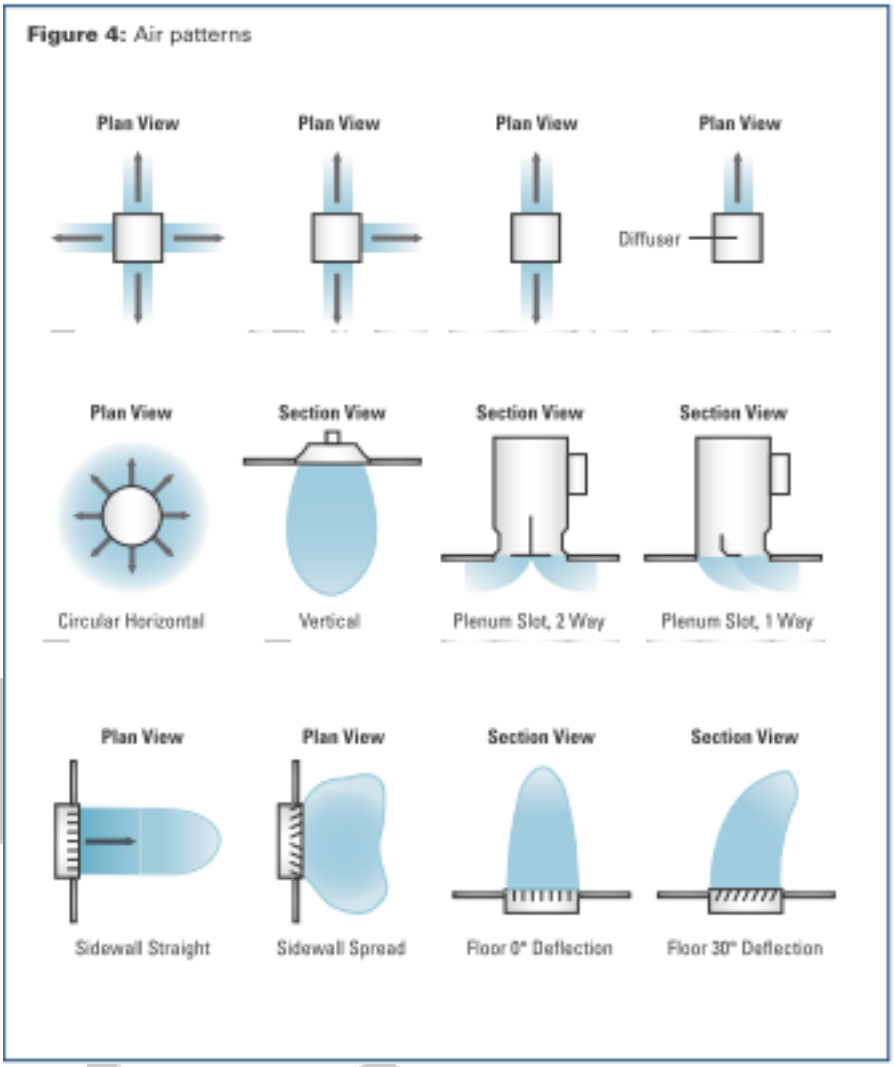
كتالوجات الهواء حددت قيم T_{150}, T_{100} and T_{50} بناءا علي فرض ان الهواء الخارج من المخرج والغرفة في نفس درجة الحرارة ولكن في الواقع يكون غير ذلك يكون الهواء الخارج من المخرج ابرد وتلك البرده تزيد من كثافته ووزنه فيميل هذا العامل الي جعل قيم T_{150}, T_{100} and T_{50} من الكتالوج تحتاج الي معامل تصحيح عند استخدمها في تطبيقات التبريد وتلك القيمة هي 0.75.

- **الرقبة Neck**

هو العنق الذي يصل بين الممر الهوائي والمخرج وغالبا ما يكون من النوع المرن Flexible.

- **Air Pattern**

وهي عبارة عن مسار خروج الهواء من المخارج كما بالشكل التالي:



- **Characteristic Length L_c**

هو نصف المسافة بين المخارج اوالمسافة بين المخرج والحائط المقابل وذلك حسب نوع المخرج كما بالجدول التالي:

- **T_{50}/L**

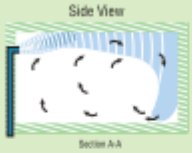
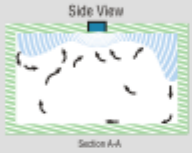
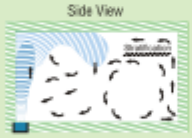
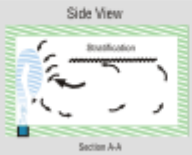
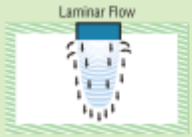
هذا العامل مهم جدا في اختيار المخارج كما بالجدول التالي:

- **ADPI**

هو رقم يعبر عن مدي الكسح الذي يقوم به الهواء البارد لهواء الغرفة فكلما زاد هذا الرقم كلما تحسن التبادل الحراري بين هواء المخرج وهواء الغرفة ويتحدد مدي العمل لكل مخرج من الجدول التالي:

Conaire Knowledge Series Papers 17

CONAIRE™

Terminal Device		Characteristic Length L	Load (W/m_2)	$T_{0.25A}$ for Maximum ADPI	Maximum ADPI
High Sidewall Grille		Distance to wall perpendicular to jet	250	1.8	68
			190	1.8	72
			125	1.6	78
			65	1.5	85
Circular Ceiling Diffuser		Distance to closest wall or intersecting air jet	250	0.8	76
			190	0.8	83
			125	0.8	88
			65	0.8	93
Sill Grille, Straight Vanes		Length of room in direction of jet flow	250	1.7	61
			190	1.7	72
			125	1.3	86
			65	0.9	95
Sill Grille, Spread Vanes		Length of room in direction of jet flow	250	0.7	94
			190	0.7	94
			125	0.7	94
			65	0.7	94
Perforated, louvered ceiling diffusers		Distance to wall or midplane between outlets	35-160	2.0	96

Inlet Isothermal region at 100 fpm Isothermal region at 50 fpm Natural convection current

واصل ذلك الجدول من ASHRAE

Terminal Device	Room Load, Btu/h·ft²	T_{50}/L for Maximum ADPI	Maximum ADPI	For ADPI Greater Than	Range of T_{50}/L
High Sidewall Grilles	80	1.8	68	–	–
	60	1.8	72	70	1.5 to 2.2
	40	1.6	78	70	1.2 to 2.3
	20	1.5	85	80	1.0 to 1.9
	<10	1.4	90	80	0.7 to 2.1
Circular Ceiling Diffusers	80	0.8	76	70	0.7 to 1.3
	60	0.8	83	80	0.7 to 1.2
	40	0.8	88	80	0.5 to 1.5
	20	0.8	93	90	0.7 to 1.3
Sill Grille, Straight Vanes	80	1.7	61	60	1.5 to 1.7
	60	1.7	72	70	1.4 to 1.7
	40	1.3	86	80	1.2 to 1.8
	20	0.9	95	90	0.8 to 1.3
Sill Grille, Spread Vanes	80	0.7	94	90	0.6 to 1.5
	60	0.7	94	80	0.6 to 1.7
	40	0.7	94	–	–
	20	0.7	94	–	–
Ceiling Slot Diffusers (For T_{100}/L)	80	0.3	85	80	0.3 to 0.7
	60	0.3	88	80	0.3 to 0.8
	40	0.3	91	80	0.3 to 1.1
	20	0.3	92	80	0.3 to 1.5
Light Troffer Diffusers	60	2.5	86	80	<3.8
	40	1.0	92	90	<3.0
	20	1.0	95	90	<4.5
Perforated, louvered ceiling diffusers	11 to 50	2.0	96	90	1.4 to 2.7
				80	1.0 to 3.4

Table 2: Air diffusion performance index (ADPI) selection guide (from Table 4, Chapter 57 of the *2011 ASHRAE Handbook—Applications*).

الشكل التالي رسم يوضح الCharacteristic Length

Figure 24: Boundaries created by two air patterns

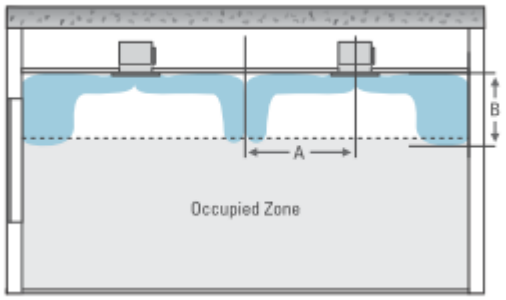
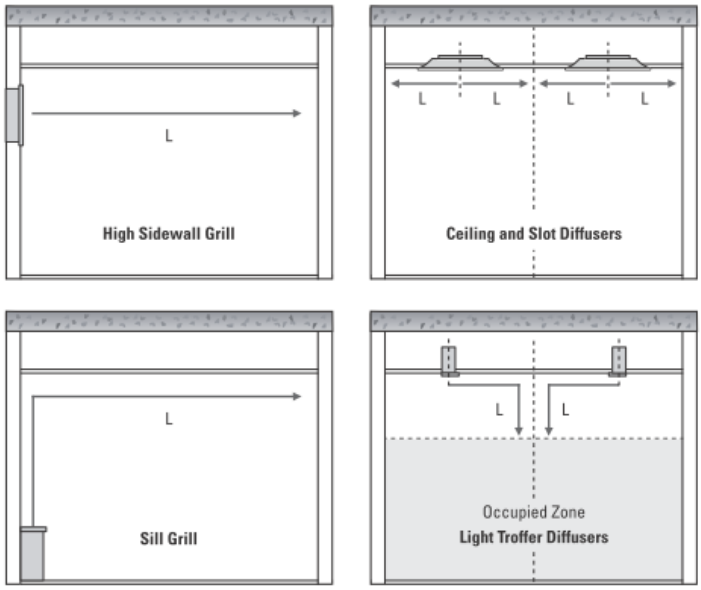


Figure 31: Characteristic length illustration



- **سرعة الرقبة**

تكون في الحدود الموضحة بالجدول التالي:

TABLE 20 – RECOMMENDED OUTLET VELOCITIES

APPLICATION	TERMINAL VELOCITY (FPM)
Broadcast studios	300-500
Residences	500-750
Apartments	500-750
Churches	500-750
Hotel bedrooms	500-750
Legitimate theaters	500-750
Private offices, acoustically treated	500-750
Private offices, not treated	500-800
Motion picture theaters	1000
General offices	1000-1250
Dept. stores, upper floors	1500
Dept. stores, main floor	2000

After all the foregoing limitations have been successfully dealt with, the air distribution principles

وتعرف ايضا لمخارج الراجع من الجدول التالي:

GRILLE LOCATION	FPM OVER GROSS AREA
Commercial	
Above occupied zone	800 and above
Within occupied zone not near seats	600-800
Within occupied zone near seats	400-600
Door or wall louvers	500-1000
Undercutting of doors	600•
Industrial	800 and above
Residential	400

•Thru undercut area

- **الضوضاء وتحدد كما بالجدول التالي:**

Room Types		NC/RC	dBA	dBC
Rooms with Intrusion from Outdoor Noise Sources	Traffic Noise	N/A	45	70
	Aircraft Flyovers	N/A	45	70
Residences, Apartments, Condominiums	Living Areas	30	35	60
	Bathrooms, Kitchens, Utility Rooms	35	40	60
Hotels/Motels	Individual Rooms or Suites	30	35	60
	Meeting/Banquet Rooms	30	35	60
	Corridors and Lobbies	40	45	65
	Service/Support Areas	40	45	65
Office Buildings	Executive and Private Offices	30	35	60
	Conference Rooms	30	35	60
	Teleconference Rooms	25	30	55
	Open-Plan Offices	40	45	65
	Corridors and Lobbies	40	45	65

Table 1: Examples of recommended NC values (from *2011 ASHRAE Handbook—HVAC Applications*).

وايضا الجدول التالي:

Table 9: Design guidelines for HVAC system noise in unoccupied spaces

Room Types	RC / NC
Private Residences	**25-35**
Hotels/Motels	
Individual rooms or suites	25-35
Meeting/banquet rooms	25-35
Corridors, lobbies	35-45
Service/support areas	35-45
Office Buildings	
Executive and private offices	25-35
Conference rooms	25-35
Teleconference rooms	< 25
Open-plan offices	< 40
- With sound masking	< 35
Corridors and lobbies	40-45
Hospitals and Clinics	
Private rooms	25-35
Wards	30-40
Operating rooms	25-35
Corridors and public areas	30-45
Performing Arts Spaces	c
Drama theaters	25
Music teaching studios	25
Music practice rooms	30-35
Schools	d
Classrooms	25-30
Large lecture rooms	25-30
Large lecture rooms, without speech amplification	25
Laboratories (with Fume Hoods)	
Testing/research, minimal speech communication	45-55
Research, extensive telephone use, speech communication	40-50
Group teaching	35-45
Church, Mosque, Synagogue	
General assembly	25-35
With critical music programs	c
Libraries	30-40
Courtrooms	
Un-amplified speech	25-35
Amplified speech	30-40
Indoor Stadiums, Gymnasiums	
Gymnasiums and natatoriums[e]	40-50
Large seating-capacity spaces with speech amplification[e]	45-55

[a] The values and ranges are based on judgment and experience, not quantitative evaluations of human reactions. They represent general limits of acceptability for typical building occupancies. Higher or lower values may be appropriate and should be based on a careful analysis of economics, space use and user needs.

[b] When quality of sound in the space is important, specify criteria in terms of RC(N). If the quality of the sound in the space is of secondary concern, the criteria may be specified in terms of NC or NCB levels of similar magnitude.

[c] An experienced acoustical consultant should be retained for guidance on acoustically critical spaces (below RC 30) and for all performing arts spaces.

[d] Some educators and others believe that HVAC-related sound criteria for schools, as listed in previous editions of this table, are too high and impede learning for affected groups of all ages. See ANSI Standard S12.60-2002 for classroom acoustics and a justification for lower sound criteria in schools. The HVAC component of total noise meets the background noise requirement of that standard if HVAC-related background sound is RC 25(N).

[e] RC or NC criteria for these spaces need only be selected for the desired speech.

Reference
- 2007 ASHRAE Applications Handbook, Table 42, page 47.34
- AHRI Standard 885-2008, Table 15, page 31

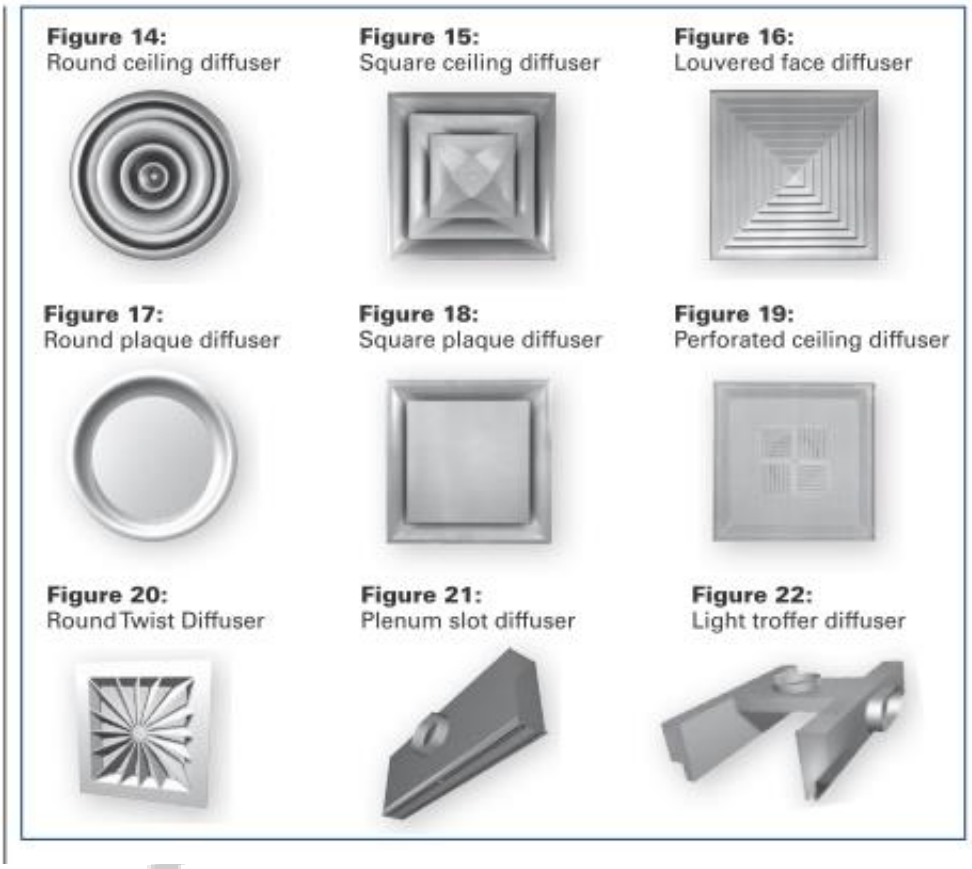
ويحدد الجدول التالي قيمة مألوفة لكل DB لكي يكون لدينا تخيل لتلك القيم:

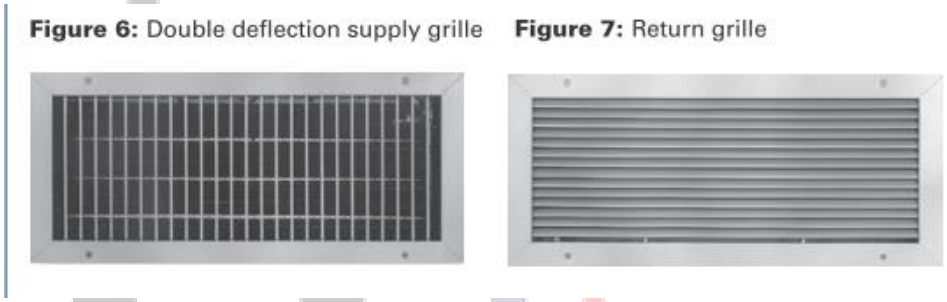
Typical Sound Pressure Levels of Well Known Noises:

Jet Airplane, 45 meters away	140 dB(A)
Painful	130 dB(A)
Very Uncomfortable	120 dB(A)
Circular Saw	110 dB(A)
Nightclub	100 dB(A)
Semi Truck	90 dB(A)
Sidewalk of a Busy Road	80 dB(A)
Household Vacuum, 1 meter away	70 dB(A)
Normal Conversation	60 dB(A)
Inside Average Home	50 dB(A)
Quiet Library	40 dB(A)
Bedroom at Night	30 dB(A)

- **أشكال مخارج الهواء المختلفة**

الشكل التالي يوضحها:





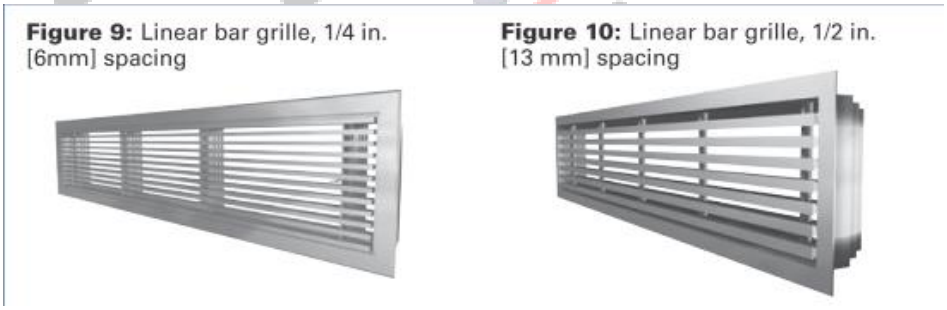


Figure 36:
Industrial supply grille

Figure 37: Drum louver

Figure 38: Nozzle

Figure 39:
Industrial return grille

Figure 40:
Security grille

- **خطوات اختيار مخارج الهواء**

1- تحديد نوع المخرج المطلوب.

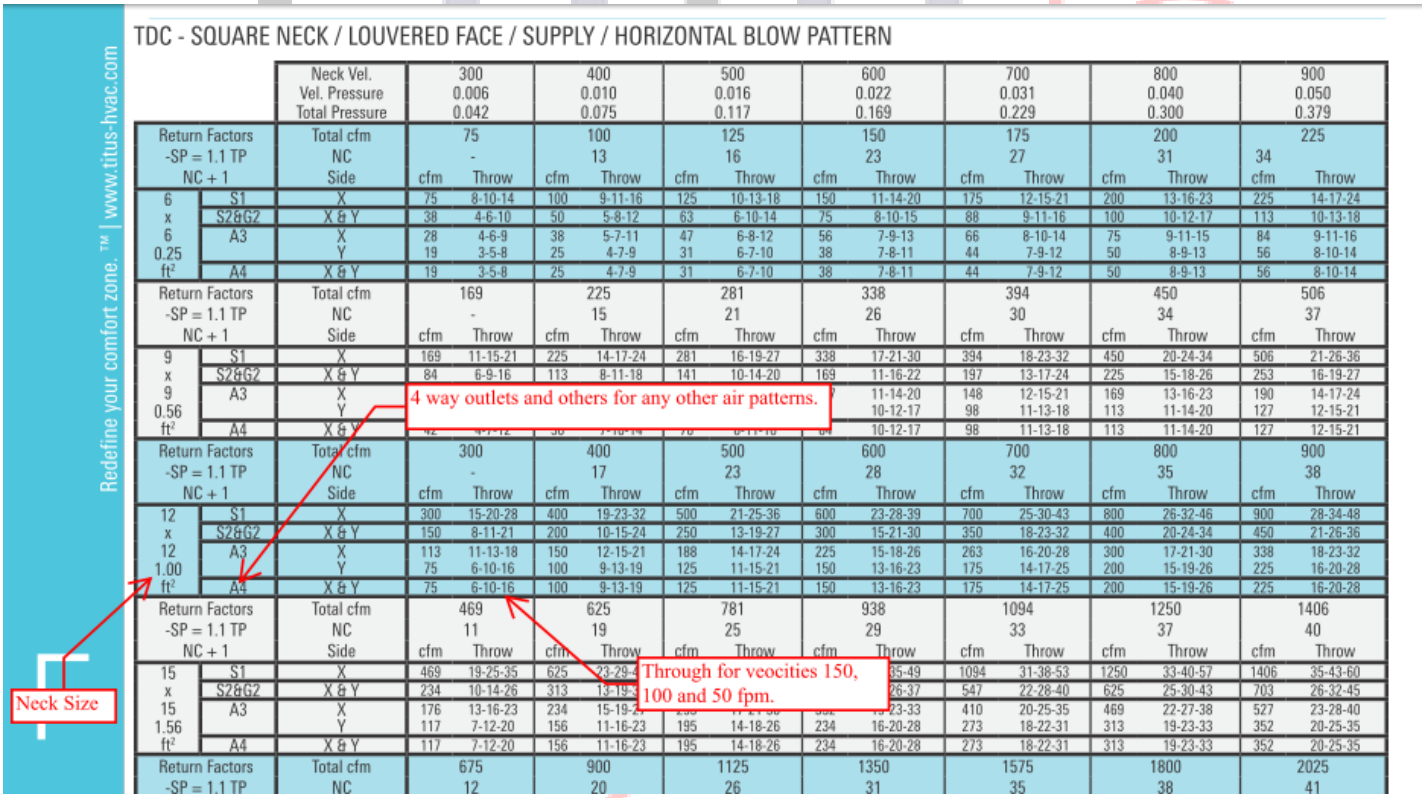
2- تحديد ال L_c ويكون ذلك بافتراض عدد معين من المخارج في طول الغرفة وعدد معين في العرض ثم قسمة طول الغرفة علي عدد المخارج المحدد للطول فيكون ذلك قيمة ال L_c ثم يتم عمل نفس الامر لعرض الغرفة ونحصل علي قيمة اخري لل L_c ويتم العمل بالقيمة الاكبر منهم.

ملحوظة: يمكن فرض نصف المسافة المطلوبة بين المخارج او ال L_c ثم تحديد العدد بناءا علي ذلك.

3- تحديد عدد المخارج بضرب العدد المحدد لطول الغرفة في العدد المحدد للعرض.

4- تحديد كمية الهواء لكل مخرج بقسمة كمية هواء حمل التبريد المحصول عليها من الهاب علي عدد المخارج المحدد سلفا.

5- اختيار مقاس العنق من الكتالوجات بحيث لا تتخطي القيم الموضحة سلفا ويراعي في ذلك ان تكون الNC لا تتخطي القيم الموضحة بالتعريفات الخاصة بالضوضاء كما بالجدول التالي:



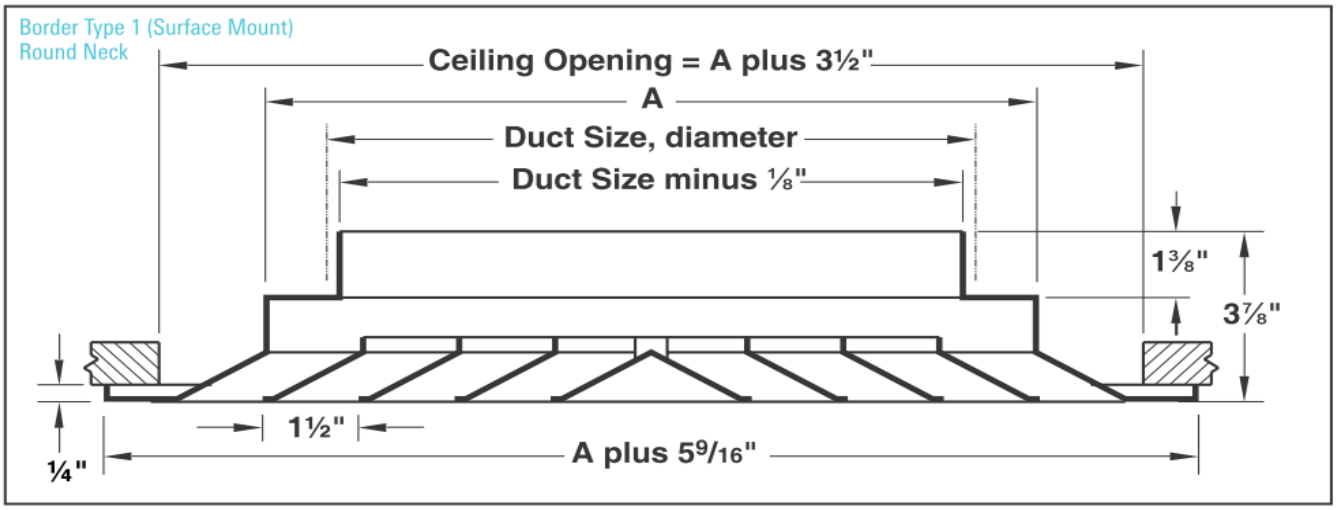
Neck Vel. / Vel. Pressure / Total Pressure			300 / 0.006 / 0.042		400 / 0.010 / 0.075		500 / 0.016 / 0.117		600 / 0.022 / 0.169		700 / 0.031 / 0.229		800 / 0.040 / 0.300		900 / 0.050 / 0.379	
Return Factors -SP = 1.1 TP NC + 1		Total cfm / NC / Side	75 -		100 13		125 16		150 23		175 27		200 31		225 34	
			cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw
6 x 6 0.25 ft²	S1	X	75	8-10-14	100	9-11-16	125	10-13-18	150	11-14-20	175	12-15-21	200	13-16-23	225	14-17-24
	S2&G2	X & Y	38	4-6-10	50	5-8-12	63	6-10-14	75	8-10-15	88	9-11-16	100	10-12-17	113	10-13-18
	A3	X	28	4-6-9	38	5-7-11	47	6-8-12	56	7-9-13	66	8-10-14	75	9-11-15	84	9-11-16
		Y	19	3-5-8	25	4-7-9	31	6-7-10	38	7-8-11	44	7-9-12	50	8-9-13	56	8-10-14
	A4	X & Y	19	3-5-8	25	4-7-9	31	6-7-10	38	7-8-11	44	7-9-12	50	8-9-13	56	8-10-14
Return Factors -SP = 1.1 TP NC + 1		Total cfm / NC / Side	169 -		225 15		281 21		338 26		394 30		450 34		506 37	
			cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw
9 x 9 0.56 ft²	S1	X	169	11-15-21	225	14-17-24	281	16-19-27	338	17-21-30	394	18-23-32	450	20-24-34	506	21-26-36
	S2&G2	X & Y	84	6-9-16	113	8-11-18	141	10-14-20	169	11-16-22	197	13-17-24	225	15-18-26	253	16-19-27
	A3	X								11-14-20	148	12-15-21	169	13-16-23	190	14-17-24
		Y								10-12-17	98	11-13-18	113	11-14-20	127	12-15-21
	A4	X & Y								10-12-17	98	11-13-18	113	11-14-20	127	12-15-21
Return Factors -SP = 1.1 TP NC + 1		Total cfm / NC / Side	300 -		400 17		500 23		600 28		700 32		800 35		900 38	
			cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw
12 x 12 1.00 ft²	S1	X	300	15-20-28	400	19-23-32	500	21-25-36	600	23-28-39	700	25-30-43	800	26-32-46	900	28-34-48
	S2&G2	X & Y	150	8-11-21	200	10-15-24	250	13-19-27	300	15-21-30	350	18-23-32	400	20-24-34	450	21-26-36
	A3	X	113	11-13-18	150	12-15-21	188	14-17-24	225	15-18-26	263	16-20-28	300	17-21-30	338	18-23-32
		Y	75	6-10-16	100	9-13-19	125	11-15-21	150	13-16-23	175	14-17-25	200	15-19-26	225	16-20-28
	A4	X & Y	75	6-10-16	100	9-13-19	125	11-15-21	150	13-16-23	175	14-17-25	200	15-19-26	225	16-20-28
Return Factors -SP = 1.1 TP NC + 1		Total cfm / NC / Side	469 11		625 19		781 25		938 29		1094 33		1250 37		1406 40	
			cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw	cfm	Throw
15 x 15 1.56 ft²	S1	X	469	19-25-35	625	23-29-4				35-49	1094	31-38-53	1250	33-40-57	1406	35-43-60
	S2&G2	X & Y	234	10-14-26	313	13-19-3				26-37	547	22-28-40	625	25-30-43	703	26-32-45
	A3	X	176	13-16-23	234	15-19-2				23-33	410	20-25-35	469	22-27-38	527	23-28-40
		Y	117	7-12-20	156	11-16-23	195	14-18-26	234	16-20-28	273	18-22-31	313	19-23-33	352	20-25-35
	A4	X & Y	117	7-12-20	156	11-16-23	195	14-18-26	234	16-20-28	273	18-22-31	313	19-23-33	352	20-25-35
Return Factors -SP = 1.1 TP		Total cfm / NC	675 12		900 20		1125 26		1350 31		1575 35		1800 38		2025 41	

-طريقة الاختيار من الكتالوج

1- نختار السطر الذي يحقق التدفق المطلوب بحدود الNC وال Neck Velocity المطلوبين ويقابل ذلك بأقصي اليسار مقاس الرقبة الذي يحقق ذلك.

2- للحصول علي قيمة الل T_{50} يكون كما هو موضح بالجدول السابق.

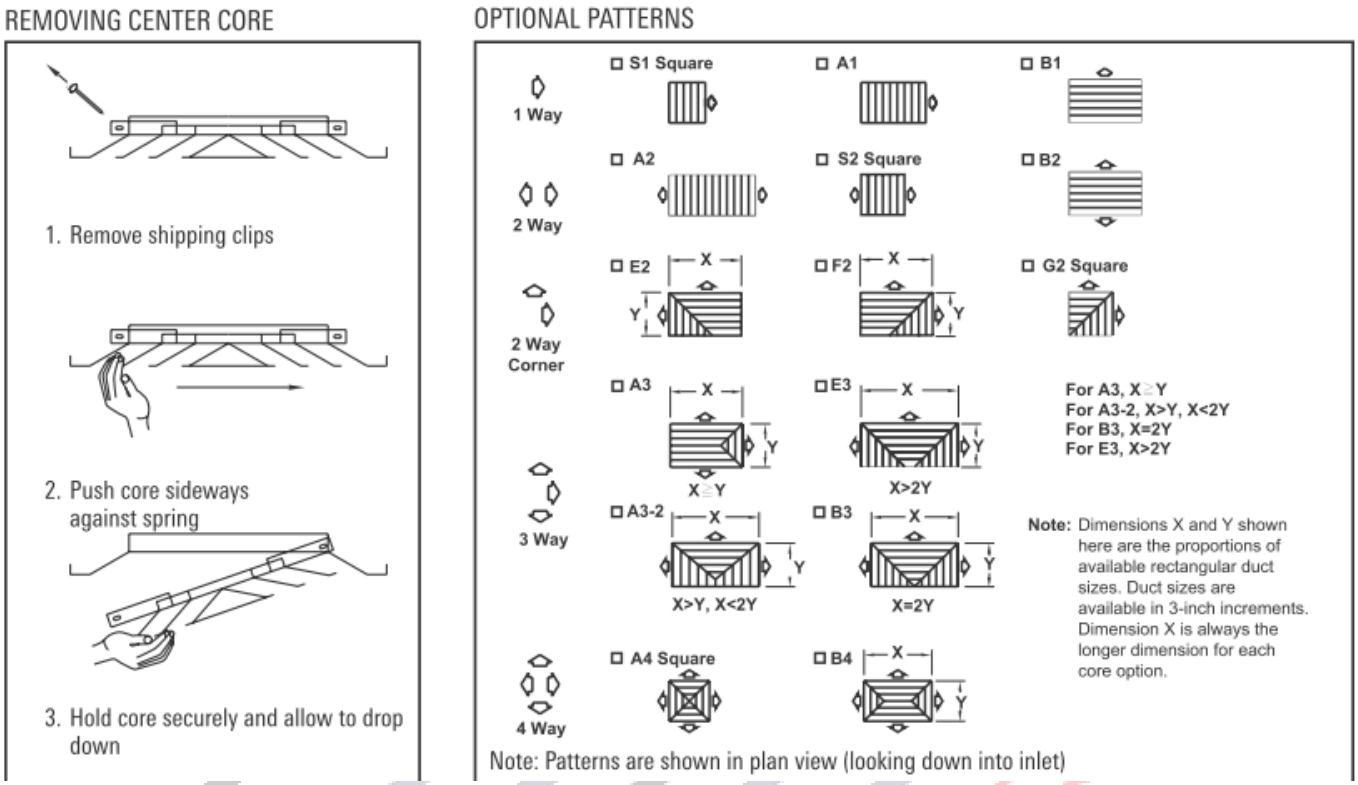
3- للحصول علي مقاس وجه المخرج يكون ذلك طبقا للشكل التالي.



حيث ان مقاس الرقبة من الكتالوج بالجدول السابق هو A فإن مقاس الوجه الخاص بتلك الرقبة المختارة يكون هو البعد A مجموع عليه 6" تقريبا وهنا يجب اخذ الملاحظة التالية في الاعتبار.

- قد يطلب المعماري ان يكون مقاس بلاطات السقف مقاس معين وينبغي ان يحقق ذلك وجه المخرج الهوائي في هذه الحالة نتبع طريقة الاختيار بشكل عكسي فنختار الوجه ثم نطرح منه 6" لنعرف المقاس A ثم نختار السطر الخاص به من الجدول ونتأكد من كونه لا يسبب مشاكل مع كلا من الNC وال Neck Velocity.

- ويجب الاخذ في الاعتبار في حال وجود حوائط قريبة من المخرج او عوائق علي مسافة T_{100}, T_{150} يجب الغاء هذا الاتجاه من المخرج واستخدا مخرج ثنائي او ثلاثي كما يوضح ذلك الشكل التالي وذلك مع الSquare Outlet:



6- في الخطوة السادسة يراعي الحصول علي القيمة T_{50}/L ومقارنتها بالمدي الموضح بالجدول الخاص بذلك وقيمة ال ADPI الاقصي واذا لم تكن ضمن المدي وجب تغيير عدد المخارج ومواصفتها حتي نكون داخل المدي المطلوب.

7- في هذه الخطوة مطلوب تحديد قيمة المفاقيد الضغطية خلال المخرج وذلك يكون كما بالجدول السابق في الصف الثاني ولكن تلك القيمة قيمة الضغط الكلي والذي نحتاجه هو القيمة الاستاتيكية فقط S_p و للحصول عليها نحصل مفاقيد السرعة خلال المخرج من العلاقة التالية ثم نطرحها من المفاقيد الكلية من الكتالوج وتكون تلك القيمة المفترض اضافتها الي مفاقيد الممر الهوائي الاجمالية لاختيار المروحة.

Velocity Pressure *Eq.3*

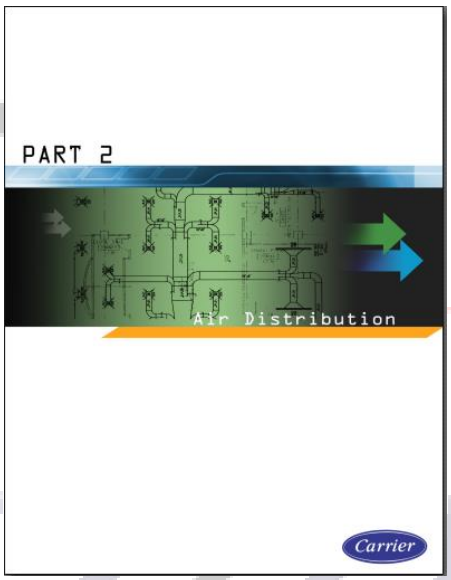
$$V_p = \left(\frac{V}{4005}\right)^2 = \text{Neck Velocity fpm}$$

Total Pressure *Eq.4*

$$T_p = S_p + V_p$$

- المراجع

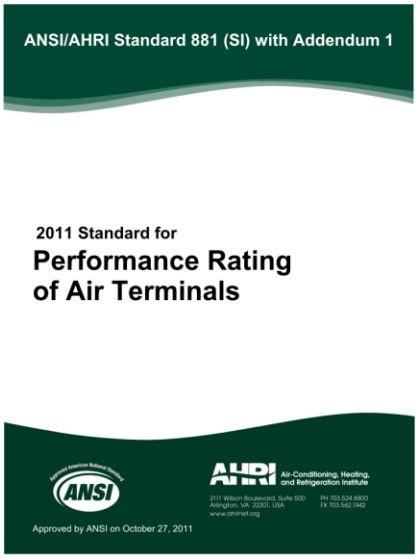
TECHNICAL FEATURE
Selecting Air-Distribution Outlets
Designing for Comfort

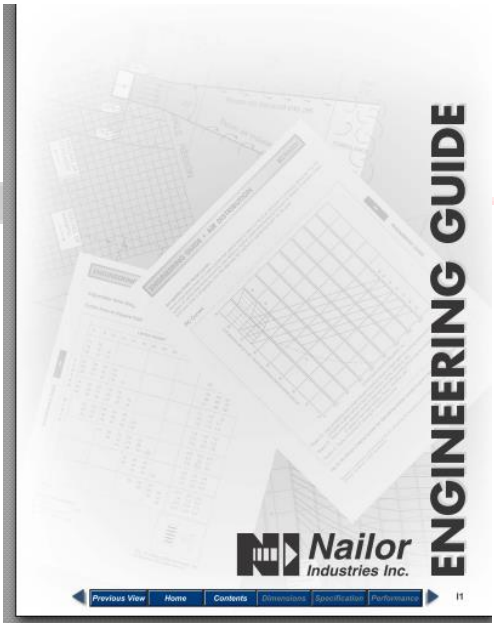

PART 2
Air Distribution
Carrier

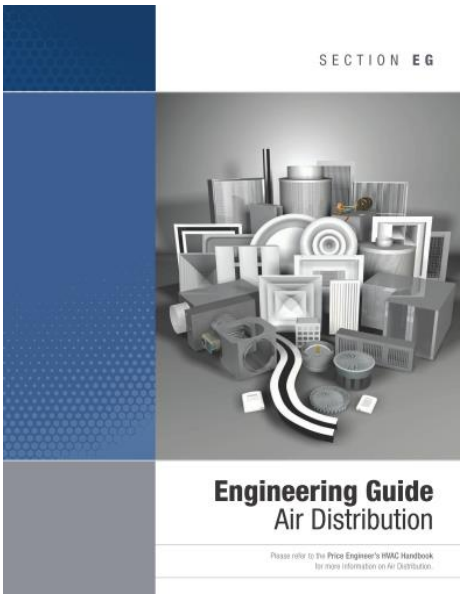
HVAC DUCT CONSTRUCTION STANDARDS
METAL AND FLEXIBLE
SECOND EDITION – 1995
SMACNA
SHEET METAL AND AIR CONDITIONING CONTRACTORS' NATIONAL ASSOCIATION, INC.
4201 Lafayette Center Drive

CONAIRE™
Conaire Knowledge Series Papers 17

CHOOSING THE RIGHT AIR OUTLETS


ANSI/AHRI Standard 881 (SI) with Addendum 1
2011 Standard for
Performance Rating of Air Terminals
ANSI
AHRI Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute
Approved by ANSI on October 27, 2011


ENGINEERING GUIDE
Nailor Industries Inc.


SECTION EG
Engineering Guide
Air Distribution

ME 425
Air Distribution & ASHRAE Outlet Selection

Keith E. Elder, PE

This file is licensed to Rabee Taleb (rabee_t@hotmail.com). Publication Date: 6/1/2013

Related Commercial Resources

CHAPTER 20

SPACE AIR DIFFUSION

Indoor Air Quality and Sustainability 20.1
Applicable Standards and Codes 20.1
Terminology 20.2
Principles of Jet Behavior 20.3
Symbols 20.7

ROOM air distribution systems are intended to provide thermal comfort and ventilation for space occupants and processes. Although air terminals (inlets and outlets), terminal units, local ducts, and rooms themselves may affect room air diffusion, this chapter addresses only air terminals and their direct effect on occupant comfort. This chapter is intended to present HVAC designers the fundamental characteristics of air distribution devices. For information on naturally ventilated spaces, see Chapter 16. For a discussion of various air distribution strategies, tools, and guidelines for design and application, see Chapter 57 in the 2011 *ASHRAE Handbook—HVAC Applications*. Chapter 20 in the 2012 *ASHRAE Handbook—HVAC Systems and Equipment* provides descriptions of the characteristics of various air terminals (inlets and outlets) and terminal units, as well as selection tools and guidelines.

Room air diffusion methods can be classified as one of the following as shown in Figure 1:

- **Mixed systems** produce little or no thermal stratification of air within the space. Overhead air distribution is an example of this type of system.
- **Fully (thermally) stratified systems** produce little or no mixing of air within the occupied space. Thermal displacement ventilation is an example of this type of system.
- **Partially mixed systems** provide some mixing within the occupied and/or process space while creating stratified conditions in the volume above. Most underfloor air distribution and task/ambient conditioning designs are examples of this type of system.
- **Task/ambient conditioning systems** focus on conditioning only a certain portion of the space for thermal comfort and/or process control. Examples of task/ambient systems are personally controlled desk outlets (sometimes referred to as personal ventilation systems) and spot-conditioning systems.

As shown in Figure 1, local temperature and carbon dioxide (CO_2) concentration have similar profiles, although their rates usually differ.

Air distribution systems, such as thermal displacement ventilation (TDV) and underfloor air distribution (UFAD), that deliver air in cooling mode at or near floor level and return air at or near ceiling level produce varying amounts of room air stratification. For floor-level supply, thermal plumes that develop over heat sources in the room play a major role in driving overall floor-to-ceiling air motion. The amount of stratification in the room is primarily determined by the balance between total room airflow and heat load. In practice, the actual temperature and concentration profile depends on the combined effects of various factors, but is largely driven by the characteristics of the room supply airflow and heat load configuration.

For room supply airflow, the major factors are

- Total room supply airflow quantity
- Room supply air temperature
- Diffuser type
- Diffuser throw height (or outlet velocity); this is associated with the amount of mixing provided by a floor diffuser (or room conditions near a low-sidewall TDV diffuser)

For room heat loads, the major factors are

- Magnitude and number of loads in space
- Load type (point or distributed source)
- Elevation of load (e.g., overhead lighting, person standing on floor, floor-to-ceiling glazing)
- Radiative/convective split
- For pollutant concentration profiles, whether pollutants are associated with heat sources

INDOOR AIR QUALITY AND SUSTAINABILITY

Air diffusion methods affect not only indoor air quality (IAQ) and thermal comfort, but also energy consumption over the building's life. Choices made early in the design process are important. The U.S. Green Building Council's (USGBC 2009) Leadership in Energy and Environmental Design (LEED®) rating system, which was originally created in response to indoor air quality concerns, now includes prerequisites and credits for increasing ventilation effectiveness and improving thermal comfort. These requirements and optional points are relatively easy to achieve if good room air diffusion design principles, methods, and standards are followed (see Chapter 57 of the 2011 *ASHRAE Handbook—HVAC Applications*).

Air change effectiveness is affected directly by the room air distribution system's design, construction, and operation, but is very difficult to predict. Many attempts have been made to quantify air change effectiveness, including ASHRAE *Standard* 129. However, this standard is only for experimental tests in well-controlled laboratories, and should not be applied directly to real buildings.

ANSI/ASHRAE *Standard* 62.1-2010 provides a table of typical values to help predict zone air distribution effectiveness. For example, well-designed ceiling-based air distribution systems produce near-perfect air mixing in cooling mode, and yield an air change effectiveness of 1.0.

Displacement and underfloor air distribution (UFAD) systems have the potential for values greater than 1.0. More information on ceiling- and wall-mounted air inlets and outlets can be found in Rock and Zhu (2002). Displacement system performance is described in Chen and Glicksman (2003). Bauman and Daly (2003) discuss UFAD in detail. (These three ASHRAE books were produced by research projects sponsored by Technical Committee 5.3.) More information on ANSI/ASHRAE *Standard* 62.1-2010 is available in its user's manual (ASHRAE 2010).

APPLICABLE STANDARDS AND CODES

The following standards and codes should be reviewed when applying various room air diffusion methods:

The preparation of this chapter is assigned to TC 5.3, Room Air Distribution.

Copyright © 2013, ASHRAE

Licensed for single user. © 2013 ASHRAE, Inc.

حقوق الملكية الفكرية