

APPLIED HVAC SYSTEM IN MARINE & OFFSHORE

VOLUME 1



AUNG MYAT THU

အမှာစာ

ဤစာအုပ်ထဲတွင် ပါသော အကြောင်းအရာ များသည် HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning) System in Marine and Offshore အတွက် အဓိက ရည်ရွယ်ပြီး ရေးပါသည်။ Applied HVAC in Marine and Offshore ဟုအမည်ပေး ထားသည့် အတိုင်း theory များကို သိပ်ပြီး ဖော်ပြ မထားပါ။ တခြားသူများ ရေးထားသော theory အသားပေး စာအုပ်များကို ဖတ်ရှုကြပါရန်လည်း အလေးအနက် တိုက်တွန်းပါသည်။ တခါတရံ theory အထိုက်အလျောက် သိသော်လည်း project တစ်ခု ဘယ်လို စလုပ်ရတယ်၊ အလုပ်ရဲ့ သဘောတရား တွေက ဘယ်လိုဆိုတာ တစ်ချို့က သိပ်မသိကြ သော ကြောင့် သိစေလိုသောဆန္ဒဖြင့် ဒီစာအုပ်ကိုရေးခြင်း ဖြစ်သည်။ ကျောင်းဆင်းကာစ အလုပ်စဝင်မည့် beginner များအတွက် ပိုပြီး ရည်ရွယ်၍ တစ်စုံတစ်ရာ အကျိုးရှိမည် ဆိုပါက ကျေနပ်ပါသည်။

HVAC field သည်လည်း တခြား field များနည်းတူ ကျယ်ဝန်းလှ သဖြင့် ခြုံငုံ မိအောင် ရေးဖို့ မလွယ်လှပါ။ ရှိသမျှသော mechanical components များသာမက instruments များ၊ electronic devices များ၊ electrical control များ အစုံပါဝင် ပေသည်။ အားလုံးကို နားလည်မှသာ designer ကောင်းတစ်ယောက် ဖြစ်ပေလိမ့်မည်။ ဒီစာအုပ်တွင်တော့ air side အတွက်သာ ရေးနိုင်ပေသေးသည်။ Water side နှင့် control ပိုင်းကို အချိန်ရလျှင် ရသလို ဆက်လက် ရေးသွားပါမည်။

အောင်မြတ်သူ

၂၄-၁၁-၂၀၁၅

Table of Content

Chapter 1. Introduction

Chapter 2. Heat Load Calculation

2.1. Accommodation

2.2. Method of Calculation (ISO 7547)

2.3. Solar Heat Gain

2.4. Heat Gain from Persons

2.5. Heat Gain form Lighting and the Sources

2.6. Air Flow Calculation

2.7. Supply Air

2.8. Exhaust Air

2.9. Air Balance

2.10. Calculation by ISO 8864

2.10.1. Calculation of Heat Gains and Heat Losses

2.10.2. Heat Gain from Persons

2.10.3. Heat Gain from Lighting and Other Sources

2.10.4. Air Flow Calculation

2.10.5. Supply Air Flow

2.10.6. Air Balance

2.11. Calculation by ISO 8862

2.11.1. Calculation of Heat Gains

2.11.2. Heat Gain from Persons

2.11.3. Heat Gain from Lighting and Other Sources

2.11.4. Air Flow Calculation

2.11.5. Supply Air Flow

2.11.6. Air Balance

2.12. Example of Heat Transmission Calculation

2.13. Consideration of Cooling Capacity

Chapter 3. Duct Sizing

3.1. Velocity Reduction Method

3.2. Equal Friction Method

3.2.1. Example for Equal Friction Method

3.3. Static Regain Method

3.3.1. Example for Static Regain Method

Chapter 4. Ductworks

4.1. Ducts

4.2. Fittings

4.3. Flexible Duct

4.4. Duct Clamp

4.5. Duct Support

4.6. Duct Connection

4.7. Penetration Piece

4.8. Thermal Insulation

4.9. Minimum Insulation Thickness to Prevent Condensation

Chapter 5. Supply and Extract Devices

Chapter 6. Inlet & Outlet Devices

Chapter 7. Ventilation for Accommodation

7.1. Total Pressure, Velocity Pressure and Static Pressure

7.2. How to change the pulley size

Chapter 8. Dampers

Chapter 1

Introduction

HVAC system design လုပ်မည်ဆိုလျှင် designer တစ်ယောက် အနေနဲ့ အခြေခံ အချက်တွေ ဘာတွေ ရှိထား သင့်တယ် ဆိုတာပြောလိုပါသည်။ Designer တစ်ယောက်ဖြစ်ဖို့ Engineering နဲ့ကျောင်းပြီးထားတဲ့ သူတစ်ယောက် ဆို ရင်တော့ ပိုကောင်းသည်။ တခြားမေဂျာ အနေနဲ့ ကျောင်းပြီးထားတဲ့ သူတွေလည်း လုပ်နေကြတာတွေ တွေ့မှာပါ။ ဒါကတော့ သူ့ရဲ့ ဝါသနာ နဲ့ ကြိုးစားအားထုတ်မှု၊ လုပ်ရည်ကိုင်ရည်၊ ဉာဏ်ရှိမှု စသဖြင့် ဒီအချက်တွေ အပေါ်မှာ မူတည် ပါလိမ့်မည်။ ဘာပဲ ပြော ပြော Engineering Sense ကတော့ အနည်းဆုံး လိုအပ်ပါတယ်။ Engineering နဲ့ကျောင်းပြီးထားတဲ့ သူ မဟုတ်ဘူး ဆိုရင် Officially အနေနဲ့ Technical Issue တွေကို ပြောဆို ဆွေးနွေး ကြ တော့မယ်ဆိုရင် အခက်အခဲတွေ ကြုံတွေ့လာနိုင်ပါတယ်။ Heat Transfer, Air-conditioning, Fluid Dynamic, Fan & Blower, Pump, Compressor & Motor စတာတွေ သင်ထားခဲ့ဖူးတယ် ဆိုရင် ပိုကောင်းသည်။ ပုံဆွဲတတ်ရပါမယ်။ Word နဲ့ Excel ကိုအနည်းဆုံးတော့ ကောင်းကောင်း သုံးတတ် ရပါမယ်။ Calculation အတော်များများကို Excel ပေါ်မှာပဲ တွက်ကြတာများပါတယ်။ ကျန်သေးတဲ့ အချက် အလက် တွေကတော့ အများကြီးပါ။ ဒါကတော့ အခြေခံ အနေနဲ့ ပြောလိုခြင်း ဖြစ်သည်။

Understanding the work before engineering

Quotation Stage

Quotation Stage မှာ client က input data တွေပေးပါတယ်။ သူလိုချင်တဲ့ specification တွေကိုလဲ ဖော်ပြထားလေ့ ရှိသည်။ Material ပိုင်းကတော့ နောက်ကိစ္စပေါ့။ ကိုယ့်အပိုင်း ကတော့ အရင်ဆုံး တွက်ချက် ပေးရမယ်။ မြန်မြန်နဲ့ မှန်အောင် လဲတွက်တတ်ဖို့ အရေးကြီးသည်။ Spec. ကိုသေချာ ဖတ်၍ လိုအပ်တဲ့ အချက်တွေ ပါအောင် ထည့်စဉ်းစားဖို့ လိုသည်။ သိပ်တော့ အတိအကျ ကြီးတွက်ရန် မလိုပါ ။ ဘာကြောင့်လဲ ဆိုတော့ ရမှာ သေချာတဲ့ အလုပ် မဟုတ်သေးလို့ ဖြစ်သည်။ သေချာပေါက် ရမဲ့ဟာ ဆိုရင်တော့ လည်း တစ်မျိုးပေါ့။ Client (or) shipyard က ကိုယ်လို subcontractor တွေအများကြီးကို ပေးပြီး quotation တောင်းထားတဲ့ အတွက် သတ်မှတ်ထားတဲ့ အချိန် (tender) မပိတ်မှီ Submit လုပ်ရန်အတွက် မြန်မြန်လုပ်ဖို့ တော့လိုသည်။ ဒီနေရာမှာ ကုမ္ပဏီ တစ်ခုနှင့် တစ်ခုတော့ တူမှာ မဟုတ်ပေ။ ယေဘုယျအားဖြင့် design

engineer ကလိုအပ်တဲ့ capacity တွက်၊ equipment list ထုတ်ပေး၊ ပြီးရင် senior engineer/manager/director ဆီပို့၊ သူတို့ကမှ cost ပြန်တွက်၊ equipment & instrument cost, outfitting & accessories , installation & labor, overhead cost, profit စသဖြင့် အသေးစိတ် ပြန်တွက် ပြီး Quotation submit လုပ်ကြသည်။

ဒါကတော့ normal procedures တွေဖြစ်သည်။ ကုမ္ပဏီ သိပ်သေးလွန်းရင်တော့ engineer လုပ်သူက ဒါတွေ အကုန်လုပ်ရနိုင်ပါတယ်။ အဲလိုဆိုရင်တော့ အတွေ့အကြုံ ကောင်းကောင်းလိုအပ်သည်။ ဘာကြောင့်လဲဆိုတော့ တွက်တတ်ရုံနှင့် မပြီးပဲ material cost တွေနဲ့ အလုပ်ရဲ့ သဘောသဘာဝ တွေပါ သိဖို့ လိုအပ်လာလို့ပါ။ Engineering ပိုင်းနဲ့ Project (implementation) နှစ်ပိုင်း ရှိရာမှာ installation ပိုင်းမှာ ကုန်ကျနိုင်မယ့် cost ကိုတော့ project manager ဆီကနေ ရနိုင်ပါတယ်။ အကြံပေးချင်တာကတော့ ကိုယ်မလုပ်ရသည့်တိုင် ဘယ်လောက် ကုန်ကျ နိုင်မယ် ဆိုတဲ့ estimation လုပ်နိုင်အောင် လေ့လာထားပါ။ ပစ္စည်းဈေးနှုန်းကတော့ supplier တွေဆီကပဲ ယူရတာပါပဲ။ Design output ထွက်လာတာနဲ့ ကိုယ် propose လုပ်မယ့် unit ကိုသိပြီဆိုတော့ ဈေးနှုန်း လှမ်းမေး ရင် ရနိုင်ပါပြီ။

Starting Engineering

Input (or) Design requirement

Input ဆိုတဲ့ နေရာမှာ အောက်မှာ ဖော်ပြထားတဲ့ Outdoor Condition တွေကတော့ မပါမဖြစ်ပါ။

Summer

- Dry Bulb Temperature (or) Wet Bulb Temperature
- Relative Humidity (RH %)
- Heat Dissipation of the Equipments

Winter

- Dry Bulb Temperature (or) Wet Bulb Temperature
- Relative Humidity (RH %)

Design condition အနေနဲ့ ကတော့ Summer မှာ room temperature နဲ့ RH% ဘယ်လောက်လိုချင်တယ် စသဖြင့်။ ဒီနေရာမှာ client အနေနဲ့ vessel/room layout (GA) ကို ပေးရ ပါတယ်။ Project က confirm မဖြစ်သေးခင် AutoCAD format နဲ့ ပေးလေ့ မရှိပါဘူး။ PDF နဲ့ပေးပါတယ်။ Project confirm ဖြစ်ပြီ ဆိုမှ ပြည်ပြည်စုံစုံ ပေးပါတယ်။ ပိုပြီး specific ဖြစ်တဲ့ data တွေလည်း ရလာပါတယ်။ ဒါမှလည်း တွက်ချက်ရတာ ပိုပြီးတိကျတဲ့ Resultကို ရရှိမှာဖြစ်တယ်။ ရလာတဲ့ PDF layout (GA) ကို print ထုတ်။ ပြီးရင် တစ်ခန်းချင်း ပေတံနဲ့ လိုက်တိုင်းရပါတယ်။ PDF to DXF converter software လေးတွေလည်း ရှိနေပါပြီ။ အင်မတန် အသုံးဝင်ပါတယ်။ ရည်ရွယ်ချက်ကတော့ room volume ကို ရှာချင်လို့ပါ။

Volume ရပြီဆိုရင် air change နဲ့မြှောက်၊ ဒါဆို လိုအပ်တဲ့ air quantity ရပြီ။ သိပ်ကို ယေဘုယျ ဆန်တဲ့ အဆင့်ပါ။ Project က confirm ဖြစ်မှာ သိပ်မသေချာတဲ့ အဆင့်ဆိုတော့ သေချာမတွက်တာပါ။ ဒီနေရာမှာ air change ဆိုတာ ပြောဖို့ လိုလာပါပြီ။ Air change ကိုယူနစ်အနေနဲ့ (x/hr) နဲ့ သတ်မှတ် ကြပါတယ်။ အခန်းအတွင်းမှာ ရှိနေသော လေဟောင်းကို လေသစ်နဲ့ လဲလှယ်တဲ့ နှုန်းပါ။ တစ်နာရီ ကို ဘယ်လောက်နှုန်းနဲ့ လဲမလဲဆိုတာဖြစ်သည်။ Room volume က m³ (cubic meter) နဲ့ရတာ ဆိုတော့ cmh (cubic meter / hour) အနေနဲ့ ရပါတယ်။ SI unit အတွက် ဆိုလိုသည်။ Air volume flow rate ပဲပြောပြော air quantity ပဲပြောပြော Q တန်ဖိုးပေါ့။

$$Q = \text{Volume (m}^3\text{)} \times \text{Air Change (x/hr)}$$

Air Change

ဒါကို ဘယ်လောက်တော့ ထားပြီး တွက်ပေးပါ ဆိုပြီး client က requirement တစ်ခု အနေနဲ့ လည်း ပေးတတ် ကြသည်။ ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers) Handbook တွေမှာလည်း Minimum Air Change ဘယ်လောက်ထားပြီး တွက်ရမယ် ဆိုတာ room အလိုက် ဖော်ပြထားတာ တွေ ရှိသည်။ Reference ယူတွက်လေ့ ရှိတဲ့ တန်ဖိုးတွေကို အောက်တွင် ဖော်ပြ ပေးထား သည်။

Space	System	Supply	Exhaust	Remarks
Mess room 1&2	AC/MV	15	20	
Cabins	AC	10		
Ship's office	AC	10		
Dock Office	AC	10		
TV Room	AC/MV	15	20	
Bar	AC/MV	15	20	
Hospital	AC/MV	10	12	
Gymnasium	AC/MV	20	20	
Change room gymnasium and sauna	AC/MV	15	20	
Laundry	AC/MV	15	20	
Dry provision store	AC/MV	6		
Wheelhouse	AC	20		
Survey room	AC	20		
Offices	AC	10		
ECR	AC	20		
Switchboard & Converter room	AC	20		
ER Workshop & Store	AC	20		
Electric Workshop/store	AC	20		
Galley	AC/MV	30	40	
Sanitary Spaces	MV		15	
AC Rooms	MV	10		
Linen Stores	MV		10	
Accommodation stores	MV		10	
Battery room	MV		10	
Stores	MV	10		
Boatswain's Workshop/store	MV	10		
Paint Store	MV		25	Fan Explosion
Chemical Store	MV		25	Fan Explosion
CO2 Room	MV		10	
ROV Garage	MV	10		
Winch room	MV	10		
Hydraulic room	MV	45		
Deck workshop	MV	15		
Bow thruster room	MV	10		
Retractable thruster room	MV	20		
Trafo room	MV	40		
Aux. generator room	MV	50		
Emergency generator room	MV	50		2 speed fan
Incinerator room	MV	60		
Corridor	MV	10		
Pipe ducts double bottom	MV	5		
Azimuth thrusters rooms	MV	20		
Engine room	MV	ISO8861	ISO8861	
Separator room	MV	80	80	2 speed fan
F.O. Transfer room	MV	20		

Pump Room	MV	20		
Thermal oil heater room	MV	60		
Compressor room	MV	20		

မှတ်ချက်၊ AC = Air conditioning, MV = Mechanical ventilation

Engine room calculation ကိုတော့ ISO 8861 ဆိုတဲ့ design requirements တွေအရ တွက်ရသည်။ Mechanical ventilation ကိုပဲ သုံးရသည်။ အင်ဂျင်အတွက် လိုအပ်သော Combustion air ကိုလည်း ထည့်စဉ်းစား ရလေ့ရှိသည်။

AC System

AC (air conditioning) system တွင် Direct Expansion System နဲ့ Chilled Water System ဆိုပြီးရှိသည်။ Direct expansion system သည် refrigerant gas (liquid) ကို တိုက်ရိုက် AHU (air handling unit) ထဲမှာ ရှိတဲ့ cooling coil (evaporator) မှာ direct expand ဖြစ်စေပြီး heat exchange လုပ်ပေးတာ ဖြစ်ပြီး၊ chilled water system ကတော့ ကို chilled water ကို AHU ထဲမှာ ရှိတဲ့ cooling coil ကို ဖြတ်စေပြီး heat exchange လုပ်တာဖြစ်သည်။

မြင်ရင် ဘာ system လဲဆိုတာ အလွယ်တကူ ခွဲလို့ရသည် ။ Capillary tube ကလေးတွေ AHU မှာ တွေ့တယ် ဆိုရင် ဒါဟာ direct expansion system ပါ။ Chilled water pipe အကြီး ၂ ချောင်း (အဝင် နဲ့ အထွက်) တွေ့တယ်ဆိုရင် တော့ ဒါဟာ chilled water system ပါ။

Direct Expansion (DX) AHU

အောက်ကပုံ သည် DX unit ဖြစ်သည်။ တကယ်တော့ ဒီပုံက Daikin ကထုတ်သော Package Unit ပုံပါ။ Tube လေးတွေ အများကြီးတွေပါလိမ့်မယ်။ Package unit ဆိုသည်မှာ compressor, condenser, evaporator coil, control devices, electrical switch board အားလုံး တစ်နေရာ ထဲမှာ တတ်ဆင်ထားသော ယူနစ် ကိုဆိုလိုသည်။



Figure 1a. DX Coil of Package Unit



Figure 1b. Package Unit

Air Handling Unit (AHU)

သမာရိုးကျ AHU တွေမှာ ပါဝင်တဲ့ အပိုင်းတွေကတော့ intake filter (fresh air ပဲဖြစ်ဖြစ် return air ပဲဖြစ်ဖြစ်)၊ Mixing Section (fresh air နဲ့ return air ရောနှောရန်အတွက်)၊ Coil Section (cooling coil and heater) နဲ့ Fan Section တို့ဖြစ်သည်။ ဒီပုံစံကတော့ တွေ့ရတာ အများဆုံးဖြစ်သည်။ Blower ကိုနောက်ဆုံးမှာ ထားတဲ့အတွက် Draw-Through Type လို့ခေါ်ရမှာပါ။ Blow-Through Type ဆိုတာ ရှိပါသေးတယ်။ သူကတော့ blower ကို coil ရဲ့ ရှေ့မှာ ထားပါတယ်။ လေကို coil ဆီကို မျက်ထုတ်တဲ့ အတွက် Blow-Through လို့ခေါ်တာပါ။

AHU တစ်လုံးရဲ့ drawing ကိုအောက်မှာ ဖော်ပြထားသည်။ ဘယ်ဖက်ဆုံးမှာ တွေ့ရတဲ့ 1500 ဆိုသည့် opening သည် return air အတွက် အဝင်ပါ။ Duct နဲ့ join လို့ ရသလို free return အနေနဲ့ ထားလဲ ရသည်။ အပေါ်က 850 ဆိုတာကတော့ fresh air intake အတွက်ပါ။ Section 1 ဆိုတာကတော့ Mixing Section ဖြစ်၍ Section 2 အတော့ Coil Section ပါ။ နောက်ဆုံး Section 3 ကတော့ Fan Section ပါ။ ဒီ AHU ကတော့ capacity များတဲ့အတွက် coil နှစ်ထပ် သုံးထားသည်။ Cooling capacity သာမက Air Quantity လဲများပါတယ်။

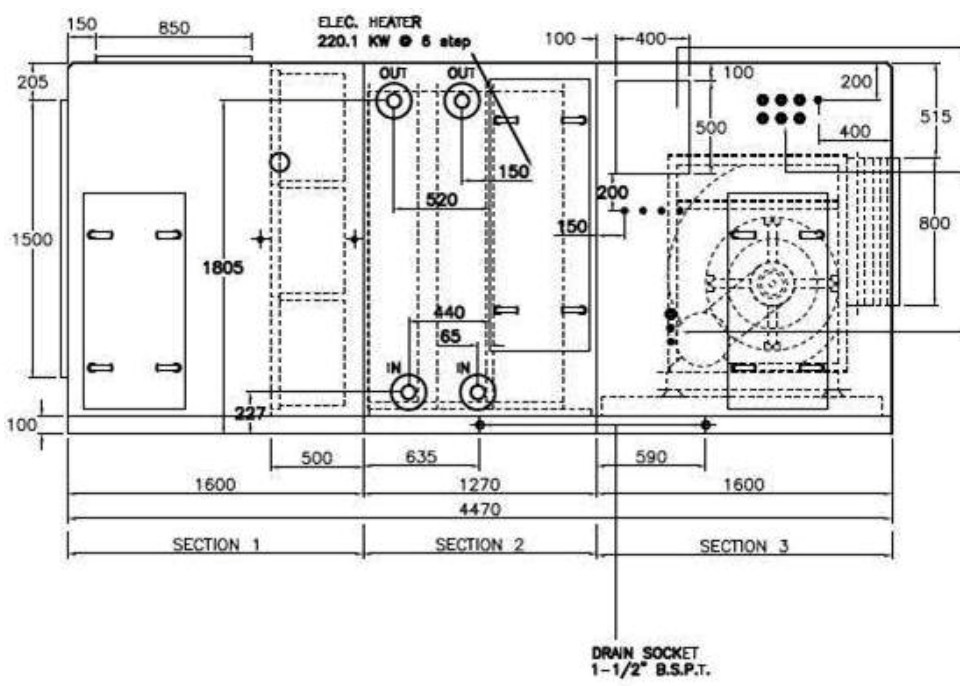


Figure 2. AHU Drawing

Coil size ရွေးတဲ့ နေရာမှာ cooling capacity ပေါ် မူတည်ပဲ air quantity ပေါ်မှာ မူတည်ပါတယ်။ Coil ရဲ့ fin လေးတွေကြားမှာ ဖြတ်သွားမဲ့ air velocity (Face Velocity) ဟာ 2.5m/s လောက်ပဲ ထားရပါတယ်။ အဲဒါထက်များရင် carried over လို့ခေါ်တဲ့ ရေစက်လေးတွေ coil ရဲ့ မျက်နှာပြင် ကို မထိပဲ by Pass ဖြစ်ကာ အပြင်ကို ထွက်သွားတတ်လို့ပါ။ ဒါဟာ face velocity များတဲ့ အတွက်ဖြစ်ခြင်းပါ။ ဒီအကြောင်းကို ဆရာကောင်းထက်ညွန့် သေချာရေးထားပါတယ်။ www.acmv.com မှာ ရှာဖတ်ကြည့်ပါ။

အောက်ပုံမှာ အဝင် အထွက် ပိုက် ၂ချောင်းကို တွေ့ပါလိမ့်မယ်။ အဝင်ပိုက် က အောက်က ပိုက်ဖြစ်ပြီး အထွက်ပိုက် ကတော့ အပေါ်က ပိုက် ဖြစ်သည်။ ၎င်းကို Header ဟုခေါ်သည်။ Copper material ကို အသုံးပြုလေ့ ရှိ၏။ Heat Transfer ကောင်းမွန်မှု ကြောင့်လည်း ဖြစ်ပါတယ်။



Figure 3. AHU Coil Section



Figure 4. AHU Cooling Coil

Electric Heater

အောက်တွင် ဖော်ပြထားတာ ကတော့ electric heater ပါ။ Capacity များတဲ့ အတွက် 6-Stage တောင်ရှိပါတယ်။ 220 kWပါ။ Cooling & heating capacity တွက်တယ်၊ ပြီးရင် AHU manufacturer ဆီကို လိုချင်တဲ့ data ပေးလျှင် manufacturer က sizing လုပ်ပါတယ်။ ကိုယ့်မှာ နေရာ အခက်အခဲ ရှိရင်တော့ သူ့ကိုပြောထားရတာပေါ့ compact design ဖြစ်စေချင်တဲ့ အကြောင်း။ AHU က Horizontal လား Vertical type ကိုလိုချင်တာလား စသဖြင့် ပြောဖို့လိုသည်။ Horizon & Vertical ဆိုသည်မှာ blower outlet ကိုပြောခြင်းဖြစ်သည်။ Horizontal type တွင် discharge side (blower outlet) သည် horizontal အတိုင်းဖြစ်၍ vertical type တွင် discharge side (blower outlet) က အပေါ်သို့ ထွက်သည်။



Figure 5. AHU Heating Coil

အခုဖော်ပြထားတာ တွေကတော့ typical အနေနဲ့ပဲ ပြောရမှာပါ။ Humidifier (သို့) dehumidifier တွေလဲ operation လုပ်ပဲ့ ဒေသ ပေါ်မှာ မူတည်ပြီး install လုပ်လေ့ရှိပါတယ်။ ပြောခဲ့သလို cooling coil နဲ့ fin တွေကို Cu/Cu သုံးလေ့ ရှိသကဲ့သို့ Aluminum fin တွေလဲ သုံးကြပါတယ်။ Heater တွေကိုတော့ stainless steel coil တွေကိုပဲ အများဆုံး သုံးပါတယ်။ Heater တွေမှာ safety အနေနဲ့ overheat protection device ကိုသုံးထား သည်။ 89°C (Auto Reset) နဲ့ 120°C (Manual Reset) ဆိုပြီး နှစ်ဆင့် ခံထားပါတယ်။ Auto Reset ကတော့ ရှင်းပါတယ်။ 89°C ကျော်သွားရင် cut out လုပ်ပေးပြီး နည်းနည်း cool down ဖြစ်သွားတာနဲ့ Auto On တယ်။ Manual ကတော့ Device ရဲ့ ဘုလေး (Knob) ကြွတ်ကလာပြီး manually press ပြန်လုပ်ပေးရပါတယ်။ နောက်ပြီး flow switch ကိုလည်း heater အတွက် သုံးပါသေးတယ်။ Air flow ကို pressure difference ပေါ် အခြေခံပြီး sensing လုပ်ပေးတဲ့ sensor ပါ။ Air flow မရှိရင် heater ကအလုပ်မလုပ်ပါဘူး။

Chiller

Project ကြီးတာတွေမှာ centralized AHU တွေသုံးတဲ့ နေရာမှာ chilled water system သုံးကြ သည်။ Chiller ကိုများသောအားဖြင့် lower main deck မှာထားလေ့ရှိ၏။ Water maker room, water treatment room, pump room စသဖြင့် machinery space သည် main deck ရဲ့ အောက်မှာပဲ ရှိ၍ chiller room

ကိုလည်း အောက်မှာပဲ ထားသည်။ လိုအပ်သော cooling water ကိုလည်း သိပ်အလှမ်းမဝေးသော နေရာမှပဲ ယူရန်လိုသည်။ ထို့အတွက် ကုန်ကျ စရိတ်လဲ သက်သာသည်။ chilled/condenser water pipe များသည် 6" မှ 10" လောက်တော့ ရှိကြသဖြင့် ၎င်း ပိုက်များကို အဝေးကြီး run နေရလျင်လည်း နေရာအတွက်ကော ကုန်ကျစရိတ် အရကော အဆင်မပြေလှပါ။

AHU များကိုတော့ Living Quarter (LQ) အတွက်ဆိုလျှင် LQ မှာပဲထားလေ့ ရှိသည်။ ထိုမှသာ air distribution အတွက် အဆင်ပြေ လိမ့်မည် ဖြစ်သည်။ Pressure drop ကိုလည်း ထည့်စဉ်းစား ဖို့လိုသည်။ Serving area ကသိပ်ဝေးနေပါက pressure drop ကို overcome ဖြစ်စေရန် အားကောင်းသော blower ကိုသုံးရသည့် အတွက် AHU အတွက်လည်း နေရာကျယ်ကျယ် လိုအပ်ပေလိမ့်မည်။

Chiller များကို သုံးသော compressor အမျိုးအစား ကိုလိုက်ပြီး ခေါ်လေ့ရှိသည်။ Centrifugal Chiller, Screw Chiller စသဖြင့်။ Chiller အတွက် သုံးသော Refrigerant ကလည်း အမျိုးမျိုးဖြစ်နိုင်သည်။ R134a, R410A စသဖြင့်။ R22 ကတော့ Performance အကောင်းဆုံးဖြစ်ပေမယ့် သူ့ရဲ့ GWP (Global Warming Potential) မြင့်မှုကြောင့် ဆက်ပြီး ထုတ်တာ နည်းသွားပါပြီ။ DX system ကိုတော့ သူ့ရဲ့ limited capacity ကြောင့် Centralized AHU တွေအတွက် သိပ်ပြီးတော့ အသုံး မများပါ။ အောက် တွင် Carrier မှ ထုတ် သော Centrifugal Chiller (Water Cooled Chiller) တစ်လုံးကို ပြထားပါသည်။ သူကတော့ R134a သုံးထားပြီး Capacity 583 RT (Refrigeration Ton) ပါ။ kW ပြောင်းချင်ရင်တော့ အောက်ပါ Formula အတိုင်းပြောင်းနိုင်သည်။

$$kW = 3.517 \times \text{Refrigeration Ton}$$



Figure 6. Fresh water cooled centrifugal chiller

Chapter 2

Heat Load Calculation

Heat load calculation ကိုတွက်ချက်ရာတွင် ISO 7547 (Ship and Marine Technology - Air-conditioning and Ventilation of accommodation spaces - Design conditions and basis of calculations) ကို အခြေခံ၍ တွက်ကြတာများသည်။ ISO 7547 ကို 1985 တွင် First edition အနေနဲ့ ထုတ်ဝေခဲ့ပြီး 2002 တွင် Second edition အနေနဲ့ ထုတ်ဝေခဲ့သည်။ ပထမ အကြိမ် ထုတ်ဝေခဲ့တာကို ဒုတိယ အကြိမ် နဲ့ အစားထိုး ပယ်ဖျက် လိုက်တဲ့ အတွက် ပထမ အကြိမ်က Content များကို မှီငြမ်းစရာ မလိုပေ။ ဒီ standard သည် accommodation အတွက်သာ အကျုံးဝင်သည်။

2.1 Accommodation

Accommodation ဆိုသည်မှာ Public rooms, cabins, offices, hospitals, cinemas, recreation rooms, gyms, pantries without cooking appliances, mess rooms စသည့် နေရာများကို ဆိုလိုသည်။ Galley (မီးဖိုဆောင်) ကလည်း Accommodation block ထဲမှာပဲ ရှိသည်။ Galley AHU/Fan ကတော့ သူ့အတွက် သီးသန့်ထားသည်။

ISO 7547 ကိုအခြေခံ၍ တွက်မည် ဆိုပါက The minimum quantity of outdoor air ကို Total supply air ရဲ့ 40% ထက်မနည်းစေရ ဆိုတဲ့ Statement တစ်ခုတော့ ရှိသည်။

အောက်ပါ Indoor condition တွေအပေါ် အခြေခံ၍ system ကို design လုပ်ရမည်။

Temperature and humidity in summer

(a) Outdoor air: +35°C and 70% RH

(b) Indoor air: +27°C and 50% RH

မှတ်ချက်။ တကယ်လက်တွေ့ တွင် ရရှိသော Indoor air သည် ဖော်ပြပါ condition နှင့် ကွာခြားနိုင်ပါသည်။ အထူးသဖြင့် humidity မတူညီနိုင်ပါ။ အတွေ့အကြုံ အရ design က 50% ဖြစ်သော်လည်း RH 60% လောက် ရလေ့ ရှိသည်။

Temperature in winter

(a) Outdoor air: -20°C

(b) Indoor air: +22°C

မှတ်ချက်။ ISO standard တွင် ဆောင်းတွင်းတွင် ရှိရမည့် humidity requirement ကို သတ်မှတ် ဖော်ပြထားခြင်း မရှိပေ။

2.2 Method of Calculation

Transmission loss or gain ကိုတွက်ရန် အောက်ပါ ဖော်မြူလာ ကို အသုံးပြု ရမည်။ ယူနစ်သည် (Watt) ဖြစ်၍ မျက်နှာပြင် တိုင်းအတွက် သတ်သတ်စီ တွက်ပေးဖို့ လိုသည်။

$$\Phi = \Delta T \left[(k_v A_v) + (k_g A_g) \right]$$

Heat transfer ဘာသာရပ်ကို သင်ခဲ့ဖူးသူများ ကတော့ ဒီ terms တွေကို ရင်းနှီးဖူး ပါလိမ့်မည်။ Φ နေရာမှာ Q အနေနဲ့ တွေ့ဖူးပြီး $Q=KA(\Delta T)$ ဆိုတဲ့ Heat conduction ကိုတွက်တာပါ။

Where,

ΔT is the difference in air temperature , in Kelvins (air-conditioned space နဲ့ non-air-conditioned internal space ကြား temperature ခြားနားချက် ဖြစ်သည်)

k_v is total heat transfer coefficient, in W/m²K (surface A_v အတွက်ဖြစ်သည်)

A_v is the surface, in m², side scuttles and rectangular windows (glazing+200mm) မပါဝင်ပါ

side scuttles and rectangular windows အတွက် Fig. 1 & 2 ကိုကြည့်ပါ

k_g is total heat transfer coefficient, in W/m²K (surface A_g အတွက်ဖြစ်သည်)

A_g is the area, in m², side scuttles and rectangular windows (glazing+200mm) အတွက်

Dimensions in millimetres

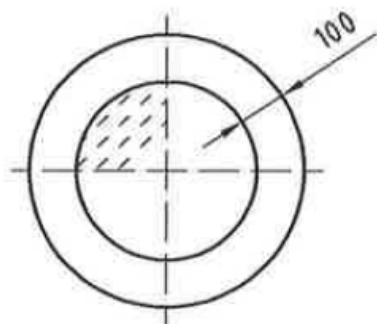


Figure 1 — Side scuttles

Dimensions in millimetres

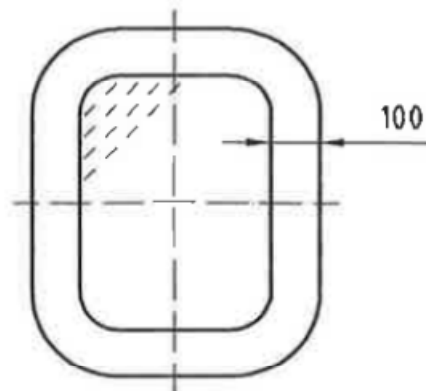


Figure 2 — Rectangular windows

Air-conditioned and non-air-conditioned internal spaces ကြားမှ ΔT တန်ဖိုး ကို အောက်ပါ table မှ reference ယူ၍ တွက်နိုင်သည်။

Table 1 — Temperature differences between adjoining internal spaces

Deck or bulkhead	$\Delta T, K$	
	Summer	Winter
Deck against tank provided with heating	43	17
Deck with bulkhead against boiler-room	28	
Deck and bulkhead against engine-room and against non-air-conditioned gallery	18	
Deck and bulkhead against non-heated tanks, cargo spaces and equivalent	13	42
Deck and bulkhead against laundry	11	17
Deck and bulkhead against public sanitary space	6	0
Deck and bulkhead against private sanitary space		
a) with any part against exposed external surface	2	0
b) not exposed	1	0
c) with any part against engine/boiler-room	6	0
Bulkhead against alleyway	2	5

NOTE It is understood that means of heating are provided in exposed sanitary spaces.

The heat transfer coefficient shall be calculated as follows:

$$\frac{1}{k} = \sum \frac{1}{\alpha} + \frac{\sum \frac{d}{\lambda} + M_L + M_b}{\mu}$$

where

- k* is the total heat transfer coefficient, in watts per square metre kelvin [W/(m²·K)];
- α* is the coefficient of heat transfer for surface air, in watts per square metre kelvin [W/(m²·K)], as follows:
 - α* = 80 W/(m²·K) for outer surface exposed to wind (20 m/s),
 - α* = 8 W/(m²·K) for inside surface not exposed to wind (0,5 m/s);
- d* is the thickness of material, in metres;
- λ* is the thermal conductivity, in watts per metre kelvin [W/(m·K)];
- M_L* is the thermal insulance for an air gap, in square metres kelvin per watt [m²·KW)];
- M_b* is the thermal insulance between different layers of material, in square metres kelvin per watt [m²·KW)];
- μ* is a correction factor for steel structure as follows:
 - μ* = 1,2 for insulation in accordance with Figure 3,
 - μ* = 1,45 for insulation in accordance with Figure 4.



Figure 3 — Plane insulation of uniform thickness

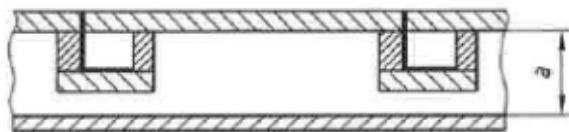


Figure 4 — Corrugated insulation of uniform thickness

Total heat transfer coefficient, *k* တန်ဖိုးကို table 2 မှယူ၍ တွက်နိုင်သည်။ မျက်နှာပြင် အားလုံးမှာ လုံလောက်တဲ့ Thermal insulation ကပ်ထား ဖို့တော့လိုပါတယ်။ Client က *k* တန်ဖိုးပေးတယ် ဆိုရင်တော့ သူပေးတာကို ယူပါ။ ပေးမထားရင်တော့ အထက်မှာ ဖော်ပြထားတဲ့ ဖော်မြူလာ နဲ့တွက်ပါ။

Table 2 - Total Heat Transfer Coefficient

Surfaces	Total heat transfer coefficient (W/m ² .K)
Weather deck not exposed to sun's radiation and ship side and external bulkheads	0.9
Deck and bulkhead against engine room, cargo space or other non-air-conditioned spaces	0.8
Deck and bulkhead against boiler room or boiler in engine room	0.7
Deck against open air or weather deck exposed to sun's radiation and deck against hot tanks	0.6
Side scuttles and rectangular windows, single glazing	0.5
Side scuttles and rectangular windows, double glazing	3.5
Bulkhead against alleyway, non-sound reducing	2.5
Bulkhead against alleyway, sound reducing	0.9

Thermal insulance, M_L , of non-ventilated air gap အတွက် အောက်ပါ Table 3 ကို ချိန်နှိုင်းနိုင်သည်။ Thermal insulance သည် Thermal resistance (R) နှင့် အတူတူ ပင်ဖြစ်သည်။ သူ၏ unit သည် (m².K/W) ဖြစ်၍ Thermal conductivity ၏ unit နဲ့ ပြောင်းပြန်ဖြစ်သည်။ Air gap ဆိုသည်မှာ Bulkhead နဲ့ Compartment ကြားမှာ ရှိသော gap ဖြစ်သည်။ Bulkhead တွင် Insulation ခံလေ့ ရှိသည်။

Table 3 — Thermal insulance of non-ventilated air gap

Boundary surfaces of air gap	Air gap thickness, <i>a</i> ^a mm	Thermal insulance ^b m ² -K/W
Both surfaces having high emissivity	5	0,11
	20	0,15
	200	0,16
One surface having high emissivity, other surface low emissivity	5	0,17
	20	0,43
	200	0,47
Both surfaces having low emissivity	5	0,18
	20	0,47
	200	0,51
High emissivity surfaces in contact ^c	0	0,9

a See Figures 3 and 4

b The term "thermal insulance" is used according to the definition given in ISO 31-4. In many countries this term is known as "thermal resistance" with a symbol *R*.

c Aluminium foil and other polished surfaces are assumed to have low emmissivity (0,2). All other surfaces are assumed to have high emmissivity (0,9).

2.3 Solar Heat Gain

Solar heat gain ကိုအောက်ပါ ဖော်မြူလာ အတိုင်းတွက်ယူနိုင်သည်။

$$\Phi_s = \sum A_v K \Delta T_r + \sum A_g G_s$$

Where,

A_v is the surface exposed to solar radiation in m², side scuttles and rectangular windows (glazing+200mm) မပါဝင်ပါ

k is total heat transfer coefficient, in W/m²K (surface *A_v* အတွက်ဖြစ်သည်)

ΔT_r is the excess temperature (above the outside temperature, for example 35°C) caused by solar radiation on surfaces as follows:

$\Delta T_r = 12$ K for vertical light surfaces,

$\Delta T_r = 29 \text{ K}$ for vertical dark surfaces,

$\Delta T_r = 16 \text{ K}$ for horizontal light surfaces,

$\Delta T_r = 32 \text{ K}$ for horizontal dark surfaces,

A_g is the glass surfaces (clear opening) exposed to solar radiation, in m^2

G_s is the heat gain per m^2 from glass surfaces as follows:

$G_s = 350 \text{ W/m}^2$ for clear glass surfaces

$G_s = 240 \text{ W/m}^2$ for clear glass surfaces with interior shading

ဒုတိယ တန်ဖိုး 240 ကိုပဲ ယူတွက်လေ့ ရှိသည်။ Interior shading တွေအမြဲ ပါလေ့ ရှိတာကြောင့် ဖြစ်သည်။

2.4 Heat gain from persons

Indoor temperature 27°C အောက်တွင် လူတစ်ယောက်က ထုတ်လွှင့် နိုင်သော sensible and latent heat values များကို Table 4 တွင် ဖော်ပြထားသည်။ အဆင်ပြေ သလိုယူ၍ တွက်နိုင်သည်။

Table 4 — Body activity and heat emission

Activity	Type of heat	Emission W
Seat at rest	Sensible heat	70
	Latent heat	50
Medium/heavy work	Sensible heat	85
	Latent heat	150

} 120
} 235

2.5 Heat gain form lighting and the sources

Daylight ရှိနေသော space တွင် Lighting ကြောင့်ဖြစ်သော heat gain ကို ယူတွက် စရာ မလို။ Daylight မရှိဘူးဆိုလျှင်တော့ datasheet (သို့) ဝယ်ယူသူ ပေးသော data ကို အခြေခံ၍ rated wattage of lighting မှတွက်ယူရမည်။

ဘာ data မှမရဘူး ဆိုလျှင်တော့ အောက်ပါ Table 5 တွင် ဖော်ပြထားသော general lighting မှ data ကိုယူတွက် နိုင်သည်။

Table 5 — Heat gain from general lighting

Space	Heat gain from general lighting W/m ²	
	Incandescent	Fluorescent
Cabins, etc.	15	8
Mess- or dining-rooms	20	10
Gymnasiums, etc.	40	20

Heat dissipation of appeatus တွေကို Shipyard (သို့) Owner ဆီမှ ရနိုင်သမျှ ယူတွက်ဖို့လိုသည်။ Heat dissipation များလျှင် air flow ကို အများကြီး မြင့်တက်သွား စေသည်။

2.6 Air flow calculation

Room volume ကိုတွက်ချက်တဲ့ နေရာမှာ Furniture တွေ Stationary equipment တွေရဲ့ volume ကို မနှုတ်ပါနဲ့။ အခန်း အပြည့်ပဲ ယူတွက်ပါ။ Private sanitary (bath/shower/W.C) တွေနဲ့ တွဲထားတဲ့ Cabins တွေကို ပေးတဲ့ Supply air ကို sanitary မှနှုတ်ယူမဲ့ Exhaust air ထက်အနည်းဆုံး 10% ပိုများပေးဖို့ လိုပါတယ်။ Cabin ကို Positive pressure ထားပေးပြီး Sanitary ကို Negative pressure ထားပေးတဲ့ သဘောပါ။ Sanitary မှာ pressure ပိုမြင့်မယ် ဆိုရင် အနံ့အသက်တွေ cabin ထဲကို ဝင်လာနိုင်ပါတယ်။

2.7 Supply air

Supply air ကို public sanitary rooms, laundry, changing room, cleaning room စတာတွေကို တိုက်ရိုက်ပေးသွင်းရမည် (သို့) ဘေးကပ်ရပ် အခန်းမှ transfer လုပ်ပေးနိုင်သည်။ ဒီလို လုပ်ပေးရာတွင် duct အတိုလေးနှင့် grilles နှစ်ခု (တစ်ခန်းတစ်ခု) ကိုတပ်ဆင်ပြီး Transfer လုပ်ပေးနိုင်သည်။ Door တွင်တပ်ဆင်ထားသော Louver မှ တစ်ဆင့်လည်း Transfer လုပ်နိုင်သည်။

Space ကိုပေးသွင်းပေးမည့် supply air (from AHU) ၏ temperature နှင့် space ၏ average temperature ခြားနားချက် သည် 10°C ထက်မကျော်စေရပါ။ ဆိုလိုသည်မှာ Space ၏ temperature သည် 24°C ဖြစ်ပါက supply air temperature from AHU သည် 14°C ထက်မကျော်စေရ။ ၎င်းသည် cooling mode ကိုဆိုလိုခြင်း ဖြစ်သည်။

Heating mode အတွက်ဆိုလျှင် space ကိုပေးသွင်းပေးမည့် supply air (from AHU) ၏ temperature နှင့် space ၏ average temperature ခြားနားချက် သည် 23°C ထက်မကျော်စေရပါ။ ဆိုလိုသည်မှာ Space ၏ temperature သည် 24°C ဖြစ်ပါက supply air temperature from AHU သည် 47°C ထက်မကျော်စေရ။

2.8 Exhaust air

Saloon, mess and dining rooms and comon day rooms တွေအတွက် supply air volume နှင့် exhaust air volume သည် တူညီရမည်။ Pantry and hospital အတွက် exhaust air flow သည် supply air flow ထက် 20% များဖို့လိုသည်။

Private sanitary rooms (bath, shower or W.C) တွေမှာ 0.02 m3/s (72 m3/h) သို့မဟုတ် minimum 10 air change per hour ထားရပါမယ်။ ဒီနှစ်ခု ထဲမှ ပိုမြင့်တဲ့ တန်ဖိုးကို ယူရမှာ ဖြစ်သည်။ Normal practice အနေနဲ့ 15 air change per hour ယူလေ့ ရှိသည်။ အတွေ့အကြုံ အရ module toilet တွေကို 15 x/hr ထားပြီး တွက်တဲ့ အခါ များသောအားဖြင့် 72 m3/h လောက်ပဲ ရတာများသည်။

Common sanitary rooms (bath, shower, urinal or W.C), laundries and drying and ironing rooms တွေကို အနည်းဆုံး 15 air change per hour ထားပြီး တွက်ရပါမည်။ Changing rooms, washrooms and cleaning-lockers တွေကိုတော့ အနည်းဆုံး 10 air change per hour ထားပြီး တွက်ဖို့ လိုသည်။

Passenger ships တွေ၊ ferry တွေရဲ့ Public sanitary rooms တွေကို special consideration အနေနဲ့ စဉ်းစား ပေးရပါမယ်။ Passenger ships တွေက တခြား class တွေထက် Spec. မြင့်တဲ့ အတွက်ပါ။ အနည်းဆုံး 15 air change per hour (သို့) 0.3 m3/s (1080 m3/h) နှစ်ခုမှ အမြင့်ဆုံး ဟာကို ယူပြီး တွက်ပေးရပါမယ်။

Exhaust system တွင် Hospitals, laundries, pantries, sanitary rooms များမှ exhaust air ကို open air သို့ တိုက်ရိုက် စွန့်ပစ်ရမည်။ Recirculation air အဖြစ် ပြန်မသုံးရပါ။ ထို့အပြင် ၎င်း နေရာ များအတွင် exhaust system ကို တခြား system များနှင့် မပေါင်းပဲ separate system အနေနဲ့ သုံးရမည်။

2.9 Air balance

system သည် deck တိုင်းအတွက် positively balanced ဖြစ်နေရမည်။ ဆိုလိုသည်မှာ air-conditioned room တိုင်းတွင် positive pressure ကို maintain လုပ်ထားရမည်။ အခန်းထဲတွင် tumbler dryer တစ်ခု (သို့) တစ်ခုထက် ပိုရှိပါက supply air နဲ့ exhaust air အတွက် ထားရှိရမယ့် air balance ကို dryer manufacturer နှင့် တိုင်ပင်ပြီး လုပ်ဆောင်ရမည်။

Hospitals နှင့် pantries တို့တွင် adjoining accommodation ထက် pressure ကို ပိုနည်းအောင် maintain လုပ်ထားရမည်။

2.10 Calculation by ISO 8864

ဒီ Standard ကတော့ Air-conditioned and ventilation of wheelhouse on board ships အတွက် ဖြစ်ပါတယ်။ အားလုံးနီးပါးက ISO 7547 အပေါ်မှာပဲ အခြေခံပါတယ်။ Wheelhouse သည် Bridge area ကို ဆိုလိုပါသည်။ Radio cabin တော့မပါဝင်ပါ။ Indoor and outdoor design condition တွေကတော့ ISO 7547 အတိုင်းဖြစ်သည်။ Occupancy အနေနဲ့ wheelhouse တွင် လူ ၅ယောက် ခွင့်ပြုထားသည်။

2.10.1 Calculation of heat gains and heat losses

Summer condition အတွက် အထက်တွင် ဖော်ပြထားသော heat transmission calculation (2.2 & 2.3) ကိုပဲ သုံး၍ တွက်ရမည်။ အောက်တွင် ဖော်ပြထားသော modification တွေကတော့ မြှင့်ချက် အနေနဲ့ apply လုပ်ရမည်။ Winter condition အတွက် 2.2 အတိုင်း တွက်ရမည်။

Notes for summer conditions

1. **Additional heating** in winter အတွက် separate heating ကို အသုံးပြုရမည်။ ဆိုလိုသည်မှာ unit heater ကို သုံးခိုင်းခြင်း ဖြစ်သည်။
2. External sides and top of wheelhouse တွေသည် light-colored surfaces တွေဖြစ်ရမည်။ Purchaser က သူလိုချင်တဲ့ အရောင်သုတ်ခိုင်း လျှင်တော့လည်း သူ့သဘောပါ။
3. Wheelhouse roof ရဲ့ maximum heat transfer coefficient value ကို 0.5 W/m².K ယူပြီး တွက်ရမည်။ တခြား surfaces တွေအတွက် heat transfer coefficient value ကိုတော့ ISO 7547 ရဲ့ table 2 မှ ဖတ်ယူရမည်။

2.10.2 Heat gain from persons

လူတစ်ယောက်မှ ထုတ်လွှင့်နိုင်သော sensible and latent heat တန်ဖိုးကို (activity - seat at seat) အနေနဲ့ ယူရမည်။ Sensible heat 70 W နှင့် latent heat 50 W ဖြစ်သည်။

2.10.3 Heat gain from lighting and other sources

Lighting မှ heat gain ကို ထည့်တွက်စရာ မလိုပါ။

Heat gain from apparatus နှင့် equipment များမှ heat gain ကို ၎င်း equipment များ operation လုပ်ဆောင်စဉ် ပေးရသော Input ကို အခြေခံ၍ တွက်ရမည်။ (W) သို့ (kW) နဲ့ ယူပြီး တွက်ရမှာ ဖြစ်သည်။

Electrical equipment တွေရဲ့ maximum simultaneous and continuous heat gain တန်ဖိုးတွေကို purchaser က ပေးရမှာ ဖြစ်သည်။ Equipment တွေရဲ့ location ကိုလဲ ပြောပြ ထားရမည်။ ဒါမှ သက်ဆိုင်ရာ နေရာ အတွက် system heat gain ကိုတွက်ချက် နိုင်မည် ဖြစ်သည်။

Operation လုပ်နေချိန်တွင် equipment တွေရဲ့ heat gain ကို purchaser ကဘာမှ ပြောမထား လျင် 2 kW ယူပြီး တွက်ရမည်။

2.10.4 Air flow calculation

Room volume ကို တွက်ချက်ရာတွင် consoles, chart table, furniture, sanitary equipment စသည် အရာများကို total room volume ထဲမှ မနှုတ်ပယ် ရပေ။ အခန်းပြည့် အနေနဲ့ စဉ်းစားရမည်။

2.10.5 Supply Air flow

အထက်ပါ ISO 7547 မှ အခန်း 2.1 နှင့် 2.2 တွင်ဖော်ပြထားသော condition ကို ထိန်းသိမ်း ထားနိုင်သော air flow နှင့် outdoor supply air flow 0,008 m3/s (28.8 m3/h) per person - နှစ်ခုမှ တန်ဖိုးများတာကို ယူရမည်။

Temperature of Supply Air flow

အခန်း 2.7 တွင် ဖော်ပြထား သည့် အတိုင်းဖြစ်သည်။

2.10.6 Air Balance

Positive pressure ကို maintain လုပ်ထားပေးသော system ဖြစ်ရမည်။

2.11 ISO 8862

ISO 8862 Standard ကတော့ Air-conditioned and ventilation of machinery control-rooms on board ships အတွက် ဖြစ်ပါတယ်။ အားလုံးနီးပါးက ISO 7547 အပေါ်မှာပဲ အခြေခံပါတယ်။ Main alarm displays and controls for propulsion machinery အတွက် system အထိုင်ချ ထားသော space ကို machinery control-room ဟုခေါ်သည်။

အောက်ပါ condition အပေါ် အခြေခံ၍ system ကို design လုပ်ရမည်။

(a) Outdoor air: +35°C and 70% RH

(b) Indoor air: +27°C

(c) Engine room air: +45°C

Temperature အားလုံးသည် dry bulb temperature ကို ဆိုလိုသည်။

machinery control-room တွင် occupancy အနေနဲ့ လူ ၃ယောက် ခွင့်ပြုထားသည်။ Purchaser က သူလိုချင်သော အရေအတွက် သတ်မှတ်ထားလျှင် တော့ သတ်မှတ်တဲ့ အတိုင်းယူ ရမည်။

2.11.1 Calculation of heat gains

ISO 7547 တွင် ဖော်ပြထားသော heat transmission calculation (2.2 & 2.3) ကိုပဲ သုံး၍ တွက်ရသည်။

Machinery room ဖြစ်သည့် အတွက် heat loss ကိုထည့်တွက် စရာ မလိုပါ။

မှတ်ချက်။

Additional heating in winter အတွက် separate heating ကို အသုံးပြုရမည်။ ဆိုလိုသည်မှာ unit heater ကို သုံးခိုင်းခြင်း ဖြစ်သည်။

ISO 7547 ရှိ table 2 တွင် ဖော်ပြထားသော total heat transfer coefficient values များသာ မက အောက်ဖော်ပြပါ table မှ values များကို လည်း အလျင်းသင့် သလို သုံးစွဲ ရမည် ဖြစ်သည်။

Table – Total heat transfer coefficients

Surfaces	Total heat transfer coefficient, k W/(m ² ·K)
Control-room bulkhead and ceiling against engine room	0,8
Control room floor against engine room	1,2
Window, triple glazing	2,5

2.11.2 Heat gain from persons

ISO 7547 အတိုင်းဖြစ်သည်။

2.11.3 Heat gain from lighting and other sources

- Purchaser မှ သီးသန့် ဖော်ပြ မထားပါက heat gain from general lighting ကို 10 W/m² ယူရမည်။
- Peak cooling load အချိန် မှာ appliance တွေ ပုံမှန် သုံးစွဲ မှုကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသော sensible heat gain ကိုယူရမည်။
- Electrical equipment တွေရဲ့ maximum simultaneous and continuous heat gain တန်ဖိုးတွေကို purchaser က ပေးရမှာ ဖြစ်သည်။ Equipment တွေရဲ့ location ကိုလဲ ပြောပြ ထားရမည်။ ဒါမှ သက်ဆိုင်ရာ နေရာ အတွက် system heat gain ကိုတွက်ချက် နိုင်မည် ဖြစ်သည်။
- Equipment တွေရဲ့ heat gain ကို purchaser ကာဘာမှ ပြောမထား လျင် 7 kW ယူပြီး တွက်ရမည်။

2.11.4 Air flow calculation

Room volume ကို တွက်ချက်ရာတွင် consoles, chart table, furniture, sanitary equipment စသည် အရာများကို total room volume ထဲမှ မနှုတ်ပယ် ရပေ။ အခန်းပြည့် အနေနဲ့ စဉ်းစားရမည်။

2.11.5 Supply Air flow

အထက်ပါ ISO 7547 မှ အခန်း 2.1 နှင့် 2.2 တွင်ဖော်ပြထားသော condition ကို ထိန်းသိမ်း ထားနိုင်သော air flow နှင့် outdoor supply air flow 0,008 m³/s (28.8 m³/h) per person - နှစ်ခုမှ တန်ဖိုးများတာကို ယူရမည်။

Temperature of Supply Air flow

အခန်း 2.7 တွင် ဖော်ပြထား သည့် အတိုင်းဖြစ်သည်။

2.10.6 Air Balance

Positive pressure ကို maintain လုပ်ထားပေးသော system ဖြစ်ရမည်။

2.12 Example of heat transmission Calculation

Bridge deck ကို တွက်နည်း နမူနာပါ။

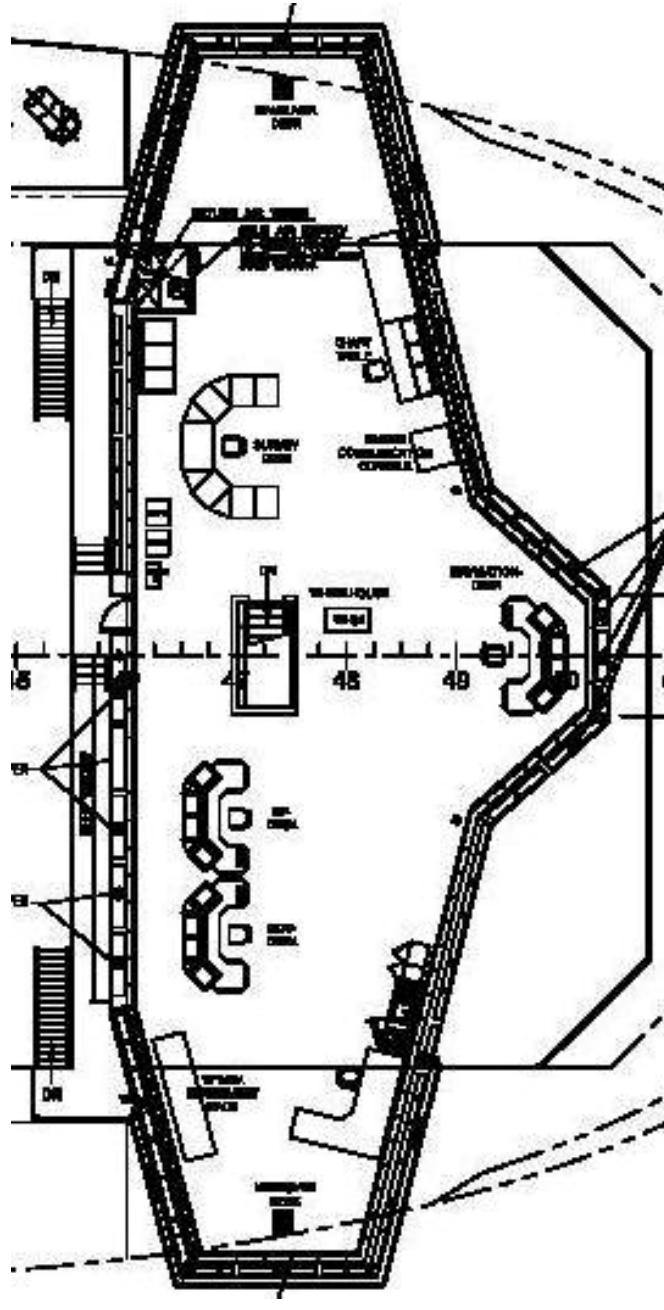


Figure-5 Bridge deck

BRIDGE DECK		WHEELHOUSE (WH01)								
T _{out, winter} =	-20 °C / % R.H.	T _{out, summer} =	37 / 80	°C / % R.H.	Volume	575.0	m ³			
T _{in, winter} =	20 °C / % R.H.	T _{in, summer} =	24 / 55	°C / % R.H.	Ceiling height	2.30	m			
		Window surface	A	K	HEAT		COOL			
l x b(h)		m ²	m ²	W/m ² .K	ΔT	P	ΔT	P		
					K	Watt	K	Watt		
Ceiling outside	280.0	1.0	280.00	0.60	40	6,720	13	2,184		
Ceiling	0.0	1.0	0.00	0.60	3	0	3	0		
Windows (nxA)	107.00	1.0	107.00	6.50	40	27,820	13	9,042		
Outer bulkh. long.	9.3	4.0	14.00	23.20	0.60	557	13	181		
Outer bulkh. trans.	62.2	4.0	93.00	155.60	0.60	3,734	13	1,214		
Inner bulkh. Long.	0.0	0.0	0.00	0.90	3	0	3	0		
Inner bulkh. Trans.	0.0	0.0	0.00	0.90	3	0	3	0		
Floor-Toil.	1.5	20.0	30.00	0.90	3	81	3	81		
Floor-Stairway	4.2	3.2	13.23	0.90	3	36	3	36		
Floor outside	55.7	1.0	55.70	0.60	40	1,337	13	434		
TRANSMISSION LOSS-----TOTAL P-HEAT						40,285				
		W	W/m ²	A	K	ΔT	n			
				m ²	W/m ² .K	K				
Sensible heat of persons	70						5	=	350	
Latent heat of persons								=	0	
Solar radiation vertical light surface			78.66	0.6	16			=	755	
Solar radiation vertical dark surface			0.00	0.6	29			=	0	
Solar radiation horizontal light surface			280.00	0.6	12			=	2,016	
Solar radiation horizontal dark surface			0.00	0.6	32			=	0	
Solar radiation windows		240	41.60					=	9,984	
Light		0	280.00					=	0	
Apperatus etc.	6000		According yard information					=	6,000	
TRANSMISSION LOSS EGT.-----TOTAL P-COOL									32,277	
Specific weight supply air summer		kg/m ³	1.219	VAR.VOLUME / REHEATER CALG.						
Temperature difference air cool		K	10	(IF APPLICABLE)						
Airchanges cooling		1/h	16.6	Final airquantity	m ³ /h	9,529				
Airquantity cooling		m ³ /h	9,529	Airpercent heating	%	100				
Specific weight supply air winter		kg/m ³	1.136	Reheat airquantity	m ³ /h	9,529				
Temperature difference air heat		K	15	Temperature of AHU	°C	12				
Airchanges heating		1/h	14.8	Temperature inside room	°C	20				
Airquantity heating		m ³ /h	8,513	Capacity reheater	W	65,696				
Temp. diff. air heat based on cool		K	12.0	Final supply temperature	°C	33				
Minimum required airchanges		1/h	15.0							
Minimum required airquantity		m ³ /h	8,625							
Actual required airchanges		1/h	16.6	Final airchanges		16.6	1/h			
Actual required airquantity		m ³ /h	9,529	Final airquantity		9,529	m³/h			

Page 1

Survey office ကိုကြည့်ပါမယ်။

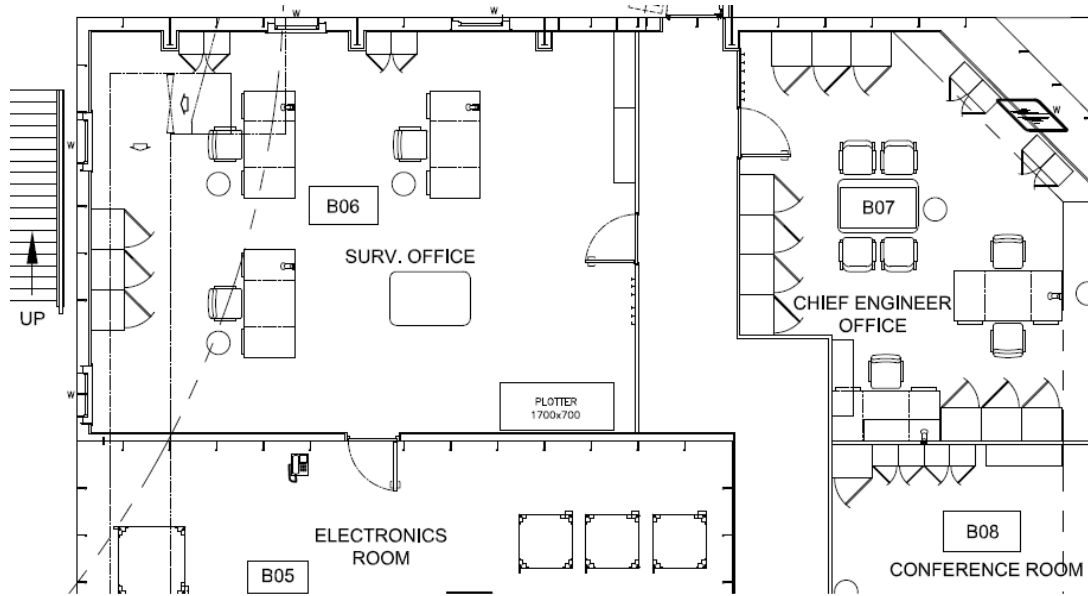


Figure-6 Room layout

တွက်လို့ ရခဲ့တာ အဓိက final air change နဲ့ final air quantity ကိုရှာချင်တာပါ။ Transmission calculation လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒါက တစ်ခန်းစာ ပဲ ရှိပါသေးတယ်။ အခန်းရှိ သမျှကို လိုက်တွက်ဖို့ လိုပါတယ်။ အားလုံးပြီးပြီ ဆိုမှ total supply air quantity ကိုရပါမယ်။ Equipment ကို select လုပ်ဖို့ cooling capacity ကို ထပ်တွက် ဖို့ လိုပါဦးမယ်။ ဆိုပါဖို့..AHU တစ်လုံးကို select လုပ်မယ် ဆိုရင် fresh air နဲ့ return air ရှိပါမယ်။ Minimum outdoor air quantity requirement အရ 40% ဖြစ်ရမယ် ဆိုတော့ 60% က return air quantity ပါ။ 100% fresh air (outdoor air) ကို cooling လုပ်ရမယ် ဆိုရင်တော့ cooling capacity အတော်ကို များသွားပါ လိမ့်မယ်။ Galley အတွက်ဆို လျင်တော့ 100% fresh air လိုပါတယ်။ ဒါကတော့ ရှောင်လွှဲ လို့ မရ တဲ့ လိုအပ်ချက်ပါ။ Galley အတွက် သက်ဆိုင်တဲ့ အခန်းမှာ သတ်သတ် ဖော်ပြပါမည်။

B-DECK		SURV. OFFICE (B06)					
T _{out, winter} =	-20 °C / % R.H.	T _{out, summer} =	37 / 80 °C / % R.H.	Volume	111.3 m ³		
T _{in, winter} =	20 °C / % R.H.	T _{in, summer} =	24 / 55 °C / % R.H.	Ceiling height	2.30 m		
		Window surface	A	K	HEAT	COOL	
		l x b(h)	m ²	W/m ² .K	ΔT	ΔT	P
					K	K	Watt
Ceiling outside	1.4	8.3	8.82	0.60	40	13	89
Ceiling	0.0	1.0	0.00	0.60	3	3	0
Windows (nxA)	0.93	4.0	3.73	6.50	40	13	315
Outer bulkh. long.	8.4	3.5	1.86	27.54	40	13	215
Outer bulkh. trans.	6.3	3.5	1.86	20.19	40	13	157
Inner bulkh. Long.	0.0	0.0	0.00	0.90	3	3	0
Inner bulkh. Trans.	6.3	3.5	22.05	0.90	3	3	60
Floor-Toil.	23.0	1.0	23.00	0.90	3	3	62
Floor-Stairway	0.0	1.0	0.00	0.90	3	3	0
Floor outside	0.0	1.0	0.00	0.60	40	13	0
TRANSMISSION LOSS-----TOTAL P-HEAT					2,450		
		W	W/m ²	A	K	ΔT	n
				m ²	W/m ² .K	K	
Sensible heat of persons		70					3 =
Latent heat of persons							=
Solar radiation vertical light surface				17.07	0.6	16	=
Solar radiation vertical dark surface				0.00	0.6	29	=
Solar radiation horizontal light surface				8.82	0.6	12	=
Solar radiation horizontal dark surface				0.00	0.6	32	=
Solar radiation windows			240	1.56			=
Light			0	48.38			=
Apperatus etc.							=
TRANSMISSION LOSS ECT.-----TOTAL P-COOL					1,690		
Specific weight supply air summer		kg/m ³		1.219	VAR.VOLUME / REHEATER CALC.		
Temperature difference air cool		K		10	(IF APPLICABLE)		
Airchanges cooling		x/h		4.5	Final airquantity	m ³ /h	1,335
Airquantity cooling		m ³ /h		499	Airpercent heating	%	100
Specific weight supply air winter		kg/m ³		1.136	Reheat airquantity	m ³ /h	1,335
Temperature difference air heat		K		15	Temperature of AHU	°C	12
Airchanges heating		x/h		4.7	Temperature inside room	°C	20
Airquantity heating		m ³ /h		518	Capacity reheater	W	6,011
Temp. diff. air heat based on cool		K		14.0	Final supply temperature	°C	26
Minimum required airchanges		x/h		12.0			
Minimum required airquantity		m ³ /h		1,335			
Actual required airchanges		x/h		12.0			
Actual required airquantity		m ³ /h		1,335			
				Final airchanges	12.0 x/h		
				Final airquantity	1,335 m³/h		

AC-2

2.13 Consideration of cooling capacity

Cooling capacity ကို ရှာရာတွင် formula ကို အသုံးပြု၍ တွက်ချက်တာပဲ ဖြစ်စေ software ကိုသုံး၍ တွက်ချက်တာပဲ ဖြစ်စေ ပြုလုပ်နိုင်သည်။

Cooling coil များတွင် cooling နှင့် dehumidification ဖြစ်စဉ် နှစ်မျိုးလုံး တစ်ပြိုင်နက် ဖြစ်ပေါ်သည်။ ထိုအတွက်ကြောင့်လဲ AHU တိုင်းမှာ condensate pan (drain pan) ထားခြင်းဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် sensible heat load နှင့် latent heat load ကိုတွက်ချက်၍ total heat load ကိုတွက်ချက်ရမည်။ system မှစုစုပေါင်း ဖယ်ထုတ်လိုက်သော အပူကို total heat ဟုခေါ်သည်။ ၎င်းသည် coil ၏ cooling capacity ပင်ဖြစ်သည်။

Sensible heat process (Cooling and Heating)

လေထဲသို့ အပူထည့်ခြင်း (heat added) သို့ အပူဖယ်ထုတ်ခြင်း (heat removed) တို့ကြောင့် sensible heat ပြောင်းလဲခြင်း (Dry bulb temperature တက်ခြင်း၊ ကျခြင်း) ဖြစ်ပေါ်သည်။ သို့သော်လည်း လေထဲတွင် ရှိသော ရေငွေ့ပါဝင်မှု ပမာဏ ပြောင်းလဲခြင်း မဖြစ်ပေါ်ပေ။ Process သည် constant humidity လိုင်းတစ်လျှောက် တွင်သာ ဘယ်၊ ညာ ပြောင်းလဲ ဖြစ်ပေါ်သည်။ ညာဖက်သို့ သွားလျှင် dry bulb temperature နှင့် enthalpy တိုး၍ sensible heating process ဖြစ်ပေါ်၍ ဘယ်ဖက်သို့ သွားလျှင် dry bulb temperature နှင့် enthalpy ကျဆင်း၍ sensible cooling process ဖြစ်ပေါ်သည်။

Latent heat process (Humidification and Dehumidification)

လေထဲသို့ ရေငွေ့ ထည့်ပေးလိုက်ခြင်း(water vapour added) ကို (humidification process) ဟုခေါ်၍ လေထဲမှ ရေငွေ့ ဖယ်ထုတ်လိုက်ခြင်း (water vapour removed) ကို (dehumidification process) ဟုခေါ်သည်။ humidification process ကြောင့် enthalpy တိုးလပြီး dehumidification process ကြောင့် enthalpy ကျဆင်းသည်။ လေထဲသို့ ရေငွေ့ ထည့်ပေးလိုက်ခြင်းကြောင့် humidity ration လည်းတက်လာပြီး၊ ရေငွေ့ ဖယ်ထုတ်လိုက်ခြင်းကြောင့် humidity ration ကျဆင်းသည်။ တစ်ခု မှတ်ရမှာက sensible heat change process သည် horizontal အတိုင်း ပြောင်းလဲခြင်း ဖြစ်၍ latent heat change process သည် vertical အတိုင်း ပြောင်းလဲခြင်း ဖြစ်သည်။

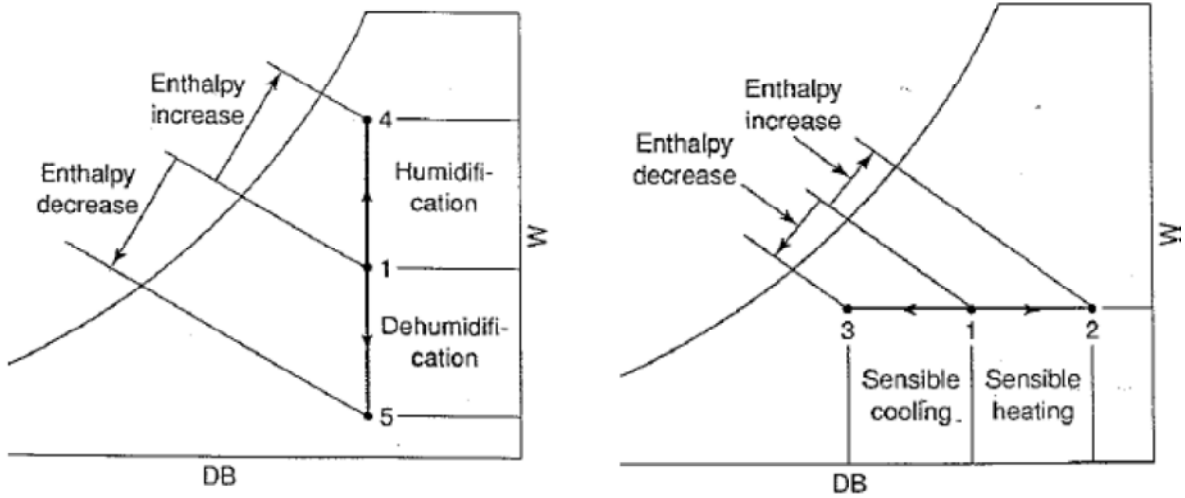


Figure-7 Latent heat and sensible heat processes

Sensible heat, latent heat နှင့် total heat တို့ကို တွက်ချက်ရန် အတွက် ပုံသေနည်း မှာ အောက်ပါ အတိုင်းဖြစ်သည်။

<p>IP ယူနစ် ပုံသေနည်းများ</p> <p>$Q_{Total} = Q_{Sensible} + Q_{Latent}$</p> <p>$Q_S(\text{Btu/hr}) = 1.1 \times \text{CFM} \times (t_2 - t_1)$</p> <p>$Q_L(\text{Btu/hr}) = 0.68 \times \text{CFM} \times (W_2 - W_1)$</p> <p>$Q_{Total}(\text{Btu/hr}) = 4.5 \times \text{CFM} \times (h_2 - h_1)$</p>	<p>SI ယူနစ် ပုံသေနည်းများ</p> <p>$Q_{Total} = Q_{Sensible} + Q_{Latent}$</p> <p>$Q_S(\text{watt}) = 1.232 \times \text{L/s} \times (t_2 - t_1)$</p> <p>$Q_L(\text{watt}) = 3012 \times \text{L/s} \times (W_2 - W_1)$</p> <p>$Q_{Total}(\text{watt}) = 1.2 \times \text{L/s} \times (h_2 - h_1)$</p>
--	--

Q_{Total} = total heat (Btu/hr) or (Watt)

Q_S = sensible heat (Btu/hr) or (Watt)

Q_L = latent heat (Btu/hr) or (Watt)

CFM (or) L/s = volume flow ate

$(t_2 - t_1)$ = temperature change (°C) or (°F)

$(w_2 - w_1)$ = humidity ratio change (lb moisture/lb dry air) or (kg moisture/kg dry air)

(h_2-h_1) = enthalpy change (Btu/lb) or (kJ/kg)

On-coil temperature ဆိုသည်မှာ cooling coil အဝင် temperature ကို ခေါ်ပြီး Off-coil temperature ကတော့ cooling coil အထွက် temperature ကို ခေါ်ခြင်းဖြစ်သည်။ On-coil temperature သည် fresh air နဲ့ return air ရောထားတဲ့ mixing air ရဲ့ temperature ပါ။ Off-coil temperature ကိုဘယ်လောက် ထားမယ်ဆိုတာ အရေးကြီးသည်။ ပုံမှန်အားဖြင့် $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ ထားလေ့ ရှိ၏။ ဆိုလိုတာက room design temperature က 24°C ဆိုလျှင် Off-coil temperature က 14°C ပါ။

Plotting in psychrometric chart

လက်ရှိ ကိုယ်မှာ ရှိနေတဲ့ Input တွေက fresh air (outdoor air) ရဲ့ temperature (DB or WB) နဲ့ RH (ဆိုပါစို့ 35°C and 70% RH) ။ rooms တွေရဲ့ design condition တွေသိတယ် (ထားပါတော့ 27°C and 50% RH)။ Return air ရဲ့ temperature က room temperature ထက် $+2^\circ\text{C}$ လောက်ပိုများတယ် RH ကိုတော့ 50% လောက်ပဲ ထားပြီး တွက်နိုင်တယ်။ ဒီ ဒေတာတွေကို အသုံးပြုပြီး psychrometric chart ပေါ်မှာ plot ချပြီး တခြားဒေတာ တွေကို ဖတ်ယူပြီး လိုအပ်တဲ့ cooling capacity ကိုတွက်ယူနိုင်သည်။

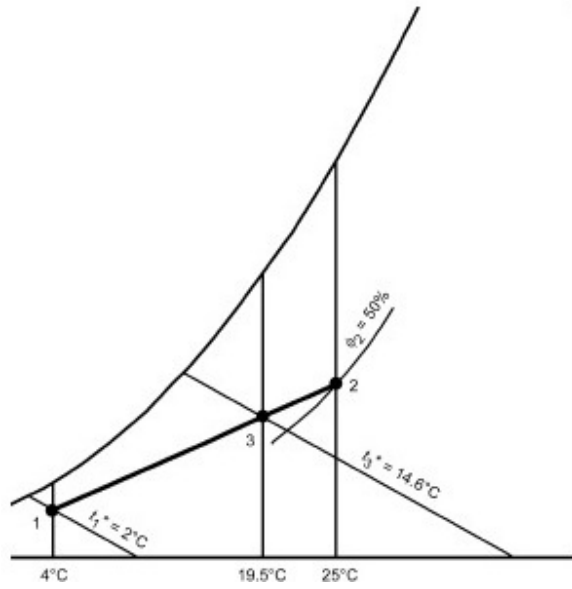


Figure-8 Finding the mixing air condition

အထက်ပါ ပုံသည် mixing air ရဲ့ condition ကို ရှာရာတွင် အသုံးပြုသည်။ Point-1 နှင့် Point-2 ကို လွယ်ကူစွာ plot လုပ်နိုင်သည်။ Point-3 ကိုရှာရန် အောက်ပါ equations များကို သိထားရမည်။

Condition မတူတဲ့ moist airstreams နှစ်ခုပေါင်းစပ်ခြင်း (adiabatic mixing) အတွက်၎င်း equation 3 ခု သည် အခရာ ကျသည်။

$$\begin{aligned}\dot{m}_{da1}h_1 + \dot{m}_{da2}h_2 &= \dot{m}_{da3}h_3 \\ \dot{m}_{da1} + \dot{m}_{da2} &= \dot{m}_{da3} \\ \dot{m}_{da1}W_1 + \dot{m}_{da2}W_2 &= \dot{m}_{da3}W_3\end{aligned}$$

Eliminating \dot{m}_{da3} gives

$$\frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_1} = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} = \frac{\dot{m}_{da1}}{\dot{m}_{da2}}$$

Mixing point (fresh air and return air) သည် point of outdoor air condition နှင့် point of return air condition ဆက်ထားသော လိုင်းပေါ်မှာပဲ ရှိသည်။ Mixing point က ထိုလိုင်းကို segment နှစ်ခု အနေနဲ့ ပိုင်းဖြစ်ထားသည်။

ဥပမာ။ 2 m³/s flow rate ရှိတဲ့ outdoor airstream တစ်ခုဟာ 4°C DB နဲ့ 2°C thermodynamic WB temperature ရှိပြီး return air 2 m³/s flow rate, 25°C DB, 50% RH နဲ့ ရောနှောတယ် ဆိုလျှင် mixing air ရဲ့ DB, WB ကိုရှာပါ။

$$\dot{m} = Qx \frac{1}{\rho}$$

Where,

\dot{m} = mass flow rate (kg/s)

Q = volume flow rate (m³/s)

1/ρ = specific volume of dry air (m³/kg)

$$\dot{m}_{da1} = 2/0.789 = 2.535 \text{ kg/s (dry air)}$$

$$\dot{m}_{da2} = 6.25/0.858 = 7.284 \text{ kg/s (dry air)}$$

အထက်မှာ ဖော်ပြထားသော equation 3 ခုအရ ဆိုလျှင်

$$\frac{\text{Line 3-2}}{\text{Line 1-3}} = \frac{\dot{m}_{da1}}{\dot{m}_{da2}} \text{ or } \frac{\text{Line 1-3}}{\text{Line 1-2}} = \frac{\dot{m}_{da2}}{\dot{m}_{da3}} = \frac{7.284}{9.819} = 0.742$$

ဒီအချိုးကို ရပြီ ဆိုလျှင် length of line segment 1-3 သည် lengt of entire line 1-2 ရဲ့ 0.742 ဆရှိတယ် ဆိုတာ သိရပြီ ဖြစ်သည်။ ဒါဆို ပေတံ တစ်ခုကို ယူပြီး Point-3 ကို Line ပေါ်မှာ ချနိုင်ပြီ ဖြစ်သည်။ ၎င်းအမှတ် သည် mixing air condition အတွက်ဒေတာ များကို ဖတ်ယူနိုင်သော အမှတ်ပင် ဖြစ်သည်။

ထို့နောက် အောက်ပါ total heat load ကို သုံးလို့ ရပြီ ဖြစ်သည်။

$$Q_{\text{Total}} = 1.2 \times L/s \times (h_2-h_1)$$

L/s သည် mixing air flow (fresh air + return air), h₂ သည် mixing air အတွက်ဖြစ်ပြီး h₁ သည် off-coil temperature အတွက် enthalpy ဖြစ်သည်။ ယူနစ် တူအောင်တော့ ညှိဖို့လိုသည်။

ရရှိခဲ့သော cooling capacity သည် AHU အတွက် လိုအပ်သော capacity ဖြစ်သည်။ အနည်းဆုံး ၎င်းပမာဏ ပေးနိုင်သော chiller ကိုဆက်လက် ရွေးချယ်ရန်သာ ကျန်တော့သည်။ ကိုယ်က AHU manufacturer မဟုတ်လျှင် ကိုယ်ရဲ့ design data တွေကို ပေးပြီး AHU တစ်လုံးမှာရန်သာ လိုသည်။ Cooling capacity သာပေးပြီး မှာရင်လည်း AHU manufacturer ကသူ့ဟာသူ တွက်ချက်ပြီး sizing လုပ်ပေးသည်။ ကိုယ်ကတော့ စစ်ကြည့်ဖို့တော့ လိုအပ်ပေသည်။ အနည်းဆုံး air flow (CMH or CFM), off-coil temperature and cooling capacity တော့ပေးရမည်။ Cooling coil size သည် air flow ပေါ်တွက် မူတည်သည်။ Coil ကိုဖြတ်သွားသော air velocity သည် 2.5 m/s ထက်မကျော်အောင် coil size ကို ပြုလုပ်လေ့ ရှိသည်။ AHU ကို ထားမည့်နေရာ ပေါ်မူတည်၍ horizontal unit or vertical unit ပြုလုပ်နိုင်သည်။

Cooling capacity calculation by software

Cooling capacity ကို software ဖြင့်တွက်ပါက အောက်ပါ အတိုင်း ဒေတာ နှင့်ရသည်။ သူကတော့ Mollier diagram ပါထုတ်ပေးသည်။ software ပေါ်မူတည်၍ အမျိုးမျိုး ဖြစ်နိုင်ပါသည်။

နမူနာ အဖြစ် အောက်တွင်ပြထားသည်။ Input data အနေနဲ့ return air condition (air flow 1) dry bulb temperature, volumetric flow and RH, outdoor air condition (air flow 2) dry bulb temperature, volumetric flow and RH သာထည့်ပေးရန်လိုသည်။ ဒါတွေ အကုန်လုံးက known value တွေချည်း ဖြစ်သည်။ ဒါဆို mixing air condition တွေ အကုန်တွက်ချက် ပေးသွားသည်။

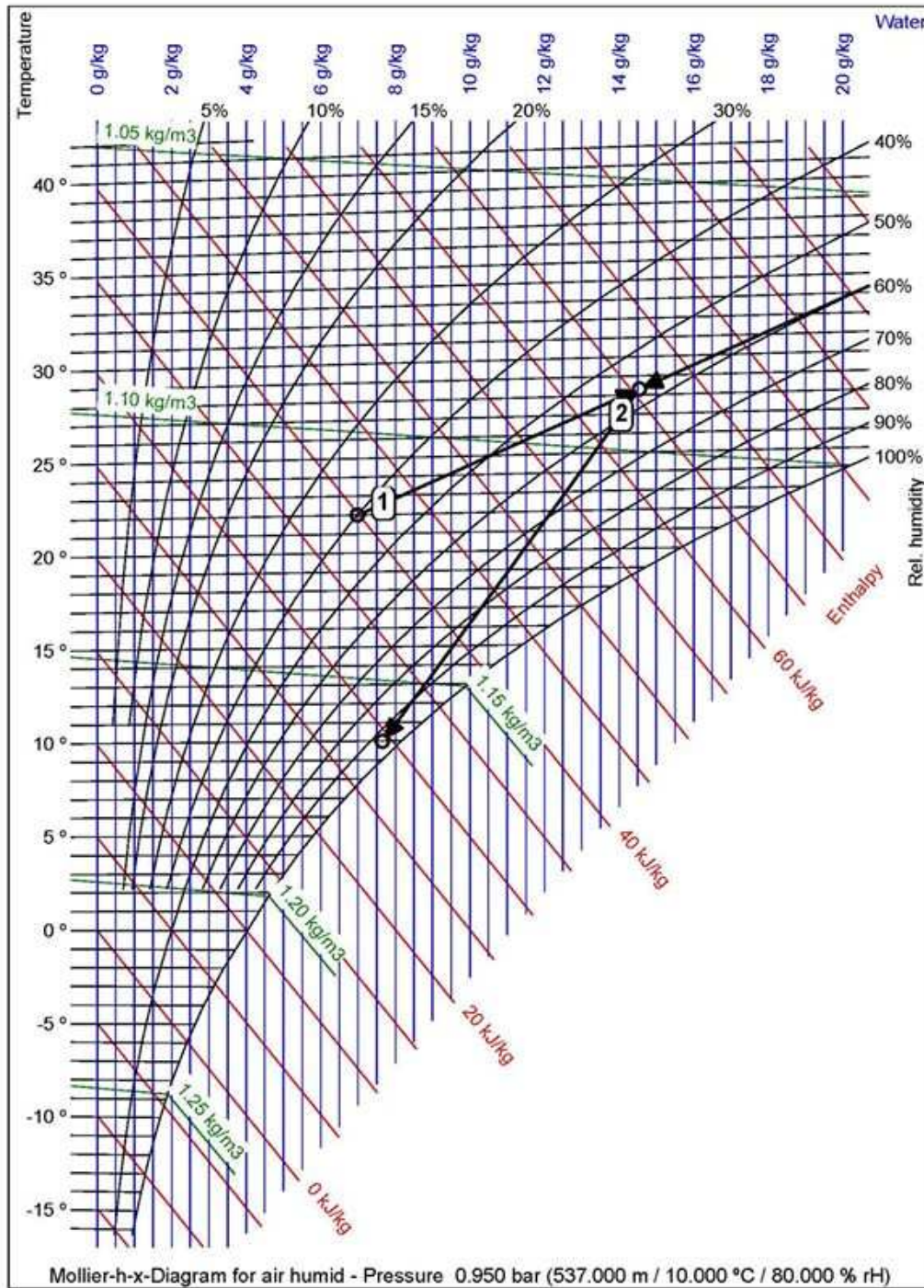
1) Mixing of 2 air flows

		Air flow 1	Air flow 2	Air flow mixed
Temperature	°C	22.000	35.000	28.304
Rel. humidity	%	40.000	60.000	56.610
Abs. Humidity	g/kg	6.987	22.821	14.552
Density humid	kg/m³	1.116	1.059	1.088
Enthalpy humid	kJ/kg	39.896	93.773	65.637
Volume flow humid	m³/h	31808.000	31147.000	62957.600
Mass flow dry	kg/h	35263.081	32261.718	67524.799
Condensed water	kg/h			0.000

2) Cooling of air - Partition of fins (2.5 - 3.5 mm)

Capacity	kW	680.474	Capacity partition 1 %	24.618
Mean temp.diff.	K	17.593	Capacity partition 2 %	20.699
Coefficient	kW/K	38.679	Capacity partition 3 %	17.403
			Capacity partition 4 %	14.633
Coolant IN	°C	0.000	Capacity partition 5 %	12.303
Coolant OUT	°C	0.000	Capacity partition 6 %	10.344

		Air IN	Air OUT
Temperature	°C	28.304	10.000
Rel. humidity	%	56.610	94.118
Abs. Humidity	g/kg	14.552	7.660
Density humid	kg/m³	1.088	1.163
Enthalpy humid	kJ/kg	65.637	29.359
Volume flow humid	m³/h	62957.600	58494.989
Mass flow dry	kg/h	67524.799	67524.799
Condensed water	kg/h		465.365
Surface temperature	°C		2.600



UNITS AND CONVERSIONS

Table 1 Conversions to SI Units

Multiply	By	To Obtain	Multiply	By	To Obtain
acre.....	0.4047	ha	in ²	645.2	mm ²
atmosphere (standard)	*101.325	kPa	in ³ (volume).....	16.4	mL
bar.....	*100	kPa	in ³ /min (SCIM).....	0.273	mL/s
barrel (42 U.S. gal, petroleum).....	159.0	L	in ³ (section modulus).....	16390	mm ³
	0.1590	m ³	in ⁴ (section moment).....	416 200	mm ⁴
Btu (International Table).....	1.055	kJ	km/h.....	0.2778	m/s
Btu/ft ²	11.36	kJ/m ²	kWh.....	*3.60	MJ
Btu/ft ³	37.3	kJ/m ³	kW/1000 cfm.....	2.12	kJ/m ³
Btu/gal.....	279	kJ/m ³	kilopond (kg force).....	9.81	N
Btu·ft/h·ft ² ·°F.....	1.731	W/(m·K)	kip (1000 lb _f).....	4.45	kN
Btu·in/h·ft ² ·°F (thermal conductivity, <i>k</i>).....	0.1442	W/(m·K)	kip/in ² (ksi).....	6.895	MPa
Btu/h.....	0.2931	W	litre.....	*0.001	m ³
Btu/h·ft ²	3.155	W/m ²	met.....	58.15	W/m ²
Btu/h·ft ² ·°F (overall heat transfer coefficient, <i>U</i>).....	5.678	W/(m ² ·K)	micron (µm) of mercury (60°F).....	133	mPa
Btu/lb.....	*2.326	kJ/kg	mile.....	1.609	km
Btu/lb·°F (specific heat, <i>c_p</i>).....	4.184	kJ/(kg·K)	mile, nautical.....	*1.852	km
bushel.....	0.03524	m ³	mph.....	1.609	km/h
calorie, gram.....	4.184	J		0.447	m/s
calorie, kilogram (kilocalorie).....	4.184	kJ	millibar.....	*0.100	kPa
centipoise (dynamic viscosity, µ).....	*1.00	mPa·s	mm of mercury (60°F).....	0.133	kPa
centistokes (kinematic viscosity, ν).....	*1.00	mm ² /s	mm of water (60°F).....	9.80	Pa
clo.....	0.155	m ² ·K/W	ounce (mass, avoirdupois).....	28.35	g
dyne/cm ²	*0.100	Pa	ounce (force or thrust).....	0.278	N
EDR hot water (150 Btu/h).....	44.0	W	ounce (liquid, U.S.).....	29.6	mL
EDR steam (240 Btu/h).....	70.3	W	ounce inch (torque, moment).....	7.06	mN·m
EER.....	0.293	COP	ounce (avoirdupois) per gallon.....	7.49	kg/m ³
ft.....	*0.3048	m	perm (permeance).....	57.45	ng/(s·m ² ·Pa)
	*304.8	mm	perm inch (permeability).....	1.46	ng/(s·m·Pa)
ft/min, fpm.....	*0.00508	m/s	pint (liquid, U.S.).....	473	mL
ft/s, fps.....	*0.3048	m/s	pound		
ft of water.....	2.99	kPa	lb (mass).....	0.4536	kg
ft of water per 100 ft pipe.....	0.0981	kPa/m		453.6	g
ft ²	0.09290	m ²	lb _f (force or thrust).....	4.448	N
ft ² ·h·°F/Btu (thermal resistance, <i>R</i>).....	0.176	m ² ·K/W	lb/ft (uniform load).....	1.49	kg/m
ft ² /s (kinematic viscosity, ν).....	92900	mm ² /s	lb _m /ft·h (dynamic viscosity, µ).....	0.4134	mPa·s
ft ³	28.32	L	lb _m /ft·s (dynamic viscosity, µ).....	1490	mPa·s
	0.02832	m ³	lb _f ·s/ft ² (dynamic viscosity, µ).....	47.88	Pa·s
ft ³ /min, cfm.....	0.4719	L/s	lb/h.....	0.126	g/s
ft ³ /s, cfs.....	28.32	L/s	lb/min.....	0.00756	kg/s
ft·lb _f (torque or moment).....	1.356	N·m	lb/h [steam at 212°F (100°C)].....	0.2843	kW
ft·lb _f (work).....	1.356	J	lb _f /ft ²	47.9	Pa
ft·lb _f /lb (specific energy).....	2.99	J/kg	lb/ft ²	4.88	kg/m ²
ft·lb _f /min (power).....	0.0226	W	lb/ft ³ (density, ρ).....	16.0	kg/m ³
footcandle.....	10.76	lx	lb/gallon.....	120	kg/m ³
gallon (U.S., *231 in ³).....	3.7854	L	ppm (by mass).....	*1.00	mg/kg
gph.....	1.05	mL/s	psi.....	6.895	kPa
gpm.....	0.0631	L/s	quad (10 ¹⁵ Btu).....	1.055	EJ
gpm/ft ²	0.6791	L/(s·m ²)	quart (liquid, U.S.).....	0.9463	L
gpm/ton refrigeration.....	0.0179	mL/J	square (100 ft ²).....	9.29	m ²
grain (1/7000 lb).....	0.0648	g	tablespoon (approximately).....	15	mL
gr/gal.....	17.1	g/m ³	teaspoon (approximately).....	5	mL
gr/lb.....	0.143	g/kg	therm (U.S.).....	105.5	MJ
horsepower (boiler) (33 470 Btu/h).....	9.81	kW	ton, long (2240 lb).....	1.016	Mg
horsepower (550 ft·lb _f /s).....	0.7457	kW	ton, short (2000 lb).....	0.907	Mg; t (tonne)
inch.....	*25.4	mm	ton, refrigeration (12 000 Btu/h).....	3.517	kW
in. of mercury (60°F).....	3.37	kPa	torr (1 mm Hg at 0°C).....	133	Pa
in. of water (60°F).....	249	Pa	watt per square foot.....	10.76	W/m ²
in/100 ft, thermal expansion.....	0.833	mm/m	yd.....	*0.9144	m
in·lb _f (torque or moment).....	113	mN·m	yd ²	0.8361	m ²
			yd ³	0.7646	m ³
To Obtain	By	Divide	To Obtain	By	Divide

*Conversion factor is exact.

Notes: Units are U.S. values unless noted otherwise.

Litre is a special name for the cubic decimetre. 1 L = 1 dm³ and 1 mL = 1 cm³.

The preparation of this chapter is assigned to TC 1.6, Terminology.

Table 2 Conversion Factors

Pressure psi	in. of water (60°F)	in. Hg (32°F)	atmosphere	mm Hg (32°F)	bar	kgf/cm ²	pascal		
1	= 27.708	= 2.0360	= 0.068046	= 51.715	= 0.068948	= 0.07030696	= 6894.8		
0.036091	1	0.073483	2.4559 × 10 ⁻³	1.8665	2.4884 × 10 ⁻³	2.537 × 10 ⁻³	248.84		
0.491154	13.609	1	0.033421	25.400	0.033864	0.034532	3386.4		
14.6960	407.19	29.921	1	760.0	1.01325*	1.03323	1.01325 × 10 ⁵ *		
0.0193368	0.53578	0.03937	1.31579 × 10 ⁻³	1	1.3332 × 10 ⁻³	1.3595 × 10 ⁻³	133.32		
14.5038	401.86	29.530	0.98692	750.062	1	1.01972*	10 ⁵ *		
14.223	394.1	28.959	0.96784	735.559	0.980665*	1	9.80665 × 10 ⁴ *		
1.45038 × 10 ⁻⁴	4.0186 × 10 ⁻³	2.953 × 10 ⁻⁴	9.8692 × 10 ⁻⁶	7.50 × 10 ⁻³	10 ⁻⁵ *	1.01972 × 10 ⁻⁵ *	1		
Mass	lb (avoir.)	grain	ounce (avoir.)	kg					
	1	= 7000*	= 16*	= 0.45359					
	1.4286 × 10 ⁻⁴	1	2.2857 × 10 ⁻³	6.4800 × 10 ⁻⁵					
	0.06250	437.5*	1	0.028350					
	2.20462	1.5432 × 10 ⁴	35.274	1					
Volume	cubic inch	cubic foot	gallon	litre	cubic metre (m ³)				
	1	= 5.787 × 10 ⁻⁴	= 4.329 × 10 ⁻³	= 0.0163871	= 1.63871 × 10 ⁻⁵				
	1728*	1	7.48052	28.317	0.028317				
	231.0*	0.13368	1	3.7854	0.0037854				
	61.02374	0.035315	0.264173	1	0.001*				
	6.102374 × 10 ⁴	35.315	264.173	1000*	1				
Energy	Btu	ft·lb _f	calorie (cal)	joule (J) = watt-second (W·s)	watt-hour (W·h)				
<i>Note: MBtu, which is 1000 Btu, is confusing and is not used in the Handbook.</i>	1	= 778.17	= 251.9958	= 1055.056	= 0.293071				
	1.2851 × 10 ⁻³	1	0.32383	1.355818	3.76616 × 10 ⁻⁴				
	3.9683 × 10 ⁻³	3.08803	1	4.1868*	1.163 × 10 ⁻³ *				
	9.4782 × 10 ⁻⁴	0.73756	0.23885	1	2.7778 × 10 ⁻⁴				
	3.41214	2655.22	859.85	3600*	1				
Density	lb/ft ³	lb/gal	g/cm ³	kg/m ³					
	1	= 0.133680	= 0.016018	= 16.018463					
	7.48055	1	0.119827	119.827					
	62.4280	8.34538	1	1000*					
	0.0624280	0.008345	0.001*	1					
Specific Volume	ft ³ /lb	gal/lb	cm ³ /g	m ³ /kg					
	1	= 7.48055	= 62.4280	= 0.0624280					
	0.133680	1	8.34538	0.008345					
	0.016018	0.119827	1	0.001*					
	16.018463	119.827	1000*	1					
Viscosity (absolute)	1 poise = 1 dyne-sec/cm ² = 0.1 Pa·s = 1 g/(cm·s)								
	poise	lb _f ·s/ft ²	lb _f ·h/ft ²	kg/(m·s) = N·s/m ²	lb _m /ft·s				
	1	= 2.0885 × 10 ⁻³	= 5.8014 × 10 ⁻⁷	= 0.1*	= 0.0671955				
	478.8026	1	2.7778 × 10 ⁻⁴	47.88026	32.17405				
	1.72369 × 10 ⁶	3600*	1	1.72369 × 10 ⁵	1.15827 × 10 ⁵				
	10*	0.020885	5.8014 × 10 ⁻⁶	1	0.0671955				
	14.8819	0.031081	8.6336 × 10 ⁻⁶	1.4882	1				
Temperature	Temperature				Temperature Interval				
	Scale	K	°C	°R	°F	K	°C	°R	°F
	Kelvin	x K = x	x - 273.15	1.8x	1.8x - 459.67	1 K = 1	1	9/5 = 1.8	9/5 = 1.8
	Celsius	x°C = x + 273.15	x	1.8x + 491.67	1.8x + 32	1°C = 1	1	9/5 = 1.8	9/5 = 1.8
	Rankine	x°R = x/1.8	(x - 491.67)/1.8	x	x - 459.67	1°R = 5/9	5/9	1	1
	Fahrenheit	x°F = (x + 459.67)/1.8	(x - 32)/1.8	x + 459.67	x	1°F = 5/9	5/9	1	1

Notes: Conversions with * are exact.
The Btu and calorie are based on the International Table.

All temperature conversions and factors are exact.
The term centigrade is obsolete and should not be used.

When making conversions, remember that a converted value is no more precise than the original value. For many applications, rounding off the converted value to the same number of significant figures as those in the original value provides sufficient accuracy.

Caution: The conversion values in Table 1 are rounded to three or four significant figures, which is sufficiently accurate for most applications. See ANSI Standard SI-10 (available from ASTM or IEEE) for additional conversions with more significant figures.

Table 1 Properties of Vapor

Material	Relative Molecular Mass	Normal Boiling Point, °C	Critical Temperature, °C	Critical Pressure, kPa	Density, kg/m ³	Specific Heat, J/(kg·K)	Thermal Conductivity, W/(m·K)	Viscosity, μPa·s
Alcohol, Ethyl	46.07 ^a	78.6 ^a	243.2 ^b	6 394 ^b		1520 ^j	0.013 ^a	14.2 ^j (289)
Alcohol, Methyl	32.04 ^a	65.0 ^a	240.1 ^b	7 977 ^b		1350 ^j	0.0301 ^r	14.8 ^j (272)
Ammonia	17.03 ^a	-33.2 ^a	132.6 ^b	11 300 ^b	7.72 ^b	2200 ^{aa}	0.0221 ^b	9.30 ^{aa}
Argon	39.948 ^a	-185.9 [*]	-122.5 [*]	4 860 ^b	1.785 ^b	523 ^c	0.016 ^a	21.0 ^a
Acetylene	26.04 ^a	-83.7 ^a	36.1 ^b	6 280 ^b	1.17 ^b	1580 ^a	0.0187 ^b	9.34 ^a
Benzene	78.11 ^a	80.2 ^a	289.6 ^d	4 924 ^d	2.68 ^e (80)	1300 ^e (80)	0.0071 ^e	7.0 ^a
Bromine	159.82 ^a	58.8 ^a	58.8 ^a	10 340 ^d	6.1 ^f (59)	230 ^f (100)	0.0061 ^a	17 ^a
Butane	58.12 ^a	-0.5 ^a	152.1 ^d	3 797 ^d	2.69 ^g	1580 ^{aa}	0.014 ^a	7.0 ^a
Carbon dioxide	44.01 ^a	-78.5 ^a	31.1 ^d	7 384 ^d	1.97 ^g	840 ^g	0.015 ^a	14 ^h
Carbon disulfide	76.13 ^h	46.3 ^h	278.9 ^h	7 212 ^h		599.0 ^p (27)		
Carbon monoxide	28.01 ^a	-191.5 ^a	-140.3 ^d	3 500 ^d	1.25 ^d	1100 ^f	0.0230 ^a	17 ^a
Carbon tetrachloride	153.84 ^g	76.6 ^h	283.3 ^h	4 560 ^h		862 ^q (27)		16.0 ^j
Chlorine	70.91 ^a	-34.7 ^a	144.1 ^d	7 710 ^d	3.22 ^d	490 ^a	0.0080 ^a	12 ^a
Chloroform	119.39 ^h	61.8 ^h	263.4 ^h	5 470 ^h		528 ^j	0.014 ^r	16 ^j
Ethyl chloride	64.52 ^h	12.4 ^h	187.3 ^h	5 270 ^h	2.872 ^b	1780 ^f	0.00872 ^j	16.0 ^q
Ethylene	28.03 ^h	-103.7 ^h	10.0 ^h	5 120 ^h	1.25 ^b	1470 ^{aa}	0.0176 ^{aa}	9.60 ^{aa}
Ethyl ether	74.12 ^h	34.7 ^h	192.7 ^h	3 610 ^h		2470 ^h (35)		11.3 ^q
Fluorine	38.00 ^h	-187.0 ^h	-129.2 ^h	5 580 ^h	1.637 ^b	812 ^j	0.0254 ^j	37 ^j
Helium	4.0026 ^a	-269.0 ^j	-267.9 ^h	229 ⁱ	0.178 ⁱ	5192 ^{aa}	0.142 ^{aa}	19.0 ^{aa}
Hydrogen	2.0159 ^a	-253.1 ⁱ	-240.0 ^j	1 316 ⁱ	0.0900 ^j	14 200 ^j	0.168 ^{aa}	8.40 ^{aa}
Hydrogen chloride	36.461 ^a	-84.9 ^a	51.4 ^d	8 260 ^d	1.640 ^b	800 ^j	0.0131 ^j	13.3 ^j
Hydrogen sulfide	34.080 ^a	-60.8 ^a	100.4 ^d	9 012 ^d	1.54 ^b	996 ^j	0.0130 ^j	11.6 ^j
Heptane (m)	100.21 ^a	98.5 ^a	266.8 ^b	2 720 ^b	3.4 ^k	1990 ^j	0.0185 ^j	7.00 ^j
Hexane (m)	86.18 ^a	66.9 ^a	234.8 ^d	3 030 ^d	3.4 ^k	1880 ^j	0.0168 ^j	7.52 ^j
Isobutane	58.12 ^f	-11.6 [*]	135.1 ^j	3 648 ^j	2.47 ^s (21)	1570 ^{aa}	0.014 ^{aa}	6.94 ^{aa}
Methane	16.04 ^a	-164.0 ^a	-81.8 ^j	4 641 ^b		2180 ^{aa}	0.0310 ^{aa}	10.3 ^{aa}
Methyl chloride	50.49 ^a	-24.3 ^a	143.2 ^j	6 678 ^b	2.307 ^b	770 ^{aa}	0.0093 ^{aa}	10.1 ^{aa}
Naphthalene	128.19 ^a	218.0 ^g	469.1 ^j	3 972 ^j		1310 ^q (25)		
Neon	20.183 ^a	-247.0 ^a	-228.8 ^j	2 698 ^j		1030 ^{aa}	0.0464 ^{aa}	30.0 ^{aa}
Nitric oxide	30.01 ^a	-152.0 ^g	-92.9 ^j	6 546 ^j		996 ^j		29.4 ^j
Nitrogen	28.01 ^a	-195.8 ^a	-146.9 ^j	3 394 ^b		1040 ^j	0.0240 ^{aa}	16.6 ^{aa}
Nitrous oxide	44.01 ^a	-88.5 ^a	36.4 ^j	7 235 ^j		850 ^j	0.01731 ^j (26.8)	22.4 ^j
Nitrogen tetroxide	92.02 ^a		158.3 ^j	10 133 ^j		842 ^p (27)	0.0401 ^r (55)	
Oxygen	31.9977 [*]	-183.0 ^a	-118.6 [*]	5 043 [*]		913 ^j	0.0244 ^{aa}	19.1 ^{aa}
<i>n</i> -Pentane	72.53 ^a	36.1 [*]	196.7 ^j	3 375 ^j		1680 ^q (27)	0.0152 ^j (26.8)	11.7 ^j
Phenol	74.11 ^b	181.4 ^b	418.9 ^b	6 130 ^b	2.6 ^k	1400 ^k	0.017 ^k	12 ^k
Propane	44.09 ^g	-42.1 ^g	96.7 [*]	4 248 [*]	2.02 ^g	1571 ^j (4.5)	0.015 ^j	7.40 ^j
Propylene	42.08 ^b	-47.7 ^l	91.8 ^l	4 622 ^l	1.92 ^l	1460 ^{aa}	0.014 ^{aa}	8.06 ^{aa}
Sulfur dioxide	64.06 ^b	-10.0 ^b	156.9 ^b	7 874 ^b	2.93 ^b	607 ^l	0.0085 ^j	11.6 ^j
Water vapor	18.02 ^b	100.0 ^m	374.0 [*]	22 064 [*]	0.598 ^m	2050 ^{aa}	0.0247 ^m	12.1 ^{aa}

^aData source unknown.

Notes: 1. Properties at 101.325 kPa and 0°C, or the saturation temperature if higher than 0°C, unless otherwise noted in parentheses.

2. Superscript letters indicate data source from the section on References.

Table 2 Properties of Liquids

Name or Description	Normal Boiling Point, °C at 101.325 kPa	Enthalpy of Vaporization, kJ/kg	Specific Heat, c_p		Viscosity		Enthalpy of Fusion, kJ/kg	Density, kg/m ³	Thermal Conductivity		Vapor Pressure		Freezing Point, °C	
			J/(kg·K)	Temp., °C	μPa·s	Temp., °C			W/(m·K)	Temp., °C	kPa	Temp., °C		
Acetic acid	118.6 ^a	405.0 ^b	2180 ^b	26 to 95	1 222 ^f	20	195 ^b	1049 ^a	20	0.17 ^b	20	53.3 ^a	99	16.7 ^a
Acetone	56.3 ^a	532.4 ^b	2150 ^b	3 to 23	331 ^f	20	98.0 ^b	791 ^a	20	0.1761 ^b	30	53.3 ^a	40	-95.4 ^a
Allyl alcohol	97.1 ^a	684.1 ^b	2740 ^b	21 to 96	1 363 ^f	20		853.9 ^a	20	0.180 ^b	25 to 30	53.3 ^a	80	-129.0 ^a
<i>n</i> -Amyl alcohol	138.2 ⁱ	503.1 ^b			4 004 ^f	23	112 ^b	817.9 ^f	15	0.16 ^b	30	13.3 ^a	86	-79.0 ^a
Ammonia	-33.2 ^a	1357 ^b	4601 ^b	0	266 ^f	-33	322.40 ^b	696.8 ^b	-45	0.50 ^b	-15 to 30	53.3 ^a	-45	-77.8 ^a
Alcohol-ethyl	78.6 ^a	854.8 ^b	2840 ^b	0 to 98	1 194 ^f	20	108 ^b	789.2 ^a	20	0.182 ^b	20	13.3 ^a	35	117.3 ^a
Alcohol-methyl	65.0 ^a	1100 ^b	2510 ^b	15 to 20	592.8 ^f	20	99.3 ^a	791.3 ^a	20	0.215 ^b	20	13.3 ^a	21	-97.8 ^a
Aniline	184.4 ^a	434.0 ^b	2140 ^b	8 to 82	4 467.0 ^f	20	114 ^b	1021 ^a	20	0.173 ^b	-2 to 20	1.3 ^a	69	-6.2 ^a
Benzene	80.2 ^a	394.0 ^b	1720 ^b	20	653 ^a	20	126 ^b	879 ^d	20	0.147 ^b	20	10 ^d	20	5.9 ^a
Bromine	58.8 ^a	185 ^d	448 ^f	20	988 ^a	20	66.30 ^d	3119 ^f	20	0.122 ^a	25	22.0 ^d	20	-7.2 ^a
<i>n</i> -Butyl alcohol	117.6 ^a	591.5 ^b	2350 ^f	20	2950 ^f	20	125 ^b	811 ^a	20	0.15 ^b	20	0.7 ^d	20	-90.2 ^a
<i>n</i> -Butyric acid	163.6 ^a	504.7 ^b	2150 ^f	20	1 540 ^f	20	126 ^a	964 ^a	20	0.16 ^b	12	0.09 ^d	20	-6.2 ^a
Calcium chloride brine (20% by mass)			3110 ^f	20	2 000 ^f	20		1180 ^a	20	0.574 ⁱ	20			-16.2 ⁱ
Carbon disulfide	46.3 ^a	346.1 ^b	1000 ^j	20	360 ^a	20	57.70 ^d	1260 ^d	20	0.16 ^b	30	39.3 ^d	20	-111.2 ^a
Carbon tetrachloride	76.7 ^a	195 ^b	842 ^f	20	967 ^a	20	29.80 ^d	1590 ^d	20	0.11 ^j	20	12 ^d	20	-22.8 ^a
Chloroform	61.3 ^a	247 ^a	980 ^a	20	562 ^a	20		1489 ^a	20	0.13 ^a	20	21.3 ^a	20	-63.3 ^a
<i>n</i> -Decane	174.1 ^b		2000 ^b	20			202 ^b	730 ^b	20	0.15 ^b	20	0.17 ^b	20	-29.8 ^b
Ethyl ether	34.5 ^a	351 ^a	2260 ^a	20	230 ^a	20	98.60 ^a	714.6 ^a	20	0.14 ^b	20	58.7 ^a	20	-116.3 ^a
Ethyl acetate	77.2 ^a	427.5 ^a	1950 ^a	20	451 ^a	20	119 ^b	838 ^a	20	0.175 ^b	20	9.6 ^b	20	-82.4 ^a
Ethyl chloride	12.4 ^a	385.9 ^f (20)	1540 ^f	0			69.04 ^a	897.8 ^a	20	0.310 ^f	1	53.3 ^a	12	-136.4 ^a
Ethyl iodide	72.3 ^a	191 ^f (71)	1540 ^f	0	990 ^f	20		1935.8 ^a	20	0.370 ^f	30	13.3 ^a	18	-108.0 ^a
Ethylene bromide	131.6 ^a	231 ^f (99)	729 ^f	20	28.7 ^f	20	57.73 ^a	2179.3 ^a	20			1.3 ^a	19	9.6 ^a
Ethylene chloride	83.6 ^a	365.8 ^f (153)	1260 ^f	20	14.0 ^f	20	88.43 ^a	1235 ^a	20			8.0 ^f	18	-35.4 ^a
Ethylene glycol	198.1 ^a	800.1 ^f (344)					181.10 ^a	1109 ^a	20	0.173 ^f	20	0.1 ^f	53	-10.8 ^a
Formic acid	99.8 ^a	502.0 ^f (216)	2200 ^f	20	29.7 ^f	20	276.54 ^a	1219 ^a	20	0.180 ^a	-2	5.3 ^a	23	7.4 ^a
Glycerin (glycerol)	179.9 ^a				17 800 ^f	20		1261 ^a	20	0.195 ^a	20	0.1 ^a	51	18.9 ^a
Heptane	97.5 ^a	321 ^f	2220 ^j	20	409 ^a	20	140 ^b	684 ^a	20	0.128 ^j	20	4.73 ^a	20	-92.2 ^a
Hexane	65.9 ^a	337 ^f	2250 ^j	20	320 ^d	20	150 ^b	658 ^a	20	0.125 ^j	20	16.00 ^a	20	-96.2 ^a
Hydrogen chloride	-85.9 ^a	444 ^f					54.9 ^f	1190 ^d	b.p.					-115.8 ^a
Isobutyl alcohol	107.1 ^a	579 ^f	486 ^f	20	3 910 ^f	20		801 ^f	20	0.14 ^f	20	1.3 ^a	20	-109.0 ^a
Kerosene	204 to 293 ^b		2000 ^b	20	2 480 ^b	20		820 ^b	20	0.15 ^a	20			
Linseed oil					42 900 ^b	20		920 ^d	20					-24.9 ^a
Methyl acetate	56.1 ^a	412 ^f	1950 ^f	20	389 ^f	20		971 ^a	20	0.16 ^f	20	22.64 ^a	20	-99.2 ^a
Methyl iodide	41.6 ^a	192 ^f			500 ^f	20		2270 ^a	20			42.7 ^a	20	-67.5 ^a
Naphthalene	209.8 ^a	316 ^f	1680 ^f	m.p.	901 ^b	m.p.	151 ^b	976 ^a	m.p.			0.291 ^b	20	79.3 ^a
Nitric acid	85.1 ^a	628 ^a	1700 ^a	20	910 ^b	20	166 ^a	1512 ^a	20	0.28 ^a	20	0.236 ^a	20	-42.7 ^a
Nitrobenzene	209.9 ^b	330 ^b	1450 ^b	20	2 150 ^b	20	93.69 ^a	1200 ^b	20	1.7 ^b	20	0.001 ^b	20	4.8 ^b
Octane	124.8 ^b	306.3 ^b	2100 ^b	20	562 ^b	20	180.70 ^b	703 ^b	20	0.15 ^b	20	0.056 ^b	20	-57.5 ^b
Petroleum		230 to 384 ^w	2000 to 3000 ^w	20	7900 to 1.2×10 ^{6w}	20		640 to 1000 ^w	20					
<i>n</i> -Pentane	35.1 ^a	357.3 ^b	2330 ^b	20	226 ^d	20	117 ^b	626 ^b	20	0.11 ^b	20	56.7 ^d	20	-130.8 ^a
Propionic acid	140.2 ^a	413.6 ^f	1980 ^b	20	1 102 ^a	20		992 ^a	20	0.173 ^a	12	0.4 ^d	20	-21.8 ^a
Sodium chloride brine														
20% by mass	103.9 ^a		3110 ^a	20	1 570 ^a	20		1150 ^a	20	0.583 ^a	20	0.076 ^a	20	-17.4 ^a
10% by mass	100.9 ^a		3620 ^a	20	1 180 ^a	20		1070 ^a	20	0.593 ^a	20	0.087 ^a	20	-7.4 ^a
Sodium hydroxide and water (15% by mass)	100.7 ^a		3610 ^b	20				1150 ^b	20					-22.0 ^b
Sulfuric acid and water														
100% by mass	286.8 ^a		1400 ^b	20	22 000 ^b	20		1833 ^a	20			0.001 ^b	20	9.6 ^b
95% by mass	300.9 ^a		1460 ^b	20	21 000 ^b	20		1836 ^a	20			0.001 ^a	20	-29.2 ^a
90% by mass	259.1 ^a		1600 ^b	20	25 000 ^b	20		1816 ^a	20	0.38 ^b	20	0.001 ^a	20	-10.5 ^a
Toluene (C ₆ H ₅ CH ₃)	108.9 ^b	363 ^b	1690 ^a	20	587 ^a	20	71.90 ^b	867 ^b	20	0.16 ^b	20	0.12 ^b	20	-96.0 ^b
Turpentine	148.9 ^a	286 ^a	1700 ^b	20	546 ^b	20		863 ^b	20	0.13 ^b	20			
Water	100.0 ^a	2257 ^m	4180 ^m	20	988 ^m	20	333.8 ^b	998.20 ^m	20	0.602 ^m	20	2.34 ^a	20	-1.0 ^m
Xylene [C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂]														
Ortho	142.9 ^b	347 ^b	1720 ^b	20	831 ^b	20	128 ^b	881 ^b	20	1.6 ^b	20	0.0260 ^b	20	-26.2 ^b
Meta	137.9 ^b	342 ^b	1670 ^b	20	628 ^b	20	109 ^b	867 ^b	0	1.6 ^b	20	0.0290 ^b	20	-48.2 ^b
Para	136.9 ^b	340 ^b	1640 ^b	20	670 ^b	20	161 ^b	862 ^b	20			0.0300 ^b	20	11.9 ^b
Zinc sulfate and water														
10% by mass			3700 ^b	20	1 570 ^a	20		1110 ^f	20	0.583 ^a	20			-2.3 ^a
1% by mass			3300 ^b	20	1 100 ^a	20		1010 ^f	20	0.598 ^a	20			-1.2 ^a

*Data source unknown.

†Approximate solidification temperature.

Notes: Superscript letters indicate data source from the section on References.

m.p. = melting point b.p. = boiling point

Table 3 Properties of Solids

Material Description	Specific Heat, J/(kg·K)	Density, kg/m ³	Thermal Conductivity, W/(m·K)	Emissivity	
				Ratio	Surface Condition
Aluminum (alloy 1100)	896 ^b	2 740 ^a	221 ^a	0.09 ^a 0.20 ^a	Commercial sheet Heavily oxidized
Aluminum bronze (76% Cu, 22% Zn, 2% Al)	400 ^a	8 280 ^a	100 ^a		
Asbestos: Fiber	1050 ^b	2 400 ^a	0.170 ^a	0.93 ^b	"Paper"
Insulation	800 ^f	580 ^b	0.16 ^b		
Ashes, wood	800 ^f	640 ^b	0.071 ^b (50)		
Asphalt	920 ^b	2 110 ^b	0.74 ^b		
Bakelite	1500 ^b	1 300 ^a	17 ^a		
Bell metal	360 ^f (50)				
Bismuth tin	170 ^a		65.0 ^a		
Brick, building	800 ^b	1 970 ^a	0.7 ^b	0.93 ^a	
Brass: Red (85% Cu, 15% Zn)	400 ^a	8 780 ^a	150 ^a	0.030 ^b	Highly polished
Yellow (65% Cu, 35% Zn)	400 ^a	8 310 ^a	120 ^a	0.033 ^b	Highly polished
Bronze	435 ^f	8 490 ^f	29 ^a (0)		
Cadmium	230 ^a	8 650 ^f	92.9 ^b	0.02 ^d	
Carbon (gas retort)	710 ^a		0.35 ^b (-17)	0.81 ^a	
Cardboard			0.07 ^b		
Cellulose	1300 ^b	54 ^f	0.057 ^f		
Cement (Portland clinker)	670 ^b	1 920 ^f	0.029 ^f		
Chalk	900 ^f	2 290 ^f	0.83 ^a	0.34 ^a	About 120°C
Charcoal (wood)	840 ^f	240 ^a	0.05 ^a (200)		
Chrome brick	710 ^b	3 200 ^b	1.2 ^b		
Clay	920 ^b	1 000 ^f			
Coal	1000 ^b	1 400 ^f	0.17 ^f (0)		
Coal tars	1500 ^b (40)	1 200 ^b	0.1 ^b		
Coke (petroleum, powdered)	1500 ^b (400)	990 ^b	0.95 ^b (400)		
Concrete (stone)	653 ^b (200)	2 300 ^b	0.93 ^b		
Copper (electrolytic)	390 ^a	8 910 ^a	393 ^a	0.072 ^b	commercial, shiny
Cork (granulated)	2030 ^f	86 ^f	0.048 ^f (-5)		
Cotton (fiber)	1340 ^a	1 500 ^a	0.042 ^a		
Cryolite (AlF ₃ ·3NaF)	1060 ^b	2 900 ^b			
Diamond	616 ^b	2 420 ^f	47 ^f		
Earth (dry and packed)		1 500 ^f	0.064 ^a	0.41 ^a	
Felt		330 ^b	0.05 ^b		
Fireclay brick	829 ^b (100)	1 790 ^f	1 ^b (200)	0.75 ^a	At 1000°C
Fluorspar (CaF ₂)	880 ^b	3 190 ^f	1.1 ^f		
German silver (nickel silver)	400 ^a	8 730 ^a	33 ^a	0.135 ^b	Polished
Glass: Crown (soda-lime)	750 ^b	2 470 ^a	1.0 ^f (93)	0.94 ^a	Smooth
Flint (lead)	490 ^b	4 280 ^a	1.4 ^f		
Heat-resistant	840 ^b	2 230 ^f	1.0 ^f (93)		
"Wool"	657 ^b	52.0 ^f	0.038 ^f		
Gold	131 ^a	19 350 ^a	297 ^f	0.02 ^a	Highly polished
Graphite: Powder	691 ^a		0.183 ^a		
Impervious	670 ^a	1 870 ^a	130 ^a	0.75 ^a	
Gypsum	1080 ^b	1 200 ^b	0.43 ^b	0.903 ^b	On a smooth plate
Hemp (fiber)	1352.3 ^a	1 500 ^a			
Ice: 0°C	2040 ^f	921 ^b	2.24 ^b	0.95 ^a	
-20°C	1950 ^f		2.44 ^a		
Iron: Cast	500 ^f (100)	7 210 ^f	47.7 ^b (54)	0.435 ^b	Freshly turned
Wrought		7 700 ^b	60.4 ^b	0.94 ^b	Dull, oxidized
Lead	129 ^a	11 300 ^a	34.8 ^a	0.28 ^a	Gray, oxidized
Leather (sole)		1 000 ^b	0.16 ^b		
Limestone	909 ^b	1 650 ^b	0.93 ^b	0.36 ^a to 0.90	At 63 to 193°C
Linen			0.09 ^b		
Litharge (lead monoxide)	230 ^b	7 850 ^b			
Magnesia: Powdered	980 ^b (100)	796 ^b	0.61 ^b (47)		
Light carbonate		210 ^b	0.059 ^b		
Magnesite brick	930 ^b (100)	2 530 ^b	3.8 ^b (204)		
Magnesium	1000 ^b	1 730 ^a	160 ^a	0.55 ^a	Oxidized
Marble	880 ^b	2 600 ^b	2.6 ^b	0.931 ^b	Light gray, polished
Nickel, polished	440 ^a	8 890 ^a	59.5 ^a	0.045 ^a	Electroplated
Paints: White lacquer				0.80 ^a	
White enamel				0.91 ^a	On rough plate
Black lacquer				0.80 ^a	
Black shellac		1 000 ^a	0.26 ^a	0.91 ^a	"Matte" finish
Flat black lacquer				0.96 ^a	
Aluminum lacquer				0.39 ^a	On rough plate

*Data source unknown.

Notes: 1. Values are for room temperature unless otherwise noted in parentheses.

2. Superscript letters indicate data source from the section on References.

Table 3 Properties of Solids (Continued)

Material Description	Specific Heat, J/(kg·K)	Density, kg/m ³	Thermal Conductivity, W/(m·K)	Emissivity	
				Ratio	Surface Condition
Paper	1300 ^a	930 ^b	0.13 ^b	0.92 ^b	Pasted on tinned plate
Paraffin	1670 ^{bb}	749 ^{bb}	0.24 ^b (0)		
Plaster		2 110 ^b	0.74 ^b (75)	0.91 ^b	Rough
Platinum	130 ^a	21 470 ^a	69.0 ^a	0.054 ^b	Polished
Porcelain	750 ^a	260 ^a	2.2 ^a	0.92 ^b	Glazed
Pyrites (copper)	549 ^b	4 200 ^b			
Pyrites (iron)	569 ^b (69)	4 970 ^y			
Rock Salt	917 ^a	2 180 ^a			
Rubber, vulcanized: Soft	2000 ^a	1 100 ^f	0.1 ^t	0.86 ^b	Rough
Hard		1 190 ^f	0.16 ^f	0.95 ^b	Glossy
Sand	800 ^b	1 520 ^b	0.33 ^b		
Sawdust		190 ^b	0.05 ^b		
Silica	1320 ^b	2 240 ^y	1.4 ^t (93)		
Silver	235 ^a	10 500 ^a	424 ^a	0.02 ⁿ	Polished and at 227 °C
Snow: Freshly fallen		100 ^z	0.598 ^t		
At 0°C		500 ^f	2.2 ^t		
Steel (mild)	500 ^b	7 830 ^b	45.3 ^b	0.12 ⁿ	Cleaned
Stone (quarried)	800 ^b	1 500 ^f			
Tar: Pitch	2500 ^y	1 100 ^f	0.88 ^y		
Bituminous		1 200 ^f	0.71 ^a		
Tin	233 ^a	7 290 ^a	64.9 ^a	0.06 ^b	Bright and at 50°C
Tungsten	130 ^a	19 400 ^a	201 ^a	0.032 ⁿ	Filament at 27°C
Wood: Hardwoods—	1900/2700 ^b	370/1100 ^z	0.11/0.255 ^z		
Ash, white		690 ^z	0.172 ^z		
Elm, American		580 ^z	0.153 ^z		
Hickory		800 ^z			
Mahogany		550 ^a	0.13 ^a		
Maple, sugar		720 ^z	0.187 ^z		
Oak, white	2390 ^b	750 ^z	0.176 ^z	0.90 ⁿ	Planed
Walnut, black		630 ^z			
Softwoods—	See Table 4,	350/740 ^z	0.11/0.16 ^z		
Fir, white	Chapter 24	430 ^z	0.12 ^z		
Pine, white		430 ^z	0.11 ^z		
Spruce		420 ^z	0.11 ^z		
Wool: Fiber	1360 ^a	1 300 ^a			
Fabric		110/330 ^a	0.036/0.063 ^a		
Zinc: Cast	390 ^a	7 130 ^a	110 ^a	0.05 ⁿ	Polished
Hot-rolled	390 ^b	7 130 ^b	110 ^b		
Galvanizing				0.23 ⁿ	Fairly bright

*Data source unknown.

2. Superscript letters indicate data source from the section on References.

Notes: 1. Values are for room temperature unless otherwise noted in parentheses.

Chapter 3

Duct Sizing

Duct Sizing အမျိုးမျိုး ရှိပေမယ့် အသုံး အများဆုံး (၃) မျိုးကိုပဲ ဒီအခန်းမှာ အဓိက ပြောသွားပါမည်။
ဒါတွေကတော့

- 1) Velocity Reduction Method
- 2) Equal Friction Method
- 3) Static Regain Method

တို့ဖြစ်ကြသည်။

3.1 Velocity Reduction Method

ဒီ method ကိုတော့ လွယ်လည်းလွယ် မြန်လည်း မြန်တဲ့ အတွက် အဓိက သုံးကြသည်။ အတွေ့ အကြုံ ရှိတဲ့ Designer တွေအတွက်ကတော့ အလွယ်တကူ အသုံးချနိုင်ပေသည်။ တစ်ခါတစ်ရံတော့လည်း Client က ဘယ် method ကို သုံးပြီး design လုပ်ပါဆိုပြီး ပြောတတ်သည်။ ဒါဆိုရင်တော့ လည်း သူပြောသလို လုပ်ပေးရသည်။ ဘာလို့လဲဆိုတော့ duct sizing လုပ်ပြီးတာနဲ့ submit လုပ်ပြီး Approval ရယူဖို့လိုတဲ့ အတွက်ဖြစ်သည်။ Client က မှတ်ချက် မရှိတော့ဘူး ဆိုမှ Duct size ကအတည်ဖြစ်ပြီး Install လုပ်ရသည်။

Velocity Reduction Method တွင် main duct (သို့) branches တွေတွင် လေစီးနှုန်း (velocity) ကို pre-defined လုပ်ထားရသည်။ Main duct တွင် (velocity) ကို အများဆုံး ဘယ်လောက်ထားမည်၊ silent room တွေမှာ တော့ ဘယ်လောက် အများဆုံးဖြစ်ရမည် စသဖြင့် အရင် သတ်မှတ်ရသည်။

ဥပမာ- Circular main supply duct တွေတွင် velocity ကို 16 m/s ထက်ကျော်၍ မထားပါ။ Rectangular main supply duct တွေတွင်တော့ velocity ကို 10 m/s ထက်ကျော်၍ မထားပါ။ Circular duct တွေက Rectangular duct တွေထက်စာလျှင် လေစီးဆင်း သွားမည့် မျက်နှာပြင်က ပိုပြီး smooth ဖြစ်တဲ့ အတွက်

velocity ကို နည်းနည်း ပိုတင်ထားနိုင်သည်။ အဓိက အားဖြင့် duct ထဲတွင် စီးဆင်းနေသည့် လေ၏ velocity ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် ဆူညံမှုကို ရှောင်ရှားနိုင်ရန် အတွက် ဖြစ်သည်။

circular/rectangular main return/exhaust duct တွေအတွက်ကတော့ velocity ကို 8.5 m/s ထက်ကျော်၍ မထားသင့်ပါ။ နေရာ အခက်အခဲ ရှိလျှင်တော့ 10 m/s လောက်အထိ ထားနိုင်သည်။ အကောင်းဆုံးကတော့ 6.5 to 8.5 m/s အတွင်းထားရန် ဖြစ်သည်။

Branches အတွက်ကတော့ 4-5 m/s လောက်ထားနိုင်လျှင်အကောင်းဆုံးဖြစ်သည်။

3.2 Equal Friction Method

Equal friction method တွင် constant pressure loss per unit length အပေါ်၌ အခြေခံ၍ duct ကို sizing လုပ်ခြင်းဖြစ်သည်။ Duct sizing လုပ်ရန်အတွက် friction chart ကို reference ယူ၍ တွက်ရန်လိုသည်။ ၎င်း friction chart တွင် recommended friction rate and air velocity ကိုဖော်ပြထားသည်။ Air quantity နဲ့ လက်ခံနိုင်သော friction loss (Pa/m) အပေါ်တွင် အခြေခံ၍ duct size ကိုရွေးချယ်ရန် ဖြစ်သည်။ Energy cost မြင့်တာကို ထည့်တွက်စရာ မလိုပဲ installed ductwork cost နိမ့်တာကို ပဲ ကြည့်မယ် ဆိုရင်တော့ low friction rate design ကိုရွေးချယ်တာက စီးပွားရေး အရ ပိုမို တွက်ချေကိုက် ပေသည်။ ထိုနည်းတူစွာ low energy cost and high ductwork installation cost ကိုစဉ်းစားမယ် ဆိုလျှင် high friction rate design က စီးပွားရေး အရ ပိုမို တွက်ချေကိုက်ပေသည်။ Friction chart for round duct (SI unit) ကိုအောက်တွင် ကြည့်ရှု နိုင်သည်။

Friction chart တွင် round duct size သာဖော်ပြထားသည်။ Rectangular duct ကိုသုံးမယ် ဆိုလျှင် round duct size နှင့် equivalent ဖြစ်တဲ့ Rectangular duct size ကို ပြန်ရှာရသည်။ အောက်တွင် ဖော်ပြထားသော Table မှ equivalent rectangular duct size ကိုအလွယ်တကူ ဖတ်ယူရရှိနိုင်သည်။

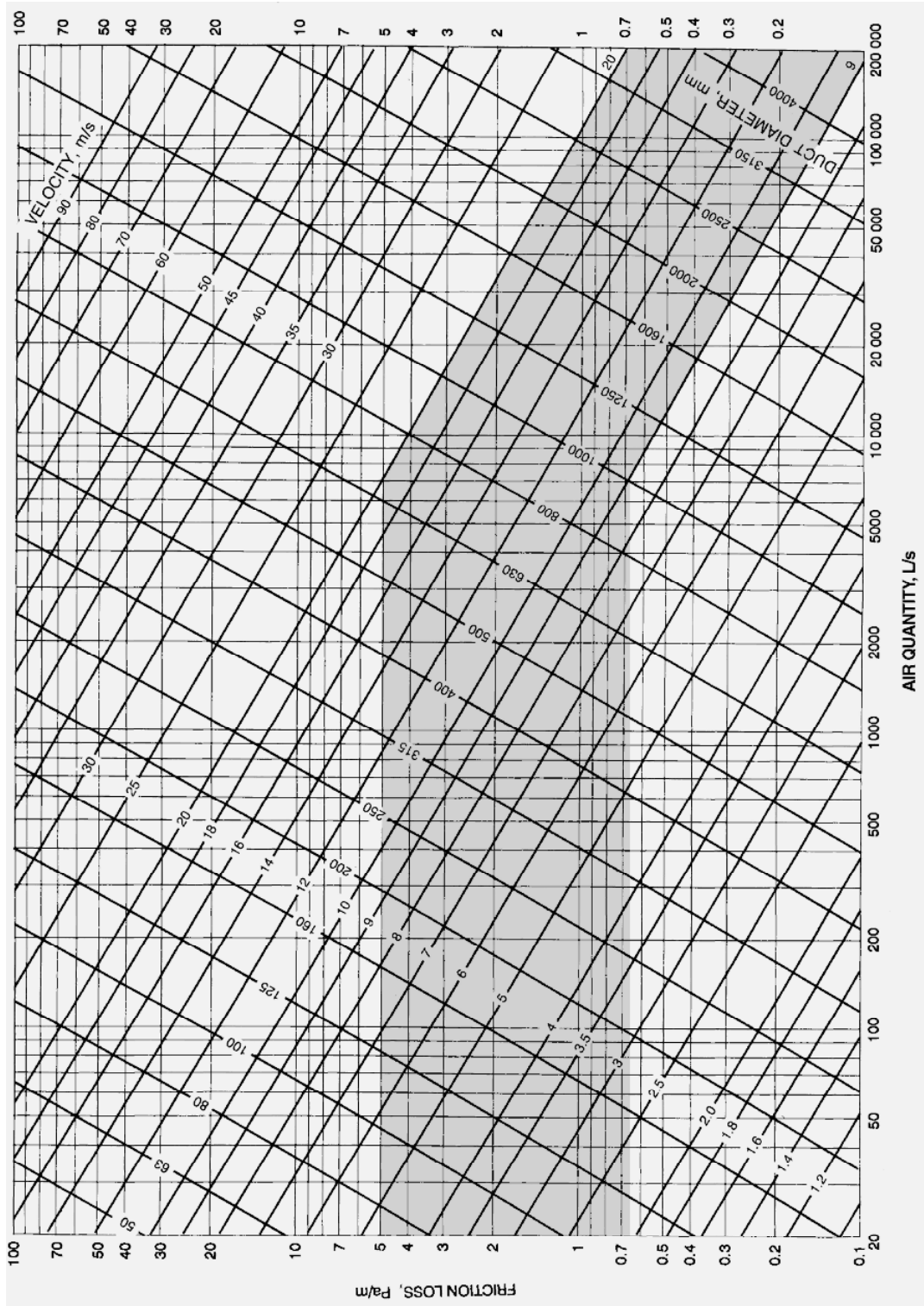


Figure 1. Friction chart for round duct

Table 1. Circular Equivalents of Rectangular Duct for Equal Friction and Capacity

Lgth Adj. ^b	Length One Side of Rectangular Duct (\bar{a}), mm																				
	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900	
	Circular Duct Diameter, mm																				
100	109																				
125	122	137																			
150	133	150	164																		
175	143	161	177	191																	
200	152	172	189	204	219																
225	161	181	200	216	232	246															
250	169	190	210	228	244	259	273														
275	176	199	220	238	256	272	287	301													
300	183	207	229	248	266	283	299	314	328												
350	195	222	245	267	286	305	322	339	354	383											
400	207	235	260	283	305	325	343	361	378	409	437										
450	217	247	274	299	321	343	363	382	400	433	464	492									
500	227	258	287	313	337	360	381	401	420	455	488	518	547								
550	236	269	299	326	352	375	398	419	439	477	511	543	573	601							
600	245	279	310	339	365	390	414	436	457	496	533	567	598	628	656						
650	253	289	321	351	378	404	429	452	474	515	553	589	622	653	683	711					
700	261	298	331	362	391	418	443	467	490	533	573	610	644	677	708	737	765				
750	268	306	341	373	402	430	457	482	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820			
800	275	314	350	383	414	442	470	496	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875		
900	289	330	367	402	435	465	494	522	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	984	
1000	301	344	384	420	454	486	517	546	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	1037	
1100	313	358	399	437	473	506	538	569	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1022	1086	
1200	324	370	413	453	490	525	558	590	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1030	1066	1133	
1300	334	382	426	468	506	543	577	610	642	701	757	808	857	904	948	990	1031	1069	1107	1177	
1400	344	394	439	482	522	559	595	629	662	724	781	835	886	934	980	1024	1066	1107	1146	1220	
1500	353	404	452	495	536	575	612	648	681	745	805	860	913	963	1011	1057	1100	1143	1183	1260	
1600	362	415	463	508	551	591	629	665	700	766	827	885	939	991	1041	1088	1133	1177	1219	1298	
1700	371	425	475	521	564	605	644	682	718	785	849	908	964	1018	1069	1118	1164	1209	1253	1335	
1800	379	434	485	533	577	619	660	698	735	804	869	930	988	1043	1096	1146	1195	1241	1286	1371	
1900	387	444	496	544	590	633	674	713	751	823	889	952	1012	1068	1122	1174	1224	1271	1318	1405	
2000	395	453	506	555	602	646	688	728	767	840	908	973	1034	1092	1147	1200	1252	1301	1348	1438	
2100	402	461	516	566	614	659	702	743	782	857	927	993	1055	1115	1172	1226	1279	1329	1378	1470	
2200	410	470	525	577	625	671	715	757	797	874	945	1013	1076	1137	1195	1251	1305	1356	1406	1501	
2300	417	478	534	587	636	683	728	771	812	890	963	1031	1097	1159	1218	1275	1330	1383	1434	1532	
2400	424	486	543	597	647	695	740	784	826	905	980	1050	1116	1180	1241	1299	1355	1409	1461	1561	
2500	430	494	552	606	658	706	753	797	840	920	996	1068	1136	1200	1262	1322	1379	1434	1488	1589	
2600	437	501	560	616	668	717	764	810	853	935	1012	1085	1154	1220	1283	1344	1402	1459	1513	1617	
2700	443	509	569	625	678	728	776	822	866	950	1028	1102	1173	1240	1304	1366	1425	1483	1538	1644	
2800	450	516	577	634	688	738	787	834	879	964	1043	1119	1190	1259	1324	1387	1447	1506	1562	1670	
2900	456	523	585	643	697	749	798	845	891	977	1058	1135	1208	1277	1344	1408	1469	1529	1586	1696	

		Length One Side of Rectangular Duct (a), mm																				
L.gth Adj. ^b	Circular Duct Diameter, mm	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	
	1000	1093																				
1100	1146	1202																				
1200	1196	1256	1312																			
1300	1244	1306	1365	1421																		
1400	1289	1354	1416	1475	1530																	
1500	1332	1400	1464	1526	1584	1640																
1600	1373	1444	1511	1574	1635	1693	1749															
1700	1413	1486	1555	1621	1684	1745	1803	1858														
1800	1451	1527	1598	1667	1732	1794	1854	1912	1968													
1900	1488	1566	1640	1710	1778	1842	1904	1964	2021	2077												
2000	1523	1604	1680	1753	1822	1889	1952	2014	2073	2131	2186											
2100	1558	1640	1719	1793	1865	1933	1999	2063	2124	2183	2240	2296										
2200	1591	1676	1756	1833	1906	1977	2044	2110	2173	2233	2292	2350	2405									
2300	1623	1710	1793	1871	1947	2019	2088	2155	2220	2283	2343	2402	2459	2514								
2400	1655	1744	1828	1909	1986	2060	2131	2200	2266	2330	2393	2453	2511	2568	2624							
2500	1685	1776	1862	1945	2024	2100	2173	2243	2311	2377	2441	2502	2562	2621	2678	2733						
2600	1715	1808	1896	1980	2061	2139	2213	2285	2355	2422	2487	2551	2612	2672	2730	2787	2842					
2700	1744	1839	1929	2015	2097	2177	2253	2327	2398	2466	2533	2598	2661	2722	2782	2840	2896	2952				
2800	1772	1869	1961	2048	2133	2214	2292	2367	2439	2510	2578	2644	2708	2771	2832	2891	2949	3006	3061			
2900	1800	1898	1992	2081	2167	2250	2329	2406	2480	2552	2621	2689	2755	2819	2881	2941	3001	3058	3115	3170		

^aTable based on $D_e = 1.30(ab)^{0.625}/(a + b)^{0.25}$.

^bLength adjacent side of rectangular duct (b), mm.

Circular Duct Diameter, mm	Minor Axis (a), mm																
	70	100	125	150	175	200	250	275	300	325	350	375	400	450	500	550	600
	Major Axis (A), mm																
125	205																
140	265	180															
160	360	235	190														
180	475	300	235	200													
200		380	290	245	215												
224		490	375	305	—	240											
250			475	385	325	290											
280				485	410	360	—	285									
315				635	525	—	—	345	325								
355				840	—	580	460	425	395	375							
400				1115	—	760	—	530	490	460	435						
450				1490	—	995	—	675	—	570	535	505					
500						1275	—	845	—	700	655	615	580				
560						1680	—	1085	—	890	820	765	720				
630								1425	—	1150	1050	970	905	810			
710										1505	1370	1260	1165	1025			
800											1800	1645	1515	1315	1170	1065	
900												2165	1985	1705	1500	1350	
1000														2170	1895	1690	
1120															2455	2170	1950
1250																2795	2495

3.2.1 Example for Equal Friction Method

Equation friction method တွက်နည်းကို အောက်ပါ ဥပမာ နဲ့ စဉ်းစားကြည့် ကြမည်။

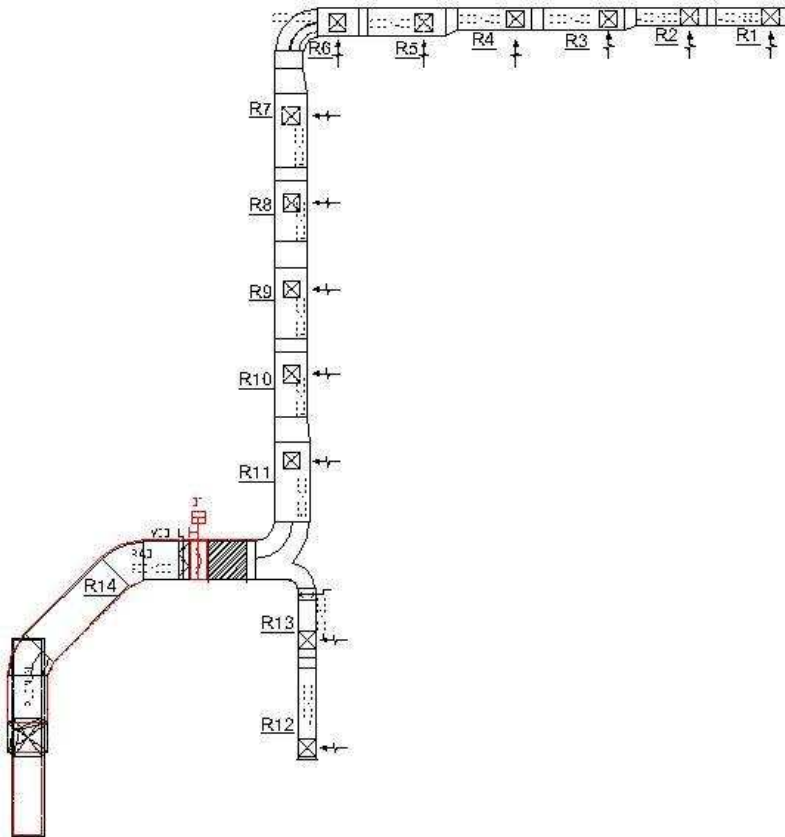


Figure 2. Duct sizing for return duct by equal friction method

Heat load calculation ကိုတွက်ပြီးတာနဲ့ ဘယ်အခန်း အတွက် air flow ဘယ်လောက် ပေးရမလဲ ဆိုတာ ကျွန်တို့ သိပြီး ဖြစ်သည်။ General arrangement drawing (ship's rooms layout) လဲရှိထားပြီး ဖြစ်သည့် အတွက် AHU ကနေ အခန်းတိုင်းသို့ ducting ဘယ်လို run မလဲ ဆိုတာကို schematic diagram ထုတ်ပြီး duct sizing ကို စဉ်း စား လို့ ရပြီလဲ ဖြစ်သည်။

အထက်ပါ ပုံသည် sizing လုပ်ပြီးသော ပုံဖြစ်၍ ၎င်း အတွက် schematic သည် အောက်ပါ diagram (Fig.3) ဖြစ်သည်။ Section numbers တွေကို ကိုယ့်ဟာကို assign လုပ်ပါ။ ထို duct သည် return duct ဖြစ်ပြီး rectangular duct ကိုသုံးမည် ဖြစ်သည်။ Duct sizing လုပ်မည် ဖြစ်၍ schematic က စရမည် ဖြစ်ပြီး size မသိသေးပေ။ Duct sections တွေကို friction chart (Fig.1) တွင်ဖော်ပြ ထားသော suggested range of friction

rate အတွင်းမှာ စပြီး size လုပ်မည်။ Total duct length နှင့် section duct length ကိုလည်း approximately အနေနဲ့ drawing မှတိုင်းယူနိုင်သည်။

- Total duct length is 109 ft (33m)
- The total resistance within the duct is taken 0.1 inch water gauge (about 25 Pa)
- The resistance per 100 ft is 0.09 inch water gauge (about 22.5 Pa), and 0.75 Pa/m

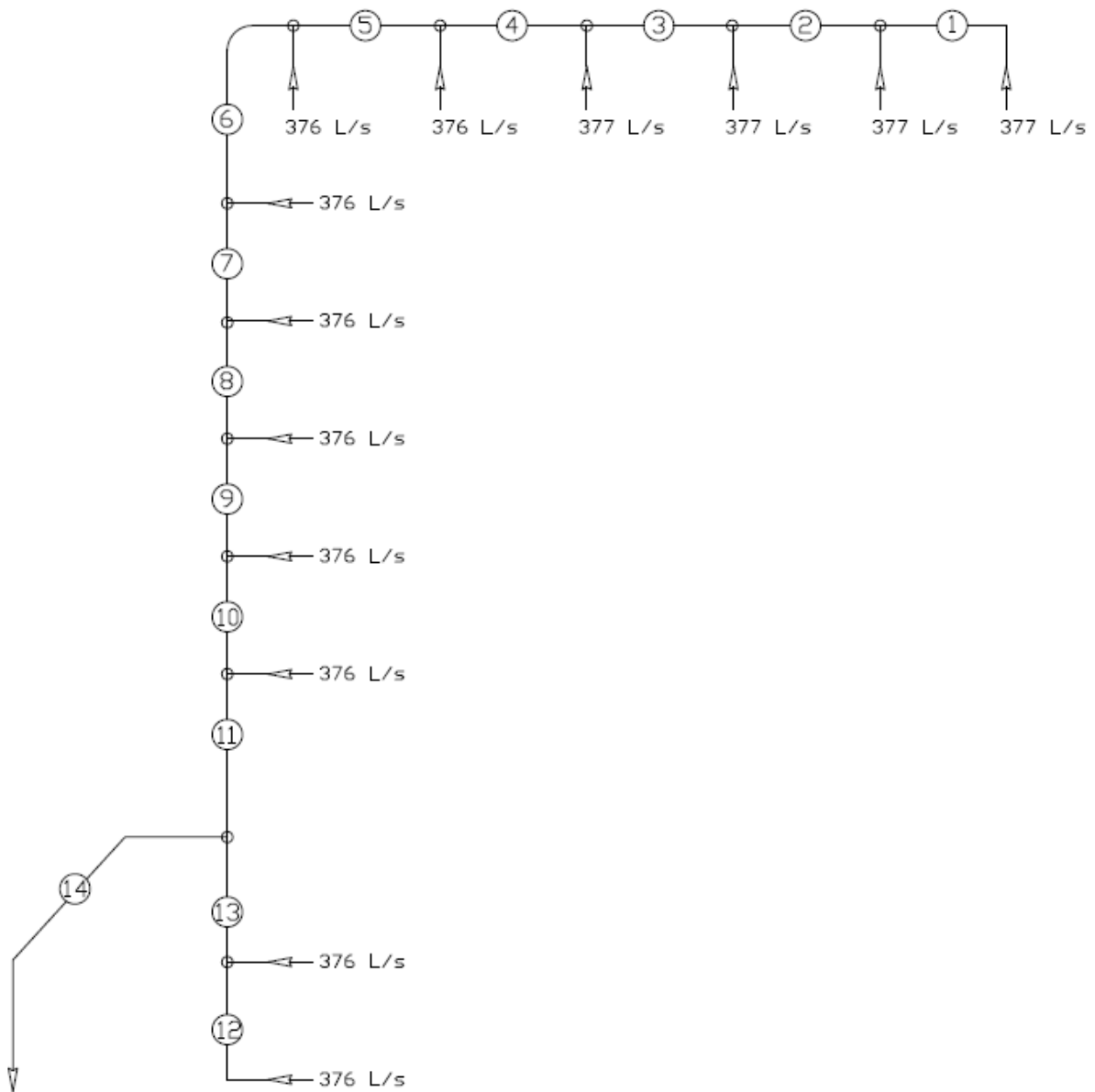


Figure 3. System schematic with section numbers

- Section 1 အတွက် air flow မှာ 377 L/s friction chart တွင်ကြည့်ပါက duct diameter 318mm လောက်ဖြစ်သည်။ Rectangular duct ကိုသုံးမည် ဖြစ်သောကြောင့် circular equivalents to rectangular duct ကို Table 1 တွင်ကြည့်သော အခါ 400x225 တွင် dia. 325mm ဖြစ်သည်။ အနီးစပ်ဆုံး အနေနဲ့ ဒီဆိုဒ် ကိုယူနိုင်သည်။ Available space ကိုကြည့် ပြီး သင့်တော်တာကို ရွေးရန် ဖြစ်သည်။ တခြား ရွေးချယ် နိုင်သော ဆိုဒ်တွေ အများကြီး ရှိသော်လည်း ၎င်းနေရာတွင် duct height ကို သိပ်မများစေချင်သည့် အတွက် ဒီဆိုဒ် ကို ရွေးခြင်း ဖြစ်သည်။

- Section 2 အတွက် air flow မှာ 754 L/s ဖြစ်သောကြောင့် friction chart တွင်ကြည့်ပါက duct diameter 406mm လောက်ဖြစ်သည်။ Circular equivalents to rectangular duct ကို Table 1 တွင်ကြည့်သော အခါ 400x350 တွင် dia. 409mm ဖြစ်သည်။

- အထက်ပါ နည်းအတိုင်း ရှာသော် အောက်ပါ table ရသည်။

- Section number 14 သည် AHU ရဲ့ plenum ကိုအဝင်ဖြစ်သည်။

Duct Section	Duct Element	Air Flow (l/s)	Duct Diameter ^(a) (mm)	Adopted Duct Diameter ^(b) (mm)	Equivalent Rectangular Duct ^(c) (mm)	
R1	Duct	377	318	325	400	225
R2	Duct	754	406	409	400	350
R3	Duct	1131	483	488	500	400
R4	Duct	1508	520	518	500	450
R5	Duct	1884	584	589	650	450
R6	Duct	2260	624	622	650	500
R7	Duct	2636	667	666	750	500
R8	Duct	3012	705	700	750	550
R9	Duct	3388	736	732	750	600
R10	Duct	3764	762	763	750	650
R11	Duct	4140	787	787	800	650
R12	Duct	376	314	314	400	200
R13	Duct	752	406	409	400	350
R14	Duct	4892	838	833	900	650

Table 2. Duct sizing by equal friction method

Section အလိုက် total pressure loss သည် အောက်ပါ အတိုင်းဖြစ်သည်။

Duct Section	Duct Element	Air Flow (l/s)	Duct Size (mm) Equivalent Round		Area (m ²)	Velocity (m/s)	Velocity Pressure (Pa)	Duct Length (m)	Fitting Loss Coefficient, Co	Friction Loss (Pa/m)	Total Pressure (Pa)	Section Pressure Loss (Pa)	ASHRAE Reference
R1	Duct	377	400	225	0.09	4.19		1.38		0.90	1.24		CR11-1
	Fitting	377				4.19			1.10		11.62		
	Air Grille										25 ^(a)	37.86	
R2	Duct	754	400	350	0.14	5.39		1.38		0.90	1.24		CR11-1
	Fitting	754				5.39			1.07		18.68	19.92	
R3	Duct	1131	500	400	0.200	5.66		1.65		0.80	1.32		CR11-1
	Fitting	1131				5.66			0.60		11.55	12.87	
R4	Duct	1508	500	450	0.225	6.70		1.48		1.00	1.48		CR11-1
	Fitting	1508				6.70			0.51		13.79	15.27	
R5	Duct	1884	650	450	0.293	6.44		1.50		0.80	1.20		CR11-1
	Fitting	1884				6.44			0.39		9.69	10.89	
R6	Duct	2260	650	500	0.325	6.95		0.41		0.80	0.33		CR11-1
	Fitting	2260				6.95			0.27		7.81	8.14	
R7	Duct	2636	750	500	0.375	7.03		1.60		0.80	1.28		CR11-1
	Fitting	2636				7.03			0.18		5.47	6.75	
R8	Duct	3012	750	550	0.413	7.30		1.69		0.80	1.36		CR11-1
	Fitting	3012				7.30			0.12		3.93	5.28	
R9	Duct	3388	750	600	0.450	7.53		1.45		0.80	1.16		CR11-1
	Fitting	3388				7.53			0.12		4.18	5.34	
R10	Duct	3764	750	650	0.488	7.72		1.29		0.80	1.04		CR11-1
	Fitting	3764				7.72			0.12		4.19	5.23	
R11	Duct	4140	800	650	0.520	7.96		1.41		0.80	1.13		CR11-1
	Fitting	4140				7.96			0.10		3.82	4.95	
R12	Duct	376	400	225	0.09	4.18		2.00		0.90	1.80		CR11-1
	Fitting	376				4.18			1.10		11.56	13.36	
R13	Duct	752	400	350	0.14	5.37		1.05		0.80	0.84		CR11-1
	Fitting	752	400	350	0.14	5.37			0.95		16.50	17.34	
R14	Duct	4892	900	650	0.59	8.36		4.34		0.80	3.47		CR11-1
	Fitting	4892				8.36			1.77		74.51	77.98	
Total:											241	Pa	

Table 3. Total pressure loss calculation by section

Reference:

- (a) Duct diameter from the friction chart for round duct 'ASHRAE (2001), Chapter 34: Duct Design, Fig.9
- (b) Adopted (nearest) value of circular duct diameter which equivalents of rectangular duct to read from the table of 'ASHRAE (2001), Chapter 34: Duct Design, Table 2
- (c) Design rectangular duct size got from table 'ASHRAE (2001), Chapter 34: Duct Design, Table 2
- (d) ASHRAE fitting No. from Ashrae Duct Fitting Database Program (Version 5.00.00) and 'ASHRAE (2001), Chapter 34: Duct Design,
- (e) Pressure drop based on manufacturer's data Fitting Loss Coefficients'

Duct Section	Type of Fitting	ASHRAE Fitting No. ^(d)	Parameters	Loss Coefficient
R1	Tee, entry	ER5-3	$Q_b/Q_c = 1$	0.91
	Transition	ER4-2	$L=300\text{mm}, A_0/A_1=0.64, \theta=24^\circ$	0.19
Summation of Section 1 loss coefficients				1.10
R2	Tee	ER5-3	$Q_s/Q_c = 0.67$	0.93
	Transition	ER4-2	$L=300\text{mm}, A_0/A_1=0.7, \theta=19^\circ$	0.14
Summation of Section 2 loss coefficients				1.07
R3	Tee	ER5-3	$Q_s/Q_c = 0.75$	0.57
	Transition	ER4-1	$L=300\text{mm}, A_0/A_1=0.89, \theta=10^\circ$	0.03
Summation of Section 3 loss coefficients				0.60
R4	Tee	ER5-3	$Q_s/Q_c = 0.8$	0.38
	Transition	ER4-1	$L=300\text{mm}, A_0/A_1=0.77, \theta=28^\circ$	0.13
Summation of Section 4 loss coefficients				0.51
R5	Tee	ER5-3	$Q_s/Q_c = 0.83$	0.36
	Transition	ER4-1	$L=300\text{mm}, A_0/A_1=0.9, \theta=10^\circ$	0.03
Summation of Section 5 loss coefficients				0.39
R6	Tee	ER5-3	$Q_s/Q_c = 0.86$	0.21
	Elbow	CR3-4	90° elbow, 2 splitter vanes, smooth	0.02
	Transition	ER4-1	$L=600\text{mm}, A_0/A_1=0.87, \theta=10^\circ$	0.04
Summation of Section 6 loss coefficients				0.27
R7	Tee	ER5-3	$Q_s/Q_c = 0.88$	0.16
	Transition	ER4-1	$L=300\text{mm}, A_0/A_1=0.9, \theta=10^\circ$	0.03
Summation of Section 7 loss coefficients				0.18
R8	Tee	ER5-3	$Q_s/Q_c = 0.90$	0.10
	Transition	ER4-1	$L=300\text{mm}, A_0/A_1=0.92, \theta=10^\circ$	0.02
Summation of Section 8 loss coefficients				0.12
R9	Tee	ER5-3	$Q_s/Q_c = 0.9$	0.10
	Transition	ER4-1	$L=300\text{mm}, A_0/A_1=0.92, \theta=10^\circ$	0.02
Summation of Section 9 loss coefficients				0.12
R10	Tee	ER5-3	$Q_s/Q_c = 0.9$	0.10
	Transition	ER4-1	$L=300\text{mm}, A_0/A_1=0.94, \theta=10^\circ$	0.02
Summation of Section 10 loss coefficients				0.12
R11	Tee	ER5-3	$Q_s/Q_c = 0.9$	0.10
	Summation of Section 11 loss coefficients			0.10
R12	Tee	ER5-3	$Q_b/Q_c = 1$	0.91
	Transition	ER4-2	$L=300\text{mm}, A_0/A_1=0.64, \theta=24^\circ$	0.19
Summation of Section 12 loss coefficients				1.10
R13	Tee	ER5-3	$Q_s/Q_c = 0.67$	0.93
	Transition	ER4-2	$L=300\text{mm}, A_0/A_1=0.7, \theta=19^\circ$	0.14
	Volume Damper	CR9-4	$\theta=0^\circ, 4 \text{ blades (opposed)}, L/R=1.1$	0.52
Summation of Section 13 loss coefficients				1.59
R14	Wye	ER5-4	$A_b/A_c = 0.89$	0.26
	Penetration	ER1-1	wall thk 6mm, ext. length 450mm	0.73
	Fire Damper	CR9-6	Curtain type, Type B	0.19
	Volume Damper	CR9-4	$\theta=0^\circ, 5 \text{ blades (opposed)}, L/R=1.2$	0.52
	Elbow	CR3-4	45° elbow, 2 splitter vanes, smooth	0.01
	Elbow	CR3-4	45° elbow, 2 splitter vanes, smooth	0.01
	Elbow	CR3-4	90° elbow, 2 splitter vanes, smooth	0.03
	Plenum	ER2-3	$L=600\text{mm}, \text{Plenum height } 1200\text{mm}$	0.02
Summation of Section 14 loss coefficients				1.77

Table 4. Friction loss coefficient by section

Table 3 ကိုကြည့်ပါ။ ရှင်းစရာ ဆို၍ velocity pressure (Pa), fitting loss coefficient (Co), friction loss (Pa/m) သာရှိသည်။

Velocity pressure (Pa)

Fitting တွေအတွက် pressure loss ကိုတွက်ချက်ရန်ဖြစ်သည်။ Formula အနေနဲ့ အောက်ပါ အတိုင်းဖြစ်သည်။

Pressure loss for fitting = velocity pressure x friction loss coefficient (Pa)

Where, Velocity pressure = $\rho V^2/2$ (Pa) -----(Equation 3.1)

$\rho = 1.204 \text{ kg/m}^3$ (for standard air)

Fitting loss coefficient

ASHRAE မှ duct fitting database program ကို 1994 တွင် ထုတ်ထားတာ ရှိသည်။ Fitting loss coefficients တွေကို ၎င်း database မှ တိုက်ရိုက် ယူသုံးနိုင်သည်။ Duct size နှင့် air quantity ထည့်ပေးလိုက်လျှင် loss coefficient ကို program မှ တွက်ချက်၍ output အနေနဲ့ ထုတ်ပေးသည်။ ဥပမာ ကြည့်ပါ။

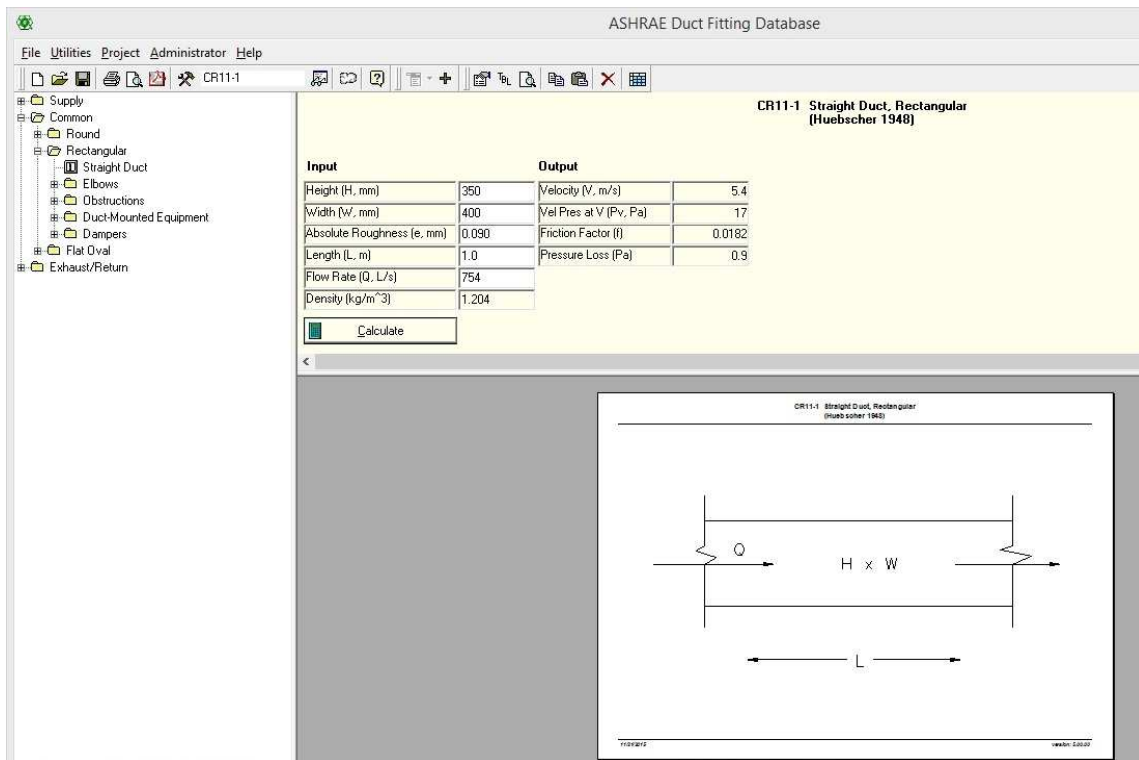


Figure 4. ASHRAE duct fitting database program

Friction loss (Duct pressure loss) (Pa/m)

The straight duct friction factor f , pressure loss ကို အောက်ပါ equation များမှ တွက်ယူရမည်။

တကယ်တမ်းတော့ ASHRAE duct fitting database program တွင် straight duct အတွက်လည်း ပါပြီး ဖြစ်သဖြင့် program မှရယူနိုင်သည်။ အပေါ်ပုံကို ကြည့်ပါ။

$$\Delta p_f = \frac{1000fL}{D_h} \frac{\rho V^2}{2} \text{ -----(Equation 3.2)}$$

၎င်း equation သည် Darcy equation ဖြစ်သည်။

Where,

- Δp_f = friction losses in terms of total pressure, Pa
- f = friction factor, dimensionless
- L = duct length, m
- D_h = hydraulic diameter [Equation (24)], mm
- V = velocity, m/s
- ρ = density, kg/m³

Friction factor (f) ကို ရှာရန် အတွက် အောက်ပါ equation ကို အသုံးပြု ရသည်။

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3.7D_h} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) \text{ -----(Equation 3.3)}$$

၎င်း equation သည် Colebrook's equation ဖြစ်သည်။

where

- ϵ = material absolute roughness factor, mm
- Re = Reynolds number

ϵ - material absolute roughness factor သည် galvanized steel duct, medium smooth တွေအတွက် 0.09mm ယူရမည်။

Colebrook's equation ကို Altshul and Tsai ဆိုသူ နှစ်ဦး၏ ထပ်မံ ဖြည့်စွက် ချက်အရ

$$f' = 0.11 \left(\frac{\epsilon}{D_h} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25}$$

If $f' \geq 0.018$: $f = f'$
 If $f' < 0.018$: $f = 0.85f' + 0.0028$ -----(Equation 3.4)

Reynolds number ကို အောက်ပါ ဖော်မြူလာ မှ ရမည်။

$$Re = \frac{D_h V}{1000\nu} \text{ -----(Equation 3.5)}$$

where ν = kinematic viscosity, m^2/s .

Standard air အတွက် Re ကို အောက်ပါ ဖော်မြူလာ အရ ပိုမို ရိုးရှင်းစွာ တွက်ယူနိုင်သည်။

$$Re = 66.4D_h V \text{ -----(Equation 3.6)}$$

Hydraulic diameter ကို အောက်ပါ အတိုင်း တွက်ပါ။

$$D_h = 4A/P \text{ -----(Equation 3.7)}$$

where

D_h = hydraulic diameter, mm

A = duct area, mm^2

P = perimeter of cross section, mm

-----xxxxxxx-----

Table 3 မှ R2 ကိုကြည့်ပါ။ Total pressure loss for straight duct 1.38m အတွက် database program ကို တိုက်ရိုက် သုံးခြင်းမှ 1.24 Pa ရသည်။ အထက်တွင် ဖော်ပြထားသော equation များကို သုံး၍ တွက်သောအခါ 1.16 Pa ရ၏။ ဒေတာတွေကို ပြန်ချိန်ကိုက် ကြည့်နိုင်သည်။

$$Re = 133,862$$

$$D_h = 373 \text{ mm}$$

$$f = 0.018$$

$$\rho = 1.204 \text{ kg/m}^3$$

$$L = 1.38\text{m}$$

$$V = 5.4\text{m/s}$$

Finally, it gives $\Delta P_f = 1.16 \text{ Pa}$

Duct fitting database မှ friction loss coefficients တစ်ချို့ကို ဤအခန်း၏ နောက်ဆုံး စာမျက်နှာ များတွင် ဖော်ပြ ပေးထားသည်။

3.3 Static Regain Method

ဒီ method ရဲ့ ရည်ရွယ်ချက် ကတော့ diverging flow conjunctions တွေတိုင်းမှာ တူညီတဲ့ static pressure ရစေရန် downstream duct size တွေကို ပြောင်းပေးချင်းဖြစ်သည်။ ပိုမို ရှင်းလင်း စေရန် အတွက် formula derivation ကိုသိရှိထားဖို့ လိုသည်။

Bernoulli equation ကိုရင်းနှီးပြီး သူများ ရှိပါလိမ့်မည်။

$$\frac{\rho_1 V_1^2}{2} + P_1 + g\rho_1 z_1 = \frac{\rho_2 V_2^2}{2} + P_2 + g\rho_2 z_2 + \Delta p_{t,1-2} \text{ -----(Equation 3.8)}$$

Where,

V_1 & V_2 = average duct velocity at section 1 & 2, m/s

P = absolute pressure at section 1 & 2, Pa (N/m²)

ρ = density at section 1 & 2, kg/m³

g = acceleration due to gravity, m/s²

z_1 & z_2 = elevation, m

$\Delta p_{t,1-2}$ = total pressure loss due to friction and dynamic losses between sections 1 and 2, Pa

အထက်ပါ equation တွင် atmospheric air pressure (p_{z1} and p_{z2}) at heights z_1 & z_2 ကို သက်ဆိုင်ရာ section 1 & 2 ၌ ပေါင်းဖြင်း နှုတ်ခြင်း ပြုလုပ်သော် အောက်ပါ equation ရရှိသည်။

$$\begin{aligned} & \frac{\rho_1 V_1^2}{2} + P_1 + (p_{z1} - p_{z1}) + g\rho_1 z_1 \\ = & \frac{\rho_2 V_2^2}{2} + P_2 + (p_{z2} - p_{z2}) + g\rho_2 z_2 + \Delta p_{t,1-2} \text{ -----(Equation 3.9)} \end{aligned}$$

atmospheric pressure (p_{z1} and p_{z2}) at any elevation ကို in terms of the atmospheric pressure (p_a) at the same datum elevation တွင်ဖော်ပြပါက အောက်ပါ အတိုင်းဖြစ်သည်။

$$p_{z1} = p_a - g\rho_1 z_1 \text{ -----(Equation 3.10)}$$

$$p_{z2} = p_a - g\rho_2 z_2 \text{ -----(Equation 3.11)}$$

အထက်ပါ p_{z1} နှင့် p_{z2} ကို ဒုတိယ equation တွင် အစားသွင်းပါက

$$\Delta p_{t,1-2} = \left(p_{s,1} + \frac{\rho V_1^2}{2} \right) - \left(p_{s,2} + \frac{\rho V_2^2}{2} \right) + g(\rho_a - \rho)(z_2 - z_1) \quad \text{-----(Equation 3.12)}$$

ဟူ၍ ဖော်ပြနိုင်သည်။

ဒီနေရာမှာ sections 1 and 2 ကြားမှာ temperature change မရှိဟု ယူဆ၍ density ρ_1 နှင့် ρ_2 တူညီသည်။

Where,

$p_{s,1}$ = static pressure, gage at elevation z_1 , Pa

$p_{s,2}$ = static pressure, gage at elevation z_2 , Pa

ρ_a = density of ambient air, kg/m³

ρ = density of air or gas within duct, kg/m³

Δp_t = total pressure change between sections 1 and 2, Pa

$\Delta p_{t,1-2}$ = total pressure loss due to friction and dynamic losses between sections 1 and 2, Pa

နောက်ဆုံး ရဲ့ equation သည် Static Regain Method ရဲ့ design objective ကို စတင်အသုံးချရာတွင် အသုံးပြုသော formula ဖြစ်သည်။

Diverging flow conjunctions တွေတိုင်းမှာ တူညီတဲ့ static pressure ရစေဖို့ ဆိုလျှင် $p_{s,1}$ နှင့် $p_{s,2}$ တူညီပေးရမည်။ ထိုသို့ ဆိုလျှင် အောက် ပါ အတိုင်း ဖြစ်သွားမည်။ (Thermal gravity effect term ကိုတော့ neglect လုပ်ရမည်)

$$p_{s,1} - p_{s,2} = \Delta p_{t,1-2} - \left[\frac{\rho V_1^2}{2} - \frac{\rho V_2^2}{2} \right]$$

$$\Delta p_{t,1-2} = \frac{\rho V_1^2}{2} - \frac{\rho V_2^2}{2} \quad \text{-----(Equation 3.13)}$$

where $\Delta p_{t,1-2}$ is the total pressure loss from upstream of junction 1 to upstream of junction 2, or the terminal of section 2.

ရွေးချယ် လိုက်သော Downstream duct size သည် အထက်ပါ equation ကို ပြေလည်စေရန် အတွက် iteration method ကို အသုံးပြုရ ပေမည်။

- System design ကိုစတင်ရန် အတွက် root section အတွက် maximum velocity ကို အရင် ရွေးချယ် ပေးရမည် ဖြစ်သည်။ Root section ဆိုသည်မှာ fan ရဲ့ အဝင် (သို့) အထွက် velocity ကို ဆိုလိုခြင်း ဖြစ်သည်။ အောက်ပါ ပုံတွင် section 6 သည် return air subsystem ရဲ့ root ဖြစ်ပြီး section 19 သည် supply air subsystem ရဲ့ root ဖြစ်သည်။

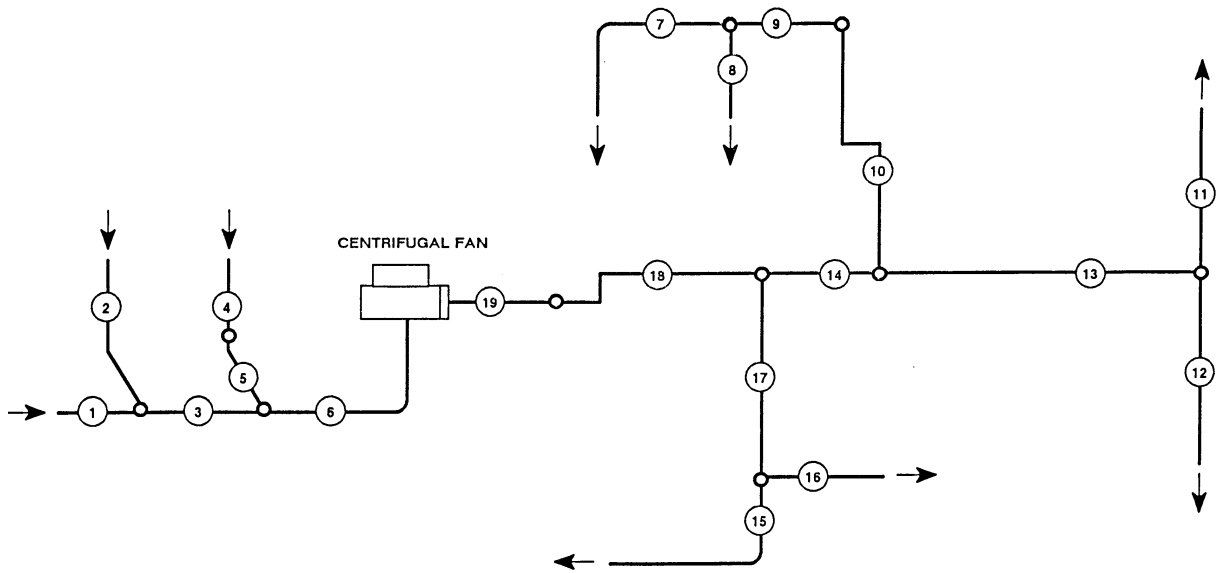


Figure 5. System schematic with section numbers

- Friction chart တွင် အမည်းရောင် ချယ်ထားသော ဧရိယာ သည် suggested range of air velocity ကို ဖော် ပြ ထားသော နေရာ ဖြစ်သည်။ Energy cost မြင့်ပြီး ductwork installation cost နိမ့်လိုပါက lower initial velocity ကို ရွေးချယ်ခြင်းက စီးပွားရေး အရ တွက်ချေ ကိုက်သည်။ Energy cost နိမ့်ပြီး ductwork installation cost မြင့်တာ ကို ကြိုက်လျှင် higher velocity ကို ရွေးချယ်ခြင်းက စီးပွားရေး အရ ပိုမို တွက်ချေ ကိုက်ပေသည်။

- Terminal sections များမှ အပ တခြား sections များအားလုံးကို Equation 3.13 ကိုသုံး၍ iteration နည်းဖြင့် ပြေလည်အောင် ဖြေရှင်းရမည်။ Terminal sections များမှာ air inlets and outlets များဖြစ်သည့် 1, 2, 4, 7, 8, 11, 12, 15, and 16 တို့ ဖြစ်သည်။ Terminal static pressure requirements တွေကို သိနေခြင်း ဖြင့် ၎င်း sections တွေရဲ့ duct size ကို Equation 3.13 ကို သုံးပြီး တွက်ချက် နိုင်သည်။ တကယ်လို့ terminal ဟာ register, diffuser, or terminal box တို့ ဆိုတာထက် exit fitting ဖြစ်နေမယ် ဆိုရင် static pressure at the exit of the terminal section ကို zero လို့ယူရပါမယ်။

3.3.1 Example for Static Regain Method

Static regain method တွက်နည်းကို အောက်ပါ ဥပမာ နဲ့ စဉ်းစားကြည့် ကြမည်။

$$\Delta p_{t,1-2} = \frac{\rho \cdot V_1^2}{2} - \frac{\rho \cdot V_2^2}{2} \text{ -----(Equation 3.13)}$$

$$\Delta p_{t,1-2} - \left(\frac{\rho(V_1^2 - V_2^2)}{2} \right) = 0 \text{ -----(Equation 3.14)}$$

$\Delta p_{t,1-2}$ = total pressure loss across one section

$\frac{\rho V_1^2}{2}$ = velocity pressure of current duct section

$\frac{\rho V_2^2}{2}$ = velocity pressure of following duct section

- Equation 3.14 ကိုအသုံးပြုပြီး iteration process ကိုစရမည် ဖြစ်သည်။ စတင်သည့် duct size နှင့် velocity ကို friction chart မှ suggested range မှ ယူရမည်။ နောက်လာမည့် section ရဲ့ duct size ကိုတော့ ခန့်မှန်းပြီး ထည့်ရ မှာ ဖြစ်သည်။ Air flow ကတော့ section နှစ်ခု စလုံးအတွက် သိပြီးသား ဖြစ်သည်။ အနီးစပ် ဆုံး ခန့်မှန်း နိုင်လျှင်တော့ equation က စောစော စီးစီး ပြေလည် မည် ဖြစ်သည်။

- Equation 3.14 တွင် Zero ဖြစ်သွားအောင် ရဖို့တော့ မလွယ်ကူလှပါ။ အနီးစပ် ဆုံး zero အနားသို့ ချဉ်းကပ် သွားပြီ ဆိုလျှင် တော့ ၎င်း duct size ကိုယူသုံးလျှင် အဆင်ပြေနိုင်ပါသည်။

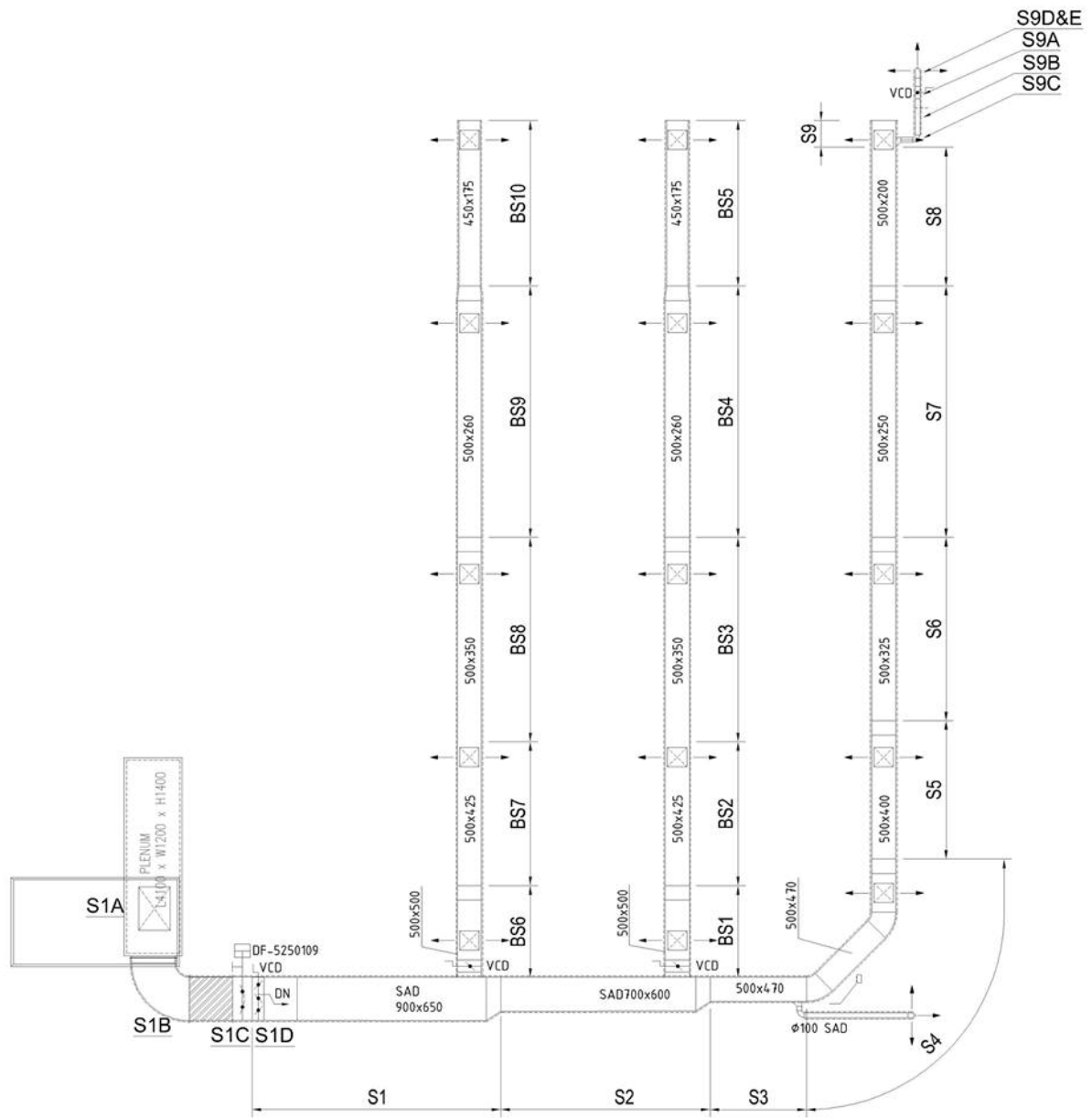


Figure 6. Duct sizing for supply duct by static regain method

(*N1) Duct Section	Duct Element	Air Flow (l/s)	Duct Width (mm)	Duct Height (mm)	Area (m ²)	Velocity (m/s)	Velocity Pressure (Pa)	Duct Length (m)	Loss Coefficient, Co	Friction Loss (Pa/m)	Total Pressure (Pa)	Section Pressure Loss (Pa)	ΔPv	ΔPt - ΔPv (to get the value closest to 0)	ASHRAE Reference	Remark
S1	Duct	5343	900	650	0.585	9.13		2.5		0.85	2.13		6.70	-0.56		
	Fitting	5343	900	650	0.585	9.13	50.22		0.08		4.02	6.14			SR5-13	
S2	Duct	3571	700	600	0.420	8.50		3.424		0.9	3.08		8.24	-0.81		
	Fitting	3571	700	600	0.420	8.50	43.52		0.1		4.35	7.43			SR5-13	
S3	Duct	1799	500	470	0.235	7.66		3.17		1	3.17		0.55	4.03		
	Fitting	1799	500	470	0.235	7.66	35.28		0.04		1.41	4.58			SR5-13	
S4	Elbow	1785	500	470	0.235	7.60	34.73		0.05		1.74		3.91	0.60		CR3-3
	Duct	1785	500	470	0.235	7.60		0.72		1.2	0.86					
	Fitting	1785	500	470	0.235	7.60	34.73		0.055		1.91	4.51			SR5-13	
S5	Duct	1431	500	400	0.200	7.16		3.47		1.1	3.82		4.38	0.67		
	Fitting	1431	500	400	0.200	7.16	30.82		0.04		1.23	5.05			SR5-13	
S6	Duct	1077	500	325	0.163	6.63		3.47		0.9	3.12		6.30	-0.01		
	Fitting	1077	500	325	0.163	6.63	26.44		0.12		3.17	6.30			SR5-13	
S7	Duct	723	500	250	0.125	5.78		4.69		0.85	3.99		11.94	0.50		
	Fitting	723	500	250	0.125	5.78	20.14		0.42		8.46	12.45			SR5-13	
S8	Duct	369	500	200	0.100	3.69		3.48		0.5	1.74		1.59	0.48		
	Fitting	369	500	200	0.100	3.69	8.20		0.04		0.33	2.07			SR5-13	
S9	Duct	14	65	65	0.004	3.31	6.61									To use Dia.100mm

Pressure Loss of other section

A. The segments before Section "S1"

S1A	Plenum	5343	900	650	0.585	9.13			0.13		6.53	6.53				
S1B	Elbow (90°)	5343	900	650	0.585	9.13			0.02		1.00	1.00				
S1C	Fire Damper	5343	900	650	0.585	9.13					50.00	50.00				
S1D	Volume Damper	5343	900	650	0.585	9.13					50.00	50.00				

SR1-1
CR3-4

B. The segments after Section "S8"

S9A	Volume Damper	14	89	89	0.008	1.77					50.00	50.00				
S9B	Duct	14	89	89	0.008	1.77		1.35		0.60	0.81	0.81				
S9C	Elbow (90°)	14	89	89	0.008	1.77			0.21		0.39	0.39				
S9D	Flexible duct	14	89	89	0.008	1.77		0.50		1	0.50	0.50				
S9E	Air Diffuser	14									25	25.00				

CD11-1
CD3-1
CD11-2

Press Loss (Supply System) 232.8

Branches- Duct Sizing By Static Regain Calculation

(*N1) Duct Section	Duct Element	Air Flow (l/s)	Duct Width (mm)	Duct Height (mm)	Area (m ²)	Velocity (m/s)	Velocity Pressure (Pa)	Duct Length (m)	Loss Coefficient, Co	Friction Loss (Pa/m)	Total Pressure (Pa)	Section Pressure Loss (Pa)	ΔPv	ΔPt - ΔPv (to get the value closest to 0)	ASHRAE Reference
BS1	Duct	1772	500	500	0.250	7.09		1.5		0.9	1.35		3.44	-0.88	
	Fitting	1772	500	500	0.250	7.09	30.24		0.04		1.21	2.56			SR5-13
BS2	Duct	1418	500	425	0.213	6.67		2.97		0.87	2.58		4.55	-0.09	
	Fitting	1418	500	425	0.213	6.67	26.81		0.07		1.88	4.46			SR5-13
BS3	Duct	1064	500	350	0.175	6.08		3.66		0.81	2.96		4.30	0.45	
	Fitting	1064	500	350	0.175	6.08	22.25		0.08		1.78	4.74			SR5-13
BS4	Duct	710	500	260	0.130	5.46		4.91		0.76	3.73		5.02	0.68	
	Fitting	710	500	260	0.130	5.46	17.96		0.11		1.98	5.71			SR5-13
BS5	Duct	365	450	175	0.079	4.63		3.43		0.75	2.57				
	Fitting	365	450	175	0.079	4.63	12.93								
BS6	Duct	1772	500	500	0.250	7.09		1.5		0.9	1.35		3.44	-0.88	
	Fitting	1772	500	500	0.250	7.09	30.24		0.04		1.21	2.56			SR5-13
BS7	Duct	1418	500	425	0.213	6.67		2.97		0.87	2.58		4.55	-0.09	
	Fitting	1418	500	425	0.213	6.67	26.81		0.07		1.88	4.46			SR5-13
BS8	Duct	1064	500	350	0.175	6.08		3.66		0.81	2.96		4.30	0.45	
	Fitting	1064	500	350	0.175	6.08	22.25		0.08		1.78	4.74			SR5-13
BS9	Duct	710	500	260	0.130	5.46		4.91		0.76	3.73		5.02	0.68	
	Fitting	710	500	260	0.130	5.46	17.96		0.11		1.98	5.71			SR5-13
BS10	Duct	365	450	175	0.079	4.63		3.43		0.75	2.57				
	Fitting	365	450	175	0.079	4.63	12.93								

Table 5. Supply duct sizing by static regain method

FITTING LOSS COEFFICIENTS

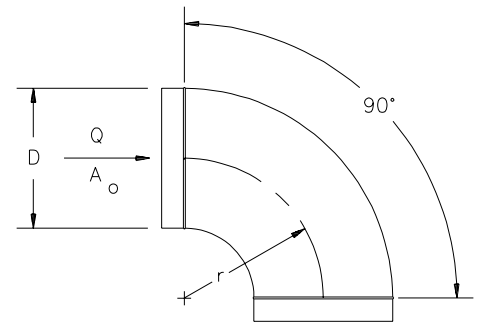
Fittings to support Examples 8 and 9 and some of the more common fittings are reprinted here.

For the complete fitting database see the *Duct Fitting Database* (ASHRAE 1994).

ROUND FITTINGS

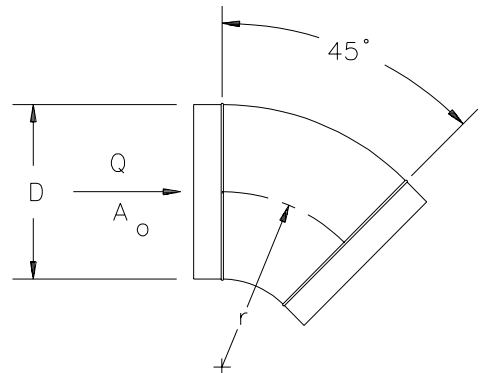
CD3-1 Elbow, Die Stamped, 90 Degree, $r/D = 1.5$

D , mm	75	100	125	150	180	200	230	250
C_o	0.30	0.21	0.16	0.14	0.12	0.11	0.11	0.11



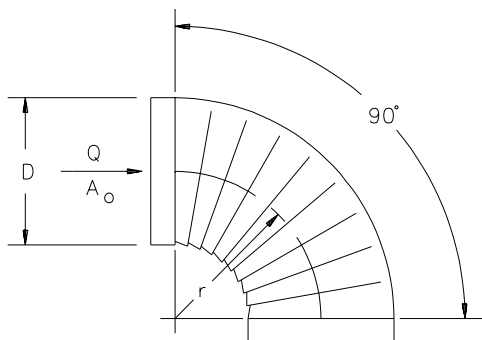
CD3-3 Elbow, Die Stamped, 45 Degree, $r/D = 1.5$

D , mm	75	100	125	150	180	200	230	250
C_o	0.18	0.13	0.10	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07



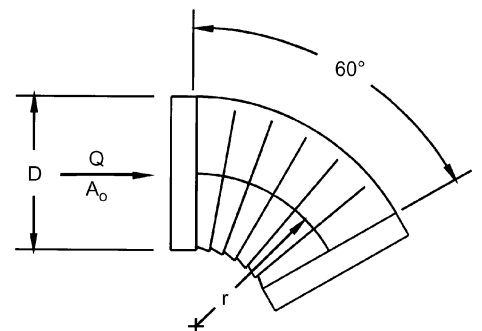
CD3-5 Elbow, Pleated, 90 Degree, $r/D = 1.5$

D , mm	100	150	200	250	300	350	400
C_o	0.57	0.43	0.34	0.28	0.26	0.25	0.25



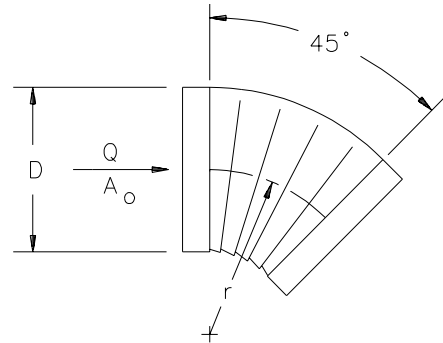
CD3-6 Elbow, Pleated, 60 Degree, $r/D = 1.5$

D , mm	100	150	200	250	300	350	400
C_o	0.45	0.34	0.27	0.23	0.20	0.19	0.19



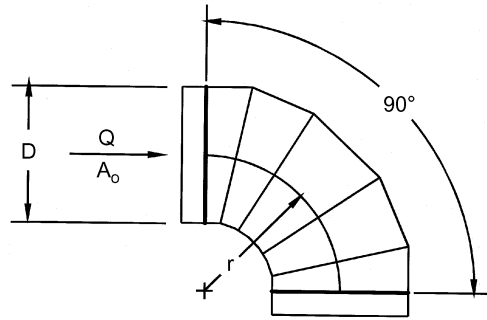
CD3-7 Elbow, Pleated, 45 Degree, $r/D = 1.5$

$D, \text{ mm}$	100	150	200	250	300	350	400
C_o	0.34	0.26	0.21	0.17	0.16	0.15	0.15



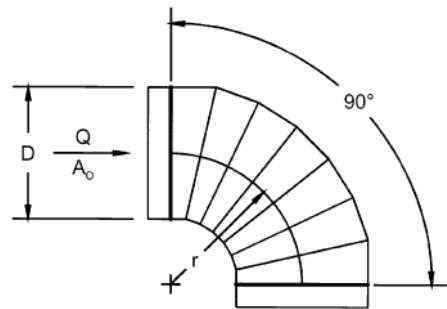
CD3-9 Elbow, 5 Gore, 90 Degree, $r/D = 1.5$

$D, \text{ mm}$	75	150	230	300	380	450	530	600	690	750	1500
C_o	0.51	0.28	0.21	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.12



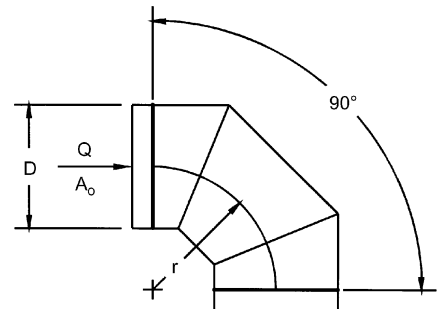
CD3-10 Elbow, 7 Gore, 90 Degree, $r/D = 2.5$

$D, \text{ mm}$	75	150	230	300	380	450	690	1500
C_o	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.03



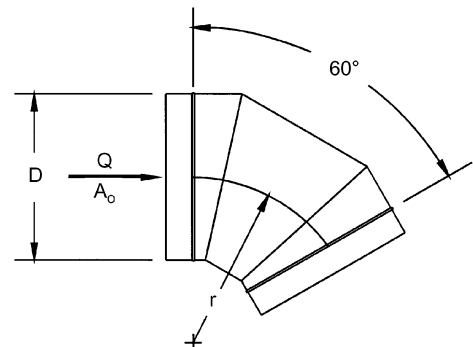
CD3-12 Elbow, 3 Gore, 90 Degree, $r/D = 0.75$ to 2.0

r/D	0.75	1.00	1.50	2.00
C_o	0.54	0.42	0.34	0.33



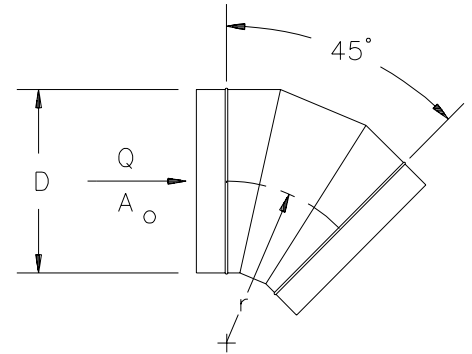
CD3-13 Elbow, 3 Gore, 60 Degree, $r/D = 1.5$

$D, \text{ mm}$	75	150	230	300	380	450	530	600	690	750	1500
C_o	0.40	0.21	0.16	0.14	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09



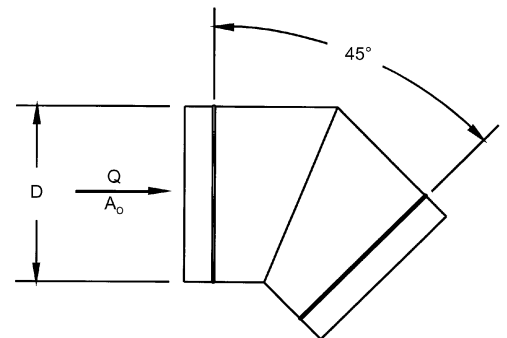
CD3-14 Elbow, 3 Gore, 45 Degree, $r/D = 1.5$

D, mm	75	150	230	300	380	450	530	600	690	750	1500
C_o	0.31	0.17	0.13	0.11	0.11	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07



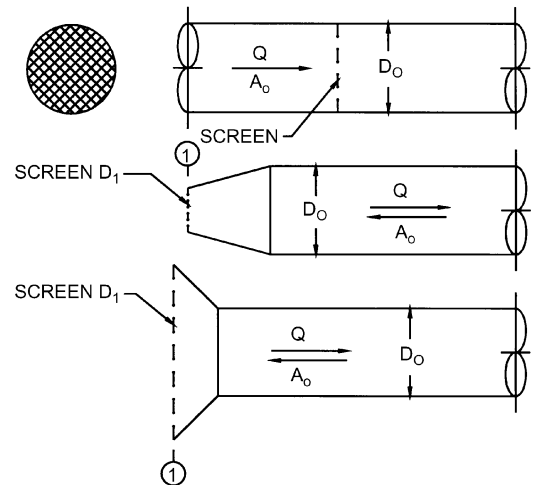
CD3-17 Elbow, Mitered, 45 Degree

D, mm	75	150	230	300	380	450	530	600	690	1500
C_o	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34



CD6-1 Screen (Only)

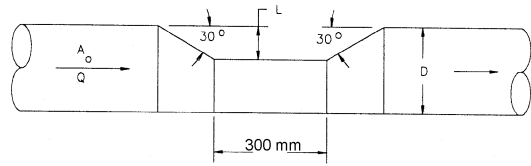
A_1/A_o	C_o Values												
	n												
	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.90	1.00
0.2	155.00	102.50	75.00	55.00	41.25	31.50	24.25	18.75	14.50	11.00	8.00	3.50	0.00
0.3	68.89	45.56	33.33	24.44	18.33	14.00	10.78	8.33	6.44	4.89	3.56	1.56	0.00
0.4	38.75	25.63	18.75	13.75	10.31	7.88	6.06	4.69	3.63	2.75	2.00	0.88	0.00
0.5	24.80	16.40	12.00	8.80	6.60	5.04	3.88	3.00	2.32	1.76	1.28	0.56	0.00
0.6	17.22	11.39	8.33	6.11	4.58	3.50	2.69	2.08	1.61	1.22	0.89	0.39	0.00
0.7	12.65	8.37	6.12	4.49	3.37	2.57	1.98	1.53	1.18	0.90	0.65	0.29	0.00
0.8	9.69	6.40	4.69	3.44	2.58	1.97	1.52	1.17	0.91	0.69	0.50	0.22	0.00
0.9	7.65	5.06	3.70	2.72	2.04	1.56	1.20	0.93	0.72	0.54	0.40	0.17	0.00
1.0	6.20	4.10	3.00	2.20	1.65	1.26	0.97	0.75	0.58	0.44	0.32	0.14	0.00
1.2	4.31	2.85	2.08	1.53	1.15	0.88	0.67	0.52	0.40	0.31	0.22	0.10	0.00
1.4	3.16	2.09	1.53	1.12	0.84	0.64	0.49	0.38	0.30	0.22	0.16	0.07	0.00
1.6	2.42	1.60	1.17	0.86	0.64	0.49	0.38	0.29	0.23	0.17	0.13	0.05	0.00
1.8	1.91	1.27	0.93	0.68	0.51	0.39	0.30	0.23	0.18	0.14	0.10	0.04	0.00
2.0	1.55	1.03	0.75	0.55	0.41	0.32	0.24	0.19	0.15	0.11	0.08	0.04	0.00
2.5	0.99	0.66	0.48	0.35	0.26	0.20	0.16	0.12	0.09	0.07	0.05	0.02	0.00
3.0	0.69	0.46	0.33	0.24	0.18	0.14	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.02	0.00
4.0	0.39	0.26	0.19	0.14	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00
6.0	0.17	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00



n = free area ratio of screen
 A_o = area of duct
 A_1 = cross-sectional area of duct or fitting where screen is located

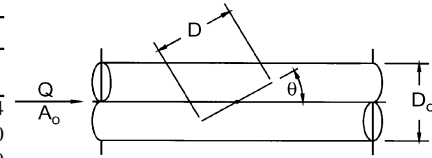
CD6-4 Round Duct, Depressed to Avoid an Obstruction

$C_o = 0.24$



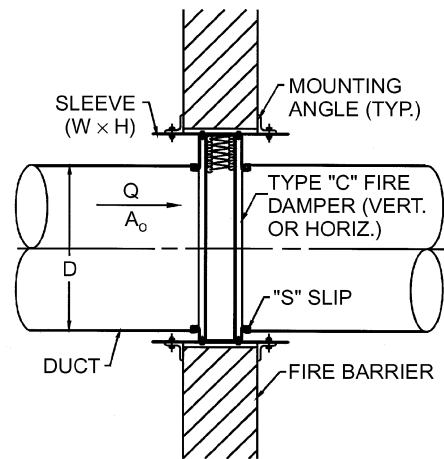
CD9-1 Damper, Butterfly

D/D_o	C_o Values												
	0	10	20	30	40	50	60	70	75	80	85	90	
0.5	0.19	0.27	0.37	0.49	0.61	0.74	0.86	0.96	0.99	1.02	1.04	1.04	1.04
0.6	0.19	0.32	0.48	0.69	0.94	1.21	1.48	1.72	1.82	1.89	1.93	1.93	2.00
0.7	0.19	0.37	0.64	1.01	1.51	2.12	2.81	3.46	3.73	3.94	4.08	4.08	6.00
0.8	0.19	0.45	0.87	1.55	2.60	4.13	6.14	8.38	9.40	10.30	10.80	15.00	15.00
0.9	0.19	0.54	1.22	2.51	4.97	9.57	17.80	30.50	38.00	45.00	50.10	100.00	100.00
1.0	0.19	0.67	1.76	4.38	11.20	32.00	113.00	619.00	2010.00	10350.00	99999.00	99999.00	99999.00



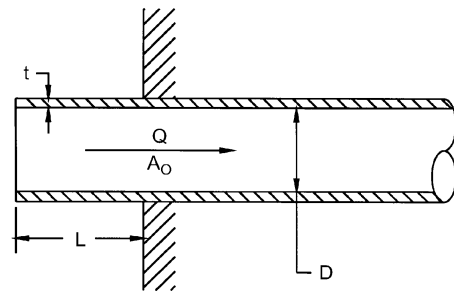
CD9-3 Fire Damper, Curtain Type, Type C

$C_o = 0.12$



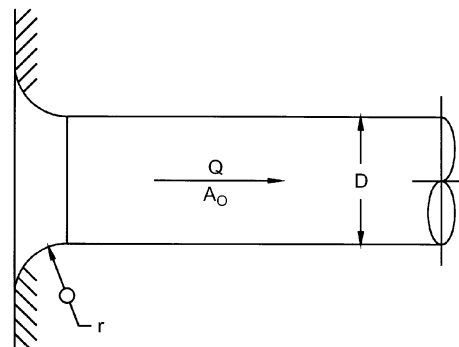
ED1-1 Duct Mounted in Wall

t/D	C_o Values									
	0.00	0.002	0.01	0.05	0.10	0.20	0.30	0.50	10.00	
0.00	0.50	0.57	0.68	0.80	0.86	0.92	0.97	1.00	1.00	1.00
0.02	0.50	0.51	0.52	0.55	0.60	0.66	0.69	0.72	0.72	0.72
0.05	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
10.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50



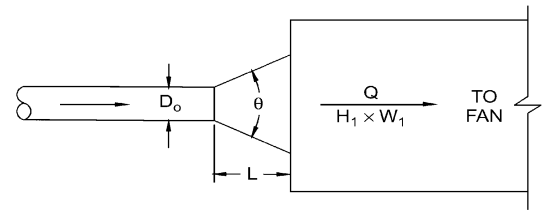
ED1-3 Bellmouth, with Wall

r/D	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.16	0.20	10.00
C_o	0.50	0.44	0.37	0.31	0.26	0.22	0.20	0.15	0.12	0.09	0.06	0.03	0.03



ED2-1 Conical Diffuser, Round to Plenum, Exhaust/Return Systems

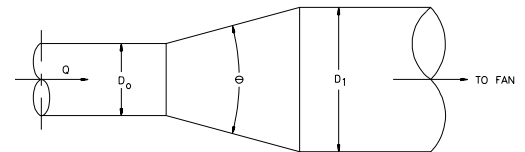
A_1/A_o	C_o Values										
	L/D_o										
	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0
1.5	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10	0.11	0.13
2.0	0.08	0.06	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.08	0.09	0.10
2.5	0.13	0.09	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09
3.0	0.17	0.12	0.09	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08
4.0	0.23	0.17	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
6.0	0.30	0.22	0.16	0.13	0.12	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08
8.0	0.34	0.26	0.18	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09
10.0	0.36	0.28	0.20	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09
14.0	0.39	0.30	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10	0.10	0.10
20.0	0.41	0.32	0.24	0.20	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.11	0.10



A_1/A_o	Optimum Angle θ										
	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0
1.5	34	20	13	9	7	6	4	3	2	2	2
2.0	42	28	17	12	10	9	8	6	5	4	3
2.5	50	32	20	15	12	11	10	8	7	6	5
3.0	54	34	22	17	14	12	11	10	8	8	6
4.0	58	40	26	20	16	14	13	12	10	10	9
6.0	62	42	28	22	19	16	15	12	11	10	9
8.0	64	44	30	24	20	18	16	13	12	11	10
10.0	66	46	30	24	22	19	17	14	12	11	10
14.0	66	48	32	26	22	19	17	14	13	11	11
20.0	68	48	32	26	22	20	18	15	13	12	11

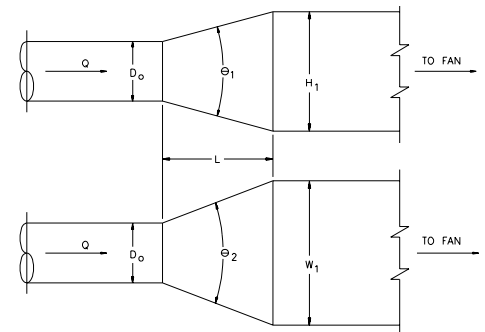
ED4-1 Transition, Round to Round, Exhaust/Return Systems

A_o/A_1	C_o Values									
	θ									
	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0.06	0.21	0.29	0.38	0.60	0.84	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
0.10	0.21	0.28	0.38	0.59	0.76	0.80	0.83	0.84	0.83	0.83
0.25	0.16	0.22	0.30	0.46	0.61	0.68	0.64	0.63	0.62	0.62
0.50	0.11	0.13	0.19	0.32	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30	0.30
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.22	0.24	0.48	0.72	0.96	1.04
4.00	0.80	0.64	0.64	0.64	0.88	1.12	2.72	4.32	5.60	6.56
6.00	1.80	1.44	1.44	1.44	1.98	2.52	6.48	10.10	13.00	15.10
10.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.50	8.00	19.00	29.00	37.00	43.00

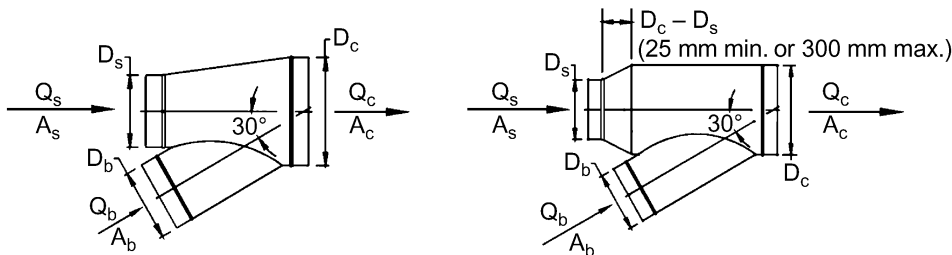


ED4-2 Transition, Round to Rectangular, Exhaust/Return Systems

A_o/A_1	C_o Values									
	θ									
	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0.06	0.30	0.54	0.53	0.65	0.77	0.88	0.95	0.98	0.98	0.93
0.10	0.30	0.50	0.53	0.64	0.75	0.84	0.89	0.91	0.91	0.88
0.25	0.25	0.36	0.45	0.52	0.58	0.62	0.64	0.64	0.64	0.64
0.50	0.15	0.21	0.25	0.30	0.33	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.24	0.28	0.26	0.20	0.22	0.24	0.49	0.73	0.97	1.04
4.00	0.89	0.78	0.79	0.70	0.88	1.12	2.72	4.33	5.62	6.58
6.00	1.89	1.67	1.59	1.49	1.98	2.52	6.51	10.14	13.05	15.14
10.00	5.09	5.32	5.15	5.05	6.50	8.05	19.06	29.07	37.08	43.05



ED5-1 Wye, 30 Degree, Converging



C_b Values

A_s/A_c	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.2	-24.17	-3.78	-0.60	0.30	0.64	0.77	0.83	0.88	0.98
	0.3	-55.88	-9.77	-2.57	-0.50	0.25	0.55	0.67	0.70	0.71
	0.4	-99.93	-17.94	-5.13	-1.45	-0.11	0.42	0.62	0.68	0.68
	0.5	-156.51	-28.40	-8.37	-2.62	-0.52	0.30	0.62	0.71	0.69
	0.6	-225.62	-41.13	-12.30	-4.01	-0.99	0.20	0.66	0.78	0.75
	0.7	-307.26	-56.14	-16.90	-5.61	-1.51	0.11	0.73	0.90	0.86
	0.8	-401.44	-73.44	-22.18	-7.44	-2.08	0.04	0.84	1.06	1.01
	0.9	-508.15	-93.02	-28.15	-9.49	-2.71	-0.03	0.99	1.27	1.20
	1.0	-627.39	-114.89	-34.80	-11.77	-3.39	-0.08	1.18	1.52	1.43
	0.3	0.2	-13.97	-1.77	0.08	0.59	0.77	0.84	0.88	0.92
0.3		-33.06	-5.33	-1.09	0.10	0.51	0.66	0.71	0.72	0.74
0.4		-59.43	-10.08	-2.52	-0.41	0.32	0.59	0.67	0.68	0.66
0.5		-93.24	-16.11	-4.30	-1.00	0.14	0.56	0.69	0.70	0.66
0.6		-134.51	-23.45	-6.44	-1.68	-0.03	0.57	0.76	0.77	0.70
0.7		-183.25	-32.08	-8.93	-2.45	-0.21	0.61	0.87	0.88	0.79
0.8		-239.47	-42.01	-11.77	-3.32	-0.38	0.69	1.02	1.03	0.91
0.9		-303.16	-53.25	-14.97	-4.27	-0.56	0.80	1.21	1.23	1.07
1.0		-374.32	-65.79	-18.53	-5.32	-0.73	0.94	1.45	1.47	1.27
0.4		0.2	-9.20	-0.85	0.39	0.71	0.82	0.87	0.90	0.94
	0.3	-22.31	-3.24	-0.38	0.39	0.64	0.73	0.76	0.78	0.85
	0.4	-40.52	-6.48	-1.37	0.02	0.48	0.64	0.67	0.66	0.65
	0.5	-63.71	-10.50	-2.50	-0.33	0.40	0.63	0.69	0.67	0.63
	0.6	-92.00	-15.37	-3.84	-0.71	0.33	0.67	0.75	0.71	0.65
	0.7	-125.40	-21.08	-5.40	-1.13	0.28	0.75	0.85	0.80	0.70
	0.8	-163.90	-27.65	-7.16	-1.59	0.25	0.86	1.00	0.93	0.80
	0.9	-207.52	-35.07	-9.14	-2.09	0.25	1.02	1.18	1.10	0.93
	1.0	-256.25	-43.35	-11.33	-2.63	0.26	1.21	1.42	1.31	1.09
	0.5	0.2	-6.62	-0.36	0.54	0.77	0.85	0.88	0.90	0.95
0.3		-16.42	-2.11	-0.01	0.54	0.72	0.78	0.80	0.83	0.96
0.4		-30.26	-4.59	-0.79	0.22	0.54	0.64	0.66	0.64	0.64
0.5		-47.68	-7.55	-1.61	-0.02	0.48	0.63	0.65	0.62	0.59
0.6		-68.93	-11.13	-2.56	-0.28	0.45	0.67	0.69	0.65	0.58
0.7		-94.00	-15.31	-3.65	-0.55	0.44	0.74	0.77	0.71	0.61
0.8		-122.90	-20.12	-4.88	-0.83	0.46	0.85	0.90	0.81	0.68
0.9		-155.63	-25.54	-6.25	-1.12	0.51	1.00	1.06	0.94	0.77
1.0		-192.18	-31.58	-7.77	-1.43	0.59	1.19	1.26	1.12	0.90
0.6		0.2	-5.12	-0.10	0.62	0.79	0.85	0.87	0.90	0.95
	0.3	-13.00	-1.49	0.18	0.61	0.75	0.79	0.82	0.86	1.02
	0.4	-24.31	-3.55	-0.50	0.30	0.55	0.62	0.63	0.62	0.63
	0.5	-38.41	-5.94	-1.16	0.09	0.48	0.59	0.60	0.57	0.55
	0.6	-55.58	-8.80	-1.92	-0.12	0.45	0.61	0.62	0.57	0.52
	0.7	-75.83	-12.16	-2.79	-0.33	0.44	0.66	0.67	0.60	0.52
	0.8	-99.17	-16.00	-3.76	-0.54	0.46	0.74	0.76	0.67	0.56
	0.9	-125.60	-20.33	-4.83	-0.76	0.51	0.86	0.88	0.77	0.62
	1.0	-155.12	-25.14	-6.02	-0.99	0.58	1.02	1.04	0.90	0.71
	0.7	0.2	-4.24	0.05	0.65	0.80	0.85	0.87	0.89	0.94
0.3		-11.00	-1.15	0.27	0.63	0.75	0.79	0.82	0.87	1.06
0.4		-20.82	-3.00	-0.38	0.31	0.52	0.59	0.60	0.59	0.61
0.5		-32.99	-5.09	-0.98	0.10	0.43	0.53	0.54	0.52	0.51
0.6		-47.78	-7.58	-1.67	-0.11	0.38	0.52	0.53	0.49	0.45
0.7		-65.22	-10.50	-2.44	-0.32	0.34	0.53	0.54	0.49	0.43
0.8		-85.32	-13.83	-3.30	-0.53	0.33	0.58	0.59	0.52	0.43
0.9		-108.07	-17.58	-4.26	-0.75	0.34	0.66	0.67	0.58	0.46
1.0		-133.48	-21.76	-5.30	-0.97	0.38	0.76	0.78	0.67	0.51

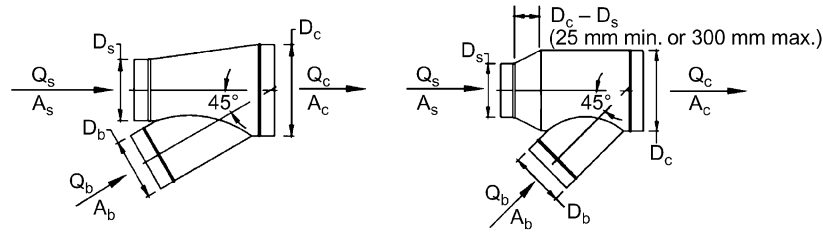
ED5-1 Wye, 30 Degree, Converging (Continued)

		<i>C_b Values (Concluded)</i>								
<i>A_s/A_c</i>	<i>A_b/A_c</i>	<i>Q_b/Q_c</i>								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.8	0.2	-3.75	0.11	0.65	0.79	0.84	0.86	0.88	0.94	1.12
	0.3	-9.88	-0.99	0.29	0.63	0.74	0.78	0.81	0.87	1.09
	0.4	-18.88	-2.75	-0.36	0.28	0.48	0.55	0.56	0.57	0.61
	0.5	-29.98	-4.71	-0.96	0.04	0.36	0.46	0.47	0.46	0.47
	0.6	-43.46	-7.05	-1.64	-0.20	0.26	0.41	0.43	0.41	0.39
	0.7	-59.34	-9.77	-2.40	-0.44	0.19	0.38	0.41	0.38	0.34
	0.8	-77.64	-12.88	-3.26	-0.69	0.13	0.38	0.42	0.37	0.31
	0.9	-98.35	-16.38	-4.20	-0.95	0.09	0.40	0.45	0.39	0.30
	1.0	-121.48	-20.27	-5.24	-1.23	0.06	0.45	0.51	0.43	0.31
	0.9	0.2	-3.52	0.12	0.64	0.78	0.82	0.85	0.88	0.93
0.3		-9.34	-0.95	0.28	0.60	0.71	0.76	0.80	0.87	1.10
0.4		-17.96	-2.70	-0.40	0.22	0.43	0.50	0.53	0.54	0.60
0.5		-28.58	-4.65	-1.05	-0.07	0.26	0.37	0.40	0.41	0.42
0.6		-41.45	-6.97	-1.77	-0.35	0.12	0.28	0.32	0.32	0.32
0.7		-56.61	-9.66	-2.58	-0.65	0.00	0.21	0.27	0.26	0.24
0.8		-74.08	-12.74	-3.49	-0.97	-0.12	0.16	0.23	0.22	0.18
0.9		-93.84	-16.21	-4.50	-1.30	-0.23	0.13	0.21	0.19	0.14
1.0		-115.92	-20.06	-5.61	-1.66	-0.34	0.11	0.21	0.18	0.11
1.0		0.2	-3.48	0.10	0.62	0.76	0.81	0.84	0.87	0.92
	0.3	-9.22	-1.00	0.23	0.56	0.68	0.74	0.78	0.86	1.11
	0.4	-17.76	-2.79	-0.50	0.14	0.37	0.45	0.49	0.52	0.60
	0.5	-28.31	-4.82	-1.21	-0.20	0.15	0.28	0.33	0.35	0.38
	0.6	-41.06	-7.21	-2.01	-0.55	-0.04	0.15	0.22	0.23	0.25
	0.7	-56.09	-9.99	-2.91	-0.92	-0.23	0.03	0.12	0.14	0.15
	0.8	-73.39	-13.17	-3.92	-1.32	-0.41	-0.07	0.04	0.06	0.06
	0.9	-92.98	-16.75	-5.04	-1.75	-0.60	-0.17	-0.03	-0.01	-0.02
	1.0	-114.85	-20.74	-6.28	-2.21	-0.79	-0.26	-0.09	-0.07	-0.09
			<i>C_s Values</i>							
<i>A_s/A_c</i>	<i>A_b/A_c</i>	<i>Q_s/Q_c</i>								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.2	-16.02	-3.15	-0.80	0.04	0.45	0.69	0.86	0.99	1.10
	0.3	-11.65	-1.94	-0.26	0.32	0.60	0.77	0.90	1.01	1.10
	0.4	-8.56	-1.20	0.05	0.47	0.68	0.82	0.92	1.02	1.11
	0.5	-6.41	-0.71	0.25	0.57	0.73	0.84	0.93	1.02	1.11
	0.6	-4.85	-0.36	0.38	0.63	0.76	0.86	0.94	1.02	1.11
	0.7	-3.68	-0.10	0.48	0.68	0.79	0.87	0.95	1.03	1.11
	0.8	-2.77	0.10	0.56	0.71	0.81	0.88	0.95	1.03	1.11
	0.9	-2.04	0.26	0.62	0.74	0.82	0.89	0.95	1.03	1.11
	1.0	-1.45	0.38	0.66	0.76	0.83	0.89	0.96	1.03	1.11
	0.3	0.2	-36.37	-7.59	-2.48	-0.79	-0.06	0.29	0.47	0.57
0.3		-26.79	-5.07	-1.42	-0.27	0.21	0.42	0.53	0.59	0.61
0.4		-19.94	-3.49	-0.80	0.02	0.35	0.49	0.56	0.60	0.62
0.5		-15.18	-2.44	-0.41	0.20	0.43	0.54	0.58	0.61	0.62
0.6		-11.73	-1.70	-0.13	0.32	0.49	0.56	0.60	0.61	0.62
0.7		-9.13	-1.14	0.07	0.41	0.53	0.58	0.60	0.61	0.62
0.8		-7.11	-0.72	0.23	0.48	0.57	0.60	0.61	0.62	0.62
0.9		-5.49	-0.38	0.35	0.53	0.59	0.61	0.62	0.62	0.62
1.0		-4.17	-0.11	0.45	0.58	0.61	0.62	0.62	0.62	0.62
0.4		0.2	-64.82	-13.76	-4.74	-1.81	-0.59	-0.02	0.24	0.36
	0.3	-47.92	-9.38	-2.93	-0.94	-0.16	0.19	0.34	0.39	0.40
	0.4	-35.81	-6.62	-1.88	-0.46	0.07	0.30	0.38	0.41	0.40
	0.5	-27.39	-4.78	-1.20	-0.16	0.22	0.36	0.41	0.42	0.41
	0.6	-21.28	-3.48	-0.73	0.04	0.31	0.41	0.43	0.43	0.41
	0.7	-16.68	-2.51	-0.38	0.20	0.38	0.44	0.45	0.43	0.41
	0.8	-13.10	-1.77	-0.12	0.31	0.44	0.46	0.46	0.44	0.41
	0.9	-10.24	-1.18	0.09	0.40	0.48	0.48	0.46	0.44	0.41
	1.0	-7.90	-0.69	0.26	0.47	0.51	0.50	0.47	0.44	0.41

ED5-1 Wye, 30 Degree, Converging (Concluded)

		<i>C_s Values (Concluded)</i>								
<i>A_s/A_c</i>	<i>A_b/A_c</i>	<i>Q_s/Q_c</i>								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.5	0.2	-101.39	-21.64	-7.61	-3.07	-1.19	-0.34	0.05	0.22	0.26
	0.3	-75.05	-14.87	-4.83	-1.75	-0.54	-0.03	0.19	0.26	0.27
	0.4	-56.18	-10.59	-3.21	-1.02	-0.20	0.13	0.26	0.29	0.27
	0.5	-43.04	-7.74	-2.16	-0.56	0.02	0.23	0.30	0.30	0.27
	0.6	-33.51	-5.72	-1.43	-0.24	0.16	0.30	0.33	0.31	0.28
	0.7	-26.34	-4.22	-0.90	-0.01	0.27	0.35	0.35	0.32	0.28
	0.8	-20.75	-3.06	-0.49	0.16	0.35	0.39	0.37	0.33	0.28
	0.9	-16.29	-2.14	-0.17	0.30	0.41	0.41	0.38	0.33	0.28
	1.0	-12.64	-1.39	0.10	0.41	0.46	0.44	0.39	0.33	0.28
0.6	0.2	-146.06	-31.26	-11.09	-4.56	-1.89	-0.68	-0.12	0.10	0.16
	0.3	-108.19	-21.55	-7.12	-2.69	-0.97	-0.24	0.07	0.17	0.17
	0.4	-81.04	-15.40	-4.80	-1.65	-0.48	-0.01	0.17	0.20	0.18
	0.5	-62.13	-11.31	-3.30	-0.99	-0.17	0.13	0.22	0.22	0.18
	0.6	-48.43	-8.41	-2.25	-0.54	0.03	0.22	0.26	0.24	0.18
	0.7	-38.10	-6.25	-1.49	-0.22	0.18	0.29	0.29	0.25	0.19
	0.8	-30.07	-4.59	-0.90	0.03	0.30	0.34	0.31	0.25	0.19
	0.9	-23.64	-3.27	-0.44	0.23	0.39	0.38	0.33	0.26	0.19
	1.0	-18.39	-2.20	-0.06	0.39	0.46	0.42	0.34	0.27	0.19
0.7	0.2	-198.85	-42.62	-15.17	-6.31	-2.68	-1.04	-0.29	0.01	0.08
	0.3	-147.33	-29.41	-9.78	-3.77	-1.44	-0.45	-0.04	0.10	0.10
	0.4	-110.40	-21.07	-6.64	-2.36	-0.77	-0.14	0.09	0.15	0.11
	0.5	-84.67	-15.50	-4.60	-1.48	-0.36	0.05	0.17	0.17	0.11
	0.6	-66.02	-11.56	-3.19	-0.86	-0.08	0.18	0.23	0.19	0.12
	0.7	-51.97	-8.63	-2.15	-0.42	0.12	0.27	0.27	0.20	0.12
	0.8	-41.04	-6.37	-1.35	-0.08	0.27	0.34	0.29	0.21	0.12
	0.9	-32.30	-4.58	-0.72	0.19	0.39	0.39	0.32	0.22	0.12
	1.0	-25.16	-3.12	-0.21	0.40	0.49	0.43	0.33	0.23	0.13
0.8	0.2	-259.75	-55.70	-19.86	-8.29	-3.56	-1.43	-0.46	-0.06	0.03
	0.3	-192.48	-38.47	-12.84	-4.99	-1.95	-0.66	-0.12	0.05	0.05
	0.4	-144.25	-27.58	-8.74	-3.16	-1.09	-0.26	0.05	0.11	0.06
	0.5	-110.65	-20.32	-6.08	-2.00	-0.55	-0.01	0.15	0.15	0.07
	0.6	-86.30	-15.17	-4.24	-1.20	-0.19	0.15	0.22	0.17	0.08
	0.7	-67.95	-11.34	-2.88	-0.62	0.08	0.27	0.27	0.19	0.08
	0.8	-53.67	-8.40	-1.84	-0.18	0.28	0.36	0.30	0.20	0.08
	0.9	-42.26	-6.05	-1.02	0.16	0.44	0.43	0.33	0.21	0.08
	1.0	-32.93	-4.15	-0.35	0.44	0.56	0.49	0.36	0.22	0.09
0.9	0.2	-328.76	-70.51	-25.16	-10.53	-4.54	-1.84	-0.62	-0.12	0.00
	0.3	-243.63	-48.72	-16.28	-6.35	-2.50	-0.87	-0.20	0.03	0.03
	0.4	-182.60	-34.94	-11.09	-4.03	-1.41	-0.37	0.02	0.10	0.04
	0.5	-140.07	-25.75	-7.74	-2.57	-0.74	-0.06	0.15	0.14	0.05
	0.6	-109.25	-19.24	-5.40	-1.56	-0.28	0.15	0.23	0.17	0.05
	0.7	-86.04	-14.40	-3.68	-0.83	0.06	0.30	0.30	0.20	0.06
	0.8	-67.96	-10.66	-2.37	-0.27	0.31	0.41	0.34	0.21	0.06
	0.9	-53.52	-7.70	-1.33	0.17	0.51	0.50	0.38	0.22	0.06
	1.0	-41.71	-5.29	-0.49	0.52	0.67	0.57	0.41	0.23	0.07
1.0	0.2	-405.88	-87.06	-31.07	-13.01	-5.62	-2.29	-0.77	-0.16	-0.02
	0.3	-300.78	-60.15	-20.11	-7.85	-3.10	-1.09	-0.26	0.02	0.02
	0.4	-225.44	-43.14	-13.70	-4.99	-1.76	-0.47	0.01	0.11	0.04
	0.5	-172.93	-31.80	-9.56	-3.18	-0.92	-0.09	0.17	0.17	0.05
	0.6	-134.89	-23.76	-6.68	-1.94	-0.35	0.17	0.28	0.20	0.06
	0.7	-106.23	-17.78	-4.56	-1.04	0.06	0.36	0.35	0.23	0.06
	0.8	-83.92	-13.18	-2.93	-0.35	0.37	0.50	0.41	0.25	0.06
	0.9	-66.08	-9.52	-1.65	0.19	0.62	0.61	0.46	0.26	0.07
	1.0	-51.51	-6.54	-0.61	0.63	0.81	0.70	0.49	0.28	0.07

ED5-2 Wye, 45 Degree, Converging



C_b Values

A_s/A_c	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.2	-25.19	-3.97	-0.64	0.32	0.67	0.82	0.90	0.96	1.08
	0.3	-58.03	-10.14	-2.63	-0.45	0.36	0.69	0.84	0.93	1.08
	0.4	-104.08	-18.80	-5.40	-1.51	-0.07	0.52	0.77	0.88	1.01
	0.5	-163.36	-29.97	-8.97	-2.87	-0.62	0.29	0.67	0.80	0.84
	0.6	-235.59	-43.47	-13.22	-4.44	-1.20	0.12	0.65	0.83	0.85
	0.7	-320.90	-59.38	-18.21	-6.25	-1.84	-0.04	0.68	0.91	0.93
	0.8	-419.32	-77.73	-23.95	-8.33	-2.56	-0.22	0.72	1.02	1.02
	0.9	-530.86	-98.50	-30.44	-10.66	-3.36	-0.40	0.79	1.16	1.14
	1.0	-655.51	-121.72	-37.68	-13.26	-4.25	-0.59	0.87	1.33	1.28
	0.3	0.2	-14.27	-1.77	0.13	0.66	0.85	0.93	0.97	1.03
0.3		-33.62	-5.28	-0.95	0.27	0.70	0.87	0.94	1.01	1.19
0.4		-60.85	-10.26	-2.48	-0.30	0.47	0.77	0.88	0.93	1.04
0.5		-95.87	-16.64	-4.44	-1.00	0.21	0.66	0.82	0.84	0.84
0.6		-138.38	-24.26	-6.68	-1.73	0.01	0.66	0.88	0.91	0.88
0.7		-188.60	-33.25	-9.32	-2.58	-0.20	0.68	0.98	1.02	0.95
0.8		-246.54	-43.60	-12.34	-3.54	-0.43	0.72	1.11	1.15	1.03
0.9		-312.21	-55.33	-15.76	-4.61	-0.68	0.78	1.26	1.31	1.13
1.0		-385.59	-68.43	-19.56	-5.79	-0.94	0.86	1.45	1.49	1.24
0.4		0.2	-8.77	-0.64	0.54	0.85	0.95	0.99	1.03	1.09
	0.3	-21.41	-2.85	-0.10	0.63	0.87	0.96	1.00	1.06	1.26
	0.4	-39.30	-6.02	-1.05	0.28	0.72	0.87	0.91	0.92	1.00
	0.5	-62.10	-9.96	-2.16	-0.06	0.63	0.85	0.90	0.88	0.86
	0.6	-89.77	-14.65	-3.42	-0.38	0.61	0.93	0.99	0.95	0.90
	0.7	-122.46	-20.19	-4.88	-0.74	0.61	1.04	1.12	1.06	0.95
	0.8	-160.18	-26.56	-6.55	-1.15	0.62	1.18	1.29	1.19	1.01
	0.9	-202.93	-33.77	-8.44	-1.60	0.64	1.36	1.48	1.35	1.07
	1.0	-250.70	-41.83	-10.54	-2.09	0.68	1.56	1.71	1.53	1.15
	0.5	0.2	-5.45	0.04	0.79	0.97	1.02	1.04	1.07	1.14
0.3		-14.10	-1.39	0.40	0.84	0.97	1.00	1.02	1.07	1.28
0.4		-26.48	-3.53	-0.24	0.59	0.83	0.89	0.88	0.85	0.86
0.5		-41.84	-5.96	-0.80	0.51	0.88	0.97	0.95	0.90	0.87
0.6		-60.61	-8.90	-1.46	0.43	0.97	1.09	1.06	0.97	0.90
0.7		-82.80	-12.36	-2.22	0.35	1.09	1.25	1.20	1.08	0.93
0.8		-108.39	-16.35	-3.09	0.27	1.24	1.45	1.38	1.20	0.96
0.9		-137.41	-20.86	-4.07	0.19	1.42	1.68	1.59	1.35	0.99
1.0		-169.84	-25.90	-5.15	0.11	1.63	1.95	1.83	1.52	1.02
0.6		0.2	-5.54	-0.08	0.70	0.91	0.98	1.01	1.05	1.14
	0.3	-14.48	-1.75	0.13	0.64	0.81	0.88	0.92	0.98	1.19
	0.4	-27.10	-4.14	-0.68	0.26	0.57	0.68	0.71	0.72	0.76
	0.5	-42.84	-6.91	-1.50	-0.02	0.47	0.64	0.68	0.69	0.70
	0.6	-62.07	-10.28	-2.48	-0.34	0.37	0.61	0.67	0.66	0.63
	0.7	-84.79	-14.26	-3.62	-0.71	0.27	0.59	0.67	0.63	0.54
	0.8	-111.02	-18.84	-4.92	-1.12	0.16	0.58	0.67	0.61	0.44
	0.9	-140.76	-24.03	-6.40	-1.57	0.04	0.58	0.68	0.59	0.31
	1.0	-174.01	-29.83	-8.04	-2.07	-0.08	0.58	0.70	0.56	0.15
	0.7	0.2	-3.96	0.25	0.83	0.97	1.01	1.04	1.08	1.17
0.3		-11.07	-1.10	0.34	0.71	0.83	0.87	0.90	0.95	1.13
0.4		-20.92	-2.92	-0.27	0.43	0.65	0.72	0.73	0.73	0.77
0.5		-33.20	-5.01	-0.85	0.24	0.59	0.69	0.71	0.69	0.70
0.6		-48.21	-7.55	-1.55	0.03	0.53	0.68	0.69	0.65	0.61
0.7		-65.95	-10.56	-2.37	-0.20	0.48	0.68	0.69	0.62	0.49
0.8		-86.42	-14.01	-3.30	-0.46	0.43	0.68	0.69	0.58	0.35
0.9		-109.65	-17.93	-4.35	-0.75	0.38	0.70	0.70	0.53	0.18
1.0		-135.63	-22.32	-5.53	-1.07	0.33	0.72	0.71	0.48	-0.03

ED5-2 Wye, 45 Degree, Converging (Continued)

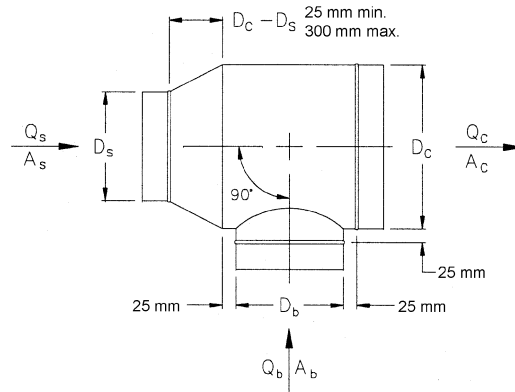
		<i>C_b Values (Concluded)</i>								
<i>A_s/A_c</i>	<i>A_b/A_c</i>	<i>Q_b/Q_c</i>								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.8	0.2	-2.78	0.50	0.91	1.01	1.03	1.05	1.09	1.18	1.49
	0.3	-8.58	-0.65	0.47	0.74	0.82	0.85	0.86	0.89	1.02
	0.4	-16.29	-2.00	0.05	0.56	0.71	0.75	0.74	0.74	0.78
	0.5	-25.98	-3.59	-0.37	0.44	0.68	0.73	0.72	0.69	0.69
	0.6	-37.82	-5.52	-0.87	0.31	0.65	0.72	0.70	0.64	0.58
	0.7	-51.83	-7.79	-1.44	0.17	0.63	0.73	0.69	0.59	0.43
	0.8	-68.01	-10.42	-2.10	0.01	0.62	0.75	0.69	0.53	0.25
	0.9	-86.37	-13.39	-2.84	-0.16	0.61	0.77	0.68	0.47	0.03
	1.0	-106.91	-16.73	-3.68	-0.35	0.61	0.79	0.68	0.38	-0.25
	0.9	0.2	-1.87	0.68	0.98	1.03	1.05	1.06	1.09	1.18
0.3		-6.70	-0.33	0.54	0.74	0.79	0.80	0.80	0.81	0.87
0.4		-12.69	-1.29	0.29	0.66	0.76	0.77	0.75	0.74	0.78
0.5		-20.37	-2.48	0.00	0.59	0.74	0.75	0.72	0.69	0.67
0.6		-29.77	-3.94	-0.34	0.52	0.73	0.75	0.70	0.63	0.54
0.7		-40.89	-5.66	-0.73	0.45	0.74	0.76	0.68	0.56	0.36
0.8		-53.74	-7.64	-1.18	0.37	0.76	0.78	0.67	0.48	0.13
0.9		-68.32	-9.89	-1.69	0.28	0.77	0.80	0.65	0.38	-0.15
1.0		-84.66	-12.42	-2.27	0.18	0.80	0.83	0.62	0.26	-0.49
1.0		0.2	-1.17	0.81	1.02	1.05	1.05	1.06	1.09	1.18
	0.3	-5.09	-0.02	0.64	0.78	0.81	0.81	0.80	0.80	0.86
	0.4	-9.81	-0.72	0.48	0.74	0.79	0.78	0.76	0.74	0.77
	0.5	-15.89	-1.61	0.29	0.71	0.79	0.77	0.72	0.68	0.65
	0.6	-23.34	-2.69	0.07	0.68	0.80	0.77	0.69	0.60	0.49
	0.7	-32.15	-3.96	-0.18	0.66	0.82	0.78	0.67	0.51	0.27
	0.8	-42.35	-5.44	-0.47	0.64	0.85	0.79	0.63	0.41	0.00
	0.9	-53.94	-7.12	-0.80	0.61	0.88	0.81	0.60	0.28	-0.34
	1.0	-66.93	-9.01	-1.17	0.58	0.92	0.82	0.55	0.13	-0.75

		<i>C_s Values</i>								
<i>A_s/A_c</i>	<i>A_b/A_c</i>	<i>Q_s/Q_c</i>								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.2	-10.16	-2.08	-0.43	0.24	0.62	0.88	1.10	1.29	1.46
	0.3	-7.83	-1.20	0.03	0.50	0.77	0.97	1.14	1.30	1.46
	0.4	-5.62	-0.59	0.30	0.65	0.85	1.01	1.16	1.31	1.46
	0.5	-3.96	-0.18	0.48	0.74	0.90	1.04	1.18	1.32	1.47
	0.6	-2.71	0.12	0.60	0.80	0.94	1.06	1.19	1.32	1.47
	0.7	-1.75	0.34	0.70	0.85	0.96	1.07	1.19	1.32	1.47
	0.8	-0.99	0.52	0.77	0.88	0.98	1.08	1.20	1.32	1.47
	0.9	-0.38	0.66	0.82	0.91	0.99	1.09	1.20	1.33	1.47
	1.0	0.13	0.77	0.87	0.93	1.00	1.10	1.20	1.33	1.47
	0.3	0.2	-23.33	-5.14	-1.67	-0.44	0.12	0.42	0.58	0.67
0.3		-18.44	-3.44	-0.84	0.00	0.36	0.54	0.64	0.69	0.73
0.4		-13.64	-2.22	-0.34	0.25	0.49	0.60	0.67	0.70	0.73
0.5		-10.00	-1.37	0.00	0.41	0.57	0.64	0.69	0.71	0.73
0.6		-7.26	-0.75	0.24	0.52	0.62	0.67	0.70	0.72	0.73
0.7		-5.15	-0.29	0.41	0.60	0.66	0.69	0.71	0.72	0.73
0.8		-3.48	0.07	0.55	0.66	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73
0.9		-2.14	0.36	0.65	0.71	0.72	0.72	0.72	0.72	0.73
1.0		-1.03	0.60	0.74	0.75	0.73	0.73	0.72	0.72	0.73
0.4		0.2	-42.17	-9.48	-3.34	-1.23	-0.31	0.12	0.33	0.42
	0.3	-33.68	-6.60	-1.98	-0.53	0.05	0.31	0.41	0.45	0.45
	0.4	-25.24	-4.51	-1.13	-0.13	0.25	0.40	0.46	0.47	0.45
	0.5	-18.83	-3.04	-0.57	0.13	0.37	0.46	0.48	0.48	0.46
	0.6	-13.99	-1.97	-0.17	0.31	0.46	0.50	0.50	0.48	0.46
	0.7	-10.27	-1.17	0.12	0.44	0.52	0.53	0.51	0.49	0.46
	0.8	-7.32	-0.54	0.35	0.54	0.57	0.55	0.52	0.49	0.46
	0.9	-4.94	-0.04	0.53	0.62	0.61	0.57	0.53	0.49	0.46
	1.0	-2.98	0.37	0.68	0.68	0.64	0.58	0.54	0.50	0.46
	0.5	0.2	-66.95	-15.18	-5.49	-2.21	-0.81	-0.16	0.14	0.26
0.3		-53.80	-10.77	-3.45	-1.17	-0.27	0.11	0.26	0.30	0.29
0.4		-40.66	-7.54	-2.16	-0.57	0.02	0.25	0.32	0.33	0.30
0.5		-30.68	-5.27	-1.30	-0.18	0.21	0.33	0.36	0.34	0.30
0.6		-23.15	-3.62	-0.69	0.09	0.33	0.39	0.38	0.35	0.30
0.7		-17.34	-2.38	-0.24	0.29	0.42	0.43	0.40	0.35	0.30
0.8		-12.75	-1.41	0.11	0.44	0.49	0.47	0.41	0.36	0.30
0.9		-9.04	-0.64	0.39	0.56	0.55	0.49	0.43	0.36	0.30
1.0		-5.99	0.00	0.61	0.65	0.59	0.51	0.43	0.36	0.30

ED5-2 Wye, 45 Degree, Converging (Concluded)

		C_s Values (Concluded)								
A_s/A_c	A_b/A_c	Q_s/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.6	0.2	-97.90	-22.29	-8.18	-3.41	-1.39	-0.46	-0.03	0.13	0.16
	0.3	-79.03	-15.99	-5.28	-1.94	-0.64	-0.09	0.13	0.19	0.17
	0.4	-60.15	-11.37	-3.44	-1.09	-0.23	0.10	0.21	0.22	0.18
	0.5	-45.80	-8.13	-2.22	-0.55	0.03	0.22	0.26	0.24	0.18
	0.6	-34.97	-5.77	-1.35	-0.17	0.20	0.30	0.30	0.25	0.18
	0.7	-26.62	-3.98	-0.71	0.11	0.33	0.36	0.32	0.26	0.19
	0.8	-20.02	-2.59	-0.21	0.33	0.43	0.41	0.34	0.26	0.19
	0.9	-14.68	-1.48	0.18	0.49	0.51	0.44	0.35	0.27	0.19
	1.0	-10.29	-0.57	0.51	0.63	0.57	0.47	0.37	0.27	0.19
	0.7	0.2	-135.28	-30.88	-11.42	-4.85	-2.08	-0.80	-0.21	0.02
0.3		-109.64	-22.35	-7.50	-2.88	-1.07	-0.31	0.00	0.09	0.07
0.4		-83.96	-16.08	-5.02	-1.73	-0.52	-0.05	0.11	0.13	0.08
0.5		-64.44	-11.67	-3.36	-0.99	-0.17	0.11	0.18	0.15	0.09
0.6		-49.71	-8.47	-2.19	-0.48	0.06	0.22	0.22	0.17	0.09
0.7		-38.35	-6.04	-1.31	-0.10	0.24	0.30	0.26	0.18	0.09
0.8		-29.37	-4.16	-0.64	0.18	0.37	0.36	0.28	0.19	0.09
0.9		-22.12	-2.65	-0.10	0.41	0.47	0.40	0.30	0.19	0.09
1.0		-16.14	-1.41	0.33	0.60	0.55	0.44	0.32	0.20	0.09
0.8		0.2	-179.32	-41.01	-15.25	-6.55	-2.88	-1.19	-0.41	-0.10
	0.3	-145.86	-29.89	-10.14	-3.99	-1.58	-0.55	-0.13	0.00	-0.02
	0.4	-112.34	-21.71	-6.91	-2.50	-0.86	-0.22	0.01	0.05	-0.01
	0.5	-86.85	-15.96	-4.75	-1.54	-0.41	-0.01	0.10	0.08	0.00
	0.6	-67.62	-11.78	-3.22	-0.87	-0.10	0.13	0.16	0.10	0.00
	0.7	-52.79	-8.62	-2.08	-0.38	0.12	0.23	0.20	0.11	0.00
	0.8	-41.06	-6.16	-1.20	0.00	0.29	0.31	0.23	0.12	0.01
	0.9	-31.59	-4.19	-0.51	0.29	0.43	0.37	0.26	0.13	0.01
	1.0	-23.78	-2.58	0.06	0.53	0.54	0.42	0.28	0.14	0.01
	0.9	0.2	-230.27	-52.75	-19.69	-8.53	-3.81	-1.63	-0.63	-0.22
0.3		-187.95	-38.69	-13.24	-5.29	-2.16	-0.83	-0.28	-0.10	-0.10
0.4		-145.53	-28.34	-9.15	-3.41	-1.26	-0.41	-0.10	-0.04	-0.09
0.5		-113.27	-21.07	-6.42	-2.19	-0.69	-0.15	0.01	0.00	-0.09
0.6		-88.94	-15.78	-4.48	-1.35	-0.30	0.03	0.09	0.03	-0.08
0.7		-70.16	-11.78	-3.04	-0.73	-0.02	0.16	0.14	0.04	-0.08
0.8		-55.33	-8.67	-1.93	-0.25	0.20	0.26	0.18	0.06	-0.07
0.9		-43.33	-6.18	-1.05	0.12	0.37	0.33	0.21	0.07	-0.07
1.0		-33.46	-4.14	-0.34	0.42	0.50	0.39	0.24	0.08	-0.07
1.0		0.2	-288.39	-66.15	-24.77	-10.80	-4.88	-2.14	-0.87	-0.35
	0.3	-236.14	-48.79	-16.81	-6.80	-2.85	-1.15	-0.44	-0.20	-0.19
	0.4	-183.77	-36.02	-11.76	-4.47	-1.73	-0.63	-0.22	-0.12	-0.18
	0.5	-143.95	-27.05	-8.39	-2.98	-1.03	-0.31	-0.08	-0.08	-0.17
	0.6	-113.91	-20.52	-6.00	-1.93	-0.55	-0.09	0.01	-0.04	-0.16
	0.7	-90.73	-15.58	-4.23	-1.17	-0.20	0.07	0.08	-0.02	-0.16
	0.8	-72.41	-11.74	-2.86	-0.58	0.06	0.19	0.13	-0.01	-0.16
	0.9	-57.61	-8.66	-1.77	-0.12	0.27	0.28	0.16	0.01	-0.15
	1.0	-45.42	-6.15	-0.88	0.25	0.44	0.36	0.20	0.02	-0.15

ED5-3 Tee, $D_c < \text{or} = 250 \text{ mm}$, Converging



C_b Values

A_s/A_c	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.2	-24.56	-3.63	-0.36	0.59	0.93	1.08	1.14	1.19	1.27
	0.3	-56.72	-9.54	-2.15	-0.01	0.78	1.10	1.23	1.30	1.39
	0.4	-101.83	-17.86	-4.68	-0.87	0.52	1.09	1.32	1.41	1.48
	0.5	-159.91	-28.59	-7.98	-2.02	0.17	1.05	1.40	1.51	1.51
	0.6	-230.83	-41.68	-11.98	-3.39	-0.24	1.03	1.53	1.66	1.61
	0.7	-314.56	-57.10	-16.68	-4.98	-0.69	1.04	1.71	1.90	1.82
	0.8	-411.18	-74.90	-22.10	-6.82	-1.21	1.04	1.92	2.16	2.05
	0.9	-520.69	-95.08	-28.25	-8.90	-1.81	1.04	2.15	2.45	2.31
	1.0	-643.09	-117.63	-35.12	-11.24	-2.47	1.04	2.41	2.78	2.58
	0.3	0.2	-14.05	-1.55	0.36	0.89	1.08	1.16	1.19	1.23
0.3		-33.18	-4.91	-0.58	0.64	1.07	1.23	1.30	1.34	1.44
0.4		-60.09	-9.68	-1.94	0.24	1.00	1.29	1.39	1.42	1.47
0.5		-94.80	-15.89	-3.74	-0.33	0.87	1.32	1.46	1.46	1.38
0.6		-136.97	-23.33	-5.84	-0.92	0.81	1.45	1.65	1.66	1.53
0.7		-186.81	-32.14	-8.32	-1.62	0.74	1.61	1.88	1.88	1.70
0.8		-244.33	-42.30	-11.19	-2.43	0.65	1.78	2.14	2.13	1.88
0.9		-309.54	-53.82	-14.44	-3.35	0.54	1.98	2.42	2.41	2.08
1.0		-382.43	-66.70	-18.08	-4.39	0.42	2.19	2.74	2.72	2.29
0.4		0.2	-8.95	-0.54	0.71	1.04	1.15	1.20	1.22	1.26
	0.3	-21.82	-2.70	0.16	0.94	1.19	1.29	1.32	1.35	1.47
	0.4	-39.99	-5.81	-0.67	0.73	1.19	1.35	1.39	1.39	1.41
	0.5	-63.37	-9.82	-1.75	0.45	1.18	1.42	1.47	1.43	1.32
	0.6	-91.72	-14.59	-2.97	0.20	1.26	1.60	1.67	1.60	1.43
	0.7	-125.23	-20.24	-4.41	-0.10	1.34	1.81	1.90	1.81	1.56
	0.8	-163.91	-26.77	-6.09	-0.45	1.43	2.04	2.16	2.03	1.69
	0.9	-207.76	-34.17	-7.99	-0.85	1.53	2.30	2.44	2.28	1.82
	1.0	-256.79	-42.45	-10.12	-1.30	1.63	2.58	2.75	2.54	1.95
	0.5	0.2	-6.03	0.04	0.91	1.13	1.20	1.22	1.24	1.29
0.3		-15.35	-1.46	0.56	1.09	1.25	1.30	1.32	1.35	1.46
0.4		-28.59	-3.67	-0.01	0.96	1.26	1.34	1.35	1.32	1.29
0.5		-45.45	-6.42	-0.66	0.85	1.33	1.45	1.45	1.38	1.24
0.6		-65.92	-9.70	-1.41	0.78	1.46	1.64	1.63	1.53	1.32
0.7		-90.12	-13.58	-2.29	0.69	1.61	1.86	1.85	1.70	1.39
0.8		-118.07	-18.07	-3.32	0.57	1.78	2.11	2.09	1.89	1.46
0.9		-149.75	-23.18	-4.49	0.43	1.96	2.38	2.35	2.09	1.53
1.0		-185.19	-28.89	-5.81	0.27	2.16	2.67	2.63	2.31	1.57
0.6		0.2	-4.20	0.39	1.03	1.18	1.22	1.24	1.26	1.30
	0.3	-11.33	-0.72	0.79	1.16	1.27	1.30	1.31	1.33	1.43
	0.4	-21.57	-2.42	0.35	1.05	1.25	1.29	1.27	1.22	1.12
	0.5	-34.29	-4.35	-0.03	1.07	1.38	1.44	1.41	1.32	1.16
	0.6	-49.85	-6.73	-0.50	1.08	1.54	1.63	1.57	1.45	1.19
	0.7	-68.26	-9.55	-1.06	1.09	1.71	1.83	1.76	1.58	1.21
	0.8	-89.52	-12.81	-1.72	1.10	1.91	2.07	1.97	1.73	1.22
	0.9	-113.64	-16.52	-2.47	1.10	2.12	2.32	2.20	1.88	1.21
	1.0	-140.62	-20.68	-3.33	1.09	2.35	2.60	2.44	2.03	1.16

ED5-3 Tee, $D_c \leq 250$ mm, Converging (Continued)

		C_b Values (Concluded)								
		Q_b/Q_c								
A_s/A_c	A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.7	0.2	-3.00	0.62	1.10	1.21	1.23	1.24	1.26	1.31	1.49
	0.3	-8.74	-0.27	0.91	1.19	1.26	1.27	1.27	1.28	1.36
	0.4	-16.90	-1.59	0.58	1.11	1.25	1.27	1.24	1.18	1.06
	0.5	-26.99	-3.06	0.33	1.17	1.38	1.41	1.36	1.26	1.06
	0.6	-39.35	-4.86	0.02	1.22	1.54	1.57	1.50	1.35	1.05
	0.7	-53.97	-7.01	-0.35	1.29	1.72	1.76	1.65	1.45	1.02
	0.8	-70.87	-9.50	-0.79	1.35	1.91	1.97	1.82	1.54	0.96
	0.9	-90.04	-12.34	-1.31	1.41	2.12	2.19	2.00	1.64	0.86
	1.0	-111.50	-15.53	-1.89	1.46	2.34	2.43	2.19	1.73	0.72
	0.8	0.2	-2.20	0.76	1.14	1.22	1.24	1.24	1.26	1.31
0.3		-7.04	-0.01	0.95	1.18	1.23	1.23	1.23	1.22	1.27
0.4		-13.77	-1.06	0.71	1.13	1.24	1.24	1.20	1.13	1.00
0.5		-22.11	-2.24	0.54	1.20	1.36	1.36	1.30	1.19	0.97
0.6		-32.33	-3.69	0.31	1.27	1.50	1.50	1.41	1.25	0.90
0.7		-44.42	-5.41	0.04	1.34	1.66	1.65	1.53	1.30	0.81
0.8		-58.40	-7.42	-0.29	1.42	1.83	1.83	1.65	1.35	0.67
0.9		-74.28	-9.72	-0.67	1.49	2.01	2.01	1.78	1.38	0.49
1.0		-92.06	-12.30	-1.12	1.56	2.21	2.20	1.92	1.40	0.24
0.9		0.2	-1.67	0.85	1.16	1.22	1.23	1.24	1.25	1.30
	0.3	-5.95	0.12	0.95	1.14	1.18	1.18	1.16	1.15	1.14
	0.4	-11.68	-0.74	0.77	1.12	1.20	1.20	1.16	1.08	0.93
	0.5	-18.85	-1.74	0.63	1.18	1.31	1.30	1.23	1.11	0.86
	0.6	-27.63	-2.98	0.44	1.24	1.42	1.41	1.31	1.13	0.75
	0.7	-38.04	-4.45	0.21	1.30	1.55	1.53	1.39	1.14	0.58
	0.8	-50.07	-6.17	-0.07	1.36	1.69	1.66	1.47	1.13	0.37
	0.9	-63.75	-8.14	-0.40	1.42	1.83	1.79	1.54	1.11	0.09
	1.0	-79.08	-10.36	-0.79	1.46	1.98	1.92	1.61	1.06	-0.26
	1.0	0.2	-1.33	0.89	1.16	1.21	1.22	1.22	1.24	1.29
0.3		-5.30	0.15	0.90	1.08	1.11	1.11	1.09	1.06	0.99
0.4		-10.31	-0.57	0.78	1.09	1.16	1.15	1.11	1.03	0.86
0.5		-16.71	-1.47	0.64	1.13	1.24	1.22	1.15	1.03	0.74
0.6		-24.56	-2.59	0.46	1.17	1.32	1.30	1.20	1.01	0.57
0.7		-33.87	-3.93	0.23	1.20	1.41	1.38	1.24	0.97	0.34
0.8		-44.64	-5.49	-0.05	1.22	1.51	1.46	1.27	0.91	0.05
0.9		-56.89	-7.29	-0.38	1.24	1.59	1.54	1.28	0.82	-0.33
1.0		-70.62	-9.32	-0.77	1.24	1.68	1.61	1.28	0.69	-0.80

ED5-3 Tee, $D_c \leq 250$ mm, Converging

		C_s Values								
		Q_s/Q_c								
A_s/A_c	A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.2	18.11	3.42	1.62	1.11	0.90	0.80	0.74	0.70	0.68
	0.3	12.67	2.79	1.45	1.04	0.87	0.78	0.73	0.70	0.68
	0.4	9.98	2.47	1.36	1.01	0.85	0.77	0.72	0.69	0.67
	0.5	8.39	2.27	1.30	0.98	0.84	0.76	0.72	0.69	0.67
	0.6	7.34	2.13	1.26	0.96	0.83	0.76	0.72	0.69	0.67
	0.7	6.61	2.02	1.22	0.95	0.82	0.75	0.71	0.69	0.67
	0.8	6.08	1.94	1.19	0.93	0.81	0.75	0.71	0.68	0.67
	0.9	5.68	1.87	1.17	0.92	0.80	0.74	0.70	0.68	0.66
	1.0	4.55	1.61	1.05	0.86	0.76	0.71	0.68	0.66	0.65
	0.3	0.2	44.33	7.19	2.80	1.57	1.08	0.84	0.71	0.63
0.3		29.24	5.46	2.33	1.40	1.00	0.80	0.69	0.62	0.57
0.4		21.88	4.59	2.09	1.30	0.96	0.78	0.67	0.61	0.56
0.5		17.62	4.06	1.93	1.24	0.92	0.76	0.66	0.60	0.56
0.6		14.90	3.71	1.82	1.19	0.90	0.74	0.65	0.59	0.55
0.7		13.06	3.45	1.74	1.15	0.88	0.73	0.64	0.59	0.55
0.8		11.78	3.26	1.67	1.12	0.86	0.72	0.63	0.58	0.54
0.9		9.02	2.64	1.41	0.97	0.77	0.66	0.59	0.54	0.51
1.0		8.36	2.52	1.36	0.95	0.75	0.65	0.58	0.54	0.51

ED5-3 Tee, $D_c < \text{or} = 250 \text{ mm}$, Converging (Continued)

		C_s Values (Concluded)								
		Q_s/Q_c								
A_s/A_c	A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.4	0.2	78.99	12.25	4.42	2.26	1.39	0.97	0.74	0.60	0.50
	0.3	50.14	8.96	3.54	1.92	1.24	0.90	0.70	0.57	0.49
	0.4	36.26	7.32	3.08	1.74	1.16	0.85	0.67	0.56	0.48
	0.5	28.38	6.35	2.80	1.63	1.10	0.82	0.65	0.54	0.47
	0.6	23.50	5.72	2.61	1.54	1.05	0.79	0.63	0.53	0.46
	0.7	20.32	5.27	2.46	1.47	1.02	0.77	0.62	0.52	0.45
	0.8	14.94	4.13	1.98	1.21	0.85	0.65	0.53	0.46	0.40
	0.9	13.55	3.88	1.89	1.16	0.82	0.63	0.52	0.45	0.39
	1.0	12.66	3.69	1.80	1.12	0.79	0.62	0.51	0.44	0.39
	0.5	0.2	114.73	17.76	6.27	3.07	1.79	1.16	0.81	0.60
0.3		70.56	12.71	4.92	2.56	1.56	1.05	0.75	0.56	0.44
0.4		49.68	10.24	4.23	2.29	1.43	0.98	0.71	0.54	0.42
0.5		38.12	8.81	3.81	2.11	1.34	0.93	0.68	0.52	0.41
0.6		31.23	7.90	3.53	1.99	1.27	0.88	0.65	0.50	0.39
0.7		21.87	6.00	2.75	1.57	1.01	0.71	0.52	0.40	0.32
0.8		19.30	5.57	2.59	1.49	0.96	0.67	0.50	0.38	0.30
0.9		17.84	5.27	2.46	1.42	0.92	0.65	0.48	0.37	0.29
1.0		17.16	5.05	2.36	1.36	0.88	0.62	0.46	0.35	0.28
0.6		0.2	142.32	22.64	8.06	3.91	2.23	1.39	0.92	0.63
	0.3	84.89	16.05	6.28	3.24	1.92	1.23	0.83	0.58	0.41
	0.4	58.43	12.90	5.39	2.88	1.75	1.14	0.78	0.55	0.39
	0.5	44.34	11.13	4.86	2.66	1.63	1.07	0.74	0.52	0.37
	0.6	29.06	8.20	3.69	2.04	1.25	0.81	0.55	0.38	0.26
	0.7	24.71	7.51	3.44	1.91	1.18	0.77	0.52	0.35	0.24
	0.8	22.56	7.06	3.26	1.81	1.11	0.72	0.48	0.33	0.22
	0.9	21.89	6.78	3.12	1.73	1.06	0.68	0.45	0.30	0.20
	1.0	22.24	6.61	3.00	1.65	1.00	0.65	0.43	0.28	0.18
	0.7	0.2	152.32	25.82	9.48	4.66	2.65	1.63	1.04	0.68
0.3		87.85	18.38	7.46	3.88	2.29	1.44	0.94	0.62	0.40
0.4		59.34	14.92	6.47	3.48	2.09	1.33	0.87	0.58	0.37
0.5		35.18	10.56	4.78	2.60	1.55	0.97	0.62	0.38	0.22
0.6		28.26	9.51	4.41	2.42	1.45	0.90	0.57	0.35	0.19
0.7		25.45	8.91	4.16	2.28	1.36	0.85	0.53	0.32	0.17
0.8		25.21	8.60	3.99	2.18	1.29	0.79	0.49	0.28	0.14
0.9		26.68	8.48	3.86	2.08	1.22	0.74	0.45	0.25	0.12
1.0		29.34	8.49	3.77	2.01	1.16	0.70	0.41	0.22	0.10
0.8		0.2	136.74	26.38	10.30	5.22	3.01	1.85	1.17	0.74
	0.3	75.52	19.20	8.32	4.45	2.64	1.66	1.06	0.67	0.41
	0.4	37.55	12.79	5.92	3.23	1.91	1.17	0.72	0.42	0.21
	0.5	27.25	11.28	5.41	2.98	1.77	1.08	0.66	0.37	0.18
	0.6	24.23	10.57	5.10	2.81	1.66	1.01	0.60	0.33	0.14
	0.7	25.36	10.32	4.91	2.69	1.57	0.94	0.55	0.29	0.11
	0.8	29.09	10.37	4.80	2.59	1.50	0.88	0.50	0.25	0.08
	0.9	34.55	10.60	4.74	2.50	1.42	0.82	0.46	0.21	0.05
	1.0	41.23	10.98	4.71	2.43	1.36	0.77	0.41	0.18	0.01
	0.9	0.2	90.70	23.73	10.34	5.54	3.28	2.05	1.30	0.81
0.3		29.93	14.20	6.95	3.86	2.30	1.41	0.85	0.48	0.22
0.4		16.27	12.21	6.28	3.55	2.12	1.29	0.77	0.42	0.18
0.5		14.80	11.58	5.96	3.35	1.99	1.20	0.70	0.37	0.14
0.6		19.43	11.62	5.81	3.23	1.89	1.13	0.64	0.32	0.10
0.7		27.55	12.06	5.77	3.14	1.81	1.06	0.59	0.27	0.06
0.8		37.84	12.73	5.79	3.07	1.74	0.99	0.53	0.23	0.02
0.9		49.59	13.57	5.85	3.01	1.67	0.93	0.48	0.18	-0.02
1.0		62.35	14.52	5.94	2.97	1.61	0.87	0.42	0.14	-0.06
1.0		0.2	-6.40	12.70	7.32	4.31	2.64	1.64	1.00	0.56
	0.3	-17.35	10.90	6.66	3.97	2.44	1.51	0.90	0.49	0.20
	0.4	-11.05	11.02	6.50	3.82	2.32	1.41	0.83	0.43	0.15
	0.5	2.15	11.91	6.54	3.74	2.23	1.33	0.76	0.38	0.10
	0.6	18.80	13.18	6.67	3.70	2.16	1.26	0.70	0.32	0.06
	0.7	37.42	14.67	6.86	3.68	2.09	1.19	0.63	0.26	0.01
	0.8	57.27	16.30	7.09	3.67	2.03	1.12	0.57	0.21	-0.04
	0.9	77.95	18.02	7.35	3.66	1.97	1.06	0.51	0.15	-0.09
	1.0	99.20	19.80	7.61	3.67	1.92	1.00	0.45	0.10	-0.14

ED5-3 Tee, $D_c > 250$ mm, Converging (Continued)

A_s/A_c	A_b/A_c	C_b Values								
		Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.2	-26.08	-4.19	-0.70	0.33	0.71	0.87	0.93	0.95	0.93
	0.3	-59.71	-10.53	-2.72	-0.43	0.43	0.78	0.91	0.95	0.91
	0.4	-106.78	-19.39	-5.53	-1.46	0.05	0.67	0.91	0.97	0.91
	0.5	-167.36	-30.77	-9.12	-2.78	-0.42	0.55	0.93	1.02	0.93
	0.6	-241.50	-44.68	-13.50	-4.37	-0.97	0.42	0.96	1.10	0.98
	0.7	-329.25	-61.15	-18.68	-6.25	-1.62	0.27	1.02	1.21	1.06
	0.8	-430.67	-80.18	-24.67	-8.42	-2.37	0.10	1.09	1.35	1.17
	0.9	-545.81	-101.78	-31.47	-10.89	-3.22	-0.08	1.17	1.52	1.31
	1.0	-674.72	-125.98	-39.08	-13.64	-4.17	-0.28	1.28	1.72	1.48
	0.3	0.2	-15.50	-2.16	-0.04	0.58	0.81	0.90	0.93	0.94
0.3		-35.76	-5.90	-1.20	0.16	0.66	0.85	0.92	0.92	0.88
0.4		-64.09	-11.09	-2.78	-0.38	0.48	0.82	0.93	0.94	0.86
0.5		-100.54	-17.73	-4.78	-1.06	0.29	0.80	0.97	0.98	0.87
0.6		-145.16	-25.85	-7.21	-1.86	0.06	0.80	1.05	1.05	0.90
0.7		-198.01	-35.46	-10.08	-2.81	-0.19	0.82	1.15	1.16	0.96
0.8		-259.13	-46.56	-13.39	-3.89	-0.47	0.85	1.28	1.30	1.05
0.9		-328.59	-59.18	-17.15	-5.11	-0.78	0.89	1.44	1.47	1.17
1.0		-406.44	-73.33	-21.37	-6.48	-1.12	0.94	1.63	1.68	1.32
0.4		0.2	-10.31	-1.18	0.26	0.69	0.84	0.91	0.93	0.93
	0.3	-23.96	-3.65	-0.48	0.43	0.75	0.88	0.91	0.91	0.86
	0.4	-42.98	-7.03	-1.46	0.11	0.67	0.87	0.93	0.91	0.84
	0.5	-67.44	-11.35	-2.69	-0.26	0.59	0.90	0.97	0.94	0.84
	0.6	-97.39	-16.60	-4.17	-0.69	0.52	0.95	1.06	1.01	0.87
	0.7	-132.88	-22.81	-5.91	-1.17	0.46	1.03	1.17	1.11	0.92
	0.8	-173.96	-29.99	-7.90	-1.73	0.40	1.15	1.33	1.24	1.00
	0.9	-220.69	-38.15	-10.16	-2.35	0.35	1.29	1.51	1.40	1.11
	1.0	-273.12	-47.31	-12.70	-3.04	0.29	1.45	1.74	1.61	1.26
	0.5	0.2	-7.26	-0.62	0.43	0.75	0.86	0.91	0.93	0.93
0.3		-16.99	-2.35	-0.07	0.57	0.80	0.89	0.91	0.90	0.87
0.4		-30.49	-4.67	-0.72	0.38	0.76	0.89	0.92	0.90	0.85
0.5		-47.82	-7.61	-1.50	0.19	0.75	0.93	0.97	0.93	0.85
0.6		-69.03	-11.17	-2.42	-0.03	0.76	1.01	1.05	0.98	0.88
0.7		-94.17	-15.37	-3.49	-0.26	0.80	1.13	1.17	1.07	0.93
0.8		-123.30	-20.22	-4.71	-0.50	0.87	1.29	1.33	1.20	1.02
0.9		-156.48	-25.73	-6.09	-0.77	0.96	1.48	1.53	1.36	1.13
1.0		-193.74	-31.92	-7.63	-1.07	1.06	1.71	1.77	1.56	1.28
0.6		0.2	-5.28	-0.27	0.54	0.78	0.88	0.91	0.93	0.93
	0.3	-12.43	-1.51	0.18	0.66	0.83	0.89	0.91	0.91	0.89
	0.4	-22.29	-3.15	-0.25	0.55	0.82	0.90	0.92	0.91	0.88
	0.5	-34.92	-5.19	-0.74	0.46	0.84	0.95	0.96	0.93	0.89
	0.6	-50.35	-7.64	-1.30	0.38	0.91	1.05	1.04	0.98	0.93
	0.7	-68.66	-10.52	-1.94	0.32	1.01	1.18	1.16	1.07	0.99
	0.8	-89.89	-13.83	-2.65	0.26	1.15	1.36	1.33	1.19	1.08
	0.9	-114.09	-17.61	-3.46	0.22	1.32	1.59	1.53	1.35	1.21
	1.0	-141.33	-21.84	-4.35	0.18	1.54	1.85	1.77	1.54	1.37
	0.7	0.2	-3.90	-0.03	0.61	0.81	0.89	0.92	0.94	0.94
0.3		-9.25	-0.94	0.35	0.72	0.85	0.90	0.92	0.92	0.92
0.4		-16.54	-2.10	0.07	0.66	0.85	0.91	0.93	0.92	0.92
0.5		-25.85	-3.51	-0.22	0.64	0.90	0.97	0.97	0.94	0.95
0.6		-37.21	-5.18	-0.54	0.65	1.00	1.07	1.05	1.00	1.00
0.7		-50.68	-7.13	-0.87	0.70	1.14	1.22	1.17	1.08	1.08
0.8		-66.31	-9.37	-1.24	0.78	1.33	1.41	1.33	1.21	1.20
0.9		-84.17	-11.92	-1.64	0.89	1.56	1.65	1.53	1.36	1.34
1.0		-104.29	-14.78	-2.09	1.03	1.84	1.94	1.78	1.56	1.52
0.8		0.2	-2.90	0.15	0.67	0.83	0.90	0.93	0.94	0.95
	0.3	-6.91	-0.53	0.47	0.76	0.87	0.91	0.93	0.94	0.96
	0.4	-12.31	-1.34	0.30	0.74	0.88	0.93	0.94	0.95	0.98
	0.5	-19.16	-2.29	0.15	0.77	0.94	0.99	0.98	0.98	1.03
	0.6	-27.50	-3.39	0.01	0.84	1.06	1.09	1.06	1.03	1.11
	0.7	-37.38	-4.66	-0.11	0.97	1.23	1.24	1.18	1.12	1.21
	0.8	-48.87	-6.11	-0.22	1.15	1.46	1.45	1.35	1.25	1.35
	0.9	-62.01	-7.75	-0.33	1.37	1.73	1.70	1.55	1.41	1.52
	1.0	-76.85	-9.59	-0.44	1.63	2.06	2.00	1.80	1.61	1.73

ED5-3 Tee, $D_c > 250$ mm, Converging (Continued)

		C_b Values (Concluded)								
		Q_b/Q_c								
A_s/A_c	A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.9	0.2	-2.14	0.28	0.71	0.85	0.91	0.94	0.96	0.97	0.99
	0.3	-5.14	-0.21	0.57	0.80	0.88	0.92	0.95	0.97	1.02
	0.4	-9.09	-0.76	0.47	0.80	0.91	0.94	0.96	0.98	1.06
	0.5	-14.06	-1.36	0.42	0.86	0.98	1.01	1.01	1.02	1.14
	0.6	-20.08	-2.04	0.42	0.99	1.11	1.12	1.09	1.09	1.24
	0.7	-27.21	-2.79	0.47	1.17	1.30	1.27	1.21	1.19	1.38
	0.8	-35.50	-3.63	0.55	1.42	1.55	1.49	1.38	1.32	1.55
	0.9	-45.01	-4.57	0.66	1.72	1.86	1.75	1.59	1.49	1.75
	1.0	-55.79	-5.64	0.80	2.08	2.22	2.06	1.84	1.69	1.99
	1.0	0.2	-1.54	0.39	0.74	0.87	0.92	0.95	0.97	0.99
0.3		-3.75	0.03	0.64	0.83	0.90	0.94	0.97	1.00	1.08
0.4		-6.57	-0.32	0.61	0.85	0.93	0.97	0.99	1.03	1.16
0.5		-10.05	-0.65	0.64	0.94	1.02	1.03	1.04	1.08	1.26
0.6		-14.24	-0.98	0.74	1.10	1.16	1.15	1.13	1.16	1.40
0.7		-19.20	-1.32	0.91	1.33	1.37	1.31	1.26	1.27	1.57
0.8		-24.98	-1.69	1.14	1.63	1.63	1.53	1.43	1.41	1.78
0.9		-31.62	-2.10	1.42	2.00	1.96	1.80	1.64	1.59	2.02
1.0		-39.19	-2.55	1.76	2.43	2.35	2.12	1.90	1.81	2.30

ED5-3 Tee, $D_c > 250$ mm, Converging

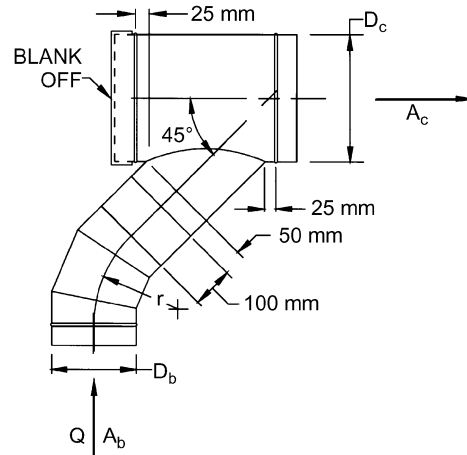
		C_s Values								
		Q_s/Q_c								
A_s/A_c	A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.2	20.43	3.28	1.45	0.98	0.81	0.73	0.69	0.66	0.64
	0.3	12.53	2.40	1.22	0.90	0.77	0.71	0.68	0.66	0.64
	0.4	8.78	1.98	1.12	0.86	0.76	0.70	0.67	0.66	0.64
	0.5	6.69	1.75	1.06	0.84	0.75	0.70	0.67	0.65	0.64
	0.6	5.43	1.61	1.02	0.83	0.74	0.70	0.67	0.65	0.64
	0.7	4.64	1.52	1.00	0.82	0.74	0.70	0.67	0.65	0.64
	0.8	4.15	1.47	0.98	0.81	0.74	0.69	0.67	0.65	0.64
	0.9	3.86	1.43	0.97	0.81	0.74	0.69	0.67	0.65	0.64
	1.0	3.71	1.42	0.97	0.81	0.73	0.69	0.67	0.65	0.64
	0.3	0.2	51.24	7.11	2.49	1.33	0.90	0.70	0.60	0.54
0.3		29.57	4.70	1.87	1.10	0.80	0.66	0.58	0.53	0.50
0.4		19.40	3.57	1.58	1.00	0.76	0.64	0.57	0.52	0.50
0.5		13.84	2.96	1.42	0.94	0.73	0.62	0.56	0.52	0.50
0.6		10.58	2.59	1.32	0.90	0.72	0.62	0.56	0.52	0.49
0.7		8.64	2.38	1.27	0.88	0.71	0.61	0.56	0.52	0.49
0.8		7.52	2.25	1.23	0.87	0.70	0.61	0.56	0.52	0.49
0.9		6.95	2.19	1.22	0.87	0.70	0.61	0.56	0.52	0.49
1.0		6.76	2.17	1.21	0.86	0.70	0.61	0.55	0.52	0.49
0.4		0.2	90.30	12.10	3.91	1.85	1.08	0.74	0.55	0.45
	0.3	49.68	7.59	2.74	1.42	0.90	0.65	0.51	0.43	0.37
	0.4	30.96	5.51	2.21	1.23	0.82	0.61	0.49	0.42	0.37
	0.5	21.00	4.40	1.92	1.13	0.78	0.59	0.48	0.42	0.37
	0.6	15.43	3.78	1.76	1.07	0.75	0.58	0.48	0.41	0.37
	0.7	12.36	3.44	1.67	1.04	0.74	0.57	0.48	0.41	0.37
	0.8	10.86	3.27	1.63	1.02	0.73	0.57	0.47	0.41	0.37
	0.9	10.40	3.22	1.61	1.01	0.73	0.57	0.47	0.41	0.37
	1.0	10.67	3.25	1.62	1.02	0.73	0.57	0.47	0.41	0.37
	0.5	0.2	126.36	16.99	5.39	2.42	1.32	0.81	0.54	0.38
0.3		65.94	10.28	3.65	1.79	1.05	0.68	0.48	0.35	0.27
0.4		38.84	7.27	2.87	1.51	0.93	0.63	0.45	0.34	0.27
0.5		25.07	5.74	2.47	1.37	0.87	0.60	0.44	0.33	0.26
0.6		17.98	4.95	2.27	1.29	0.84	0.58	0.43	0.33	0.26
0.7		14.69	4.58	2.17	1.26	0.82	0.58	0.43	0.33	0.26
0.8		13.78	4.48	2.15	1.25	0.82	0.57	0.43	0.33	0.26
0.9		14.45	4.56	2.17	1.26	0.82	0.58	0.43	0.33	0.26
1.0		16.24	4.76	2.22	1.28	0.83	0.58	0.43	0.33	0.26

ED5-3 Tee, $D_c > 250$ mm, Converging (Continued)

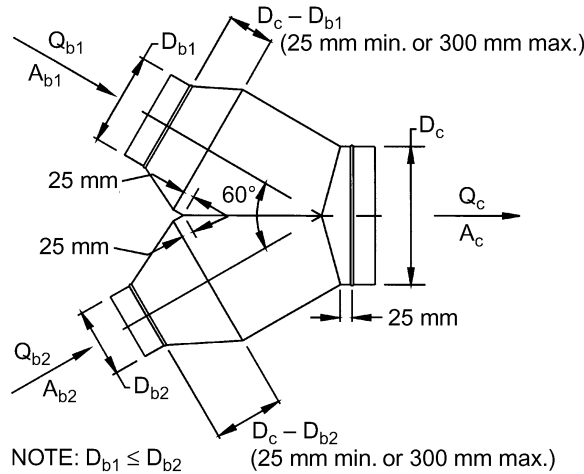
		C_s Values (Concluded)								
		Q_s/Q_c								
A_s/A_c	A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.6	0.2	146.22	20.32	6.54	2.92	1.54	0.89	0.54	0.33	0.20
	0.3	70.93	11.95	4.37	2.13	1.20	0.73	0.46	0.30	0.18
	0.4	38.66	8.37	3.44	1.80	1.06	0.67	0.43	0.28	0.18
	0.5	23.61	6.70	3.00	1.64	0.99	0.64	0.42	0.28	0.18
	0.6	17.17	5.98	2.82	1.57	0.97	0.62	0.41	0.27	0.18
	0.7	15.64	5.81	2.77	1.56	0.96	0.62	0.41	0.27	0.18
	0.8	17.19	5.98	2.82	1.57	0.97	0.62	0.41	0.27	0.18
	0.9	20.79	6.38	2.92	1.61	0.98	0.63	0.42	0.27	0.18
	1.0	25.82	6.94	3.07	1.66	1.00	0.64	0.42	0.28	0.18
	0.7	0.2	137.78	20.74	7.01	3.21	1.70	0.96	0.54	0.29
0.3		58.74	11.96	4.73	2.39	1.34	0.79	0.47	0.26	0.12
0.4		27.78	8.52	3.84	2.06	1.21	0.73	0.44	0.24	0.11
0.5		16.04	7.21	3.50	1.94	1.15	0.71	0.43	0.24	0.11
0.6		13.91	6.97	3.44	1.92	1.14	0.70	0.42	0.24	0.11
0.7		17.28	7.35	3.54	1.95	1.16	0.71	0.43	0.24	0.11
0.8		24.08	8.10	3.73	2.02	1.19	0.72	0.43	0.24	0.11
0.9		33.17	9.11	3.99	2.12	1.23	0.74	0.44	0.25	0.11
1.0		43.86	10.30	4.30	2.23	1.28	0.76	0.45	0.25	0.11
0.8		0.2	92.97	17.35	6.57	3.21	1.75	0.99	0.55	0.27
	0.3	26.98	10.02	4.67	2.52	1.46	0.86	0.48	0.24	0.07
	0.4	6.75	7.77	4.09	2.31	1.37	0.81	0.46	0.23	0.06
	0.5	4.83	7.56	4.03	2.29	1.36	0.81	0.46	0.23	0.06
	0.6	12.05	8.36	4.24	2.37	1.39	0.83	0.47	0.23	0.07
	0.7	24.51	9.75	4.60	2.49	1.45	0.85	0.48	0.24	0.07
	0.8	40.23	11.49	5.05	2.66	1.52	0.88	0.50	0.24	0.07
	0.9	58.13	13.48	5.57	2.85	1.60	0.92	0.51	0.25	0.07
	1.0	77.56	15.64	6.13	3.05	1.68	0.96	0.53	0.26	0.08
	0.9	0.2	10.77	10.05	5.20	2.91	1.70	0.99	0.55	0.25
0.3		-21.27	6.49	4.28	2.57	1.56	0.93	0.52	0.24	0.04
0.4		-19.11	6.73	4.34	2.60	1.57	0.93	0.52	0.24	0.04
0.5		-3.28	8.49	4.80	2.76	1.64	0.97	0.54	0.24	0.04
0.6		19.39	11.01	5.45	3.00	1.74	1.01	0.56	0.25	0.04
0.7		45.97	13.96	6.21	3.27	1.86	1.07	0.58	0.27	0.05
0.8		74.99	17.18	7.05	3.58	1.98	1.13	0.61	0.28	0.05
0.9		105.64	20.59	7.93	3.89	2.12	1.19	0.64	0.29	0.06
1.0		137.43	24.12	8.85	4.23	2.26	1.26	0.67	0.31	0.06
1.0		0.2	-99.78	-0.17	3.15	2.40	1.58	0.98	0.56	0.25
	0.3	-75.42	2.54	3.85	2.65	1.69	1.03	0.58	0.26	0.03
	0.4	-38.31	6.66	4.92	3.04	1.86	1.11	0.62	0.28	0.03
	0.5	3.90	11.35	6.14	3.48	2.04	1.20	0.66	0.29	0.04
	0.6	48.66	16.32	7.43	3.94	2.24	1.29	0.70	0.31	0.04
	0.7	94.88	21.46	8.76	4.43	2.45	1.38	0.75	0.33	0.05
	0.8	142.01	26.70	10.12	4.92	2.66	1.48	0.79	0.35	0.06
	0.9	189.74	32.00	11.49	5.41	2.87	1.58	0.84	0.37	0.07
	1.0	237.90	37.35	12.88	5.92	3.08	1.68	0.88	0.39	0.07

ED5-6 Capped Wye, Branch with 45-Degree Elbow, Branch 90 Degrees to Main, Converging, $r/D_b = 1.5$

A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C_b	1.26	1.07	0.94	0.86	0.81	0.76	0.71	0.67	0.64	0.64



ED5-9 Symmetrical Wye, 60 Degree, $D_{b1} \geq D_{b2}$, Converging



C_{b1} Values

A_{b1}/A_c	A_{b2}/A_c	Q_{b1}/Q_c									
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
0.2	0.2	-11.95	-1.89	-0.09	0.41	0.62	0.74	0.80	0.80	0.79	
	0.3	-11.95	-1.89	-0.09	0.41	0.62	0.74	0.80	0.80	0.79	
0.3	0.2	-45.45	-9.39	-2.44	-0.41	0.33	0.68	0.89	1.03	1.13	
	0.3	-16.88	-2.92	-0.09	0.59	0.86	1.02	1.09	1.10	1.08	
0.4	0.2	-72.04	-14.00	-4.26	-1.24	-0.10	0.33	0.50	0.57	0.63	
	0.3	-52.95	-9.91	-2.86	-0.69	0.07	0.30	0.40	0.49	0.62	
	0.4	-28.86	-6.22	-2.15	-0.57	0.19	0.55	0.72	0.79	0.85	
0.5	0.2	-126.04	-23.80	-7.44	-2.64	-0.85	-0.13	0.16	0.26	0.28	
	0.3	-91.07	-16.91	-5.16	-1.73	-0.46	0.04	0.23	0.29	0.28	
	0.4	-56.41	-10.07	-2.90	-0.82	-0.07	0.21	0.30	0.31	0.29	
	0.5	-30.58	-5.23	-1.06	0.00	0.32	0.43	0.47	0.47	0.41	
0.6	0.2	-209.81	-39.31	-12.13	-4.35	-1.54	-0.40	0.06	0.22	0.23	
	0.3	-147.43	-27.69	-8.75	-3.20	-1.13	-0.29	0.05	0.17	0.18	
	0.4	-85.06	-16.07	-5.38	-2.04	-0.71	-0.17	0.04	0.12	0.13	
	0.5	-58.22	-11.03	-3.84	-1.49	-0.50	-0.09	0.07	0.11	0.12	
	0.6	-40.57	-7.86	-2.60	-0.99	-0.26	0.00	0.14	0.21	0.25	
0.7	0.2	-291.57	-54.52	-17.03	-6.21	-2.27	-0.68	-0.04	0.19	0.21	
	0.3	-197.37	-38.02	-12.54	-4.92	-2.01	-0.76	-0.22	0.01	0.08	
	0.4	-102.97	-21.41	-8.05	-3.64	-1.75	-0.84	-0.40	-0.17	-0.05	
	0.5	-65.15	-14.75	-6.16	-3.07	-1.61	-0.85	-0.44	-0.22	-0.09	
	0.6	-48.24	-11.70	-4.97	-2.59	-1.40	-0.76	-0.37	-0.15	-0.03	
	0.7	-73.02	-16.68	-6.90	-3.29	-1.61	-0.80	-0.29	0.02	0.22	
0.8	0.2	-373.33	-69.73	-21.93	-8.08	-3.00	-0.95	-0.13	0.15	0.20	
	0.3	-247.31	-48.35	-16.32	-6.65	-2.89	-1.24	-0.49	-0.15	-0.02	
	0.4	-120.88	-26.76	-10.71	-5.24	-2.78	-1.52	-0.84	-0.45	-0.24	

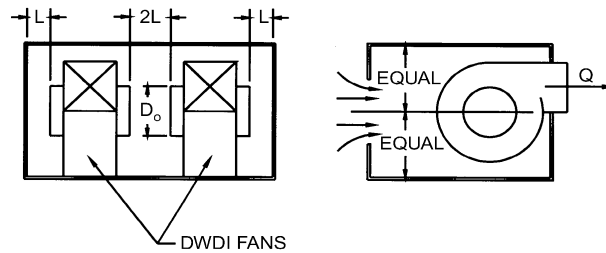
ED5-9 Symmetrical Wye, 60 Degree, $D_{b1} \geq D_{b2}$, Converging (Continued)

		C_{b1} Values (Concluded)								
		Q_{b1}/Q_c								
A_{b1}/A_c	A_{b2}/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	0.5	-72.08	-18.46	-8.48	-4.65	-2.71	-1.61	-0.95	-0.55	-0.31
	0.6	-55.91	-15.54	-7.35	-4.20	-2.54	-1.53	-0.89	-0.51	-0.30
	0.7	-80.68	-20.52	-9.27	-4.90	-2.75	-1.56	-0.80	-0.34	-0.06
	0.8	-105.46	-25.49	-11.19	-5.59	-2.96	-1.60	-0.72	-0.18	0.19
0.9	0.2	-479.24	-89.56	-28.39	-10.59	-4.04	-1.41	-0.36	0.01	0.09
	0.3	-305.31	-61.27	-21.50	-9.28	-4.39	-2.16	-1.07	-0.54	-0.29
	0.4	-131.17	-32.88	-14.60	-7.98	-4.74	-2.91	-1.79	-1.10	-0.68
	0.5	-67.90	-22.76	-12.17	-7.53	-4.89	-3.19	-2.05	-1.30	-0.81
	0.6	-68.95	-23.08	-12.11	-7.45	-4.84	-3.15	-2.01	-1.26	-0.79
	0.7	-90.48	-27.35	-13.58	-7.95	-4.97	-3.16	-1.96	-1.17	-0.65
	0.8	-112.02	-31.63	-15.05	-8.44	-5.11	-3.18	-1.90	-1.07	-0.51
	0.9	-130.32	-35.19	-16.07	-8.70	-5.18	-3.19	-1.88	-1.08	-0.53
1.0	0.2	-585.16	-109.39	-34.85	-13.11	-5.09	-1.86	-0.59	-0.13	-0.01
	0.3	-363.31	-74.20	-26.68	-11.91	-5.90	-3.08	-1.66	-0.94	-0.56
	0.4	-141.46	-39.00	-18.50	-10.71	-6.71	-4.29	-2.74	-1.74	-1.12
	0.5	-63.71	-27.06	-15.85	-10.41	-7.07	-4.77	-3.16	-2.05	-1.31
	0.6	-81.99	-30.62	-16.87	-10.70	-7.13	-4.77	-3.13	-2.02	-1.28
	0.7	-100.28	-34.19	-17.89	-11.00	-7.19	-4.76	-3.11	-1.99	-1.24
	0.8	-118.58	-37.76	-18.91	-11.29	-7.26	-4.76	-3.09	-1.96	-1.20
	0.9	-136.88	-41.32	-19.93	-11.55	-7.32	-4.77	-3.07	-1.98	-1.23
	1.0	-155.18	-44.89	-20.95	-11.80	-7.39	-4.78	-3.05	-1.99	-1.25

		C_{b2} Values								
		Q_{b2}/Q_c								
A_{b1}/A_c	A_{b2}/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.2	-11.95	-1.89	-0.09	0.41	0.62	0.74	0.80	0.80	0.79
	0.3	-11.95	-1.89	-0.09	0.41	0.62	0.74	0.80	0.80	0.79
0.3	0.2	-8.24	-1.18	0.05	0.42	0.61	0.73	0.78	0.77	0.76
	0.3	-16.88	-2.92	-0.09	0.59	0.86	1.02	1.09	1.10	1.08
0.4	0.2	-6.95	-1.00	0.16	0.53	0.67	0.71	0.72	0.72	0.71
	0.3	-16.21	-2.90	-0.44	0.40	0.79	0.98	1.05	1.06	1.05
	0.4	-28.86	-6.22	-2.15	-0.57	0.19	0.55	0.72	0.79	0.85
0.5	0.2	-4.82	-0.01	0.56	0.71	0.82	0.89	0.92	0.90	0.89
	0.3	-12.27	-1.17	0.44	0.88	1.11	1.25	1.29	1.25	1.23
	0.4	-20.76	-2.93	-0.21	0.48	0.73	0.84	0.88	0.87	0.82
	0.5	-30.58	-5.23	-1.06	0.00	0.32	0.43	0.47	0.47	0.41
0.6	0.2	-3.68	0.07	0.77	0.98	1.06	1.08	1.08	1.06	1.04
	0.3	-9.06	-0.55	0.86	1.27	1.42	1.48	1.49	1.46	1.42
	0.4	-17.62	-2.12	0.06	0.60	0.83	0.95	0.98	0.95	0.91
	0.5	-28.00	-4.26	-0.99	-0.16	0.20	0.39	0.45	0.41	0.38
	0.6	-40.57	-7.86	-2.60	-0.99	-0.26	0.00	0.14	0.21	0.25
0.7	0.2	-5.44	-0.40	0.55	0.86	0.98	1.02	1.04	1.03	1.02
	0.3	-9.36	-0.77	0.73	1.20	1.39	1.47	1.49	1.47	1.44
	0.4	-19.57	-3.09	-0.44	0.36	0.71	0.89	0.97	0.98	0.97
	0.5	-31.88	-6.02	-1.90	-0.63	-0.05	0.26	0.40	0.44	0.46
	0.6	-46.44	-9.82	-3.47	-1.41	-0.48	-0.04	0.21	0.36	0.45
	0.7	-73.02	-16.68	-6.90	-3.29	-1.61	-0.80	-0.29	0.02	0.22
0.8	0.2	-7.21	-0.87	0.33	0.73	0.90	0.97	1.00	1.00	0.99
	0.3	-9.67	-0.99	0.60	1.13	1.36	1.45	1.49	1.48	1.46
	0.4	-21.53	-4.06	-0.93	0.11	0.59	0.83	0.96	1.01	1.03
	0.5	-35.77	-7.77	-2.82	-1.09	-0.29	0.13	0.35	0.48	0.55
	0.6	-52.32	-11.78	-4.34	-1.83	-0.70	-0.09	0.28	0.51	0.65
	0.7	-78.89	-18.64	-7.76	-3.71	-1.83	-0.85	-0.22	0.16	0.42
	0.8	-105.46	-25.49	-11.19	-5.59	-2.96	-1.60	-0.72	-0.18	0.19
0.9	0.2	-4.98	-0.34	0.54	0.85	0.97	1.03	1.04	1.03	1.01
	0.3	-9.97	-1.21	0.48	1.06	1.32	1.44	1.49	1.49	1.48
	0.4	-23.54	-4.98	-1.39	-0.12	0.47	0.78	0.95	1.04	1.09
	0.5	-40.14	-9.57	-3.69	-1.56	-0.55	-0.01	0.31	0.51	0.63
	0.6	-58.25	-14.28	-5.64	-2.53	-1.08	-0.30	0.18	0.49	0.70
	0.7	-84.09	-21.02	-8.91	-4.38	-2.22	-1.04	-0.31	0.15	0.46
	0.8	-109.92	-27.77	-12.18	-6.22	-3.35	-1.79	-0.81	-0.19	0.23
	0.9	-130.32	-35.19	-16.07	-8.70	-5.18	-3.19	-1.88	-1.08	-0.53
1.0	0.2	-2.75	0.19	0.76	0.96	1.05	1.08	1.08	1.06	1.04
	0.3	-10.28	-1.43	0.35	0.99	1.29	1.43	1.49	1.50	1.50
	0.4	-25.56	-5.89	-1.86	-0.36	0.35	0.72	0.93	1.07	1.15
	0.5	-44.52	-11.37	-4.56	-2.02	-0.81	-0.14	0.27	0.54	0.72
	0.6	-64.19	-16.77	-6.94	-3.24	-1.47	-0.50	0.09	0.48	0.74
	0.7	-89.28	-23.41	-10.05	-5.05	-2.61	-1.24	-0.40	0.14	0.50
	0.8	-114.38	-30.04	-13.16	-6.86	-3.75	-1.97	-0.89	-0.20	0.27
	0.9	-134.78	-37.47	-17.06	-9.33	-5.57	-3.38	-1.97	-1.09	-0.49
	1.0	-155.18	-44.89	-20.95	-11.80	-7.39	-4.78	-3.05	-1.99	-1.25

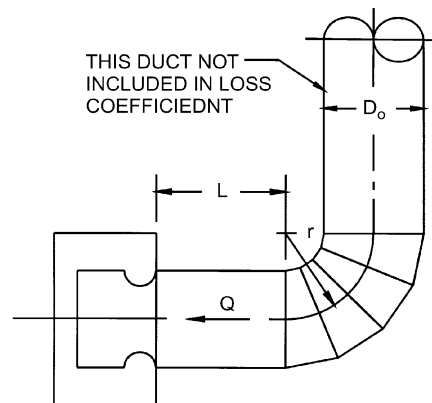
ED7-1 Centrifugal Fan Located in Plenum or Cabinet

L/D_o	0.30	0.40	0.50	0.75
C_o	0.80	0.53	0.40	0.22



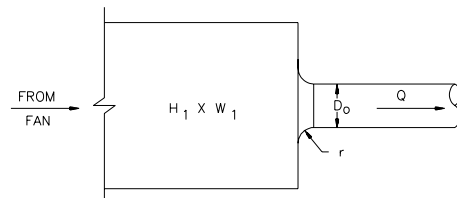
ED7-2 Fan Inlet, Centrifugal, SWSI, with 4 Gore Elbow

r/D_o	C_o Values			
	L/D_o			
	0.0	2.0	5.0	10.0
0.50	1.80	1.00	0.53	0.53
0.75	1.40	0.80	0.40	0.40
1.00	1.20	0.67	0.33	0.33
1.50	1.10	0.60	0.33	0.33
2.00	1.00	0.53	0.33	0.33
3.00	0.67	0.40	0.22	0.22



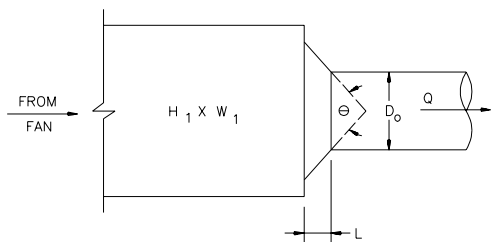
SD1-1 Bellmouth, Plenum to Round, Supply Air Systems

r/D_o	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.16	0.20	10.00
C_o	0.50	0.44	0.36	0.31	0.26	0.22	0.20	0.15	0.12	0.09	0.06	0.03	0.03



SD1-2 Conical Bellmouth/Sudden Contraction, Plenum to Round, Supply Air Systems

A_o/A_1	L/D_o	C_o Values									
		θ									
		0	10	20	30	45	60	90	120	150	180
0.10	0.025	0.46	0.43	0.42	0.40	0.38	0.37	0.38	0.40	0.43	0.46
	0.050	0.46	0.42	0.38	0.33	0.30	0.28	0.31	0.36	0.41	0.46
	0.075	0.46	0.39	0.32	0.28	0.23	0.21	0.26	0.32	0.39	0.46
	0.100	0.46	0.36	0.30	0.23	0.19	0.17	0.23	0.30	0.38	0.46
	0.150	0.46	0.34	0.25	0.18	0.15	0.14	0.21	0.29	0.37	0.46
	0.300	0.46	0.31	0.22	0.16	0.13	0.13	0.20	0.28	0.37	0.46
	0.600	0.46	0.25	0.17	0.12	0.10	0.11	0.19	0.27	0.36	0.46
0.20	0.025	0.42	0.40	0.38	0.36	0.34	0.34	0.35	0.37	0.39	0.42
	0.050	0.42	0.38	0.35	0.30	0.27	0.25	0.29	0.33	0.37	0.42
	0.075	0.42	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.24	0.30	0.36	0.42
	0.100	0.42	0.33	0.27	0.21	0.18	0.15	0.21	0.27	0.35	0.42
	0.150	0.42	0.31	0.23	0.17	0.13	0.13	0.19	0.26	0.34	0.42
	0.300	0.42	0.28	0.20	0.15	0.12	0.12	0.18	0.26	0.34	0.42
	0.600	0.42	0.23	0.15	0.11	0.10	0.10	0.17	0.25	0.33	0.42

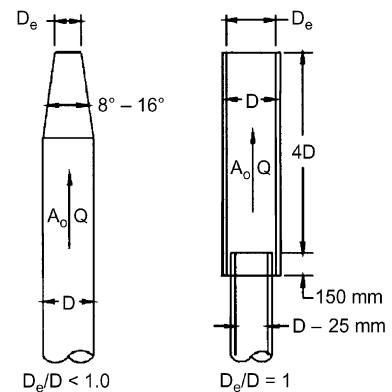


**SD1-2 Conical Bellmouth/Sudden Contraction,
Plenum to Round, Supply Air Systems (Continued)**

A_o/A_1	L/D_o	C_o Values (Concluded)									
		θ									
		0	10	20	30	45	60	90	120	150	180
0.40	0.025	0.34	0.32	0.31	0.29	0.28	0.27	0.28	0.30	0.32	0.34
	0.050	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20	0.23	0.26	0.30	0.34
	0.075	0.34	0.29	0.24	0.20	0.17	0.16	0.19	0.24	0.29	0.34
	0.100	0.34	0.27	0.22	0.17	0.14	0.12	0.17	0.22	0.28	0.34
	0.150	0.34	0.25	0.18	0.14	0.11	0.10	0.15	0.21	0.27	0.34
	0.300	0.34	0.23	0.16	0.12	0.10	0.10	0.15	0.21	0.27	0.34
	0.600	0.34	0.18	0.12	0.09	0.08	0.08	0.14	0.20	0.27	0.34
0.60	0.025	0.25	0.24	0.23	0.22	0.20	0.20	0.21	0.22	0.23	0.25
	0.050	0.25	0.23	0.21	0.18	0.16	0.15	0.17	0.19	0.22	0.25
	0.075	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.14	0.18	0.21	0.25
	0.100	0.25	0.20	0.16	0.13	0.11	0.09	0.12	0.16	0.21	0.25
	0.150	0.25	0.19	0.14	0.10	0.08	0.08	0.11	0.16	0.20	0.25
	0.300	0.25	0.17	0.12	0.09	0.07	0.07	0.11	0.15	0.20	0.25
	0.600	0.25	0.14	0.09	0.07	0.06	0.06	0.10	0.15	0.20	0.25
0.80	0.025	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.13	0.14	0.15
	0.050	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15
	0.075	0.15	0.13	0.10	0.09	0.08	0.07	0.08	0.10	0.13	0.15
	0.100	0.15	0.12	0.10	0.07	0.06	0.05	0.07	0.10	0.12	0.15
	0.150	0.15	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.07	0.09	0.12	0.15
	0.300	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.04	0.07	0.09	0.12	0.15
	0.600	0.15	0.08	0.05	0.04	0.03	0.04	0.06	0.09	0.12	0.15
0.90	0.025	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09
	0.050	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
	0.075	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09
	0.100	0.09	0.07	0.06	0.04	0.04	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09
	0.150	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09
	0.300	0.09	0.06	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.05	0.07	0.09
	0.600	0.09	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.07	0.09

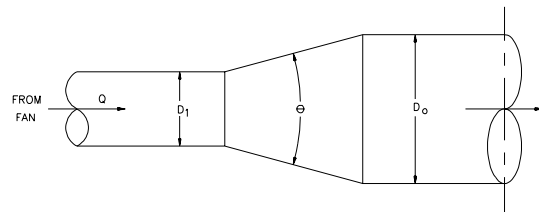
SD2-6 Stackhead

D_e/D	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C_o	129	41.02	16.80	8.10	4.37	2.56	1.60	1.00



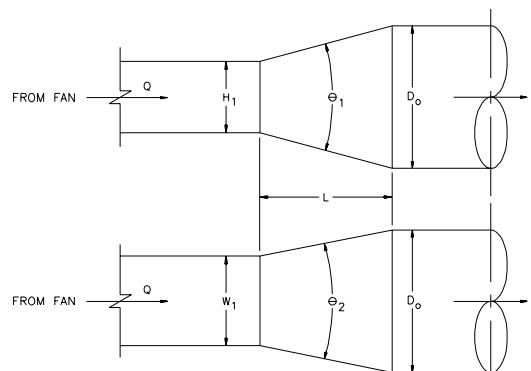
SD4-1 Transition, Round to Round, Supply Air Systems

A_o/A_1	C_o Values									
	θ									
	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43
0.17	0.05	0.04	0.04	0.04	0.06	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42
0.25	0.05	0.04	0.04	0.04	0.06	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41
0.50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.12	0.18	0.24	0.26
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.44	0.52	0.76	1.28	1.32	1.32	1.28	1.24	1.20	1.20
4.00	2.56	3.52	4.80	7.36	9.76	10.88	10.24	10.08	9.92	9.92
10.00	21.00	28.00	38.00	59.00	76.00	80.00	83.00	84.00	83.00	83.00
16.00	53.76	74.24	97.28	153.60	215.04	225.28	225.28	225.28	225.28	225.28



SD4-2 Transition, Rectangular to Round, Supply Air Systems

A_o/A_1	C_o Values									
	θ									
	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43
0.17	0.05	0.05	0.04	0.04	0.06	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42
0.25	0.06	0.05	0.05	0.04	0.06	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41
0.50	0.06	0.07	0.07	0.05	0.06	0.06	0.12	0.18	0.24	0.26
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.60	0.84	1.00	1.20	1.32	1.32	1.32	1.28	1.24	1.20
4.00	4.00	5.76	7.20	8.32	9.28	9.92	10.24	10.24	10.24	10.24
10.00	30.00	50.00	53.00	64.00	75.00	84.00	89.00	91.00	91.00	88.00
16.00	76.80	138.24	135.68	166.40	197.12	225.28	243.20	250.88	250.88	238.08

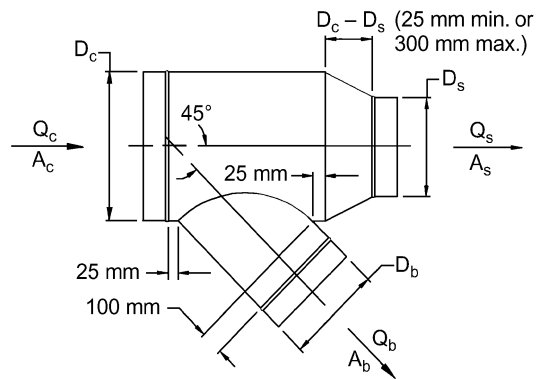


SD4-2

SD5-1 Wye, 45 Degree, Diverging

A_b/A_c	C_b Values								
	Q_b/Q_c								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	0.38	0.39	0.48						
0.2	2.25	0.38	0.31	0.39	0.46	0.48	0.45		
0.3	6.29	1.02	0.38	0.30	0.33	0.39	0.44	0.48	0.48
0.4	12.41	2.25	0.74	0.38	0.30	0.31	0.35	0.39	0.43
0.5	20.58	4.01	1.37	0.62	0.38	0.30	0.30	0.32	0.36
0.6	30.78	6.29	2.25	1.02	0.56	0.38	0.31	0.30	0.31
0.7	43.02	9.10	3.36	1.57	0.85	0.52	0.38	0.31	0.30
0.8	57.29	12.41	4.71	2.25	1.22	0.74	0.50	0.38	0.32
0.9	73.59	16.24	6.29	3.06	1.69	1.02	0.67	0.48	0.38

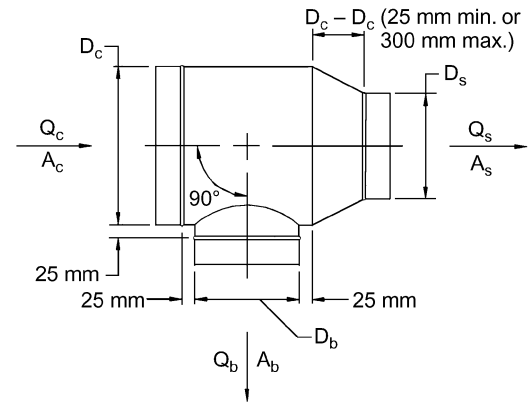
A_b/A_c	C_s Values								
	Q_s/Q_c								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	0.13	0.16							
0.2	0.20	0.13	0.15	0.16	0.28				
0.3	0.90	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.20		
0.4	2.88	0.20	0.14	0.13	0.14	0.15	0.15	0.16	0.34
0.5	6.25	0.37	0.17	0.14	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15
0.6	11.88	0.90	0.20	0.13	0.14	0.13	0.14	0.14	0.15
0.7	18.62	1.71	0.33	0.18	0.16	0.14	0.13	0.15	0.14
0.8	26.88	2.88	0.50	0.20	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14
0.9	36.45	4.46	0.90	0.30	0.19	0.16	0.15	0.14	0.13



SD5-9 Tee, Diverging

		<i>C_b</i> Values								
		<i>Q_b/Q_c</i>								
<i>A_b/A_c</i>	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
0.1	1.20	0.62	0.80	1.28	1.99	2.92	4.07	5.44	7.02	
0.2	4.10	1.20	0.72	0.62	0.66	0.80	1.01	1.28	1.60	
0.3	8.99	2.40	1.20	0.81	0.66	0.62	0.64	0.70	0.80	
0.4	15.89	4.10	1.94	1.20	0.88	0.72	0.64	0.62	0.63	
0.5	24.80	6.29	2.91	1.74	1.20	0.92	0.77	0.68	0.63	
0.6	35.73	8.99	4.10	2.40	1.62	1.20	0.96	0.81	0.72	
0.7	48.67	12.19	5.51	3.19	2.12	1.55	1.20	0.99	0.85	
0.8	63.63	15.89	7.14	4.10	2.70	1.94	1.49	1.20	1.01	
0.9	80.60	20.10	8.99	5.13	3.36	2.40	1.83	1.46	1.20	

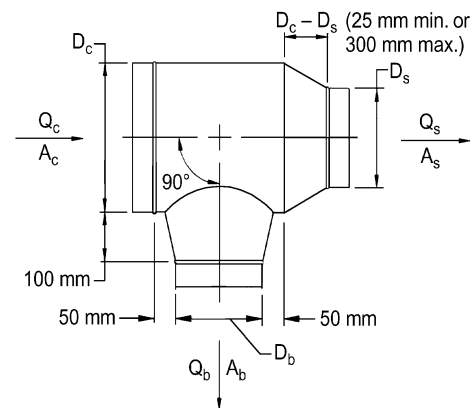
		<i>C_s</i> Values								
		<i>Q_s/Q_c</i>								
<i>A_s/A_c</i>	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
0.1	0.13	0.16								
0.2	0.20	0.13	0.15	0.16	0.28					
0.3	0.90	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.20			
0.4	2.88	0.20	0.14	0.13	0.14	0.15	0.15	0.16	0.34	
0.5	6.25	0.37	0.17	0.14	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	
0.6	11.88	0.90	0.20	0.13	0.14	0.13	0.14	0.14	0.15	
0.7	18.62	1.71	0.33	0.18	0.16	0.14	0.13	0.15	0.14	
0.8	26.88	2.88	0.50	0.20	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	
0.9	36.45	4.46	0.90	0.30	0.19	0.16	0.15	0.14	0.13	



SD5-10 Tee, Conical Branch Tapered into Body, Diverging

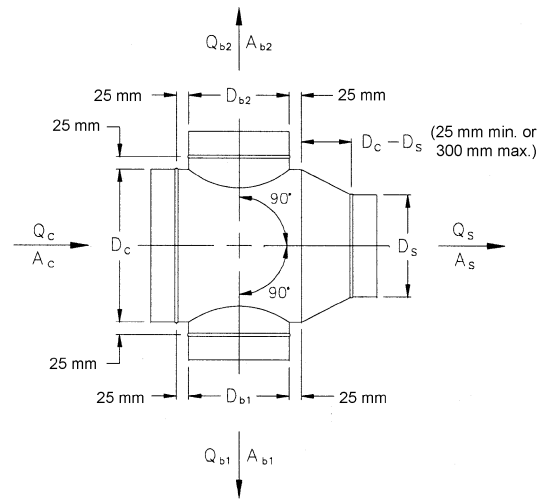
		<i>C_b</i> Values								
		<i>Q_b/Q_c</i>								
<i>A_b/A_c</i>	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
0.1	0.65	0.24								
0.2	2.98	0.65	0.33	0.24	0.18					
0.3	7.36	1.56	0.65	0.39	0.29	0.24	0.20			
0.4	13.78	2.98	1.20	0.65	0.43	0.33	0.27	0.24	0.21	
0.5	22.24	4.92	1.98	1.04	0.65	0.47	0.36	0.30	0.26	
0.6	32.73	7.36	2.98	1.56	0.96	0.65	0.49	0.39	0.33	
0.7	45.26	10.32	4.21	2.21	1.34	0.90	0.65	0.51	0.42	
0.8	59.82	13.78	5.67	2.98	1.80	1.20	0.86	0.65	0.52	
0.9	76.41	17.75	7.36	3.88	2.35	1.56	1.11	0.83	0.65	

		<i>C_s</i> Values								
		<i>Q_s/Q_c</i>								
<i>A_s/A_c</i>	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
0.1	0.13	0.16								
0.2	0.20	0.13	0.15	0.16	0.28					
0.3	0.90	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.20			
0.4	2.88	0.20	0.14	0.13	0.14	0.15	0.15	0.16	0.34	
0.5	6.25	0.37	0.17	0.14	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	
0.6	11.88	0.90	0.20	0.13	0.14	0.13	0.14	0.14	0.15	
0.7	18.62	1.71	0.33	0.18	0.16	0.14	0.13	0.15	0.14	
0.8	26.88	2.88	0.50	0.20	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	
0.9	36.45	4.46	0.90	0.30	0.19	0.16	0.15	0.14	0.13	



SD5-24 Cross, Diverging

		<i>C_{b1}</i> Values								
		<i>Q_{b1}/Q_c</i>								
<i>A_s/A_c</i>	<i>A_{b1}/A_c</i>	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.20	0.1	2.07	2.08	1.62	1.30	1.08	0.93	0.81	0.72	0.64
	0.2		2.07	2.31	2.08	1.83	1.62	1.44	1.30	1.18
	0.3			2.07	2.34	2.24	2.08	1.91	1.76	1.62
	0.4			0.90	2.07	2.32	2.31	2.21	2.08	1.95
	0.5				1.28	2.07	2.30	2.33	2.27	2.18
	0.6					1.48	2.07	2.29	2.34	2.31
	0.7						0.55	1.60	2.07	2.33
	0.8							0.90	1.68	2.07
	0.9								1.12	1.74
0.35	0.1		3.25	3.11	2.69	2.32	2.03	1.80	1.61	1.46
	0.2			2.44	3.25	3.28	3.11	2.90	2.69	2.49
	0.3				1.69	2.88	3.25	3.31	3.23	3.11
	0.4					1.12	2.44	3.02	3.25	3.31
	0.5							0.69	2.04	2.73
	0.6								0.37	1.69
	0.7									0.11
	0.8									
	0.9									
0.55	0.1		1.50	1.56	1.38	1.20	1.06	0.94	0.84	0.77
	0.2			0.89	1.50	1.60	1.56	1.47	1.38	1.28
	0.3				0.38	1.20	1.50	1.59	1.59	1.56
	0.4					0.00	0.89	1.31	1.50	1.58
	0.5							0.61	1.09	1.36
	0.6								0.38	0.89
	0.7									0.17
	0.8									
	0.9									
0.80	0.1	1.20	0.62	0.80	1.28	1.99	2.92	4.07	5.44	7.02
	0.2	4.10	1.20	0.72	0.62	0.66	0.80	1.01	1.28	1.60
	0.3	8.99	2.40	1.20	0.81	0.66	0.62	0.64	0.70	0.80
	0.4	15.89	4.10	1.94	1.20	0.88	0.72	0.64	0.62	0.63
	0.5	24.80	6.29	2.91	1.74	1.20	0.92	0.77	0.68	0.63
	0.6	35.73	8.99	4.10	2.40	1.62	1.20	0.96	0.81	0.72
	0.7	48.67	12.19	5.51	3.19	2.12	1.55	1.20	0.99	0.85
	0.8	63.63	15.89	7.14	4.10	2.70	1.94	1.49	1.20	1.01
	0.9	80.60	20.10	8.99	5.13	3.36	2.40	1.83	1.46	1.20
1.00	0.1	1.20	0.62	0.80	1.28	1.99	2.92	4.07	5.44	7.02
	0.2	4.10	1.20	0.72	0.62	0.66	0.80	1.01	1.28	1.60
	0.3	8.99	2.40	1.20	0.81	0.66	0.62	0.64	0.70	0.80
	0.4	15.89	4.10	1.94	1.20	0.88	0.72	0.64	0.62	0.63
	0.5	24.80	6.29	2.91	1.74	1.20	0.92	0.77	0.68	0.63
	0.6	35.73	8.99	4.10	2.40	1.62	1.20	0.96	0.81	0.72
	0.7	48.67	12.19	5.51	3.19	2.12	1.55	1.20	0.99	0.85
	0.8	63.63	15.89	7.14	4.10	2.70	1.94	1.49	1.20	1.01
	0.9	80.60	20.10	8.99	5.13	3.36	2.40	1.83	1.46	1.20

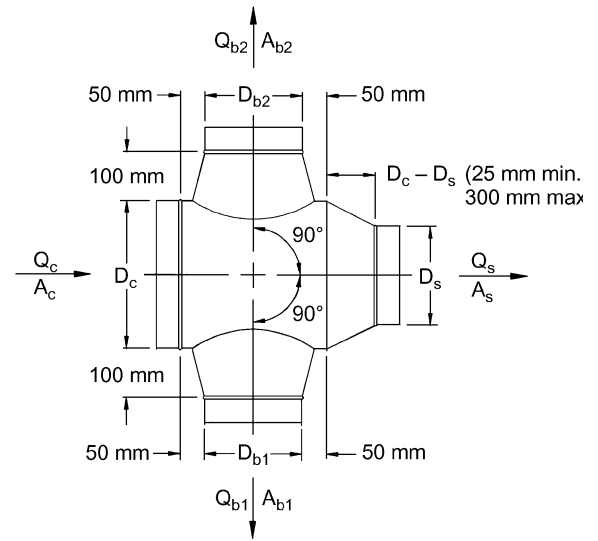


		<i>C_s</i> Values								
		<i>Q_s/Q_c</i>								
<i>A_s/A_c</i>		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1		0.13	0.16							
0.2		0.20	0.13	0.15	0.16	0.28				
0.3		0.90	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.20		
0.4		2.88	0.20	0.14	0.13	0.14	0.15	0.15	0.16	0.34
0.5		6.25	0.37	0.17	0.14	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15
0.6		11.88	0.90	0.20	0.13	0.14	0.13	0.14	0.14	0.15
0.7		18.62	1.71	0.33	0.18	0.16	0.14	0.13	0.15	0.14
0.8		26.88	2.88	0.50	0.20	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14
0.9		36.45	4.46	0.90	0.30	0.19	0.16	0.15	0.14	0.13

For the other branch, subscripts 1 and 2 change places.

SD5-25 Cross, Conical Branches Tapered into Body, Diverging

		<i>C_{b1}</i> Values									
		<i>Q_{b1}/Q_c</i>									
<i>A_s/A_c</i>	<i>A_{b1}/A_c</i>	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
0.20	0.1	2.07	2.08	1.62	1.30	1.08	0.93	0.81	0.72	0.64	
	0.2		2.07	2.31	2.08	1.83	1.62	1.44	1.30	1.18	
	0.3			2.07	2.34	2.24	2.08	1.91	1.76	1.62	
	0.4			0.90	2.07	2.32	2.31	2.21	2.08	1.95	
	0.5				1.28	2.07	2.30	2.33	2.27	2.18	
	0.6					1.48	2.07	2.29	2.34	2.31	
	0.7						0.55	1.60	2.07	2.27	2.33
	0.8							0.90	1.68	2.07	2.25
	0.9								1.12	1.74	2.07
0.35	0.1		3.25	3.11	2.69	2.32	2.03	1.80	1.61	1.46	
	0.2			2.44	3.25	3.28	3.11	2.90	2.69	2.49	
	0.3				1.69	2.88	3.25	3.31	3.23	3.11	
	0.4					1.12	2.44	3.02	3.25	3.31	
	0.5						0.69	2.04	2.73	3.09	
	0.6							0.37	1.69	2.44	
	0.7								0.11	1.38	
	0.8										
	0.9										
0.55	0.1		1.50	1.56	1.38	1.20	1.06	0.94	0.84	0.77	
	0.2			0.89	1.50	1.60	1.56	1.47	1.38	1.28	
	0.3				0.38	1.20	1.50	1.59	1.59	1.56	
	0.4					0.00	0.89	1.31	1.50	1.58	
	0.5							0.61	1.09	1.36	
	0.6								0.38	0.89	
	0.7									0.17	
	0.8										
	0.9										
0.80	0.1	0.65	0.24								
	0.2	2.98	0.65	0.33	0.24	0.18					
	0.3	7.36	1.56	0.65	0.39	0.29	0.24	0.20			
	0.4	13.78	2.98	1.20	0.65	0.43	0.33	0.27	0.24	0.21	
	0.5	22.24	4.92	1.98	1.04	0.65	0.47	0.36	0.30	0.26	
	0.6	32.73	7.36	2.98	1.56	0.96	0.65	0.49	0.39	0.33	
	0.7	45.26	10.32	4.21	2.21	1.34	0.90	0.65	0.51	0.42	
	0.8	59.82	13.78	5.67	2.98	1.80	1.20	0.86	0.65	0.52	
	0.9	76.41	17.75	7.36	3.88	2.35	1.56	1.11	0.83	0.65	
1.00	0.1	0.65	0.24								
	0.2	2.98	0.65	0.33	0.24	0.18					
	0.3	7.36	1.56	0.65	0.39	0.29	0.24	0.20			
	0.4	13.78	2.98	1.20	0.65	0.43	0.33	0.27	0.24	0.21	
	0.5	22.24	4.92	1.98	1.04	0.65	0.47	0.36	0.30	0.26	
	0.6	32.73	7.36	2.98	1.56	0.96	0.65	0.49	0.39	0.33	
	0.7	45.26	10.32	4.21	2.21	1.34	0.90	0.65	0.51	0.42	
	0.8	59.82	13.78	5.67	2.98	1.80	1.20	0.86	0.65	0.52	
	0.9	76.41	17.75	7.36	3.88	2.35	1.56	1.11	0.83	0.65	



		<i>C_s</i> Values								
		<i>Q_s/Q_c</i>								
<i>A_s/A_c</i>		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1		0.13	0.16							
0.2		0.20	0.13	0.15	0.16	0.28				
0.3		0.90	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.20		
0.4		2.88	0.20	0.14	0.13	0.14	0.15	0.15	0.16	0.34
0.5		6.25	0.37	0.17	0.14	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15
0.6		11.88	0.90	0.20	0.13	0.14	0.13	0.14	0.14	0.15
0.7		18.62	1.71	0.33	0.18	0.16	0.14	0.13	0.15	0.14
0.8		26.88	2.88	0.50	0.20	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14
0.9		36.45	4.46	0.90	0.30	0.19	0.16	0.15	0.14	0.13

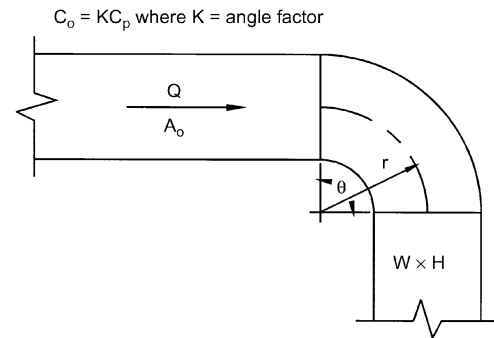
For the other branch, subscripts 1 and 2 change places

RECTANGULAR FITTINGS

CR3-1 Elbow, Smooth Radius, Without Vanes

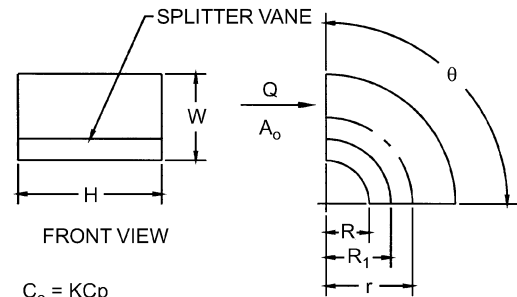
		C_p Values										
		H/W										
r/W	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00	
0.50	1.53	1.38	1.29	1.18	1.06	1.00	1.00	1.06	1.12	1.16	1.18	
0.75	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.39	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44	
1.00	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.21	0.21	
1.50	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17	
2.00	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	

		Angle Factor K										
θ	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180	
K	0.00	0.31	0.45	0.60	0.78	0.90	1.00	1.13	1.20	1.28	1.40	



CR3-3 Elbow, Smooth Radius, One Splitter Vane

		C_p Values										
		H/W										
r/W	0.25	0.50	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	
0.55	0.52	0.40	0.43	0.49	0.55	0.66	0.75	0.84	0.93	1.01	1.09	
0.60	0.36	0.27	0.25	0.28	0.30	0.35	0.39	0.42	0.46	0.49	0.52	
0.65	0.28	0.21	0.18	0.19	0.20	0.22	0.25	0.26	0.28	0.30	0.32	
0.70	0.22	0.16	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	
0.75	0.18	0.13	0.11	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	
0.80	0.15	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	
0.85	0.13	0.09	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	
0.90	0.11	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	
0.95	0.10	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	
1.00	0.09	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	



$C_o = K C_p$
 $R_1 = R/CR$
 where
 R = throat radius
 R_1 = splitter vane radius
 CR = curve ratio
 K = angle factor

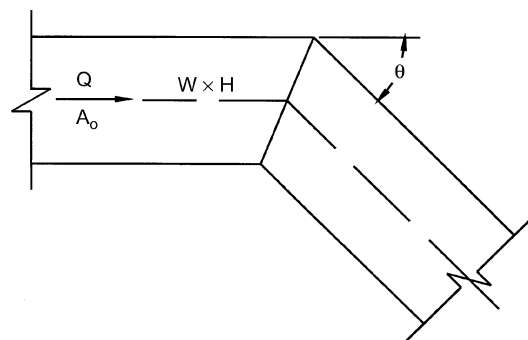
		Angle Factor K				
θ	0	30	45	60	90	
K	0.00	0.45	0.60	0.78	1.00	

		Curve Ratio CR									
r/W	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	
CR	0.218	0.302	0.361	0.408	0.447	0.480	0.509	0.535	0.557	0.577	

		Throat Radius/Width Ratio (R/W)									
r/W	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	
R/W	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	

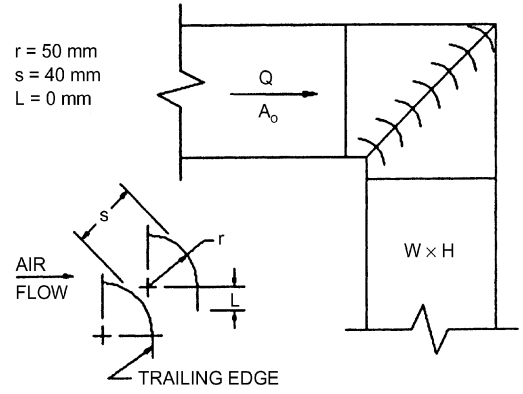
CR3-6 Elbow, Mitered

		C_o Values										
		H/W										
θ	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00	
20	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	
30	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	
45	0.38	0.37	0.36	0.34	0.33	0.31	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	
60	0.60	0.59	0.57	0.55	0.52	0.49	0.46	0.43	0.41	0.39	0.38	
75	0.89	0.87	0.84	0.81	0.77	0.73	0.67	0.63	0.61	0.58	0.57	
90	1.30	1.27	1.23	1.18	1.13	1.07	0.98	0.92	0.89	0.85	0.83	



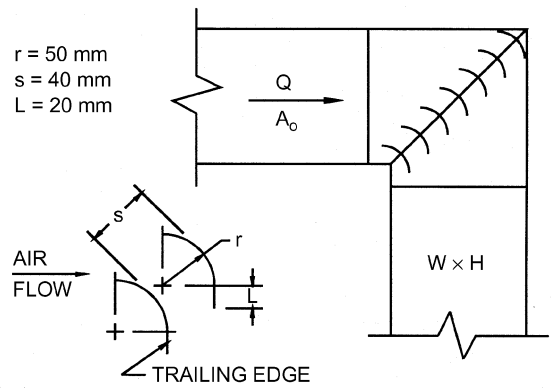
CR3-9 Elbow, Mitered, 90 Degree, Single-Thickness Vanes (Design 1)

$C_o = 0.11$



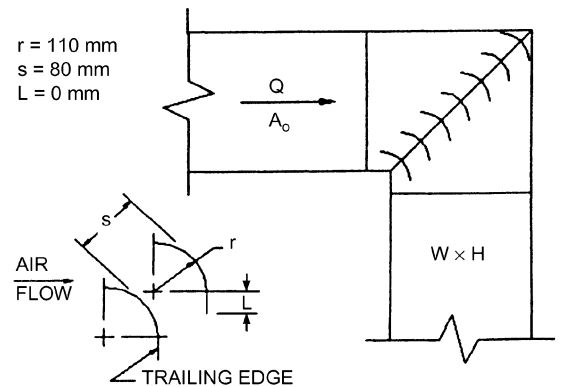
CR3-10 Elbow, Mitered, 90 Degree, Single-Thickness Vanes (Design 2)

$C_o = 0.12$



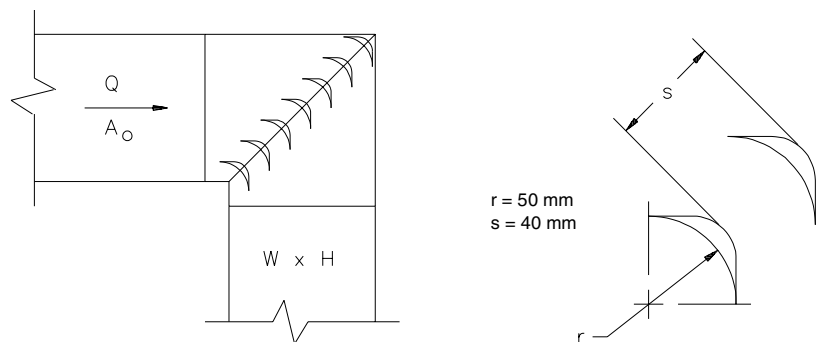
CR3-12 Elbow, Mitered, 90 Degree, Single-Thickness Vanes (Design 4)

$C_o = 0.33$

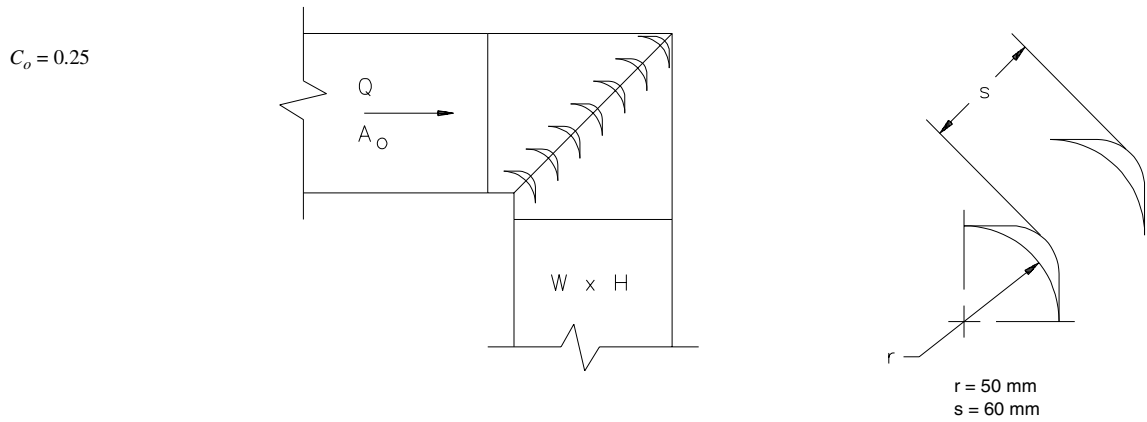


CR3-14 Elbow, Mitered, 90 Degree, Double-Thickness Vanes (Design 1)

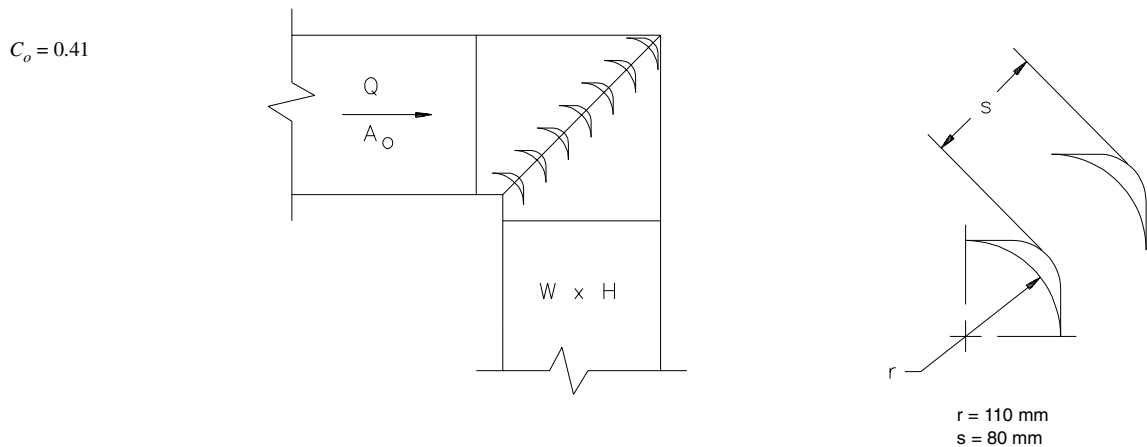
$C_o = 0.38$



CR3-15 Elbow, Mitered, 90 Degree, Double-Thickness Vanes (Design 2)

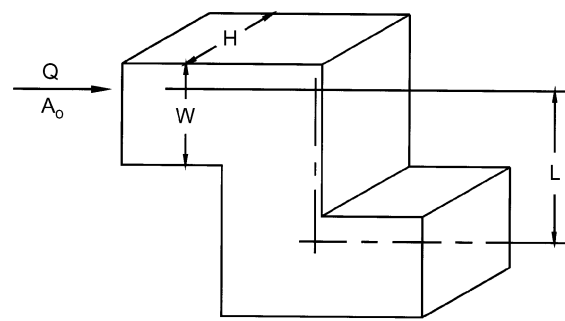


CR3-16 Elbow, Mitered, 90 Degree, Double-Thickness Vanes (Design 3)



CR3-17 Elbow, Z-Shaped

H/W	C_p Values													
	L/W													
	0.0	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	4.0	8.0	10.0	100.0
0.25	0.00	0.68	0.99	1.77	2.89	3.97	4.41	4.60	4.64	4.60	3.39	3.03	2.70	2.53
0.50	0.00	0.66	0.96	1.72	2.81	3.86	4.29	4.47	4.52	4.47	3.30	2.94	2.62	2.46
0.75	0.00	0.64	0.94	1.67	2.74	3.75	4.17	4.35	4.39	4.35	3.20	2.86	2.55	2.39
1.00	0.00	0.62	0.90	1.61	2.63	3.61	4.01	4.18	4.22	4.18	3.08	2.75	2.45	2.30
1.50	0.00	0.59	0.86	1.53	2.50	3.43	3.81	3.97	4.01	3.97	2.93	2.61	2.33	2.19
2.00	0.00	0.56	0.81	1.45	2.37	3.25	3.61	3.76	3.80	3.76	2.77	2.48	2.21	2.07
3.00	0.00	0.51	0.75	1.34	2.18	3.00	3.33	3.47	3.50	3.47	2.56	2.28	2.03	1.91
4.00	0.00	0.48	0.70	1.26	2.05	2.82	3.13	3.26	3.29	3.26	2.40	2.15	1.91	1.79
6.00	0.00	0.45	0.65	1.16	1.89	2.60	2.89	3.01	3.04	3.01	2.22	1.98	1.76	1.66
8.00	0.00	0.43	0.63	1.13	1.84	2.53	2.81	2.93	2.95	2.93	2.16	1.93	1.72	1.61

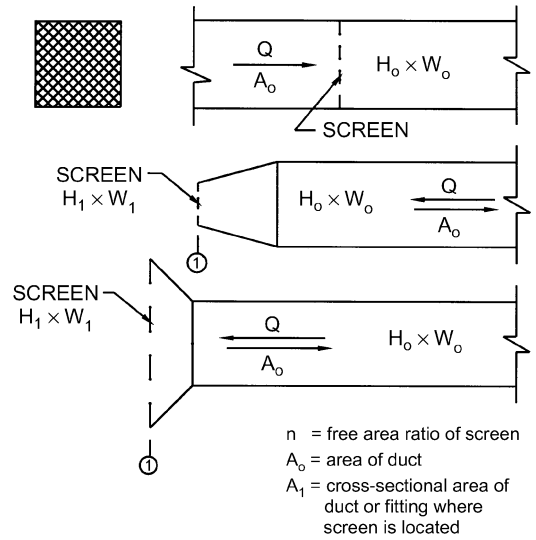


$C_o = K_r C_p$
where K_r = Reynolds number correction factor

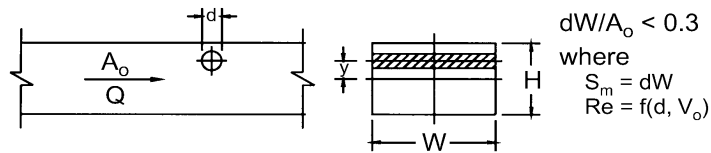
Reynolds Number Correction Factor K_r									
Re/1000	10	20	30	40	60	80	100	140	500
K_r	1.40	1.26	1.19	1.14	1.09	1.06	1.04	1.00	1.00

CR6-1 Screen (Only)

A_1/A_o	C_o Values														
	n														
	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.90	1.00		
0.2	155.00	102.50	75.00	55.00	41.25	31.50	24.25	18.75	14.50	11.00	8.00	3.50	0.00		
0.3	68.89	45.56	33.33	24.44	18.33	14.00	10.78	8.33	6.44	4.89	3.56	1.56	0.00		
0.4	38.75	25.63	18.75	13.75	10.31	7.88	6.06	4.69	3.63	2.75	2.00	0.88	0.00		
0.5	24.80	16.40	12.00	8.80	6.60	5.04	3.88	3.00	2.32	1.76	1.28	0.56	0.00		
0.6	17.22	11.39	8.33	6.11	4.58	3.50	2.69	2.08	1.61	1.22	0.89	0.39	0.00		
0.7	12.65	8.37	6.12	4.49	3.37	2.57	1.98	1.53	1.18	0.90	0.65	0.29	0.00		
0.8	9.69	6.40	4.69	3.44	2.58	1.97	1.52	1.17	0.91	0.69	0.50	0.22	0.00		
0.9	7.65	5.06	3.70	2.72	2.04	1.56	1.20	0.93	0.72	0.54	0.40	0.17	0.00		
1.0	6.20	4.10	3.00	2.20	1.65	1.26	0.97	0.75	0.58	0.44	0.32	0.14	0.00		
1.2	4.31	2.85	2.08	1.53	1.15	0.88	0.67	0.36	0.40	0.31	0.22	0.10	0.00		
1.4	3.16	2.09	1.53	1.12	0.84	0.64	0.49	0.38	0.30	0.22	0.16	0.07	0.00		
1.6	2.42	1.60	1.17	0.86	0.64	0.49	0.38	0.29	0.23	0.17	0.13	0.05	0.00		
1.8	1.91	1.27	0.93	0.68	0.51	0.39	0.30	0.23	0.18	0.14	0.10	0.04	0.00		
2.0	1.55	1.03	0.75	0.55	0.41	0.32	0.24	0.19	0.15	0.11	0.08	0.04	0.00		
2.5	0.99	0.66	0.48	0.35	0.26	0.20	0.16	0.12	0.09	0.07	0.05	0.02	0.00		
3.0	0.69	0.46	0.33	0.24	0.18	0.14	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.02	0.00		
4.0	0.39	0.26	0.19	0.14	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00		
6.0	0.17	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00		



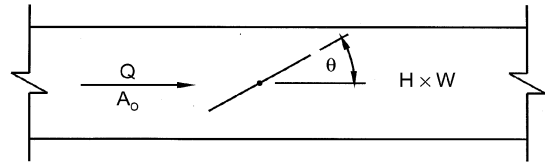
CR6-4 Obstruction, Smooth Cylinder in Rectangular Duct



y/H	$Re/1000$	C_o Values					y/H	$Re/1000$	C_o Values					
		0.00	0.05	S_m/A_o 0.10	0.15	0.20			0.00	0.05	S_m/A_o 0.10	0.15	0.20	
0.00	0.1	0.00	0.10	0.21	0.35	0.47	0.25	400	0.00	0.04	0.10	0.16	0.21	
	0.5	0.00	0.08	0.17	0.28	0.38		500	0.00	0.03	0.07	0.12	0.16	
	200	0.00	0.08	0.17	0.28	0.38		600	0.00	0.02	0.04	0.06	0.09	
	300	0.00	0.07	0.16	0.26	0.35		1000	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	
	400	0.00	0.05	0.11	0.19	0.25		0.30	0.1	0.00	0.08	0.17	0.28	0.38
	500	0.00	0.04	0.09	0.14	0.19			0.5	0.00	0.06	0.14	0.22	0.30
	600	0.00	0.02	0.05	0.07	0.10			200	0.00	0.06	0.14	0.22	0.30
0.05	1000	0.00	0.02	0.05	0.08	0.11	300	0.00	0.06	0.12	0.20	0.28		
	0.1	0.00	0.10	0.21	0.34	0.46	400	0.00	0.04	0.09	0.15	0.20		
	0.5	0.00	0.08	0.17	0.27	0.37	500	0.00	0.03	0.07	0.11	0.15		
	200	0.00	0.08	0.17	0.27	0.37	600	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08		
	300	0.00	0.07	0.15	0.25	0.34	1000	0.00	0.02	0.04	0.06	0.09		
	400	0.00	0.05	0.11	0.18	0.24	0.35	0.1	0.00	0.07	0.16	0.26	0.35	
	500	0.00	0.04	0.08	0.13	0.18		0.5	0.00	0.06	0.13	0.21	0.28	
600	0.00	0.02	0.04	0.07	0.10	200		0.00	0.06	0.13	0.21	0.28		
0.10	1000	0.00	0.02	0.05	0.08	0.11	300	0.00	0.05	0.12	0.19	0.26		
	0.1	0.00	0.09	0.20	0.32	0.44	400	0.00	0.04	0.08	0.14	0.19		
	0.5	0.00	0.07	0.16	0.26	0.35	500	0.00	0.03	0.06	0.10	0.14		
	200	0.00	0.07	0.16	0.26	0.35	600	0.00	0.02	0.03	0.05	0.07		
	300	0.00	0.07	0.15	0.24	0.32	1000	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08		
	400	0.00	0.05	0.11	0.17	0.23	0.40	0.1	0.00	0.07	0.14	0.23	0.32	
	500	0.00	0.04	0.08	0.13	0.18		0.5	0.00	0.05	0.11	0.19	0.25	
600	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	200		0.00	0.05	0.11	0.19	0.25		
0.15	1000	0.00	0.02	0.05	0.08	0.10	300	0.00	0.05	0.11	0.17	0.23		
	0.1	0.00	0.09	0.19	0.31	0.42	400	0.00	0.04	0.08	0.12	0.17		
	0.5	0.00	0.07	0.15	0.25	0.34	500	0.00	0.03	0.06	0.09	0.13		
	200	0.00	0.07	0.15	0.25	0.34	600	0.00	0.01	0.03	0.05	0.07		
	300	0.00	0.06	0.14	0.23	0.31	1000	0.00	0.02	0.03	0.05	0.07		
	400	0.00	0.05	0.10	0.17	0.22	0.40	0.1	0.00	0.06	0.13	0.20	0.28	
	500	0.00	0.04	0.08	0.12	0.17		0.5	0.00	0.05	0.10	0.16	0.22	
600	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	200		0.00	0.05	0.10	0.16	0.22		
0.20	1000	0.00	0.02	0.04	0.07	0.10	300	0.00	0.04	0.09	0.15	0.20		
	0.1	0.00	0.08	0.18	0.29	0.40	400	0.00	0.03	0.07	0.11	0.15		
	0.5	0.00	0.07	0.14	0.24	0.32	500	0.00	0.02	0.05	0.08	0.11		
	200	0.00	0.07	0.14	0.24	0.32	600	0.00	0.01	0.03	0.04	0.06		
300	0.00	0.06	0.13	0.22	0.29	1000	0.00	0.01	0.03	0.05	0.06			

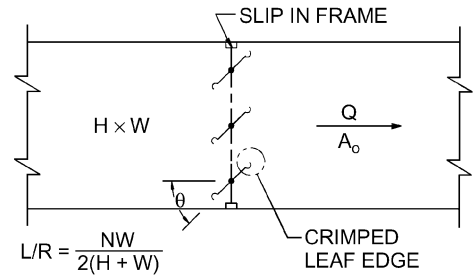
CR9-1 Damper, Butterfly

H/W	C _o Values									
	θ									
	0	10	20	30	40	50	60	65	70	90
0.12	0.04	0.30	1.10	3.00	8.00	23.00	60.00	100.00	190.00	99999
0.25	0.08	0.33	1.18	3.30	9.00	26.00	70.00	128.00	210.00	99999
1.00	0.08	0.33	1.18	3.30	9.00	26.00	70.00	128.00	210.00	99999
2.00	0.13	0.35	1.25	3.60	10.00	29.00	80.00	155.00	230.00	99999



CR9-3 Damper, Parallel Blades

L/R	C _o Values									
	θ									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	
0.3	0.52	0.79	1.49	2.20	4.95	8.73	14.15	32.11	122.06	
0.4	0.52	0.84	1.56	2.25	5.03	9.00	16.00	37.73	156.58	
0.5	0.52	0.88	1.62	2.35	5.11	9.52	18.88	44.79	187.85	
0.6	0.52	0.92	1.66	2.45	5.20	9.77	21.75	53.78	288.89	
0.8	0.52	0.96	1.69	2.55	5.30	10.03	22.80	65.46	295.22	
1.0	0.52	1.00	1.76	2.66	5.40	10.53	23.84	73.23	361.00	
1.5	0.52	1.08	1.83	2.78	5.44	11.21	27.56	97.41	495.31	

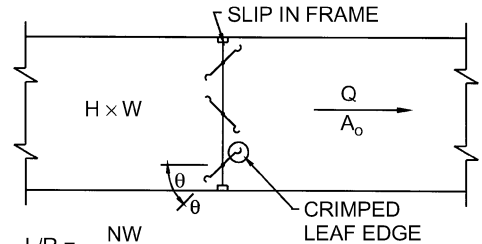


$$L/R = \frac{NW}{2(H+W)}$$

where
 N = number of damper blades
 W = duct dimension parallel to blade axis, mm
 H = duct height, mm
 L = sum of damper blade lengths, mm
 R = perimeter of duct, mm

CR9-4 Damper, Opposed Blades

L/R	C _o Values									
	θ									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	
0.3	0.52	0.79	1.91	3.77	8.55	19.46	70.12	295.21	807.23	
0.4	0.52	0.85	2.07	4.61	10.42	26.73	92.90	346.25	926.34	
0.5	0.52	0.93	2.25	5.44	12.29	33.99	118.91	393.36	1045.44	
0.6	0.52	1.00	2.46	5.99	14.15	41.26	143.69	440.25	1163.09	
0.8	0.52	1.08	2.66	6.96	18.18	56.47	193.92	520.27	1324.85	
1.0	0.52	1.17	2.91	7.31	20.25	71.68	245.45	576.00	1521.00	
1.5	0.52	1.38	3.16	9.51	27.56	107.41	361.00	717.05	1804.40	

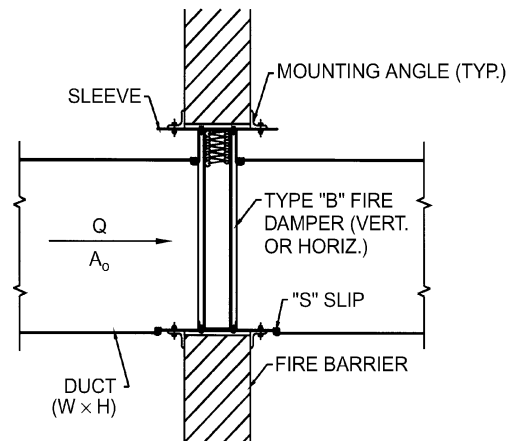


$$L/R = \frac{NW}{2(H+W)}$$

where
 N = number of damper blades
 W = duct dimension parallel to blade axis, mm
 H = duct height, mm
 L = sum of damper blade lengths, mm
 R = perimeter of duct, mm

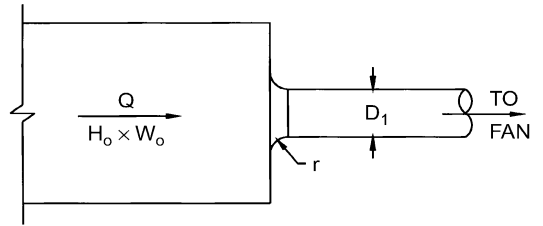
CR9-6 Fire Damper, Curtain Type, Type B

C_o = 0.19



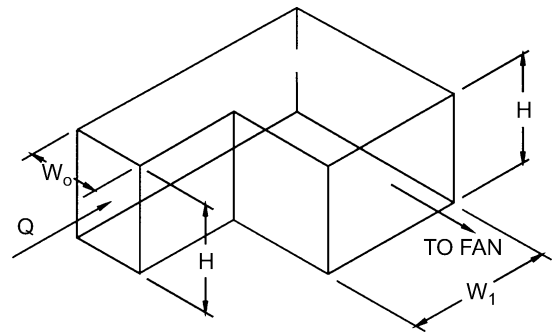
ER2-1 Bellmouth, Plenum to Round, Exhaust/Return Systems

A_o/A_1	C_o Values												
	r/D_1												
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.16	0.20	10.00
1.5	0.22	0.20	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.01	0.01
2.0	0.13	0.11	0.08	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
2.5	0.08	0.07	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
3.0	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
4.0	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
8.0	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



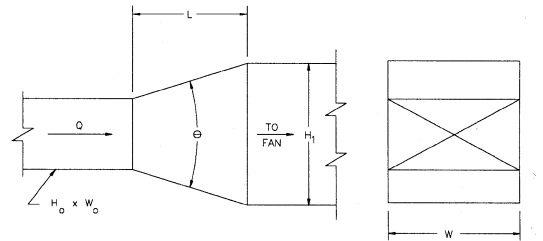
ER3-1 Elbow, 90 Degree, Variable Inlet/Outlet Areas, Exhaust/Return Systems

H/W_o	C_o Values						
	W_1/W_o						
	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	2.0
0.25	1.76	1.43	1.24	1.14	1.09	1.06	1.06
1.00	1.70	1.36	1.15	1.02	0.95	0.90	0.84
4.00	1.46	1.10	0.90	0.81	0.76	0.72	0.66
100.00	1.50	1.04	0.79	0.69	0.63	0.60	0.55



ER4-1 Transition, Rectangular, Two Sides Parallel, Symmetrical, Exhaust/Return Systems

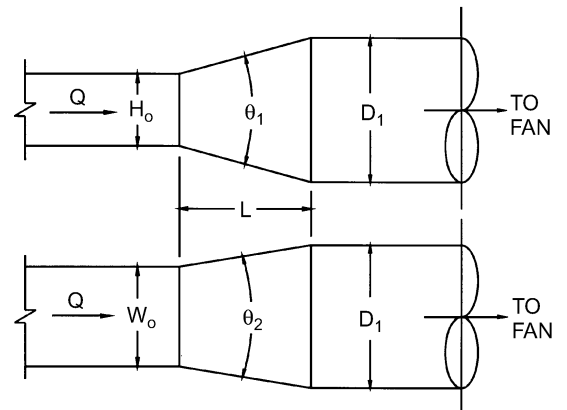
A_o/A_1	C_o Values										
	θ										
	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	
0.06	0.26	0.27	0.40	0.56	0.71	0.86	1.00	0.99	0.98	0.98	
0.10	0.24	0.26	0.36	0.53	0.69	0.82	0.93	0.93	0.92	0.91	
0.25	0.17	0.19	0.22	0.42	0.60	0.68	0.70	0.69	0.67	0.66	
0.50	0.14	0.13	0.15	0.24	0.35	0.37	0.38	0.37	0.36	0.35	
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.00	0.23	0.20	0.20	0.20	0.24	0.28	0.54	0.78	1.02	1.09	
4.00	0.81	0.64	0.64	0.64	0.88	1.12	2.78	4.38	5.65	6.60	
6.00	1.82	1.44	1.44	1.44	1.98	2.53	6.56	10.20	13.00	15.20	
10.00	5.03	5.00	5.00	5.00	6.50	8.02	19.10	29.10	37.10	43.10	



$A_o/A_1 < \text{or} > 1$

ER4-3 Transition, Rectangular to Round, Exhaust/Return Systems

A_o/A_1	C_o Values										
	θ										
	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	
0.06	0.30	0.54	0.53	0.65	0.77	0.88	0.95	0.98	0.98	0.93	
0.10	0.30	0.50	0.53	0.64	0.75	0.84	0.89	0.91	0.91	0.88	
0.25	0.25	0.36	0.45	0.52	0.58	0.62	0.64	0.64	0.64	0.64	
0.50	0.15	0.21	0.25	0.30	0.33	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30	
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.00	0.24	0.28	0.26	0.20	0.22	0.24	0.49	0.73	0.97	1.04	
4.00	0.89	0.78	0.79	0.70	0.88	1.12	2.72	4.33	5.62	6.58	
6.00	1.89	1.67	1.59	1.49	1.98	2.52	6.51	10.14	13.05	15.14	
10.00	5.09	5.32	5.15	5.05	6.50	8.05	19.06	29.07	37.08	43.05	

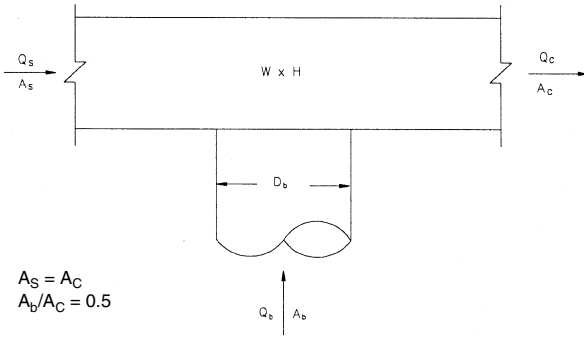


$A_o/A_1 < \text{or} > 1$
 θ is larger of θ_1 and θ_2

ER5-2 Tee, Round Tap to Rectangular Main, Converging

Q_b/Q_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C_b	-12.25	-1.31	0.64	0.94	1.27	1.43	1.40	1.45	1.52	1.49

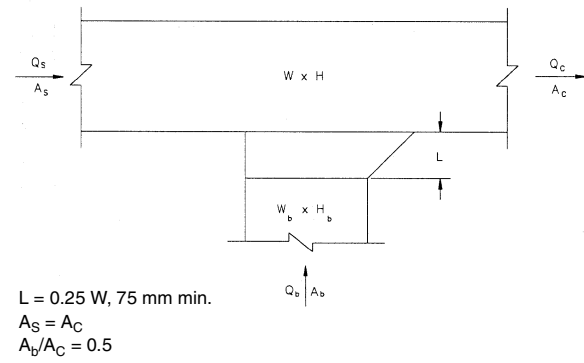
Q_s/Q_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
C_s	2.15	11.91	6.54	3.74	2.23	1.33	0.76	0.38	0.10



ER5-3 Tee, 45 Degree Entry Branch, Converging

Q_b/Q_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C_b	-18.00	-3.25	-0.64	0.53	0.76	0.79	0.93	0.79	0.90	0.91

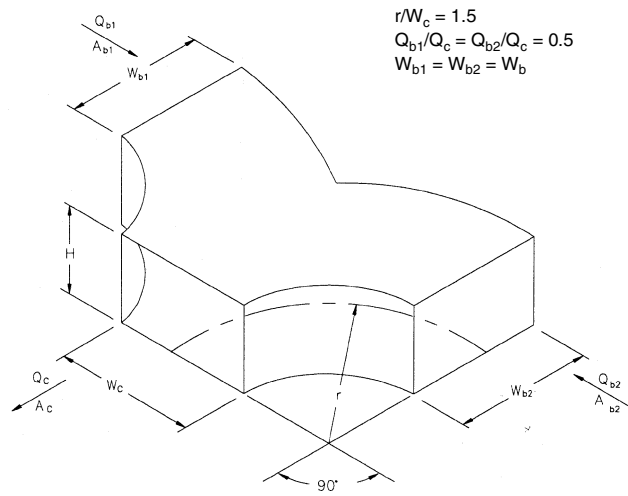
Q_s/Q_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
C_s	2.15	11.91	6.54	3.74	2.23	1.33	0.76	0.38	0.10



ER5-4 Wye, Symmetrical, Dovetail, $Q_b/Q_c = 0.5$, Converging

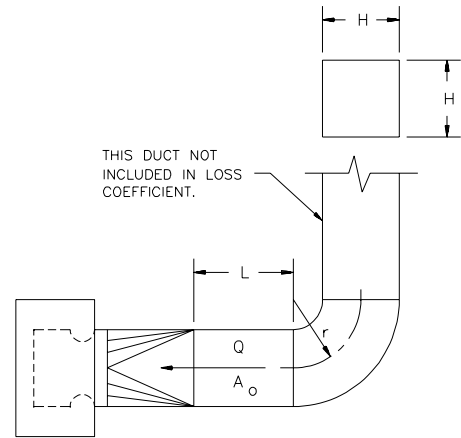
A_b/A_c	0.5	1.0
C_b	0.23	0.28

Branches are identical, $Q_{b1} = Q_{b2} = Q_b$, and $C_{b1} = C_{b2} = C_b$



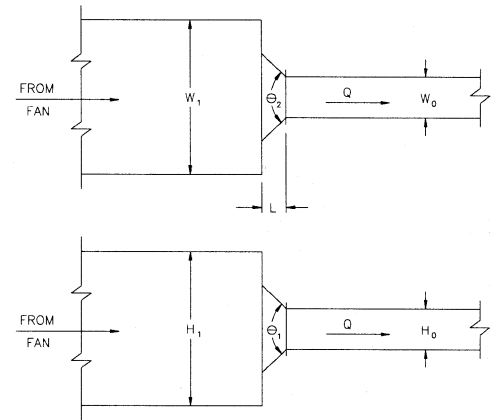
ER7-1 Fan Inlet, Centrifugal, SWSI, 90 Degree Smooth Radius Elbow (Square)

r/H	C_o Values			
	L/H			
	0.0	2.0	5.0	10.0
0.50	2.50	1.60	0.80	0.80
0.75	2.00	1.20	0.67	0.67
1.00	1.20	0.67	0.33	0.33
1.50	1.00	0.57	0.30	0.30
2.00	0.80	0.47	0.26	0.26



SR1-1 Conical Bellmouth/Sudden Contraction, Plenum to Rectangular, Supply Air Systems

		<i>C_o</i> Values									
		θ									
<i>A_o/A₁</i>	<i>L/D_h</i>	0	10	20	30	45	60	90	120	150	180
0.10	0.025	0.46	0.43	0.42	0.40	0.38	0.37	0.38	0.40	0.43	0.46
	0.050	0.46	0.42	0.38	0.33	0.30	0.28	0.31	0.36	0.41	0.46
	0.075	0.46	0.39	0.32	0.28	0.23	0.21	0.26	0.32	0.39	0.46
	0.100	0.46	0.36	0.30	0.23	0.19	0.17	0.23	0.30	0.38	0.46
	0.150	0.46	0.34	0.25	0.18	0.15	0.14	0.21	0.29	0.37	0.46
	0.300	0.46	0.31	0.22	0.16	0.13	0.13	0.20	0.28	0.37	0.46
0.20	0.600	0.46	0.25	0.17	0.12	0.10	0.11	0.19	0.27	0.36	0.46
	0.025	0.42	0.40	0.38	0.36	0.34	0.34	0.35	0.37	0.39	0.42
	0.050	0.42	0.38	0.35	0.30	0.27	0.25	0.29	0.33	0.37	0.42
	0.075	0.42	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.24	0.30	0.36	0.42
	0.100	0.42	0.33	0.27	0.21	0.18	0.15	0.21	0.27	0.35	0.42
	0.150	0.42	0.31	0.23	0.17	0.13	0.13	0.19	0.26	0.34	0.42
0.40	0.300	0.42	0.28	0.20	0.15	0.12	0.12	0.18	0.26	0.34	0.42
	0.600	0.42	0.23	0.15	0.11	0.10	0.10	0.17	0.25	0.33	0.42
	0.025	0.34	0.32	0.31	0.29	0.28	0.27	0.28	0.30	0.32	0.34
	0.050	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20	0.23	0.26	0.30	0.34
	0.075	0.34	0.29	0.24	0.20	0.17	0.16	0.19	0.24	0.29	0.34
	0.100	0.34	0.27	0.22	0.17	0.14	0.12	0.17	0.22	0.28	0.34
0.60	0.150	0.34	0.25	0.18	0.14	0.11	0.10	0.15	0.21	0.27	0.34
	0.300	0.34	0.23	0.16	0.12	0.10	0.10	0.15	0.21	0.27	0.34
	0.600	0.34	0.18	0.12	0.09	0.08	0.08	0.14	0.20	0.27	0.34
	0.025	0.25	0.24	0.23	0.22	0.20	0.20	0.21	0.22	0.23	0.25
	0.050	0.25	0.23	0.21	0.18	0.16	0.15	0.17	0.19	0.22	0.25
	0.075	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.14	0.18	0.21	0.25
0.80	0.100	0.25	0.20	0.16	0.13	0.11	0.09	0.12	0.16	0.21	0.25
	0.150	0.25	0.19	0.14	0.10	0.08	0.08	0.11	0.16	0.20	0.25
	0.300	0.25	0.17	0.12	0.09	0.07	0.07	0.11	0.15	0.20	0.25
	0.600	0.25	0.14	0.09	0.07	0.06	0.06	0.10	0.15	0.20	0.25
	0.025	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.13	0.14	0.15
	0.050	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15
0.90	0.075	0.15	0.13	0.10	0.09	0.08	0.07	0.08	0.10	0.13	0.15
	0.100	0.15	0.12	0.10	0.07	0.06	0.05	0.07	0.10	0.12	0.15
	0.150	0.15	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.07	0.09	0.12	0.15
	0.300	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.04	0.07	0.09	0.12	0.15
	0.600	0.15	0.08	0.05	0.04	0.03	0.04	0.06	0.09	0.12	0.15
	0.025	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09
0.90	0.050	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
	0.075	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09
	0.100	0.09	0.07	0.06	0.04	0.04	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09
	0.150	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09
	0.300	0.09	0.06	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.05	0.07	0.09
	0.600	0.09	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.07	0.09



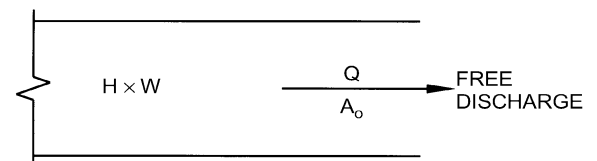
$$Dh = \frac{2 H_0 W_0}{(H_0 + W_0)}$$

θ is larger of θ₁ and θ₂

SR2-1 Abrupt Exit

<i>H/W</i>	0.1	0.2	0.9	1.0	1.1	4.0	5.0	10.0
<i>C_o</i>	1.55	1.55	1.55	2.00	1.55	1.55	1.55	1.55

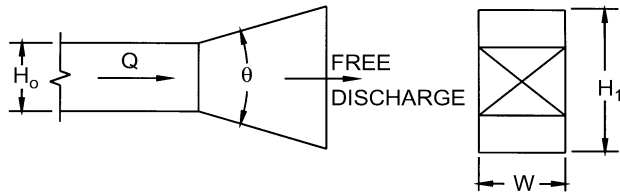
C_o = 1.0



Note: Table is LAMINAR flow; *C_o* = 1.0 is TURBULENT flow.

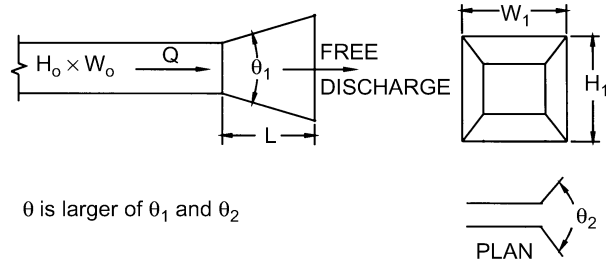
SR2-3 Plain Diffuser (Two Sides Parallel), Free Discharge

A_1/A_o	Re/1000	C_o Values									
		θ									
		8	10	14	20	30	45	60	90	120	
1	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	50	0.50	0.51	0.56	0.63	0.80	0.96	1.04	1.09	1.09	1.09
	100	0.48	0.50	0.56	0.63	0.80	0.96	1.04	1.09	1.09	1.09
	200	0.44	0.47	0.53	0.63	0.74	0.93	1.02	1.08	1.08	1.08
	400	0.40	0.42	0.50	0.62	0.74	0.93	1.02	1.08	1.08	1.08
	2000	0.40	0.42	0.50	0.62	0.74	0.93	1.02	1.08	1.08	1.08
4	50	0.34	0.38	0.48	0.63	0.76	0.91	1.03	1.07	1.07	1.07
	100	0.31	0.36	0.45	0.59	0.72	0.88	1.02	1.07	1.07	1.07
	200	0.26	0.31	0.41	0.53	0.67	0.83	0.96	1.06	1.06	1.06
	400	0.22	0.27	0.39	0.53	0.67	0.83	0.96	1.06	1.06	1.06
	2000	0.22	0.27	0.39	0.53	0.67	0.83	0.96	1.06	1.06	1.06
6	50	0.32	0.34	0.41	0.56	0.70	0.84	0.96	1.08	1.08	1.08
	100	0.27	0.30	0.41	0.56	0.70	0.84	0.96	1.08	1.08	1.08
	200	0.24	0.27	0.36	0.52	0.67	0.81	0.94	1.06	1.06	1.06
	400	0.20	0.24	0.36	0.52	0.67	0.81	0.94	1.06	1.06	1.06
	2000	0.18	0.24	0.34	0.50	0.67	0.81	0.94	1.05	1.05	1.05



SR2-5 Pyramidal Diffuser, Free Discharge

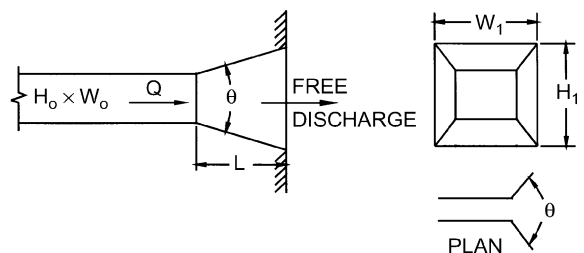
A_1/A_o	Re/1000	C_o Values									
		θ									
		8	10	14	20	30	45	60	90	120	
1	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	50	0.65	0.68	0.74	0.82	0.92	1.05	1.10	1.08	1.08	1.08
	100	0.61	0.66	0.73	0.81	0.90	1.04	1.09	1.08	1.08	1.08
	200	0.57	0.61	0.70	0.79	0.89	1.04	1.09	1.08	1.08	1.08
	400	0.50	0.56	0.64	0.76	0.88	1.02	1.07	1.08	1.08	1.08
	2000	0.50	0.56	0.64	0.76	0.88	1.02	1.07	1.08	1.08	1.08
4	50	0.53	0.60	0.69	0.78	0.90	1.02	1.07	1.09	1.09	1.09
	100	0.49	0.55	0.66	0.78	0.90	1.02	1.07	1.09	1.09	1.09
	200	0.42	0.50	0.62	0.74	0.87	1.00	1.06	1.08	1.08	1.08
	400	0.36	0.44	0.56	0.70	0.84	0.99	1.06	1.08	1.08	1.08
	2000	0.36	0.44	0.56	0.70	0.84	0.99	1.06	1.08	1.08	1.08
6	50	0.50	0.57	0.66	0.77	0.91	1.02	1.07	1.08	1.08	1.08
	100	0.47	0.54	0.63	0.76	0.98	1.02	1.07	1.08	1.08	1.08
	200	0.42	0.48	0.60	0.73	0.88	1.00	1.06	1.08	1.08	1.08
	400	0.34	0.44	0.56	0.73	0.86	0.98	1.06	1.08	1.08	1.08
	2000	0.34	0.44	0.56	0.73	0.86	0.98	1.06	1.08	1.08	1.08
10	50	0.45	0.53	0.64	0.74	0.85	0.97	1.10	1.12	1.12	1.12
	100	0.40	0.48	0.62	0.73	0.85	0.97	1.10	1.12	1.12	1.12
	200	0.34	0.44	0.56	0.69	0.82	0.95	1.10	1.11	1.11	1.11
	400	0.28	0.40	0.55	0.67	0.80	0.93	1.09	1.11	1.11	1.11
	2000	0.28	0.40	0.55	0.67	0.80	0.93	1.09	1.11	1.11	1.11



SR2-6 Pyramidal Diffuser, with Wall

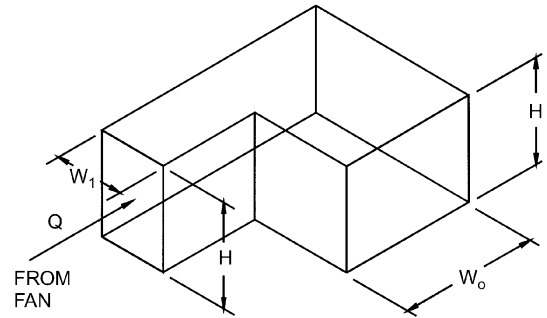
L/D_h	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0
C_o	0.49	0.40	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14
θ	26	19	13	11	9	8	7	6	6	5	5

θ is the optimum angle.



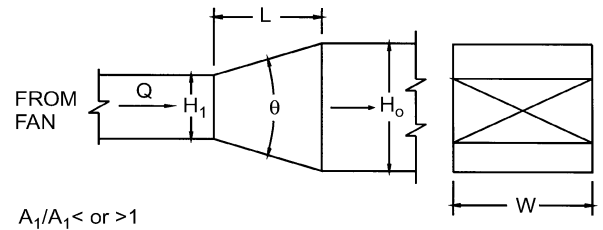
SR3-1 Elbow, 90 Degree, Variable Inlet/Outlet Areas, Supply Air Systems

H/W_1	C_o Values							
	0.6	0.8	1.0	W_o/W_1				2.0
				1.2	1.4	1.6		
0.25	0.63	0.92	1.24	1.64	2.14	2.71	4.24	
1.00	0.61	0.87	1.15	1.47	1.86	2.30	3.36	
4.00	0.53	0.70	0.90	1.17	1.49	1.84	2.64	
100.00	0.54	0.67	0.79	0.99	1.23	1.54	2.20	



SR4-1 Transition, Rectangular, Two Sides Parallel, Symmetrical, Supply Air Systems

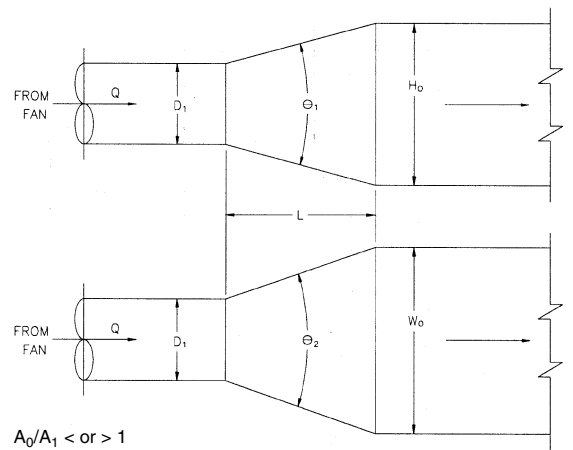
A_o/A_1	C_o Values									
	θ									
	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43
0.17	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42
0.25	0.05	0.04	0.04	0.04	0.06	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41
0.50	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07	0.14	0.20	0.26	0.27
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
2.00	0.56	0.52	0.60	0.96	1.40	1.48	1.52	1.48	1.44	1.40
4.00	2.72	3.04	3.52	6.72	9.60	10.88	11.20	11.04	10.72	10.56
10.00	24.00	26.00	36.00	53.00	69.00	82.00	93.00	93.00	92.00	91.00
16.00	66.56	69.12	102.40	143.36	181.76	220.16	256.00	253.44	250.88	250.88



$A_1/A_1 < \text{or} > 1$

SR4-3 Transition, Round to Rectangular, Supply Air Systems

A_o/A_1	C_o Values									
	θ									
	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43
0.17	0.05	0.05	0.05	0.04	0.06	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42
0.25	0.06	0.05	0.05	0.04	0.06	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41
0.50	0.06	0.07	0.07	0.05	0.06	0.06	0.12	0.18	0.24	0.26
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.60	0.84	1.00	1.20	1.32	1.32	1.32	1.28	1.24	1.20
4.00	4.00	5.76	7.20	8.32	9.28	9.92	10.24	10.24	10.24	10.24
10.00	30.00	50.00	53.00	64.00	75.00	84.00	89.00	91.00	91.00	88.00
16.00	76.80	138.24	135.68	166.40	197.12	225.28	243.20	250.88	250.88	238.08

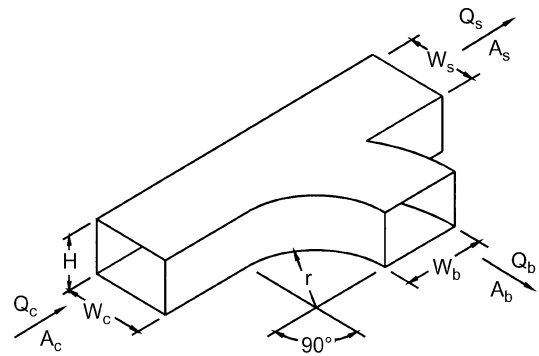


$A_o/A_1 < \text{or} > 1$
 θ is larger of θ_1 and θ_2

SR5-1 Smooth Wye of Type $A_s + A_b \geq A_c$, Branch 90° to Main, Diverging

		C_b Values								
		Q_b/Q_c								
A_s/A_c	A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.50	0.25	3.44	0.70	0.30	0.20	0.17	0.16	0.16	0.17	0.18
	0.50	11.00	2.37	1.06	0.64	0.52	0.47	0.47	0.47	0.48
	1.00	60.00	13.00	4.78	2.06	0.96	0.47	0.31	0.27	0.26
0.75	0.25	2.19	0.55	0.35	0.31	0.33	0.35	0.36	0.37	0.39
	0.50	13.00	2.50	0.89	0.47	0.34	0.31	0.32	0.36	0.43
	1.00	70.00	15.00	5.67	2.62	1.36	0.78	0.53	0.41	0.36
1.00	0.25	3.44	0.78	0.42	0.33	0.30	0.31	0.40	0.42	0.46
	0.50	15.50	3.00	1.11	0.62	0.48	0.42	0.40	0.42	0.46
	1.00	67.00	13.75	5.11	2.31	1.28	0.81	0.59	0.47	0.46

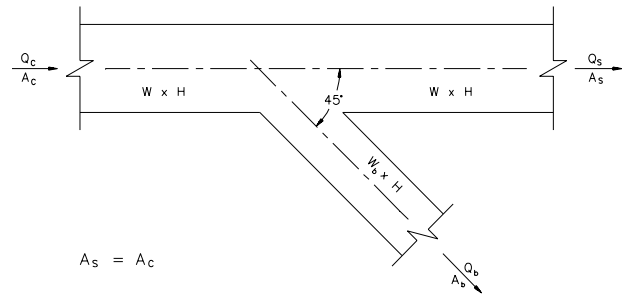
		C_s Values								
		Q_s/Q_c								
A_s/A_c	A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.50	0.25	8.75	1.62	0.50	0.17	0.05	0.00	-0.02	-0.02	0.00
	0.50	7.50	1.12	0.25	0.06	0.05	0.09	0.14	0.19	0.22
	1.00	5.00	0.62	0.17	0.08	0.08	0.09	0.12	0.15	0.19
0.75	0.25	19.13	3.38	1.00	0.28	0.05	-0.02	-0.02	0.00	0.06
	0.50	20.81	3.23	0.75	0.14	-0.02	-0.05	-0.05	-0.02	0.03
	1.00	16.88	2.81	0.63	0.11	-0.02	-0.05	0.01	0.00	0.07
1.00	0.25	46.00	9.50	3.22	1.31	0.52	0.14	-0.02	-0.05	-0.01
	0.50	35.00	6.75	2.11	0.75	0.24	0.00	-0.10	-0.09	-0.04
	1.00	38.00	7.50	2.44	0.81	0.24	-0.03	-0.08	-0.06	-0.02



$r/W_b = 1.0$
 $A_s = A_b \geq A_c$

SR5-3 Wye of the Type $A_s + A_b > A_c$, $A_s = A_c$, 45 Degree, Diverging

		C_b Values								
		Q_b/Q_c								
A_b/A_c		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	0.60	0.52	0.57	0.58	0.64	0.67	0.70	0.71	0.73	
0.2	2.24	0.56	0.44	0.45	0.51	0.54	0.58	0.60	0.62	
0.3	5.94	1.08	0.52	0.41	0.44	0.46	0.49	0.52	0.54	
0.4	10.56	1.88	0.71	0.43	0.35	0.31	0.31	0.32	0.34	
0.5	17.75	3.25	1.14	0.59	0.40	0.31	0.30	0.30	0.31	
0.6	26.64	5.04	1.76	0.83	0.50	0.36	0.32	0.30	0.30	
0.7	37.73	7.23	2.56	1.16	0.67	0.44	0.35	0.31	0.30	
0.8	49.92	9.92	3.48	1.60	0.87	0.55	0.42	0.35	0.32	

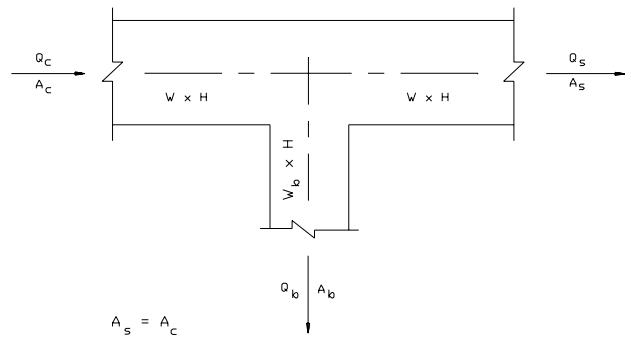


$A_s = A_c$

Q_s/Q_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
C_s	32.00	6.50	2.22	0.87	0.40	0.17	0.03	0.00

SR5-5 Tee of the Type $A_s + A_b > A_c$, $A_s = A_c$ Diverging

		C_b Values								
		Q_b/Q_c								
A_b/A_c		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	2.06	1.20	0.99	0.87	0.88	0.87	0.87	0.86	0.86	
0.2	5.16	1.92	1.28	1.03	0.99	0.94	0.92	0.90	0.89	
0.3	10.26	3.13	1.78	1.28	1.16	1.06	1.01	0.97	0.94	
0.4	15.84	4.36	2.24	1.48	1.11	0.88	0.80	0.75	0.72	
0.5	24.25	6.31	3.03	1.89	1.35	1.03	0.91	0.84	0.78	
0.6	34.56	8.73	4.04	2.41	1.64	1.22	1.04	0.94	0.87	
0.7	46.55	11.51	5.17	3.00	2.00	1.44	1.20	1.06	0.96	
0.8	60.80	14.72	6.54	3.72	2.41	1.69	1.38	1.20	1.07	



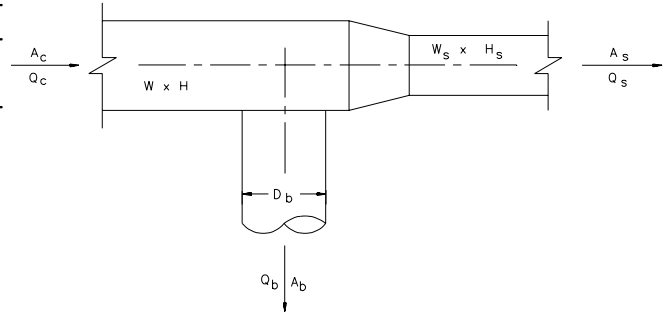
$A_s = A_c$

Q_s/Q_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
C_s	32.00	6.50	2.22	0.87	0.40	0.17	0.03	0.00

SR5-11 Tee, Rectangular Main to Round Tap, Diverging

C_b Values									
Q_b/Q_c									
A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	1.58	0.94	0.83	0.79	0.77	0.76	0.76	0.76	0.75
0.2	4.20	1.58	1.10	0.94	0.87	0.83	0.80	0.79	0.78
0.3	8.63	2.67	1.58	1.20	1.03	0.94	0.88	0.85	0.83
0.4	14.85	4.20	2.25	1.58	1.27	1.10	1.00	0.94	0.90
0.5	22.87	6.19	3.13	2.07	1.58	1.32	1.16	1.06	0.99
0.6	32.68	8.63	4.20	2.67	1.96	1.58	1.35	1.20	1.10
0.7	44.30	11.51	5.48	3.38	2.41	1.89	1.58	1.38	1.24
0.8	57.71	14.85	6.95	4.20	2.94	2.25	1.84	1.58	1.40
0.9	72.92	18.63	8.63	5.14	3.53	2.67	2.14	1.81	1.58

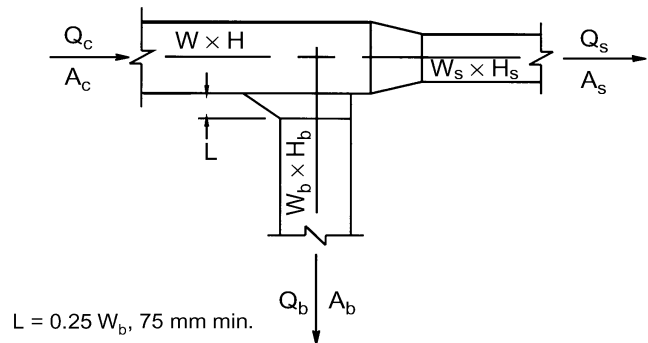
C_s Values									
Q_s/Q_c									
A_s/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	0.04								
0.2	0.98	0.04							
0.3	3.48	0.31	0.04						
0.4	7.55	0.98	0.18	0.04					
0.5	13.18	2.03	0.49	0.13	0.04				
0.6	20.38	3.48	0.98	0.31	0.10	0.04			
0.7	29.15	5.32	1.64	0.60	0.23	0.09	0.04		
0.8	39.48	7.55	2.47	0.98	0.42	0.18	0.08	0.04	
0.9	51.37	10.17	3.48	1.46	0.67	0.31	0.15	0.07	0.04



SR5-13 Tee, 45 Degree Entry Branch, Diverging

C_b Values									
Q_b/Q_c									
A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	0.73	0.34	0.32	0.34	0.35	0.37	0.38	0.39	0.40
0.2	3.10	0.73	0.41	0.34	0.32	0.32	0.33	0.34	0.35
0.3	7.59	1.65	0.73	0.47	0.37	0.34	0.32	0.32	0.32
0.4	14.20	3.10	1.28	0.73	0.51	0.41	0.36	0.34	0.32
0.5	22.92	5.08	2.07	1.12	0.73	0.54	0.44	0.38	0.35
0.6	33.76	7.59	3.10	1.65	1.03	0.73	0.56	0.47	0.41
0.7	46.71	10.63	4.36	2.31	1.42	0.98	0.73	0.58	0.49
0.8	61.79	14.20	5.86	3.10	1.90	1.28	0.94	0.73	0.60
0.9	78.98	18.29	7.59	4.02	2.46	1.65	1.19	0.91	0.73

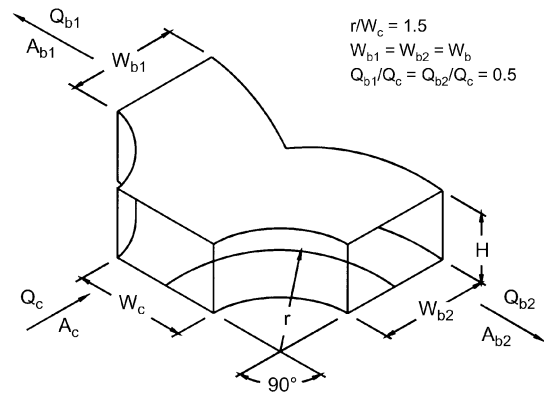
C_s Values									
Q_s/Q_c									
A_s/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	0.04								
0.2	0.98	0.04							
0.3	3.48	0.31	0.04						
0.4	7.55	0.98	0.18	0.04					
0.5	13.18	2.03	0.49	0.13	0.04				
0.6	20.38	3.48	0.98	0.31	0.10	0.04			
0.7	29.15	5.32	1.64	0.60	0.23	0.09	0.04		
0.8	39.48	7.55	2.47	0.98	0.42	0.18	0.08	0.04	
0.9	51.37	10.17	3.48	1.46	0.67	0.31	0.15	0.07	0.04



**SR5-14 Wye, Symmetrical, Dovetail, $Q_b/Q_c = 0.5$,
Diverging**

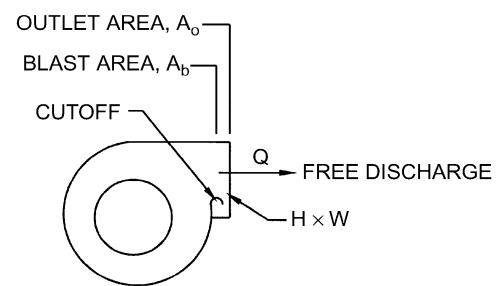
A_b/A_c	0.5	1.0
C_b	0.30	1.00

Branches are identical: $Q_{b1} = Q_{b2} = Q_b$, and $C_{b1} = C_{b2} = C_b$



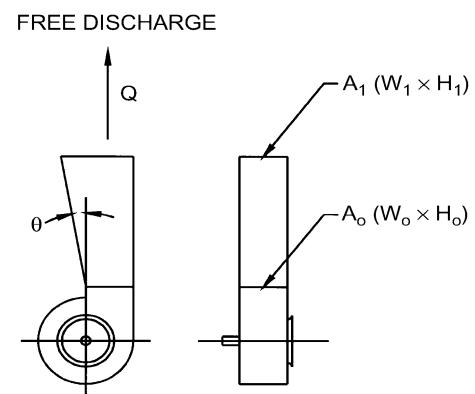
SR7-1 Fan, Centrifugal, Without Outlet Diffuser, Free Discharge

A_b/A_o	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C_o	2.00	2.00	1.00	0.80	0.47	0.22	0.00



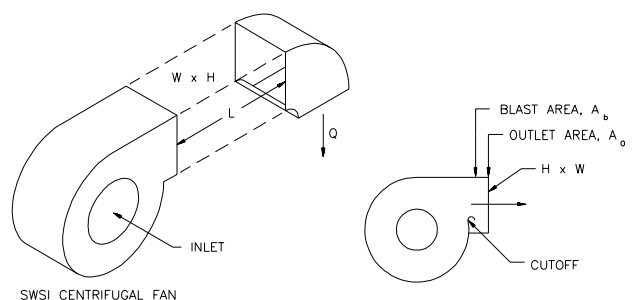
SR7-2 Plane Asymmetric Diffuser at Centrifugal Fan Outlet, Free Discharge

θ	C_o Values					
	A_1/A_o					
	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
10	0.51	0.34	0.25	0.21	0.18	0.17
15	0.54	0.36	0.27	0.24	0.22	0.20
20	0.55	0.38	0.31	0.27	0.25	0.24
25	0.59	0.43	0.37	0.35	0.33	0.33
30	0.63	0.50	0.46	0.44	0.43	0.42
35	0.65	0.56	0.53	0.52	0.51	0.50



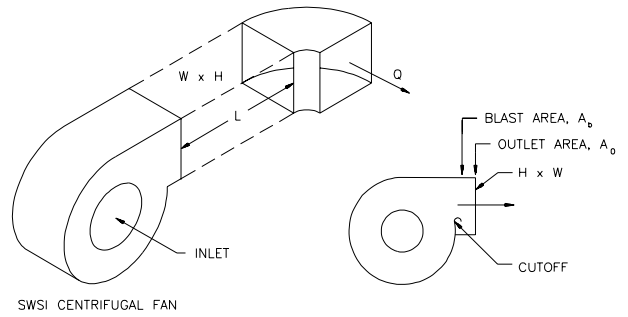
SR7-5 Fan Outlet, Centrifugal, SWSI, with Elbow (Position A)

A_b/A_o	C_o Values					
	L/L_e					
	0.00	0.12	0.25	0.50	1.00	10.00
0.4	3.20	2.50	1.80	0.80	0.00	0.00
0.5	2.20	1.80	1.20	0.53	0.00	0.00
0.6	1.60	1.40	0.80	0.40	0.00	0.00
0.7	1.00	0.80	0.53	0.26	0.00	0.00
0.8	0.80	0.67	0.47	0.18	0.00	0.00
0.9	0.53	0.47	0.33	0.18	0.00	0.00
1.0	0.53	0.47	0.33	0.18	0.00	0.00



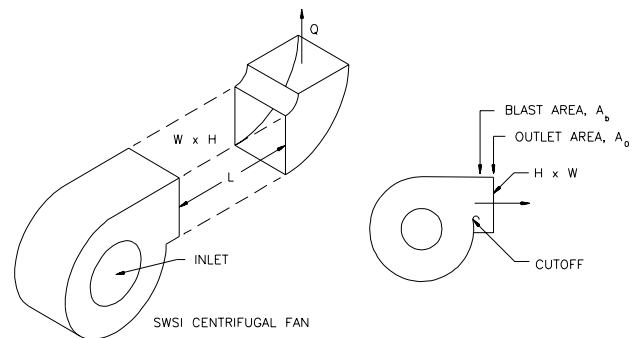
SR7-6 Fan Outlet, Centrifugal, SWSI, with Elbow (Position B)

A_b/A_o	C_o Values					
	L/L_e					
	0.00	0.12	0.25	0.50	1.00	10.00
0.4	3.80	3.20	2.20	1.00	0.00	0.00
0.5	2.90	2.20	1.60	0.67	0.00	0.00
0.6	2.00	1.60	1.20	0.53	0.00	0.00
0.7	1.40	1.00	0.67	0.33	0.00	0.00
0.8	1.00	0.80	0.53	0.26	0.00	0.00
0.9	0.80	0.67	0.47	0.18	0.00	0.00
1.0	0.67	0.53	0.40	0.18	0.00	0.00



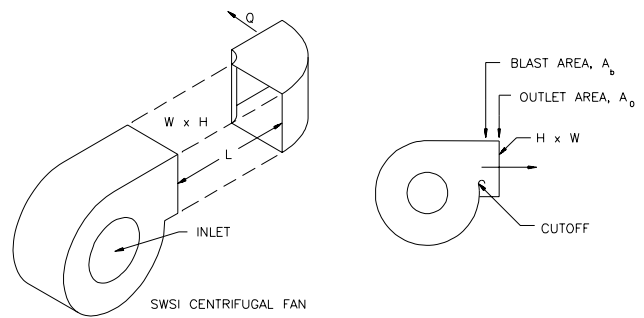
SR7-7 Fan Outlet, Centrifugal, SWSI, with Elbow (Position C)

A_b/A_o	C_o Values					
	L/L_e					
	0.00	0.12	0.25	0.50	1.00	10.00
0.4	5.50	4.50	3.20	1.60	0.00	0.00
0.5	3.80	3.20	2.20	1.00	0.00	0.00
0.6	2.90	2.50	1.60	0.80	0.00	0.00
0.7	2.00	1.60	1.00	0.53	0.00	0.00
0.8	1.40	1.20	0.80	0.33	0.00	0.00
0.9	1.20	0.80	0.67	0.26	0.00	0.00
1.0	1.00	0.80	0.53	0.26	0.00	0.00



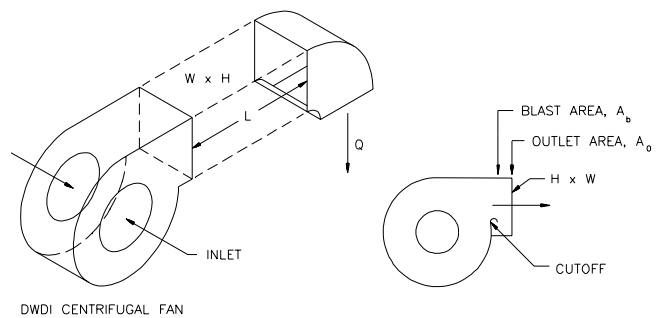
SR7-8 Fan Outlet, Centrifugal, SWSI, with Elbow (Position D)

A_b/A_o	C_o Values					
	L/L_e					
	0.00	0.12	0.25	0.50	1.00	10.00
0.4	5.50	4.50	3.20	1.60	0.00	0.00
0.5	3.80	3.20	2.20	1.00	0.00	0.00
0.6	2.90	2.50	1.60	0.80	0.00	0.00
0.7	2.00	1.60	1.00	0.53	0.00	0.00
0.8	1.40	1.20	0.80	0.33	0.00	0.00
0.9	1.20	0.80	0.67	0.26	0.00	0.00
1.0	1.00	0.80	0.53	0.26	0.00	0.00



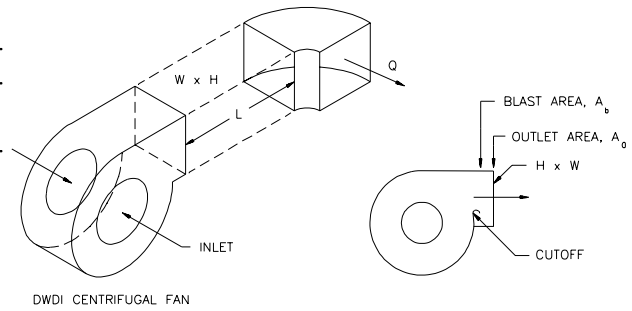
SR7-9 Fan Outlet, Centrifugal, DWDI, with Elbow (Position A)

A_b/A_o	C_o					
	L/L_e					
	0.00	0.12	0.25	0.50	1.00	10.00
0.4	3.20	2.50	1.80	0.80	0.00	0.00
0.5	2.20	1.80	1.20	0.53	0.00	0.00
0.6	1.60	1.40	0.80	0.40	0.00	0.00
0.7	1.00	0.80	0.53	0.26	0.00	0.00
0.8	0.80	0.67	0.47	0.18	0.00	0.00
0.9	0.53	0.47	0.33	0.18	0.00	0.00
1.0	0.53	0.47	0.33	0.18	0.00	0.00



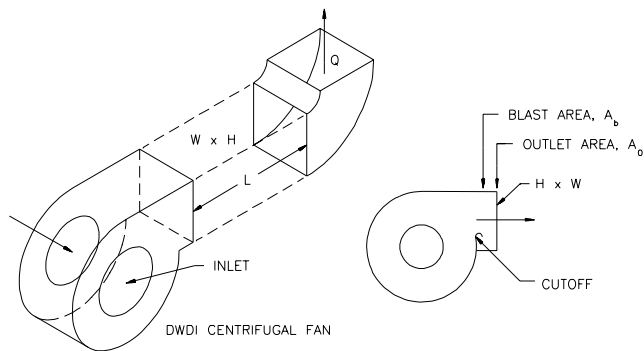
SR7-10 Fan Outlet, Centrifugal, DWDI, with Elbow (Position B)

A_b/A_o	C_o					
	L/L_e					
	0.00	0.12	0.25	0.50	1.00	10.00
0.4	4.80	4.00	2.90	1.30	0.00	0.00
0.5	3.60	2.90	2.00	0.84	0.00	0.00
0.6	2.50	2.00	1.50	0.66	0.00	0.00
0.7	1.80	1.30	0.84	0.41	0.00	0.00
0.8	1.25	1.00	0.66	0.33	0.00	0.00
0.9	1.00	0.84	0.59	0.23	0.00	0.00
1.0	0.84	0.66	0.50	0.23	0.00	0.00



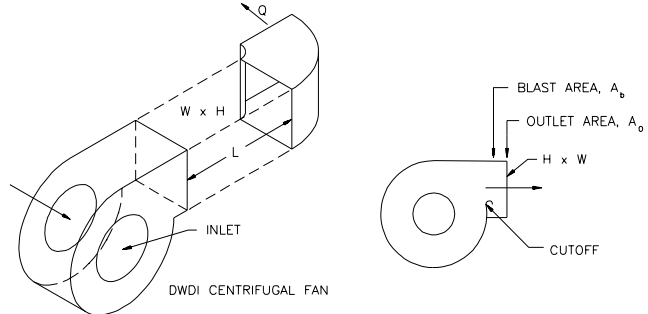
SR7-11 Fan Outlet, Centrifugal, DWDI, with Elbow (Position C)

A_b/A_o	C_o					
	L/L_e					
	0.00	0.12	0.25	0.50	1.00	10.00
0.4	5.50	4.50	3.20	1.60	0.00	0.00
0.5	3.80	3.20	2.20	1.00	0.00	0.00
0.6	2.90	2.50	1.60	0.80	0.00	0.00
0.7	2.00	1.60	1.00	0.53	0.00	0.00
0.8	1.40	1.20	0.80	0.33	0.00	0.00
0.9	1.20	0.80	0.67	0.26	0.00	0.00
1.0	1.00	0.80	0.53	0.26	0.00	0.00



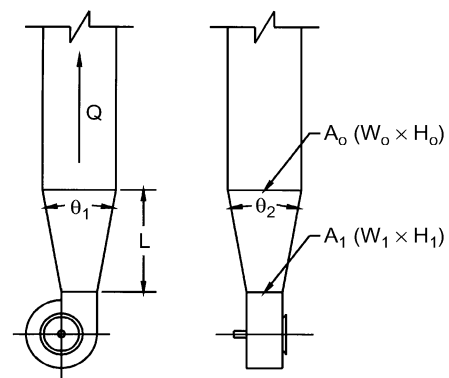
SR7-12 Fan Outlet, Centrifugal, DWDI, with Elbow (Position D)

A_b/A_o	C_o					
	L/L_e					
	0.00	0.12	0.25	0.50	1.00	10.00
0.4	4.70	3.80	2.70	1.40	0.00	0.00
0.5	3.20	2.70	1.90	0.85	0.00	0.00
0.6	2.50	2.10	1.40	0.68	0.00	0.00
0.7	1.70	1.40	0.85	0.45	0.00	0.00
0.8	1.20	1.00	0.68	0.26	0.00	0.00
0.9	1.00	0.68	0.57	0.22	0.00	0.00
1.0	0.85	0.68	0.45	0.22	0.00	0.00



SR7-17 Pyramidal Diffuser at Centrifugal Fan Outlet with Ductwork

θ	C_1 Values					
	A_o/A_1					
	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
10	0.10	0.18	0.21	0.23	0.24	0.25
15	0.23	0.33	0.38	0.40	0.42	0.44
20	0.31	0.43	0.48	0.53	0.56	0.58
25	0.36	0.49	0.55	0.58	0.62	0.64
30	0.42	0.53	0.59	0.64	0.67	0.69



θ is larger of θ_1 and θ_2

Chapter 4

Ductworks

Ductworks ဆိုတော့ ducting (လေကို လိုချင်သော နေရာသို့ သယ်ဆောင်ပေးသော duct), fitting (bend, tee joint, coupling, reducer, transition), hanger, support စသဖြင့် အားလုံးပါဝင်သည်။ Damper တွေလည်း ပါဝင် သော်လည်း သီးသန့် ဖော်ပြပါမည်။

4.1 Ducts

Duct တွေသည် standard အနေနဲ့ 3m length ထုတ်လုပ်ကြသည်။ Spiro duct အတွက် size တွေကတော့ 100mm, 125mm, 160mm, 200mm, 250mm, 315mm, 355mm, 400 mm စသဖြင့် common use အနေနဲ့ ရနိုင်သည်။ Rectangular duct size ကတော့ customized (ကိုယ်လိုချင်တဲ့ size) အနေနဲ့ ပြုလုပ်နိုင်သည်။ Spiro duct တွေကို factory တွေက standard အနေနဲ့ ထုတ်လုပ်သည်။ သူက စက်တွေနှင့် ထုတ်လုပ်ခြင်း ဖြစ်ပြီး rectangular duct တွေကတော့ ကိုယ့်ဟာကို galvanized sheet ဝယ်ပြီး ကိုယ်လိုချင်တဲ့ ဆိုဒ် ကို ကိုယ့် workshop မှာပဲ ရိုက်နိုင်သည်။ Oval duct တွေလည်း ရှိသော်လည်း သိပ်အသုံးများပါ။

Spiro duct (circular duct)



Figure 1. Spiro Duct without Pre-insulation

Material အနေနဲ့ galvanized steel metal ကနေပြုလုပ်ပြီး thickness 0.45mm မှ 1.25mm အထိ standard အနေနဲ့ ထုတ်လုပ်ကြသည်။ Standard length ကတော့ 3m ဖြစ်သည်။ 100mm အောက် size

တွေရနိုင် သော်လည်း 100mm ကတော့ minimum size အနေနဲ့ သုံးကြသည်။ Size 250mm (diameter) ကနေ ပိုကြီးတဲ့ ဆိုဒ်တွေ အတွက် radial stiffness ပိုကောင်းရန်အတွက် reinforcement (stiffening corrugations) ထည့်ပေးသည်။

Spiro duct တွေကို pre-insulated အနေနဲ့လည်း ထုတ်လုပ်သည်။ Double-jacketed ဖြစ်ပြီး mineral wool ကို insulation အဖြစ်သုံးထားသည်။ Pre-insulated duct တွေကတော့ supply duct တွေအတွက်ဖြစ်သည်။ Standard အနေနဲ့ insulation thickness က 16mm ဖြစ်သည်။ 25mm thickness အတွက်လည်း မှာယူနိုင်သည်။ Insulation မပါတာကို exhaust duct နှင့် return duct အတွက်သာ သုံးသည်။ တစ်ခါတစ်ရံ return duct နှင့် fresh air duct အတွက်လည်း Pre-insulated duct ကိုသုံးပေးရသည်။ အပြင်ဖက် (exposed to weather) တွင် install လုပ်ထားသော duct တွေကိုတော့ stainless steel ကို အသုံးပြုသည်။



Figure 2. Spiro Duct with Pre-insulation

Rectangular Duct

Duct များကို galvanized sheet ဖြင့် ပြုလုပ်၍ thickness အနေနဲ့ 0.8mm – 3mm စသဖြင့် duct size ပေါ်မူတည်၍ ရှိသည်။ အများဆုံး အသုံးပြုသော thickness မှာ 0.8-1.2 mm အထိသာ ဖြစ်သည်။ 3mm duct ကတော့ Galley ကိုဖြတ်သွားသော duct တွေတွင်သာ သုံးလေ့ရှိသည်။

galvanized sheet ကိုခေါက်၍ joint တွေတွင် ဆီလီကွန် ထိုးကာ seal လုပ်ထားသည်။ Duct size ကြီးလျှင် reinforcement ပါသော galvanized sheet ကို သုံးသည်။ အပြင်ဖက် (exposed to weather) တွင် install လုပ်ထားသော duct တွေကိုတော့ stainless steel ကို အသုံးပြုသည်။ Stainless steel duct တွေကိုတော့ ထိပ်နှစ်ဖက် ကို ခေါက် (90° bend) ပြီး flange လုပ်သည်။

အောက်ပါ ပုံ-၃ တွင် ညာဖက်က ပုံကို duct mate ဟုခေါ်သည်။ Duct mate (flange) တွင်ပါရှိသော မြောင်းထဲသို့ ဘယ်ဖက်က ခေါက်ထားသော ပုံးကို စွပ်ချ လိုက်တာပဲ ဖြစ်သည်။ 30mm width ကို အများဆုံးသုံးသည်။

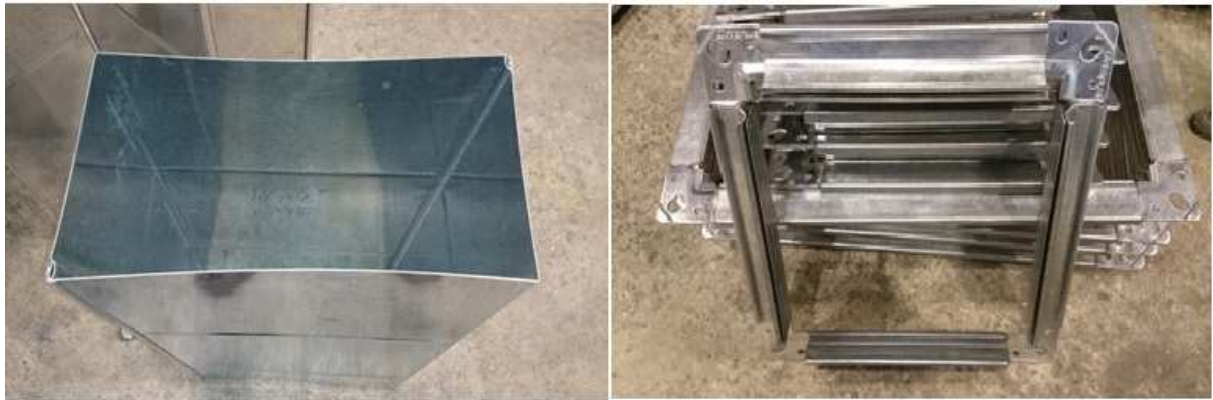


Figure 3. Preparation for rectangular



Figure 4. Rectangular ducts and fittings

Acoustic Duct

Rectangular duct ကို အတွင်းတွင် insulation ခံ၍ ပြုလုပ်သည်။ Galvanized/stainless steel perforated sheet ကို အတွင်းဖက်တွင် insulation ကိုဖိထားသည်။ Perforated sheet thickness ကို 0.7mm or 1mm ထားကာ insulation thickness ကိုတော့ လိုအပ်ချက်ကို လိုက်၍ 25mm or 50mm ထားလေ့ ရှိသည်။ များသောအားဖြင့် AHU မှအထွက်တွင် အနည်းဆုံး 1.2m အရှည်လောက် ထား၍ တတ်ဆင်သည်။ AHU blower ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသော ဆူညံသံ ကို တတ်နိုင်သမျှ လျော့ချ လိုခြင်းက အဓိက ဖြစ်သည်။



Figure 5. Acoustic duct

4.2 Fittings

Bend အတွက် 90°C, 60°C, 45°C, 30°C, 15°C ထုတ်လုပ်ကြသည်။ Fitting တွေသည် spiro duct အတွင်းသို့ သွင်း၍ install လုပ်သဖြင့် သူ့ရဲ့ diameter သည် spiro duct diameter ထက် 3mm ငယ်သည်။ Leakage မဖြစ်ရန်အတွက် အတွင်း rubber seal ရှိသည်။ ၎င်း rubber seal ကို single ring or double ring နှင့် ရနိုင်သည်။ Double rubber ring သည် tightness ပိုကောင်းသည့် အတွက် သူ့ကိုပဲ အသုံးပြု ကြတာများသည်။ Fittings များတွင်လည်း pre-insulated များရှိသည်။



Figure 6a. Fittings for Spiro Duct (without pe-insulation)



Figure 6b. Fittings for Spiro Duct (with pre-insulation)

Reducer, Tee & Transition Piece

Spiro ducts တွေအတွက် fitting တွေလည်း ဆိုဒ်စုံ ရှိသည်။ Tee piece ဆိုလျှင်လည်း equal tee or unequal tee အကုန်ရှိသည်။ ဥပမာ အဝင် 200mm နှင့်ဝင်၍ အထွက် နှစ်ဖက်တွင် 125 နှင့်ထွက်တာ ကို unequal tee ဟုခေါ်ခြင်း ဖြစ်သည်။ Rectangular duct အတွက်ကတော့ ကိုယ်လိုချင်သော ဆိုဒ်ကို ကိုယ့်ဟာကို ပြုလုပ်နိုင်သည်။ Transition piece ဆိုသည်မှာ rectangular duct နှင့် circular duct ကို ဆက်သောအခါ ကြားမှာသုံးသော အပိုင်းကို ဆိုလိုသည်။

4.3 Flexible Duct

Flexible duct တွေကို diffusers, grilles, cabin units စတဲ့ supply and extract devices တွေနဲ့ connect လုပ်ရာတွင် အသုံးပြုသည်။ Length ကို 1m ထက်ပိုရှည်တာ ကို မသုံးသင့်ပေ။ နေရာ အခက်အခဲကြောင့် flexible duct တွေသည် လိမ်ခေါက်ပြီး connect လုပ်ထားတာတွေကို ဂရုစိုက် သင့်သည်။ သိပ်ရှည်လျှင် resistance ကြောင့် လိုအပ်သော air flow မရပဲ ဖြစ်တတ်သည်။ ၎င်းပြဿနာ မကြာခဏ ကြုံရသည်။



Figure 7. Flexible connected with cabin unit

4.4 Duct Clamp

Clamp သည် flexible duct နှင့် fitting, flexible duct နှင့် grilles/diffuser/cabin unit စသဖြင့် connect လုပ်ရာတွင် သုံးသည်။ ဆက်သော နေရာတွင် ring (clamp) ကိုပတ်၍ screw လေးကို ကြပ်ကာ စည်းထား ရသည်။

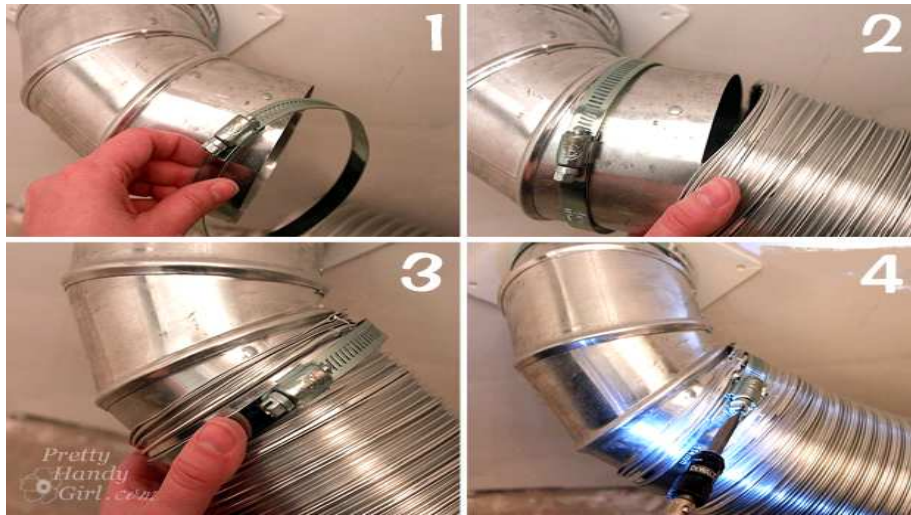


Figure 8. Clamp for connection

4.5 Duct Support

Duct support အတွက် typical drawing များကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။ General notes များနှင့် တွဲ၍ ကြည့်ပါ။

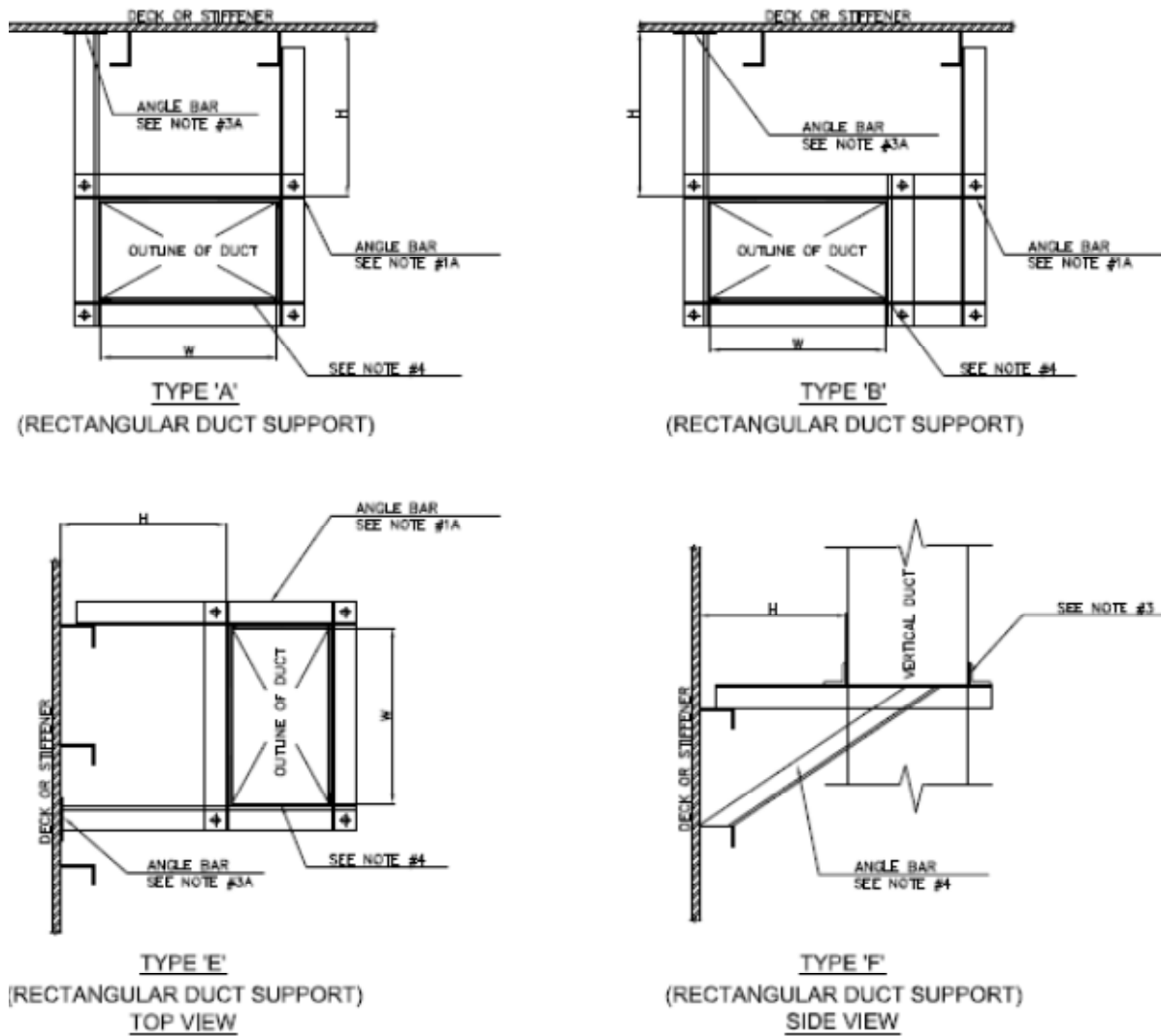


Figure 9a. Support for rectangular duct

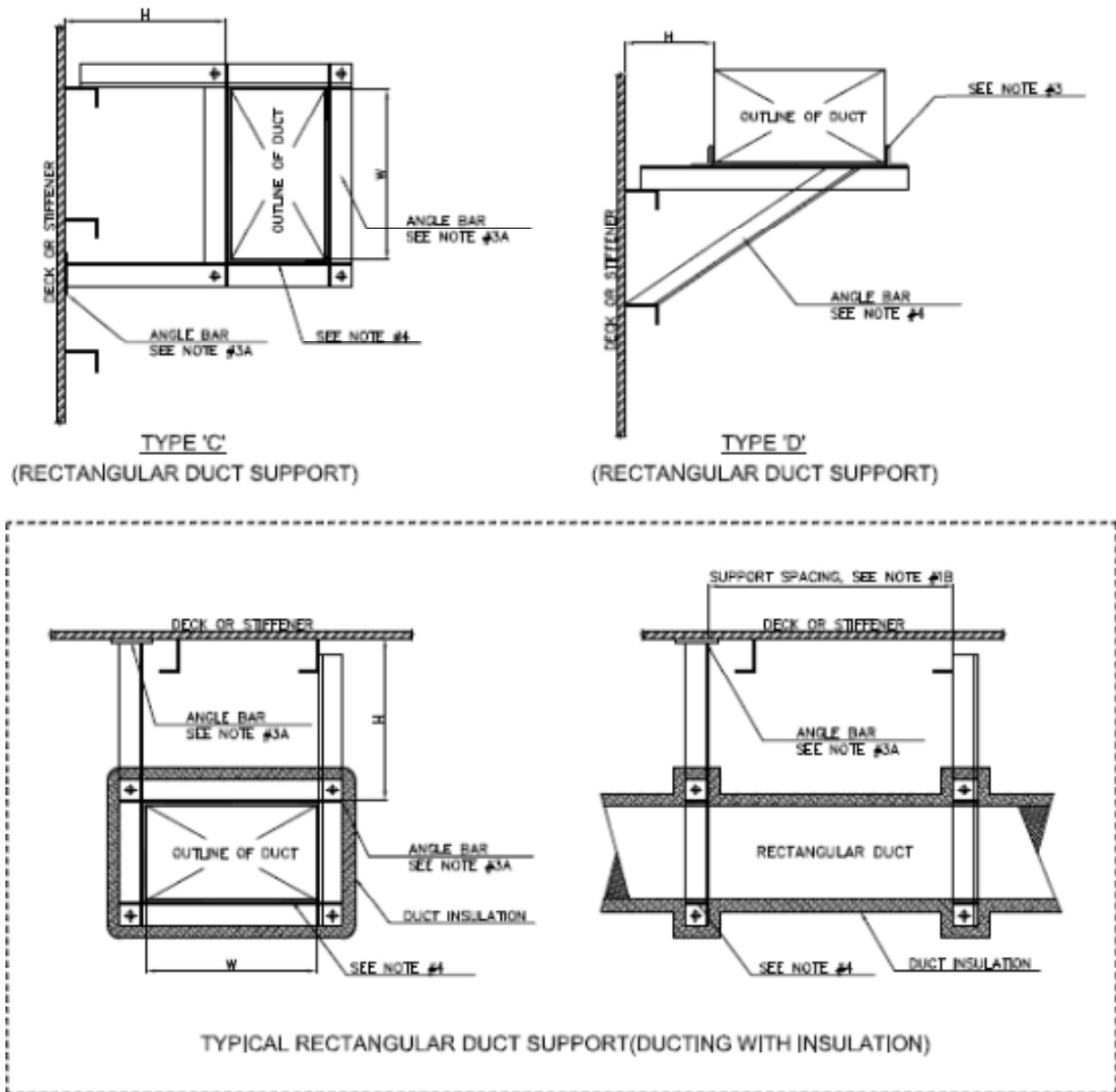


Figure 9b. Support for rectangular duct

CIRCULAR DUCT

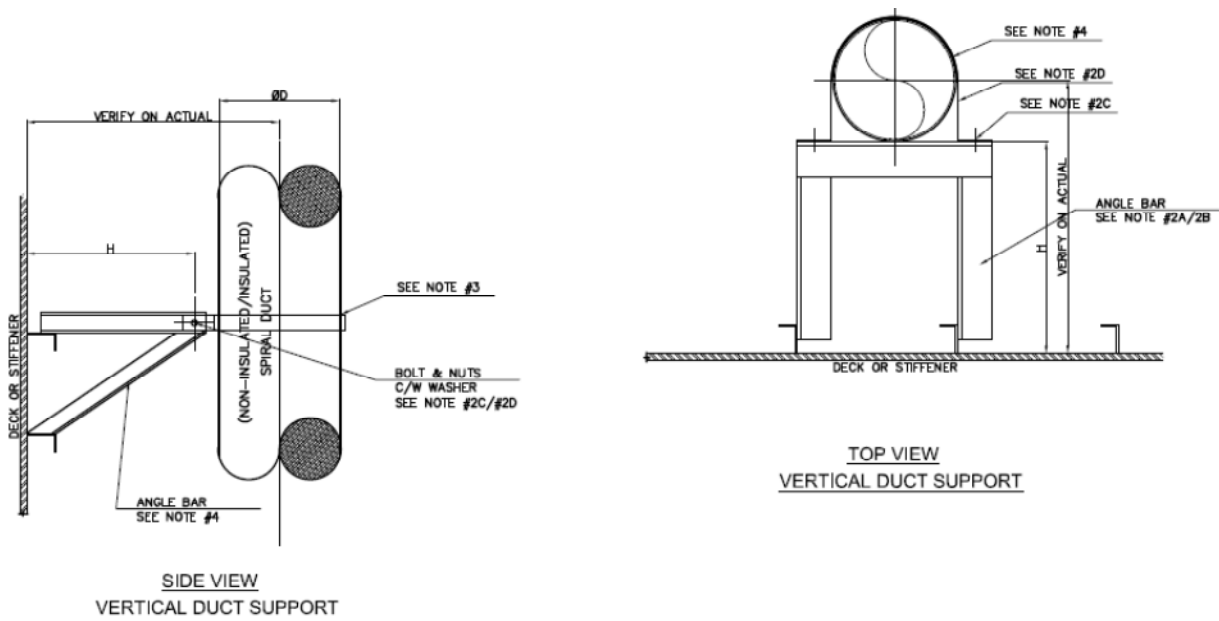
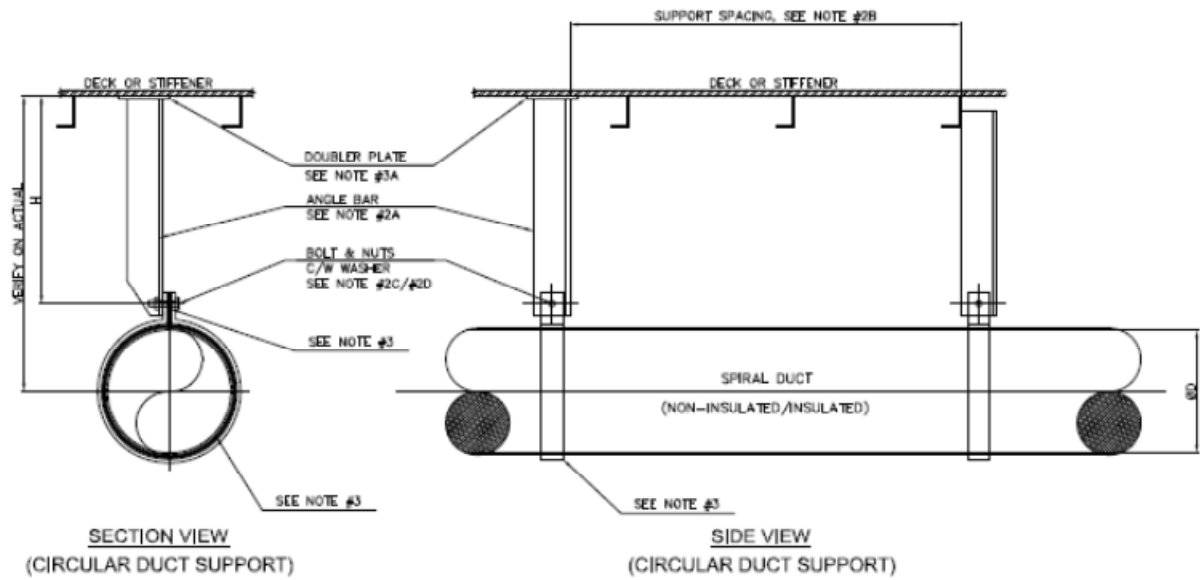


Figure 10. Support for circular duct

GENERAL NOTES:1. RECTANGULAR DUCT

- A. WHEN $H \leq 500\text{MM}$, USE 40X40X5mm ANGLE BAR.
WHEN $500\text{MM} < H \leq 2000\text{MM}$, USE 50X50X6mm ANGLE BAR.
WHEN $H > 2000\text{MM}$, USE 75X75X6mm ANGLE BAR.
- B. DUCT SUPPORT MAXIMUM SPACING WHEN:
 $W \leq 300\text{mm}$, SPACING=3000mm
 $W > 300\text{mm}$, SPACING=2400mm
- C. WHEN DUCT LENGTH $W \leq 750\text{MM}$, USE 40X40X5 ANGLE BAR.
WHEN DUCT LENGTH $750\text{MM} < W \leq 1500\text{MM}$, USE 50X50X6 ANGLE BAR.
WHEN DUCT LENGTH $W > 1500\text{MM}$, USE 75X75X6 ANGLE BAR.
- D. WHEN DUCT LENGTH $W \leq 350\text{MM}$, USE GALVANIZED SHEET 0.8MM THK.
WHEN DUCT LENGTH $W \leq 750\text{MM}$, USE GALVANIZED SHEET 1.0MM THK.
WHEN DUCT LENGTH $W \leq 1500\text{MM}$, USE GALVANIZED SHEET 1.2MM THK.
WHEN DUCT LENGTH $W > 1500\text{MM}$, USE GALVANIZED SHEET 2.0MM THK.
- E. ALL BOLTS, NUTS & SPRING WASHERS TO BE GALVANIZED (4.8 CLASS).
WHEN $W \leq 500\text{mm}$, USE ϕM8 BOLTS.
WHEN $W > 500\text{mm}$, USE ϕM10 BOLTS.
- F. WHEN DUCT LENGTH $W \leq 750\text{MM}$, USE 32X3 FLAT BAR.
WHEN DUCT LENGTH $750 < W \leq 2000\text{MM}$, USE 44X4.5 FLAT BAR.
WHEN DUCT LENGTH $W > 2000\text{MM}$, USE 50X6 FLAT BAR.

2. CIRCULAR DUCT

- A. WHEN $H \leq 500\text{MM}$, USE 40X40X5mm ANGLE BAR.
WHEN $500\text{MM} < H \leq 2000\text{MM}$, USE 50X50X6mm ANGLE BAR.
WHEN $H > 2000\text{MM}$, USE 75X75X6mm ANGLE BAR.
- B. DUCT SUPPORT MAX. SPACING:
WHEN DUCT $\phi D \leq \phi 500\text{mm}$, SPACING=2400mm
WHEN DUCT $\phi D > \phi 500\text{mm}$, SPACING=2000mm
- C. ALL BOLTS & NUTS TO BE GALVANIZED (4.8 CLASS) & c/w SPRING WASHERS.
 - I. M8 BOLT FOR DUCT $\leq \phi 500\text{mm}$.
 - II. M10 BOLT FOR DUCT $\leq \phi 1000\text{mm}$.
 - III. M12 BOLT FOR DUCT $> \phi 1000\text{mm}$.
- D. CIRCULAR DUCT RING 30X3MM FOR SPIRO DUCT & 50X6MM FOR MS PIPE
APPLICABLE FOR NON-INSULATED & INSULATED AND CONNECTED
THROUGH BOLT & NUT.

3. DOUBLER PLATE

- A. 40X40X4mm ANGLE BAR, USE DOUBLER PLATE 50X50X10t.
50X50X6mm ANGLE BAR. USE DOUBLER PLATE 75X75X10t
75X75X6mm ANGLE BAR. USE DOUBLER PLATE 100X100X10t.
- 4. FOR ALL RECTANGULAR CONTACTED SURFACE BETWEEN DUCT AND ITS
SUPPORT TO LINE WITH 3.0mm THICK NEOPRENE RUBBER GASKET.
- 5. DISTANCE(H) TO BE VERIFY ON ACTUAL INSTALLATION AND CONSTRUCTION
OF DUCT SUPPORTS. IF DISTANCE ABOVE 900MM, DIAGONAL BRACES TO BE ADDED.
- 6. ALL BOLTS, NUTS & SPRING WASHERS TO BE GALVANIZED (4.8 CLASS) FOR NON-EXPOSED.
AREAS. ALL BOLTS, NUTS & SPRING WASHERS TO BE S/S 316 A-4 CLASS FOR EXPOSED AREAS.
- 7. ALL DIMENSIONS SHOWN ARE IN MILLIMETER.

4.6 Duct Connection

Duct connection အတွက် typical drawing များကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။ General notes များနှင့် တွဲ၍ ကြည့်ပါ။

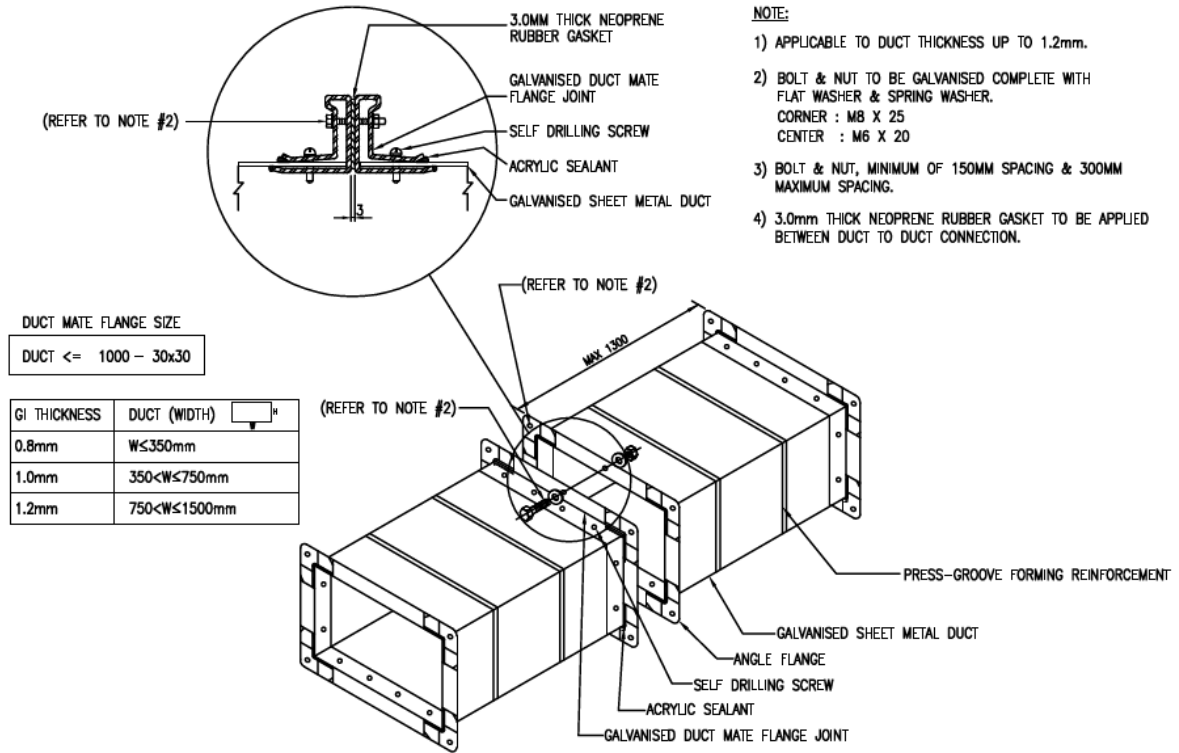


Figure 11. Typical duct flange details for galvanized sheet metal ductwork (Non-fire rated duct)

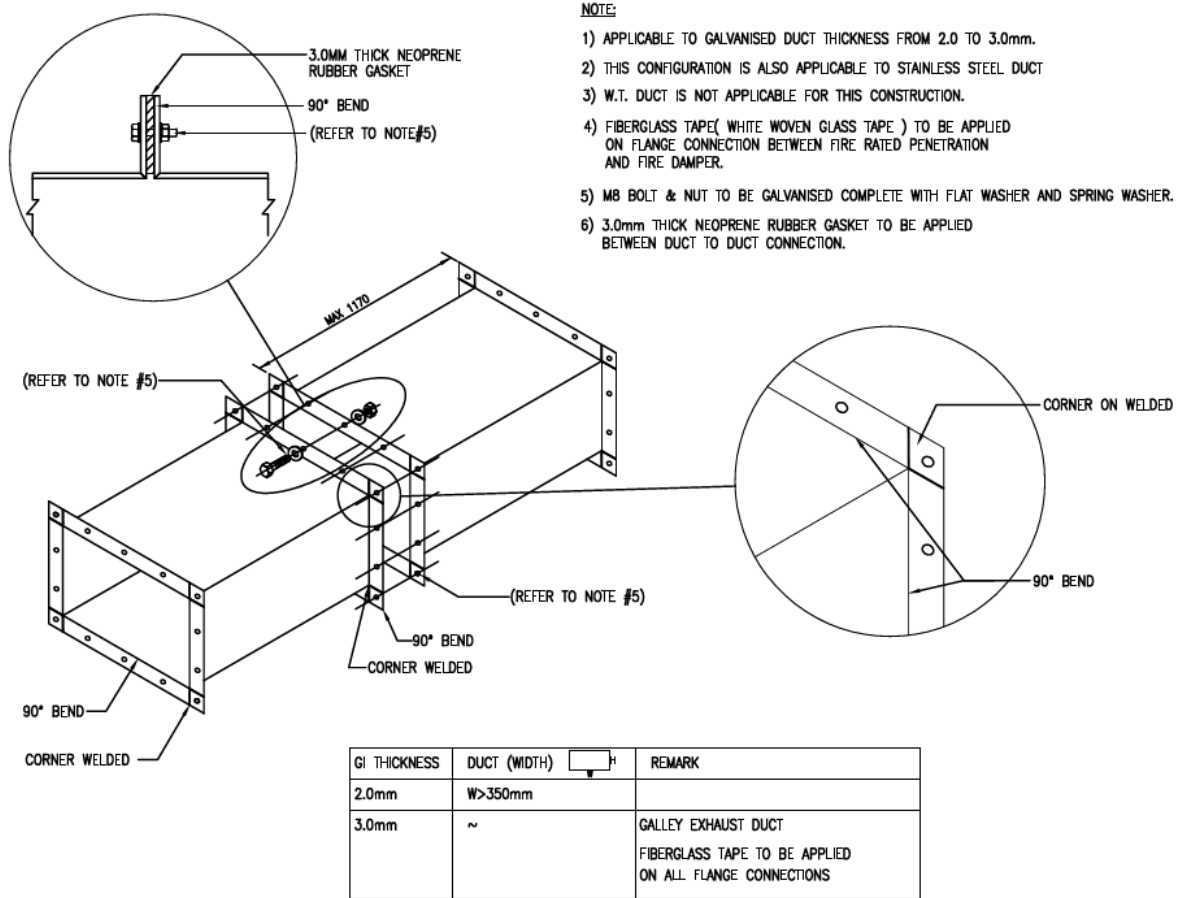


Figure 12. Typical duct flange details for SS/galvanized ductwork

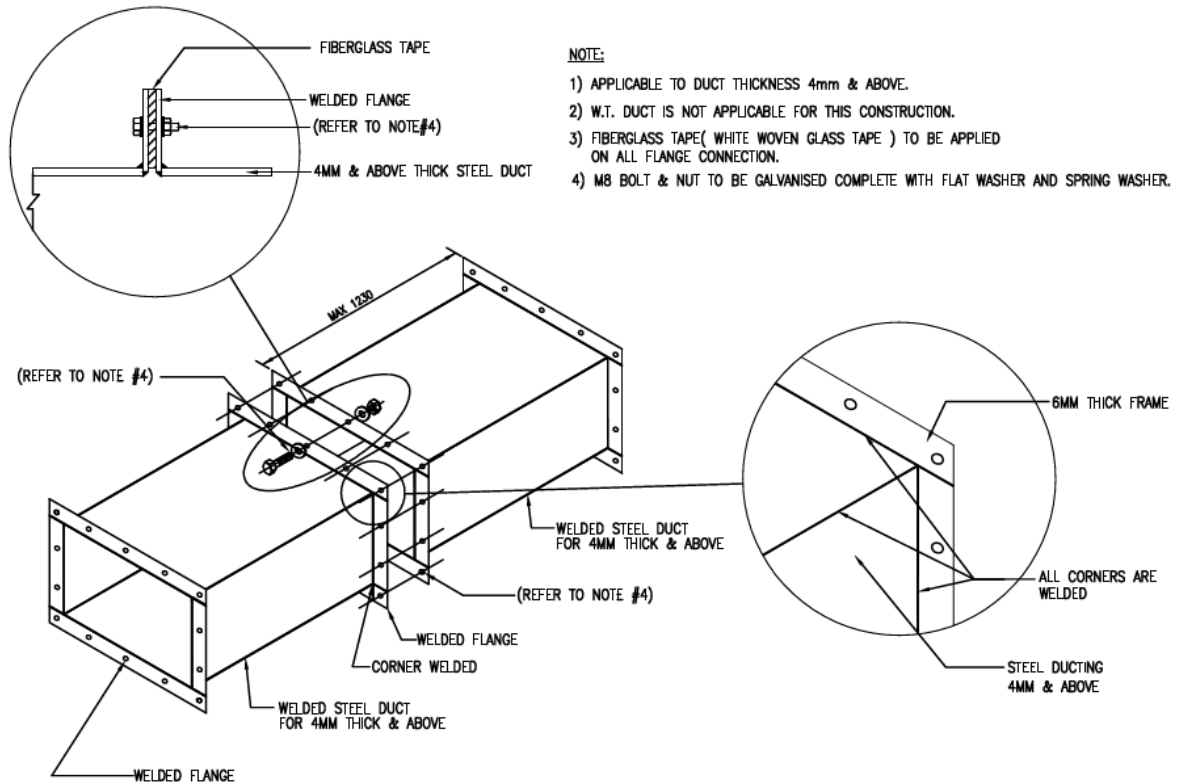
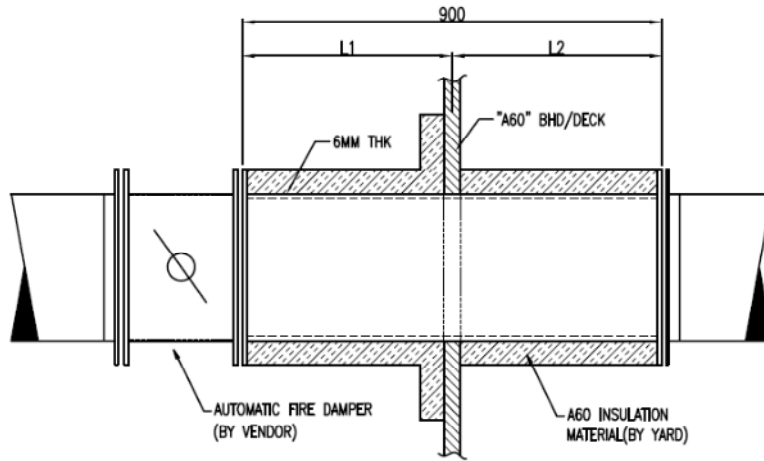


Figure 13. Typical duct flange details for steel ductwork (Fire rated duct)

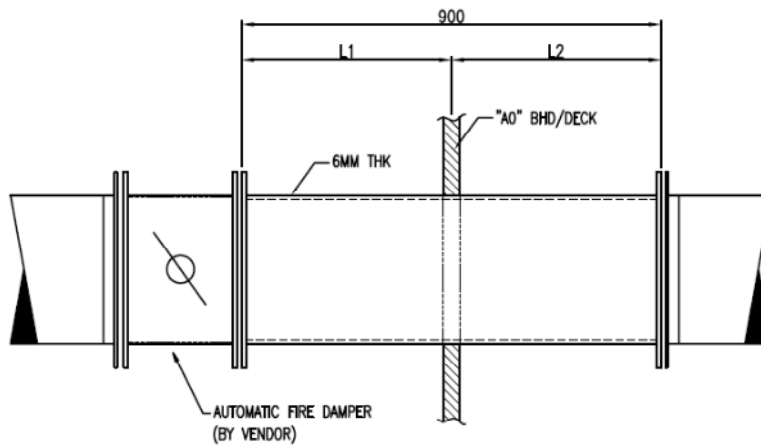
4.7 Penetration Piece

Duct သည် deck, bulkhead, girder and draught stop ကို ဖြတ်သွားသော အခါ sheet metal ဖြင့် ပြုလုပ်ထားသော duct ဖြင့် penetrate လုပ်လို့ မရပေ။ Steel pipe/duct ကိုသုံးပြီး မှ deck, bulkhead, girder and draught stop တွင် welding ဆော်၊ ပြီးမှ sheet metal duct ကို အတွင်းမှ ဖြတ်၍ သော် လည်းကောင်း၊ အတွင်းမှ မဖြတ်ပဲ flange to flange connect လုပ်ပြီး သော် လည်းကောင်း install လုပ်သည်။ Typical penetration drawing များကို အောက်တွင် ဖော်ပြ ထားသည်။ General notes များနဲ့ တွဲ၍ ကြည့်ပါ။ Fire rated duct တွေ အတွက် penetration ပြီးလျှင် fire damper လာသည်။ Penetration နှင့် sheet metal duct ကို တန်း၍ connect မလုပ်ရပေ။ Fire integrity ကြောင့် ဖြစ်သည်။

PENETRATION PASSING THRU "A-60" CLASS BULKHEAD/DECKHEAD



PENETRATION PASSING THRU "A0" CLASS BULKHEAD/DECKHEAD



GENERAL NOTES:

1. SEE TABLE BELOW :

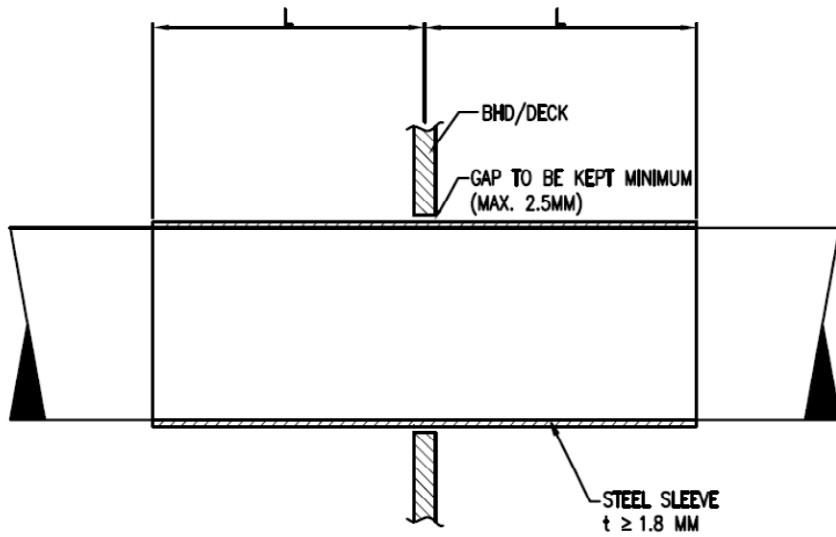
CROSS-SECTION AREA OF DUCT	LENGTH(mm) L1	LENGTH(mm) L2	THICKNESS(mm) t	FIRE DAMPER (AUTOMATIC)
$S > 750 \text{ cm}^2$	450 (PREFERABLY)	450 (PREFERABLY)	6.0	REQUIRED (*)
$750 \text{ cm}^2 \geq S < 200 \text{ cm}^2$	450 (PREFERABLY)	450 (PREFERABLY)	6.0	NOT REQUIRED (**)
$200 \text{ cm}^2 \geq S$	100(MIN)	100(MIN)	6.0	NOT REQUIRED (**)

* NOT REQUIRED IF DUCT PASSES THROUGH SPACES SURROUNDED BY "A" CLASS DIVISION WITHOUT SERVING THOSE SPACE, PROVIDED DUCT HAS THE SAME FIRE INTEGRITY AS DIVISION IT PASSES.

** AUTOMATIC FIRE DAMPER IS REQUIRED FOR CONTROL STATIONS.

Figure 14a. Penetration for A-class division

NON-STEEL (NON-COMBUSTIBLE DUCT)



- L = 450 MM FOR CROSS SECTIONAL AREA OF 200 CM² OR MORE
- L = 100 MM FOR CROSS SECTIONAL AREA OF LESS THAN 200 CM²

"B" CLASS STEEL DUCT

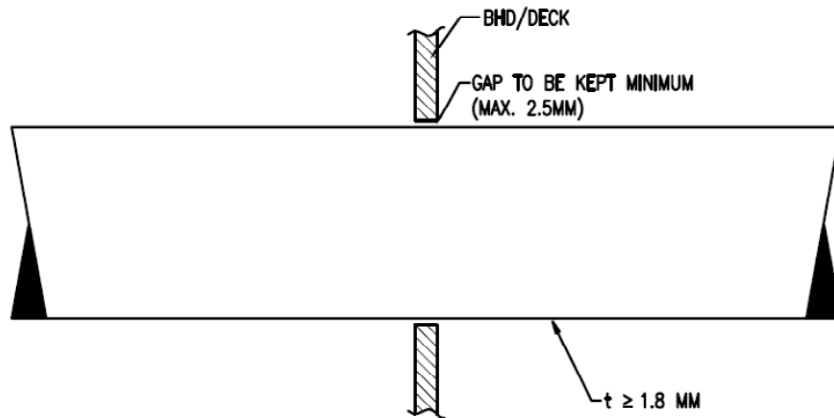


Figure 14b. Penetration for B-class division

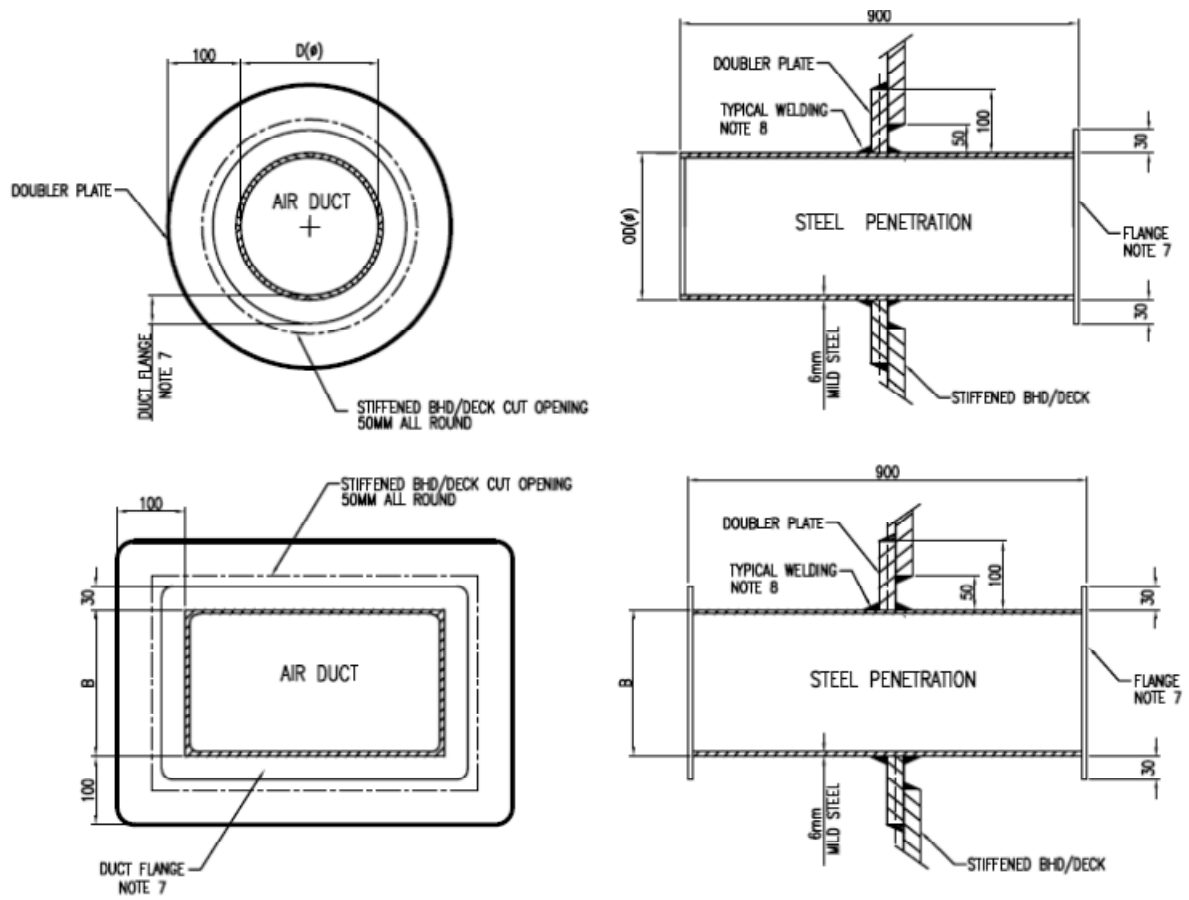


Figure 14c. Penetration with doubler for stiffened bulkhead or deck

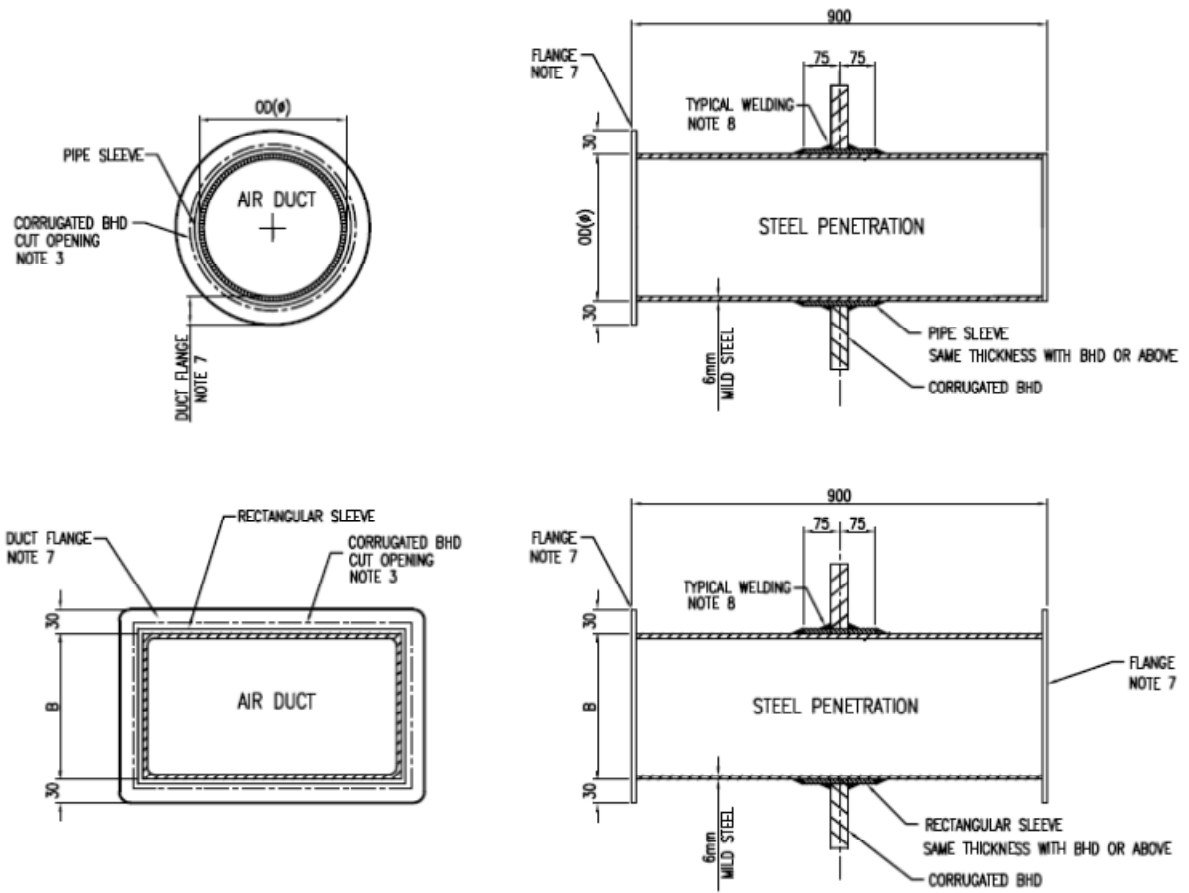


Figure 14c. Penetration without doubler for corrugated bulkhead

*FOR INSULATED DUCT :

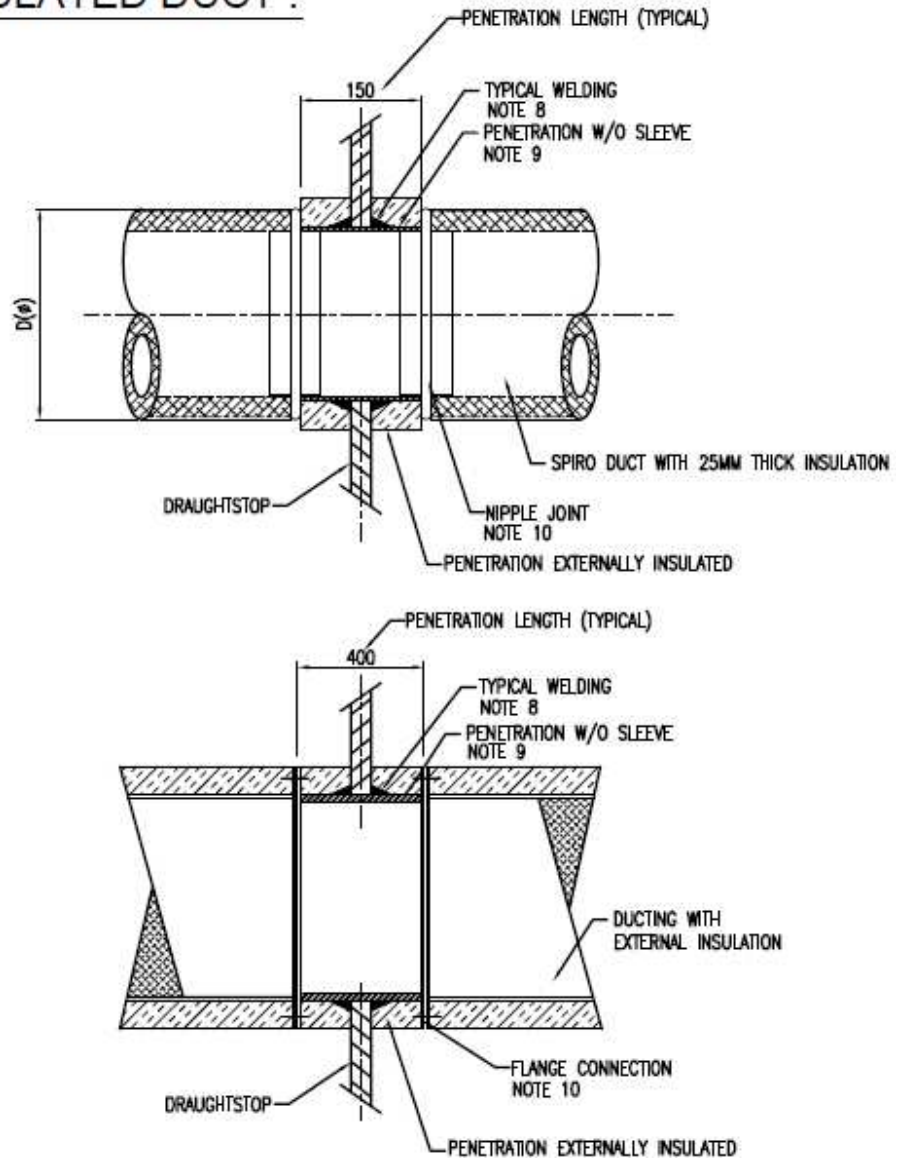


Figure 14d. Penetration through draught stop (insulated duct)

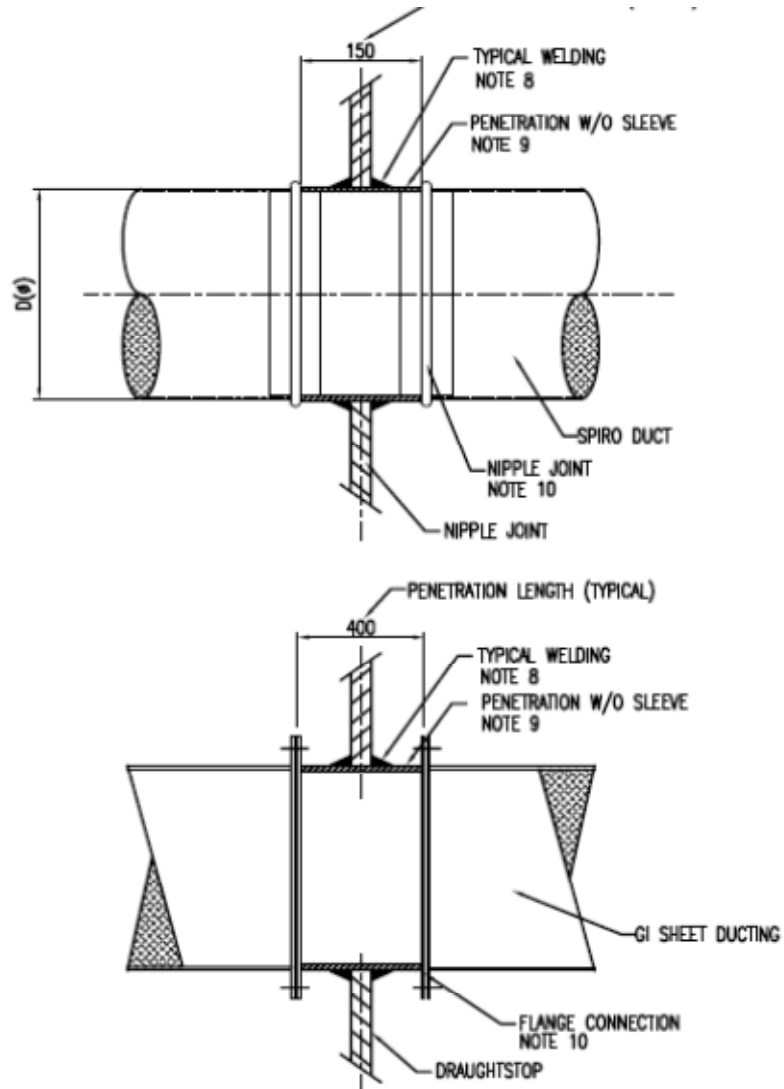
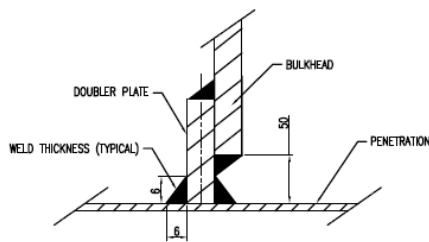


Figure 14e. Penetration through draught stop (un-insulated duct)

GENERAL NOTES

1. ABOVE 12mm THK BULKHEADS/DECKHEADS, PIPE SLEEVE AND DOUBLER PLATE ARE TO BE SUPPLIED BY YARD.
2. THICKNESS OF DOUBLER PLATE AND PIPE SLEEVE SHOULD BE ABOVE OR SAME AS BULKHEADS/DECKHEADS THICKNESS.
3. CORRUGATED BULKHEAD CUT OPENING = DUCT PENETRATION SLEEVE + 2~4 mm ((WITHOUT DOUBLER)
4. FOR ROUND DUCT : SLEEVE ID = PENETRATION OD + 2~3 mm (WITHOUT DOUBLER)
5. ALL PENETRATION WILL BE MILD STEEL SAND BLASTED.
6. ALL DIMENSION IN MILLIMETER.
7. BOTH ENDS OF PENETRATION PIECE USE 30.0MM WIDTH FLANGES.
8. TYPICAL WELDING DIMENSION(SEE DETAIL BELOW):



9. PENETRATION PASSING THRU DRAUGHTSTOP TO USE MINIMUM OF 3.0MM THICK STEEL AND ABOVE.
10. FOR RECTANGULAR DUCT CONNECTION USE 30MM WIDTH FLANGES AND FOR ROUND DUCT CONNECTION USE NIPPLE JOINT.

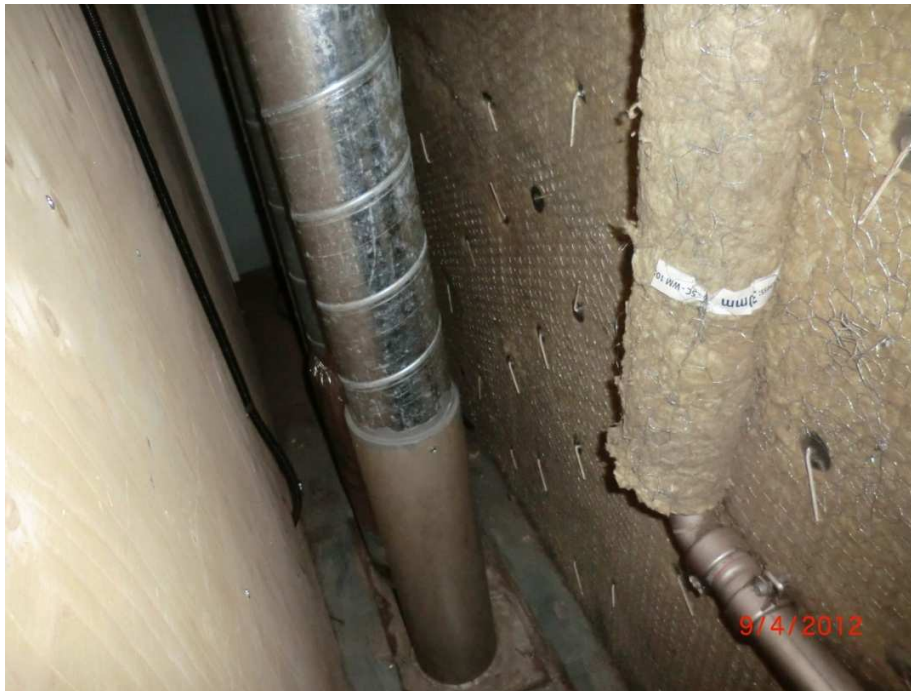


Figure 15. Penetration through deck

4.8 Thermal Insulation

Duct များအတွက် fiberglass ကို thermal insulation အဖြစ်သုံးကြသည်။ Fiberglass ပြုလုပ်သည့် process သည် အနည်းငယ် ရှုတ်ထွေးသဖြင့် ယေဘုယျ အားဖြင့် melted glass မှ ပြုလုပ်ထားခြင်း ဖြစ်သည် ဟု မှတ်ယူပါ။ Glass wool blanket ဟုလည်း ခေါ်သည်။ Density 10-48 kg/m³ ရှိ၍ 48 kg/m³ ကိုပဲ သုံးကြ သည်။ Thickness 25-100 mm ဖြင့်ရနိုင်၍ width 1.2m, length 15 & 30m standard အနေနဲ့ ထုတ်သည်။



Figure 16. Glass wool blanket

Duct insulation အတွက် double-sided aluminum insulation foil ဖြင့်တွဲ၍ သုံးရသည်။ ၎င်းသည် class "o" fire retardant grade ဖြစ်၍ ကောင်းမွန်သော thermal insulation capability ရှိခြင်း၊ effective water vapour barrier ဖြစ်ခြင်း စသည့် အချက် များကြောင့် အသုံးပြုရန် သင့်လျော်သည်။



Figure 17. VCD with insulation

4.9 Minimum Insulation Thickness to Prevent Condensation

မျက်နှာပြင် တစ်ခု၏ surface temperature သည် လေထုထဲတွင် ရှိသော ရေငွေ့၏ dew point temperature ထက်နိမ့်သော အခါ ၎င်း မျက်နှာပြင် ပေါ်တွင် surface condensation ဖြစ်ပေါ်သည်။ Surface condensation မဖြစ်ပေါ်စေရန် insulation thickness သည်လုံလောက်သော အထူ ရှိနေဖို့ လိုအပ်ပြီး insulation surface temperature သည် dew point temperature ထက် အမြဲမြင့် နေရမည်။

Temperature index coefficient (or) condensation resistance factor τ သည် surface temperature တွက်ချက် ရာတွင် အသုံးဝင်ပေသည်။

$$\tau = \frac{t_s - t_c}{t_a - t_c} \quad \text{-----Equation 4.1}$$

Where,

t_s = surface temperature on warm side of insulation

t_c = temperature on cold side of insulation

t_a = ambient temperature on warm side of insulation

The minimum temperature index coefficient ကို အောက်ပါ အတိုင်း တွက်ချက်နိုင်သည်။

$$\tau_{min} = \frac{t_d - t_c}{t_a - t_c} \quad \text{-----Equation 4.2}$$

Where, t_d = dew point temperature of ambient air

For flat surfaces and insulation အတွက် temperature index coefficient ကို အောက်ပါ အတိုင်း ဖော်ပြသည်။

$$\tau = \frac{L/k}{\frac{L}{k} + 1/h_i} \quad \text{-----Equation 4.3}$$

Where,

L = thickness of insulation

K = thermal conductivity of insulation

h_i = surface heat transfer coefficient

The minimum insulation thickness to avoid surface condensation on a flat surface ကိုအောက်ပါ အတိုင်း တွက်ချက် ရမည်။

$$L_{min} = \frac{\tau_{min} k}{1 - \tau_{min} h_i} \quad \text{-----Equation 4.4}$$

The minimum insulation thickness for pipe insulation ကိုအောက်ပါ အတိုင်း တွက်ချက် ရမည်။

$$r_{s,min} \ln \left(\frac{r_{s,min}}{r_i} \right) = \frac{\tau_{min} k}{1 - \tau_{min} h_i} \quad \text{-----Equation 4.5}$$

Where,

$r_{s,min}$ = minimum outer radius of the insulation

r_i = inner radius of the insulation

Chapter 5

Supply & Extract Devices

Supply & extract devices များတွင် cabin units များ၊ diffusers များ၊ grilles များ၊ nozzle များ၊ punkah louver များ ပါဝင်သည်။

Cabin units

Cabin units များကို cabin များ၊ office များ၊ wheelhouse စသော လူနေသော အခန်းများတွင် တပ်ဆင်လေ့ ရှိသည်။ Re-heater ပါသော unit နှင့် Re-heater မပါသော unit ဟူ၍ နှစ်မျိုး ရှိသည်။ Heater ပါသော ယူနစ် အတွက် standard အနေနဲ့ 400W နှင့် 800W နှစ်မျိုး ရနိုင်သည်။ ယေဘုယျ အားဖြင့် air flow maximum 250m³/h, 350m³/h နှင့် 450m³/h ဟူ၍ သုံးမျိုး ထုတ်သည်။ ဒါထက် ပိုများတာတွေ လည်း ရှိပါသည်။ Heater ပါသော ယူနစ် အတွက် central AHU မှပေးသော temperature သည်နိမ့်နေပါက လိုအပ်သလို adjust လုပ်နိုင်ရန် အတွက် individual thermostat ပါသည်။



Figure 1. Cabin unit with re-heater

Diffuser

Supply air အတွက် အသုံးပြုလေ့ ရှိသည်။ အသုံးအများဆုံး နှစ်မျိုး ရှိသည်။ 4-way diffuser နှင့် double deflection တို့ ဖြစ်သည်။ 4-way diffuser ကတော့ ceiling တွေမှာပဲ သုံးလေ့ ရှိသည်။ Standard material အနေနဲ့ aluminum ဖြင့် ပြုလုပ်၍ color က white power epoxy coating ဖြစ်သည်။ SS material နှင့် လိုချင် ရင်လည်း မှာလို့ ရသလို ကိုယ်လိုချင် သော color (RAL color) လည်း လုပ်ခိုင်း လို့ရသည်။ Size ကလည်း လိုချင်သော ဆိုဒ် မှာနိုင်သည်။ Neck size နှင့် face size ဟူ၍ ရှိပြီး Neck size က duct နှင့် connect လုပ်ရန် ဖြစ်ပြီး face size ကတော့ ceiling ရဲ့ အောက်မှ ရှိနေသော အပိုင်း ဖြစ်သည်။ Volume control damper (VCD) ပါတာလည်း ရနိုင်သလို မပါတာ လိုချင်လည်း ရသည်။ Air flow adjustment အတွက် VCD ပါတာကို သုံးကြတာ များသည်။ Commissioning လုပ်ရာ တွင်လည်း ပို၍ အဆင်ပြေသည်။ Face velocity ကို 2.5 m/s လောက်ထားမည် ဆိုလျှင် accommodation space အတွက် သင့်လျော်သည်။ Machinery space အတွက် 3-4 m/s အထိ ထားနိုင်သည်။ Air throw distance, static pressure စသော ဒေတာ များကို catalogue မှ ဖတ်ယူ နိုင်သည်။



Figure 2. 4-way diffuser mounted at the ceiling

Double deflection and single deflection

Grille type များဖြစ်သည်။ Double deflection type တွင် vertical နှင့် horizontal များပါ၍ လိုချင်သော direction အတွက် blade ကို လှည့်၍ adjust လုပ်နိုင်သည်။ Double deflection ကို LQ (living quarter) တွင် supply air အတွက် သုံးလေ့ ရှိပြီး single deflection ကို machinery space တွင် supply air အတွက် သုံးလေ့ ရှိသည်။ Return air အတွက်လည်း သုံးလိုက သုံးနိုင်သည်။ Grille တွေ အတွက် လည်း VCD နှင့် ရနိုင်သည်။ Material, color, size, air velocity စသည် များသည် အထက်တွင် ဖော်ပြ ထားသည့် အတိုင်း ဖြစ်သည်။

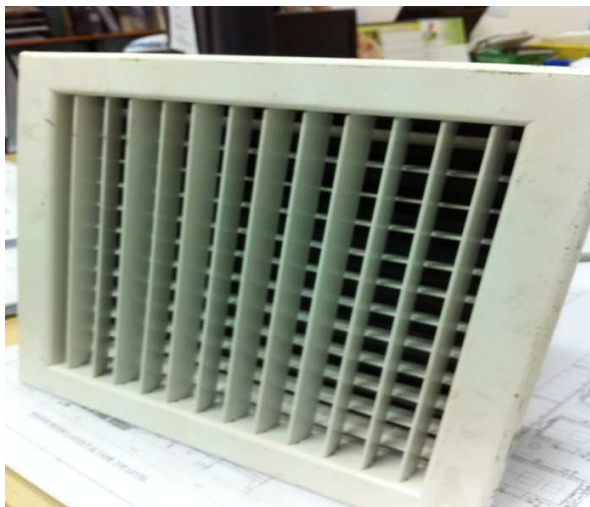


Figure 3a. Double deflection grille



Figure 3b. Double deflection grille with VCD



Figure 3c. Grille with box



Figure 3d. Grille on the duct

ပုံ 3b တွင် ပါသော အမည်းရောင် မှာ VCD ဖြစ်သည်။ Blade ကို adjust လုပ်ရန် အတွက် grille ရဲ့ အောက်ကနေ ကြည့်လျှင် ထောင့်နားလေးတွင် screw လေးရှိသည်။ အောက်ကနေ screw driver နှင့် ထိုး၍ လှည့်ရသည်။ ပုံ 3c တွင် ပါသော အမည်းရောင်ပုံးမှာ duct နှင့် connect လုပ်ရန် အတွက် ဖြစ်သည်။ ပုံ 3d ကတော့ supply duct ကော grille ပါ Insulation ပတ်ထားသော ပုံဖြစ်သည်။

Egg-crate type grille

၎င်း grille အမျိုးအစားကို return (သို့) exhaust air အတွက် သုံးသည်။ ကြက်ဥ ထည့်သော ကန် ကဲ့သို့ ဖြစ်နေသောကြောင့် egg-crate type ဟုခေါ်ခြင်း ဖြစ်သည်။ သူလဲ VCD နှင့် မှာနိုင်သည်။ Air flow direction တော့ ပြောင်းလို့ မရပေ။ VCD ပါလျှင်တော့ air flow amount ကို adjust လုပ်နိုင်သည်။ တခြား အချက်တွေ အားလုံးသည် အထက်တွင် ဖော်ပြ ထားသည့် အတိုင်း အတူတူ ပင်ဖြစ်သည်။

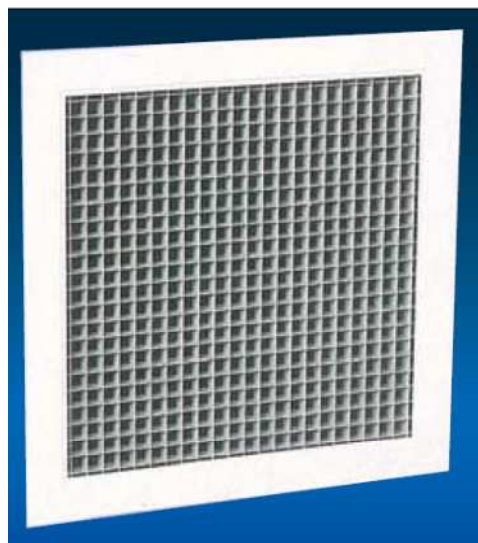


Figure 4. Egg-crate type grille

Punkah Louvre

Supply air အတွက်ပင် သုံးသည်။ Spot cooling (နေရာတစ်ခုတွင် ပို၍ အေးစေသောအခါ) အတွက် သုံးခြင်း ဖြစ်သည်။ အထူးသဖြင့် galley တွင် သုံးလေ့ ရှိသည်။ Laundry room တွင်လည်း သုံးတဲ့ အခါ သုံးသည်။



Figure 5. Punkah Louvre

Exhaust Nozzle

Nozzle type ကို exhaust air အတွက် သုံးနိုင်သည်။ ဘယ်လို type ကို သုံးမလဲ ဆိုသည်မှာ client က ဘာမှ ပြောမထား လျင် designer အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ Round (or) rectangular (or) square type အဆင်ပြေ သလို၊ install လုပ်မည့် နေရာ အကျယ်အဝန်း ပေါ်မူတည်၍ ဆုံးဖြတ် ရမည်။ Exhaust ဟုဆိုသော်လည်း supply air အတွက်လည်း သုံးနိုင်ပေသည်။



Figure 6. Exhaust nozzle

Cabin toilet တွေတွင် exhaust nozzle (valve ဟုလည်း ခေါ်သည်) တွေကို သုံးသည်။ တစ်ခုမှတ်ရမှာက toilet module များသည် nozzle တွေပါပြီးသား ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် HVAC vendor ကထပ်ပြီး supply လုပ်စရာ မလို။ Exhaust duct နှင့်သာ connect လုပ်ပေးရန် လိုသည်။ Ventilation system (exhaust fan) အတွက် HVAC vendor ကတာဝန်ယူ ရသော ကြောင့် ဖြစ်သည်။ Public toilet တွေမှာ တော့ HVAC vendor က supply လုပ်ရသည်။ သို့သော်လည်း nozzle type ကို သိပ်သုံးလေ့ မရှိပါ။ Air velocity ကို 2.0 m/s လောက်ထားမည် ဆိုလျှင် သင့်လျော်သည်။

Chapter 6

Inlet & Outlet Devices

Inlet & outlet devices တွေတွင် mist eliminator, weather louver, gooseneck, mushroom တို့ ပါဝင်သည်။ Mist eliminator ကတော့ fresh air intake အတွက် ဖြစ်သော်လည်း weather louver, gooseneck, mushroom တို့ကတော့ exhaust air outlet အတွက် ဖြစ်သည်။ သို့သော် gooseneck type ကို fresh air intake အတွက် သုံးတာတွေ လည်းရှိသည်။

Mist eliminator

Supply fan inlet, fan house, AHU အတွက် fresh air duct တို့တွင် mist eliminator ကို ထားကြသည်။ အဓိက ရည်ရွယ်ချက် မှာ မိုးရွာသော အခါ ရေမှန် ရေမွှား များ fresh duct မှတစ်ဆင့် အခန်းတွင်းသို့ ဝင်ရောက် မလာစေရန် တားဆီး ပေးရန် အတွက် ဖြစ်သည်။ ၎င်းအလုပ်ကို mist eliminator တွင် ပါရှိသော profile များက လုပ်ဆောင်ပေးသည်။ Blade profile တွင် ချိတ်ကလေးများကဲ့သို့ အကောက်ကလေးတွေ ပုံစံ ရှိကာ ပထမ အဆင့်၊ ဒုတိယ အဆင့်၊ စသဖြင့် ရှိသည်။ မိုးရေစက်လေးများသည် သင့်တင့်သော velocity နှင့် ဝင်လာပြီး blade profile ကို ဖြတ်ကျော် ချိန်တွင် တားဆီးထားသော ချိတ်ကလေးများနှင့် ရိုက်ပြီး အောက်သို့ ကျသွားပြီး လေသက်သက်သာ အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်သွားသည်။ အောက်သို့ ကျသွားသော ရေများသည် drain မှ တစ်ဆင့် အပြင်သို့ ထွက်သွားသည်။



Figure 1. Mist eliminator with hatch

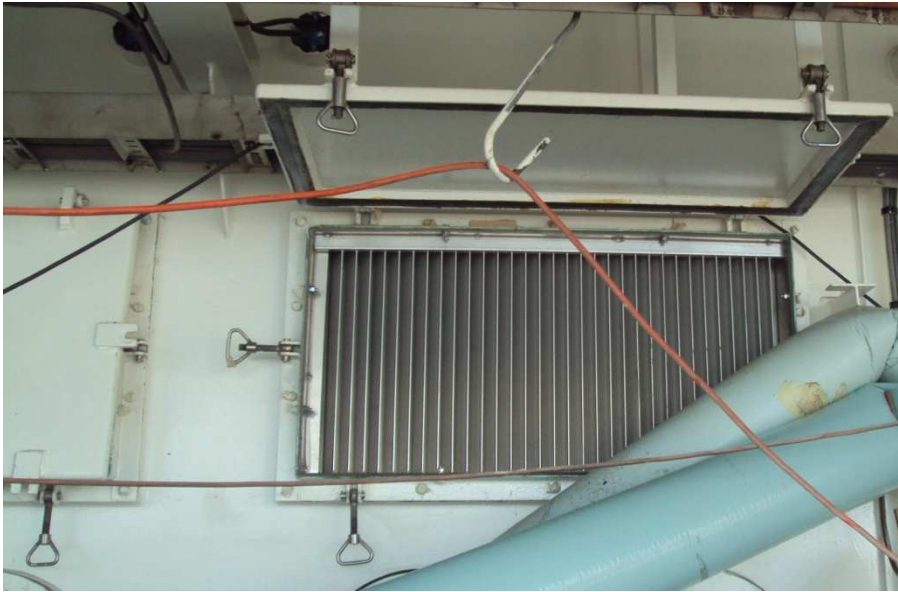


Figure 2. Mist eliminator at bulkhead

Mist eliminator များသည် bulkhead ၌ အပြင်ဖက် လေထုနှင့် ထိတွေ့နေသော နေရာတွင်သာ install လုပ်ရပြီး fresh air ကို အခန်းတွင်း (သို့) AHU သို့ supply လုပ်ရသဖြင့် corrosion မဖြစ်စေရန် casing ကို stainless steel နှင့် ပြုလုပ်၍ blade ကိုတော့ aluminum သို့မဟုတ် SS ဖြင့်ပြုလုပ်သည်။ Mist eliminator ဆို၍ ရွေးချယ်ရာတွင် air velocity maximum 5 m/s ထက် မကျော်အောင် ထားကြသည်။

Main deck တွင် တပ်ဆင်ထားသော mist eliminator များတွင် weather-tight cover များထည့်ပေးကြသည်။ ၎င်းကာဗာကို ပိတ်ထားနိုင်ရန် အတွက် hinge များ၊ toggle များ ရှိသည်။ AHU များတွင် cooling coil နှင့် blower ကြားတွင်လည်း mist eliminator ကို ထားလေ့ရှိသည်။ လေနှင့် အတူရောပါ လာနိုင်သည့် ရေစက်များသည် mist eliminator ကိုဖြတ်သော အခါ ကျန်နေခဲ့ ပြီး အောက် တွင် ရှိသော drain pan ထဲသို့ ကျ၍ drain pan နှင့်အောက်ခြေ တွင်ဆက်ထားသော drain (water trap) မှတဆင့် vessel ရဲ့ main drain system သို့ရောက်သွားသည်။

Weather Louver

Weather louver များကို အပြင်ဖက် bulkhead ၌ exhaust air outlet များအနေနဲ့ တပ်ဆင်ကြသည်။ Air outlet ဖြစ်သောကြောင့် material သည် stainless steel ဖြစ်စရာ မလိုပေ။ Mild steel 6mm thickness ကိုသာ သုံးကြသည်။ Sand blasting လုပ်၍ ဆေးသုတ်ပေးရသည်။ Louver ဆို၍ ရွေးချယ်ရာတွင်လည်း air velocity maximum 5 m/s ထက် မကျော်အောင် ထားကြသည်။ Main deck တွင် တပ်ဆင်ထားသော

louver များတွင် weather-tight cover များထည့်ပေးကြသည်။ ၎င်းကာဗာကို ပိတ်ထားနိုင်ရန် အတွက် hinge များ၊ toggle များ ရှိသည်။



Figure 3. Weather louver with hatch

Gooseneck

အဓိက အားဖြင့် exhaust air out အနေနဲ့ သုံးသည်။ Steel pipe ကို gooseneck ပုံစံ ပြုလုပ်ပြီး သုံးခြင်း ဖြစ်သည်။ ပုံမှန်အားဖြင့် 6mm thickness ကိုသုံးသော်လည်း Deck တွေ penetrate လုပ်သော အခါ တစ်ချို့ နေရာတွေတွင် class requirement အရ 10mm thickness ရှိဖို့ လိုအပ်သည်။ Material သည် galvanized steel ကို hot dipped လုပ်ရသည်။



Figure 4. Gooseneck

Mushroom

သဘောတရားကတော့ gooseneck နှင့် အတူတူ ပင်ဖြစ်သည်။ Gooseneck က bulkhead ကော deck ကော ကြိုက်တဲ့ နေရာမှာ သုံးနိုင် သော်လည်း mushroom ကတော့ roof မှာပဲ သုံးနိုင်သည်။ Material သည် galvanized steel ကို hot dipped လုပ်ရသည်။



Figure 5. Mushroom

Chapter 7

Ventilation for Accommodation

ဒီ အခန်းတွင် ventilation system ကို LQ (living quarter) အတွက်ပဲ ရေးသွားမည် ဖြစ်သည်။ Machinery space ventilation အတွက် သပ်သပ်ရေးပါမည်။

Heat load calculation တွက်စဉ်တွင် အခန်းတိုင်း၏ လိုအပ်သော air quantity ကို ရှာပြီး ဖြစ်သည်။ ၎င်းရရှိထားသော air quantity ကို fan sizing လုပ်ရာတွင် သုံးနိုင်သည်။ LQ ventilation သည် air quantity သိပ်များ များ စားစား မလိုအပ်ပါ။ Gallley, smoking room, dirty tea room, hospital စသည်များသည် separate exhaust fans များလိုအပ်ပြီး cabin toilet နှင့် public toilet များကိုတော့ common duct system နှင့် ထုတ်ပစ် လို့ရသည်။ Elevator trunk တို့ staircase (during emergency) စသည်တို့ အတွက်တော့ supply fan လိုသည်။ Exhaust fan တွေကတော့ LQ မှာ အများဆုံး သုံးသည်။ ဘာကြောင့်ဆိုသော် LQ သည် အခန်း အားလုံးလိုလို air-conditioned rooms များသာ ဖြစ်သောကြောင့်ပင်။ Return air ကို ပြန်သုံးလို့ မရသော အခါ natural exhaust (or) mechanical exhaust နှင့် ထုတ်ပစ် ရသည်သာ ရှိသည်။

Fan type ကတော့ axial ကော centrifugal ပါ သုံးကြသော်လည်း axial fan (direct drive) တွေသုံးကြတာ များသည်။ AHU တွေမှာ သုံးတာကတော့ centrifugal fan (belt drive) တွေသာ ဖြစ်သည်။ Electrical characteristic အနေနဲ့ 480V/3Ph/60 Hz တွေများသည်။ တစ်ချို့အခန်း အနည်းငယ် အတွက်သာ 230V/Ph လိုအပ်သည်။ Casing 6mm thick mild steel (sand blasted and painted) သည် outdoor fan များကို လက်ခံ အသုံးပြုနေသည်။

LQ တွင် electrical components များသည် ex-rated ဖြစ်စရာ မလိုသောကြောင့် ဈေးလဲ သိပ်မကြီး လှပါ။ Insulation class F နှင့် IP56 သည် အသုံးပြုရန် လုံလောက်ပေသည်။

Galley fan များကတော့ axial fan ပင်ဖြစ်သော်လည်း အနည်းငယ် ကွဲပြား ခြားနားသည်။ Bifurcated type ဖြစ်သည်။ Galley မှထွက်လာသော လေသည် ပူနေပြီး ဆီငွေ့များလည်း ပါဝင်နေပေသည်။ ထို့ကြောင့် စုပ်ထုတ်လိုက်သော လေကို motor နှင့် တိုက်ရိုက် ထိတွေ့မှု မရှိအောင် design

လုပ်ထားသည်။ Casing ကို split type လုပ်ထား၍ motor ကို အပြင်ဖက် မှာထားသည်။ အဓိက ကတော့ motor protection အတွက် ဖြစ်သည်။



Figure 1. Axial Fans



Figure 2. Bifurcated fan on testing

7.1 Total Pressure, Velocity Pressure and Static Pressure

Fan selection စလုပ်ပြီး ဆိုလျှင် air quantity နှင့် static pressure ကို supplier ကိုပေးရမှာ ဖြစ်သည်။ Heat load calculation တွက်စဉ်က ရခဲ့သော final air quantity ကို သုံးနိုင်ပေမယ့် static pressure ကိုတော့ မသိသေးပေ။ Duct sizing ကိုလုပ်စဉ်က static pressure ကိုတွက်ခဲ့ ပါက ၎င်းဒေတာ ကို ပေးလိုက်ရုံပင်။

Total Pressure

Total pressure သည် static pressure နှင့် velocity Pressure နှစ်ခု ပေါင်းထားခြင်း ကိုခေါ်သည်။

Total pressure = Static pressure + Velocity Pressure

$$P_t = P_s + P_v$$

Total pressure loss ကတော့ တွက်ကိုတွက် ရမှာဖြစ်သည်။ Chapter 3 "Duct sizing" မှာ ရှာခဲ့သော နည်း အတိုင်း ရှာပါ။

Static pressure

Total pressure loss ရလျှင် ၎င်းအထဲမှ fan outlet velocity pressure ကိုနှုတ်ပါက static pressure ရမည်။

Static pressure = Total pressure - Velocity Pressure

$$P_s = P_t - P_v$$

Velocity Pressure

Fan outlet velocity pressure ဖြစ်သည်။

$$P_v = \frac{\rho V^2}{2}$$

Standard air အတွက် ρ တန်ဖိုးသည် 1.204 kg/m³ ဖြစ်သည်။ Velocity သည် fan outlet velocity ဖြစ်သည်။ Area သည် fan outlet size ကိုယူရမည် ဖြစ်သည်။ အောက်ပါ ပုံများကို ကြည့်ပါ။ Total pressure loss ကိုတွက်သော အခါ system ရဲ့ အရှည်ဆုံး duct length ကို တွက်ရသည်။ ၎င်း resistance တွေကို overcome ဖြစ်စေမည့် pressure ကို

ထုတ်ပေးနိုင်သော fan ကို ရွေးချယ် ရပေမည်။ Fig. 3 နှင့် 4 မှာ ဆိုလျှင် section 2-3-6-19-18-14-10-9-7 သည် အရှည်ဆုံး ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် ၎င်း duct အတွက် total pressure loss ကို တွက်ယူရမည်။ ရရှိလာသည့် အထဲမှ fan outlet velocity pressure ကိုနှုတ်ပါက fan ရဲ့ static pressure ကိုရသည်။

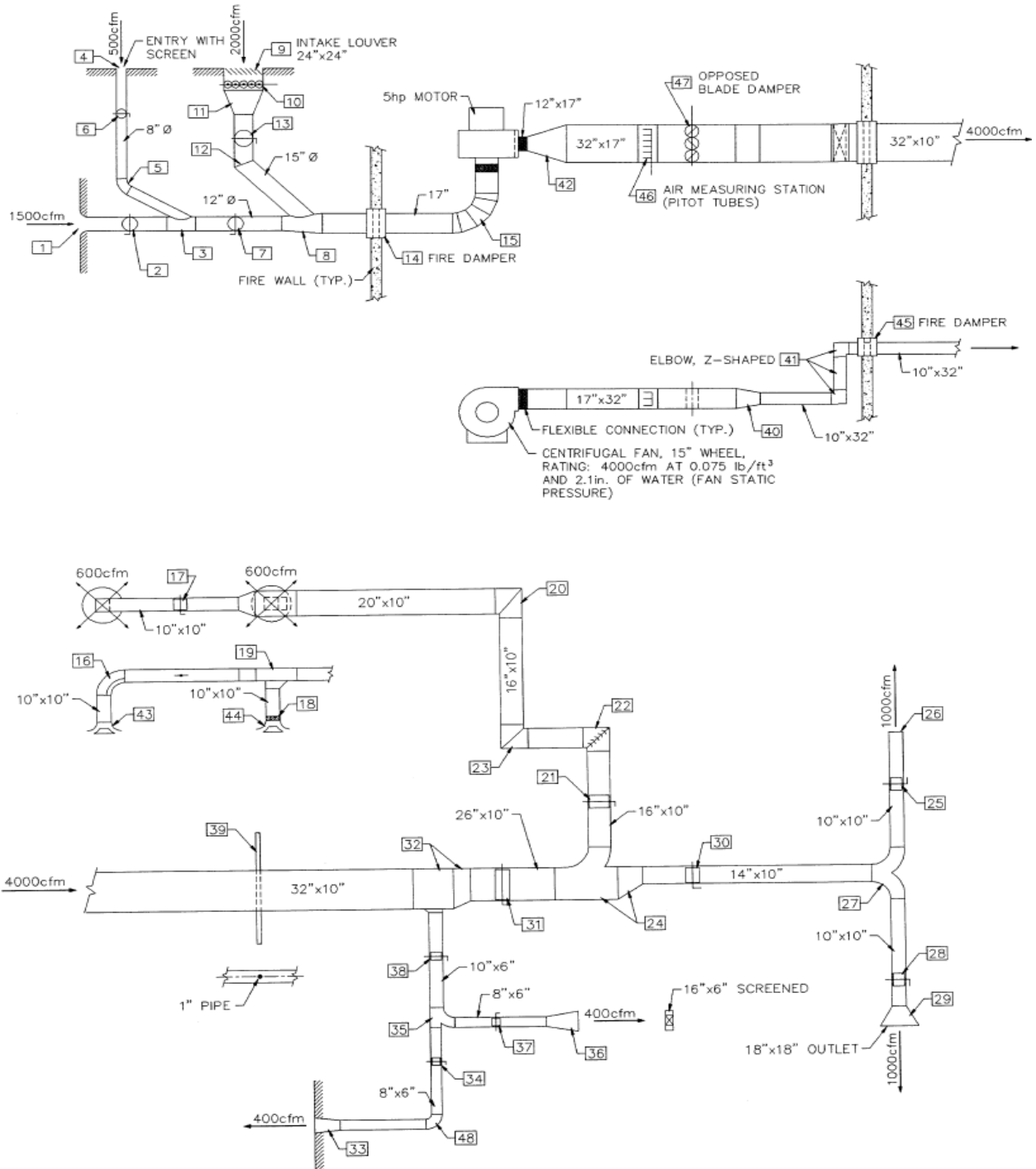


Figure 3. Schematic for system

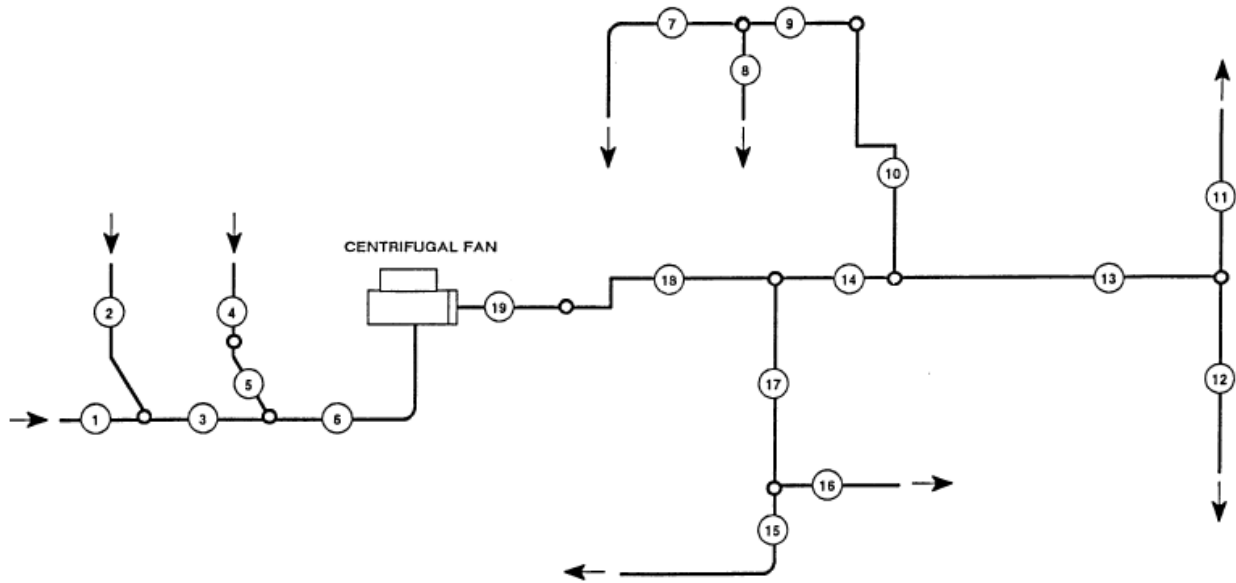


Figure 4. System schematic with section numbers

7.2 How to change the Pulley Size

တစ်ခါတစ်ရံ client က AHU blower ကိုရွေးသော အခါ လိုအပ်သော air flow ပမာဏ ထက် 10% ပိုပါ ဆိုပြီး ပြောတတ် သည်။ Safety factor အနေနဲ့ ယူထားတာပဲ ဖြစ်စေ၊ နောင်တစ်ချိန် အခန်းကို extend လုပ်ချင်တဲ့ အခါ pulley size change ပြီး သုံးဖို့ပဲ ဖြစ်စေ requirement အနေနဲ့ ထားတတ်သည်။ ထိုအခါ blower ကို select လုပ်သောအခါ extra air flow 10% ကိုထုတ်ပေးနိုင်သော motor ကို ရွေးချယ် ပေးရသည်။ Pulley တွေ တပ်သောအခါ တွင်တော့ လက်ရှိ လိုအပ်သော air flow ပမာဏ နှင့် ကိုက်သော pulley ကိုသာ တပ်ဆင် ရန်လိုသည်။

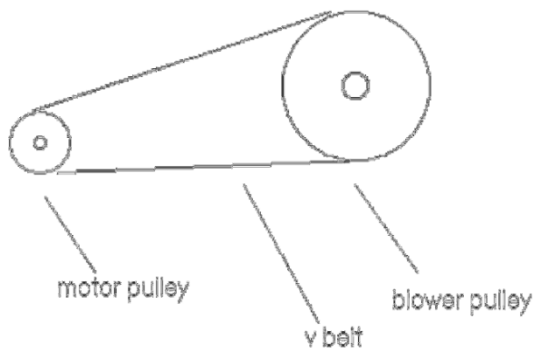


Figure 5. Fan blower and motor pulley

Fan law တွင် ဖော်ပြထားသော ဖော်မြူလာ ကို သုံးနိုင်သည်။ ၎င်းသည် speed ratio နှင့် size ratio တို့၏ အပြန်အလှန် အချိုး ဖြစ်သည်။

$$\frac{rpm_2}{rpm_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

Air flow သည် speed နှင့် တိုက်ရိုက် အချိုးကျ သဖြင့်

$$\frac{cfm_2}{cfm_1} = \frac{rpm_2}{rpm_1}$$

ဆိုကြပါစို့ - AHU blower မှာ လက်ရှိ 4000 cfm နှင့် 1450 rpm တိုင်းတာထားမှ အရ ရှိသည်။ Air flow နည်း နေ သည့် ပြဿနာ ဖြစ်နေသဖြင့် 4400 cfm လိုချင်သည် ဖြစ်သော် အောက်ပါ အတိုင်း စစ်ကြည့်နိုင်သည်။

$$\frac{4400}{4000} = \frac{rpm_2}{1450}$$

4400 cfm ရရှိရန် အတွက် 1595 rpm လိုအပ်သည်။ တစ်ဖန် fan pulley size (D1) သိပြီးဖြစ်၍ first equation ကိုသုံး၍ motor pulley size ကိုရှာနိုင်သည်။ Motor pulley ကိုလဲခြင်းက economical ပိုဖြစ်သည်။ အဘယ်ကြောင့် ဆိုသော် motor pulley size ကပို၍ သေးငယ် သောကြောင့် ဖြစ်သည်။

Chapter 8

Dampers

HVAC system တွင်သုံးသော damper များမှာ volume control damper (VCD), non-return damper (NRD), pressure relief damper (PRD), shut off damper (SOD) နှင့် fire damper (FD) တို့ဖြစ်သည်။ ၎င်း damper များကို သူ့နေရာ နှင့်သူ သုံးရသည်။

Volume control damper (VCD)

VCD များကို air flow အား control လုပ်ရာတွင် သုံးသည်။ VCD နှင့် ပတ်သက်၍ client ကဘာမှ ပြောလေ့ မရှိပါ။ Design လိုအပ်ချက် အရ လိုအပ်သော နေရာများတွင် အဆင်ပြေ သလို သုံးရန်သာ ဖြစ်သည်။ အပြောနှင့် သွားနေသော main duct မှ branch ခွဲသွားသော အခါ တစ်ချို့က branch တွင် ထားသည်။ ၎င်းနေရာ သည် သင့်တော်သော နေရာ မဟုတ်ပေ။ T-piece အပြီး straight duct ပေါ်တွင်သာ တပ်သင့် သည်။

VCD များ indoor တွင်သာ အားလုံးလိုလို သုံးကြ သဖြင့် GI (galvanized) material ဖြင့်သာ ပြုလုပ်ကြသည်။ Circular duct တွေအတွက် duct standard အတိုင်း ထုတ်လုပ်၍ rectangular size အတွက် ကိုယ်လိုချင် သော ဆိုဒ် ကိုမှာယူနိုင်သည်။



Figure 1. VCD

Blade နှင့် ဆက်ထားသော shaft ကိုလှည့်ပေးဖြင့် air flow ကို control လုပ်ရာတွင် manual control ကိုသာ အများဆုံး သုံးသည်။ Worm-gear နှင့် control လုပ်ထားသော device ကို standard အနေနဲ့ ထုတ်ပြီး quadrant type control လဲမှာ၍ ရသည်။ Worm-gear ကိုသုံးလျှင် နေရာယူ သဖြင့် compact ဖြစ်သော quadrant type ကို အသုံးများသည်။

Non-return damper (NRD)

Non-return damper များကို back draught damper ဟုလည်းခေါ်သည်။ Back flow ကို ကာကွယ်ရန် အတွက် အဓိက သုံးသည်။ AHU နှစ်လုံး one duty and one stand-by အနေနဲ့ သုံးသော အခါ AHU blower နှစ်ခု စလုံး ရဲ့အတွက်တွင် install လုပ်သည်။ Hospital အတွက် ပေးသော supply air ကို common duct မှ ယူထားလျှင် hospital or clinic အခန်းထဲတွင် NRD တပ်ပေးရသည်။ System shutdown ဖြစ်သွားသော အခါ pressure difference ရှိနေပါက ဆေးဝါးနဲ့ များ တခြား အခန်းတွင်း သို့ မဝင်ရောက် စေနိုင်ရန် ဖြစ်သည်။



Figure 2. NRD

Indoor application တွေအတွက် galvanized steel casing သည်လုံလောက် သော်လည်း components တွေသည် အမြဲတမ်း လှုပ်ရှား နေရသဖြင့် client က stainless steel casing ကိုတောင်းဆို တတ်သည်။ ဘာမှ မပြောလျှင် galvanized steel casing ဖြင့်သာ ပြုလုပ်၍ shaft ကိုသာ SS ဖြင့်ပြုလုပ် နိုင်သည်။ Shaft

ကတော့ rotating part ဖြစ်သဖြင့် SS ဖြစ်မှသာ ကောင်းသည်။ Mechanical type ဖြစ်၍ counter weight ဖြင့် အဖွင့် အပိတ် ကို control လုပ်သည်။ Order မှာသော အခါ horizontally install လုပ်မှာလား၊ vertically install လုပ်မှာလား ဆိုတာ ပြောမှာဖို့ လိုသည်။ ဆိုလိုတာက ducting သည် horizontal လား၊ vertical လား ဆိုတာ ပြောရမည်။ Counter weight arm ရဲ့ position ကြောင့် ဖြစ်သည်။

Pressue Relief Damper (PRD)

အထက်တွင် ဖော်ပြထားသော NRD ကိုပင် PRD အဖြစ် သုံးသည်။ Function ခြင်းက အတူတူ ပင်ဖြစ်သည်။ Overpressure ကို relief လုပ်သော အခန်းတွင် PRD ကိုသုံးသည်။ ဥပမာ- အခန်းထဲတွင် positive pressure ကို +50 Pa တွင် maintain လုပ်ထား လိုပါက ပိုသွားသော pressure ကို relief လုပ်ဖို့ လိုသည်။ ထိုအခါ PRD ကိုသုံးခြင်း ဖြစ်သည်။ Mechanical type ကိုပင် အသုံးများ၍ တိကျစွာ +50 Pa ကိုတော့ ရဖို့ မလွယ်ပါ။ Commissioning engineer က commissioning လုပ်သော အချိန်တွင် counter weight ကို adjust လုပ်ပေး ဖို့ လိုသည်။ ပုံကတော့ NRD နှင့် အတူတူ ပင် ဖြစ်သောကြောင့် မဖော်ပြ တော့ပါ။

Shut off Damper (SOD)



Figure 3. SOD

Shut off damper ကို manually သော်လည်းကောင်း၊ actuator နှင့် သော်လည်းကောင်း သုံးကြသည်။ Blade ၏ seal ကို လုံနိုင်သမျှ လုံအောင် ပြုလုပ်သည်။ အဓိကအားဖြင့် အကြောင်းကြောင်း ကြောင့်ဖြစ်သော emergency condition တွင် gas/toxic စသည် များ အခန်းတွင်း သို့ မဝင်ရောက် နိုင်ရန် damper ကို

ပိတ်ထား ခြင်း ဖြစ်သည်။ SOD ကို air inlet or outlet တွင် bulkhead or deck penetration ပြီးလျှင် install လုပ်သည်။ Figure 8.3 တွင်ပြထားသော SOD သည် pneumatically actuated ဖြစ်သည်။ Electrical actuator နှင့်လည်း သုံးကြသည်။

Fire Damper (FD)

Fire damper သည် အရေး အကြီးဆုံး ဖြစ်သည်။ သူ့အတွက် ရေးမည်ဆိုလျှင် တော်တော် ရေးယူရမည် ဖြစ်သည်။ Requirement တွေ အရမ်း များလွန်းသောကြောင့် ဖြစ်သည်။ ဒီနေရာ မှာတော့ ယေဘုယျ လောက်ပဲ ရေးပါမည်။ တစ်နေရာ တွင်မီးလောင်ပါက တခြား တစ်နေရာ သို့ duct တွေမှ တဆင့် ဝင်ရောက် မသွားနိုင်စေရန် အတွက် fire damper တွေကို သုံးကြသည်။ SOD ကို air inlet or outlet တွေတင်သာ မက control station များ ၊ bulkhead penetration များ၊ deck penetration များတွင် duct ၏ cross section area သည် 0.075m² ထက်ကြီးပါက fire damper ကို install လုပ်ရသည်။ Bulkhead, deck တို့တွင် class များခွဲထားရာ A-class bulkhead or deck တို့တွင် ဆိုဒ်စ် အပေါ် မူမတည်ပဲ FD ကို တပ်ဆင်လေ့ ရှိသည်။ Penetration ၏ကပ်လျက် တွင် install လုပ်ရသည်။ A60 insulation ပါကပ်ဖို့ လိုသည်။

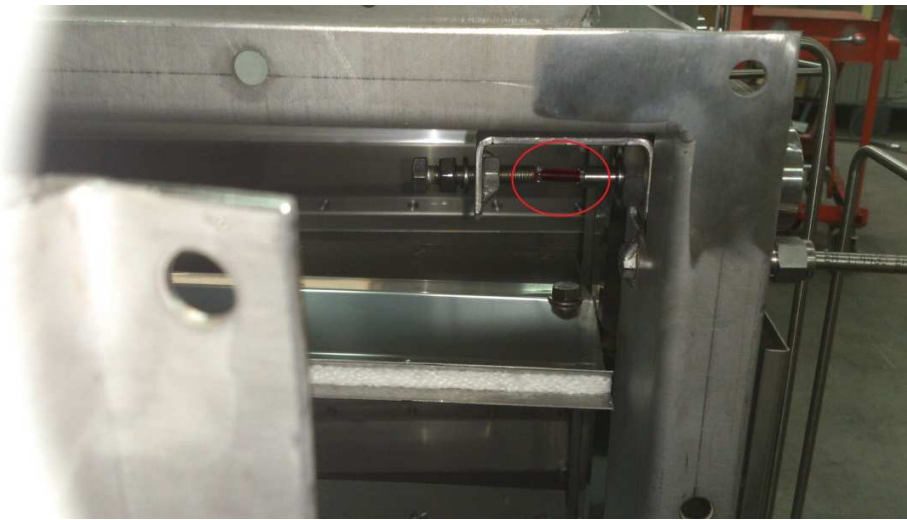


Figure 4. Fire Damper

ပုံတွင် အနီရောင် ဝိုင်းပြထားသော အရာကို frangible bulb ဟုခေါ်သည်။ ဖန်ပြွန်ချောင်း လေးသာ ဖြစ်၍ အတွင်းတွင် ပြဒါး ရှိသည်။ ၎င်း tube လေးသည် အပူချိန် 72°C (72°C နှင့် 90°C ဟူ၍ နှစ်မျိုး ရှိသည်) အထိ ခံနိုင်၍ ထိုအပူချိန် ကျော်လွန် သွားပါက ပြဒါးသည် ပွလာ၍ ပေါက်သွားပြီး (ဥပမာ pneumatic damper တွင် supply air သည် by pass ဖြစ်ကာ) damper ပိတ်သွားသည်။ ထို့အတူ electric FD တွင်လည်း power supply interrupt ဖြစ်ပါက spring return actuator က blade ကိုပိတ်ချ လိုက်သည်။ 90°C rated frangible bulb သည် galley အတွက် သုံးလေ့ ရှိသည်။ Galley မှစုပ်ထုတ် လိုက်သော လေသည် သာမန်ထက် ပိုပူ နေသဖြင့် rating မြင့်သော bulb ကိုသုံးရခြင်း ဖြစ်သည်။

Pneumatic actuator များတွင် 5-8 bar working pressure ရှိ၍ release time သည် 5 second အတွင်း ဖြစ်သည်။ Electric actuator တွင် 24V or 230 V ဖြစ်၍ release time သည် 20 second ဖြစ်ကာ reset time သည် 150 second ဖြစ်သည်။

References

1. ASHRAE Handbook 2001 Fundamentals (SI Edition)
2. ISO 7547 (Ship and Marine Technology - Air-conditioning and Ventilation of accommodation spaces - Design conditions and basis of calculations)
3. ISO 8864 (Air-conditioned and ventilation of wheelhouse on board ships)
4. ISO 8862 (Air-conditioned and ventilation of machinery control-rooms on board ships)
5. Fan Handbook (Selection, Application and Design) by Frank P. Bleier
6. Blower and motor calculations by Norm Christopherson
7. Psychrometric by Kaung Htet Nyunt