Chapter-3
Indoor and Outdoor Design Conditions

၃.၁ Indoor Design Conditioning

Air conditioned space များအတွက် အခန်းအတွင်း ဒီဇိုင်းအချက်အလက်(indoor design parameter) များကို ဒီဇိုင်းမှတ်တမ်း(design document)များတွင် ဖော်ပြထားရမည်။ Design document များကို ပိုင်ရှင်များထံ အပ်နှံရမည်။ အဆောက်အဦ ပိုင်ရှင်များက သေချာစွာ သိမ်းဆည်းထားရမည်။ အခန်းအတွင်း ဒီဇိုင်းအချက်အလက် (indoor design parameter)များကို သတ်မှတ်(specify)ရာတွင် အောက်ပါ အချက်များကို ထည့်သွင်းစဉ်းစား သင့်သည်။

(၁) Project အတွက် လိုအပ်သည့် ဒီဇိုင်းဆိုင်ရာ အချက်အလက်များအားလုံးကို သတ်မှတ်ဖော်ပြထားရမည်။ Comfort air conditioning အတွက် အခန်းအတွင်း ဒီဇိုင်းအချက်အလက်များ(indoor design parameter) တွင် အခန်းအတွင်း အပူချိန်(indoor air temperature)သည် အဓိကကျသည့် အချက်(parameter) တစ်ခု ဖြစ်သည်။

(၂) Process air conditioning system များအတွက် အလုပ်သမားများ သက်သောင့်သက်သာဖြစ်စေမည့် thermal comfort ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည်။ Indoor design parameter များ သတ်မှတ်ရာတွင် လူ(occupant)များ၏ ကျန်းမာရေး နှင့် သက်သောင့်သက်သာဖြစ်စေမည့် thermal comfort တို့ကို အခြေခံ၍ design criteria များကို သတ်မှတ်ရမည်။

(၃) အခန်းအတွင်း ဒီဇိုင်းအချက်အလက်(indoor design parameter)များကို သတ်မှတ်သည့်(specifying လုပ်သည့်) အခါ အစဦး ရင်းနှီးမြှုပ်နှံမှု(initial investment) နှင့် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(energy consumption)တို့ကို သေချာစွာ တွက်ချက်ဆန်းစစ်ရမည်။ HVAC & Refrigeration system များ၏ design criteria များ အလွန်မြင့် လွန်းခြင်း၊ နိမ့်လွန်းခြင်း မဖြစ်အောင် ချိန်ညှိရမည်။ Design criteria အလွန်မြင့်ပါက ကုန်ကျစရိတ်နှင့် စွမ်းအင် သုံးစွဲမှု(investment and energy cost) အလွန်များလိမ့်မည်။ Design criteria အလွန် နိမ့်ပါက လေအရည် အသွေး(indoor air quality) အလွန်ညံ့ဖျင်းလိမ့်မည်။ အခန်းအတွင်းရှိလူ(occupant)များ သက်သောင့် သက်သာ မဖြစ်လျှင် လက်ခံကြလိမ့်မည်မဟုတ်။ အရည်အသွေး ညံ့သည့်ထုတ်ကုန်များ(low quality products) ထွက်လာလိမ့်မည်။ နောင်တစ်ချိန် ပြုပြင် ပြောင်းလဲမှုများ ပြုလုပ်လိုပါက ကုန်ကျစရိတ် အလွန်များ လိမ့်မည်။

(၄) Indoor design parameter များ သတ်မှတ်သည့်အခါ tolerance များဖြင့် တွဲ၍ သတ်မှတ်(specify လုပ်)

ရမည်။ ± sign ဖြင့် ဖော်ပြရမည်။ Upper နှင့် lower limit ပါရှိသင့်သည်။ သမားရိုးကျ(traditional) tolerance များကို အသုံးပြုကြသည်။ Comfort air conditioning system အတွက် ဒီဇိုင်နာနှင့် အဆောက်အဦပိုင်ရှင် (owners of the building)တို့ နှစ်ဦးနှစ်ဖက် ညှိနှိုင်းတိုင်ပင်ပြီး summer indoor design temperature ကို 75°F မှ 78°F (23.9 မှ 25.6°C)အတွင်း သတ်မှတ်(specified) ကြသည်။ လက်တွေ့အခြေအနေတွင် ±23°C (±1.1–1.7°C)သည် လက်ခံနိုင်သည့်(acceptable) tolerance ဖြစ်သည်။

(၅) Process air conditioning system များတွင် အခန်းအပူချိန်၊ စိုထိုင်းဆ တည်ငြိမ်(stable indoor environment)အောင် ထိန်းထားနိုင်ခြင်းသည် indoor parameter များ၏ absolute တန်ဖိုး(value)ကို မတည်မငြိမ် ရရှိခြင်းထက် ပို၍ အရေးကြီးသည်။

ဥပမာ- comfort air conditioning အတွက် အပူချိန်68°F(20°C)တွင် ထိန်းထားရန် မလိုအပ်ပေ။ Precision manufacturing လုပ်ငန်းခွင် နေရာများ အားလုံးအတွက် များသောအားဖြင့် 72°F(22.2°C) သို့မဟုတ် ထို့ထက် ပိုမြင့်သည့် အပူချိန်(higher indoor temperature)ကို လက်ခံနိုင်သည်။ သင့်လျော်သည့်(appropriate) လက်ခံနိုင်သည့် tolerance များဖြင့် အခန်းပူချိန်ကို ထိန်းထားခြင်းသည် ပို၍ အဆင်ပြေပြီး စီးပွားရေးအရ တွက်ခြေကိုက်(suitable and economical)သည်။

၃.၂ ASHRAE Comfort Zones

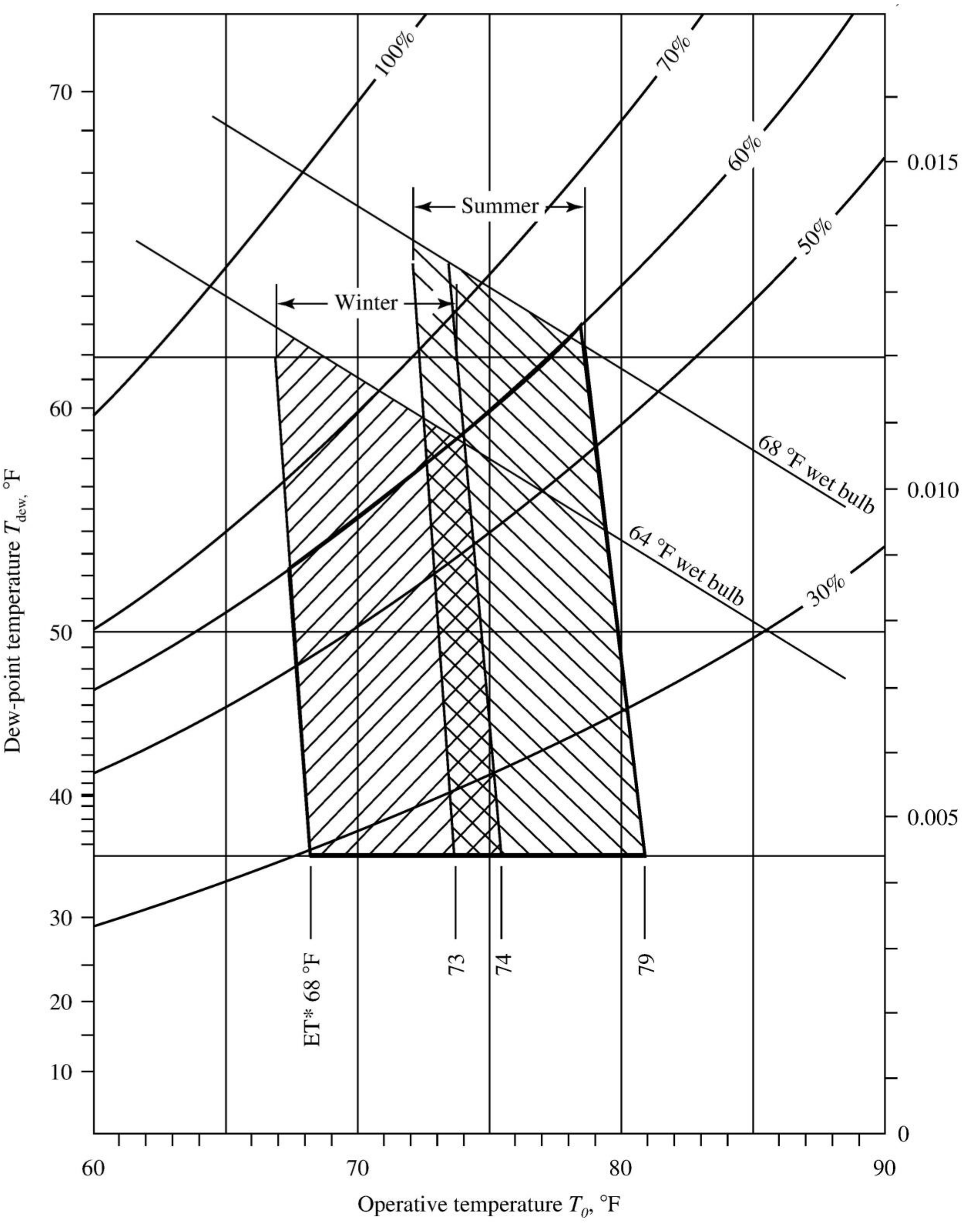
ပုံ(၃-၁)တွင် ASHRAE မှ အကောင်းဆုံး(optimal)ဖြစ်စေမည့် winter and summer indoor parameter များကို comfort zone များ နယ်နိမိတ်လိုင်းများ(boundary ET*) ဖြင့် သတ်မှတ်ဖော်ပြပေးထားသည်။ အဝတ်အစား အထူ(clothing insulation)၊ လှုပ်ရှားမှု(activity levels)နှင့် အခန်းအတွင်းလေအလျင်(indoor air velocity) တို့၏ တန်ဖိုးများသည် Standard 55-1992 တွင် သတ်မှတ်(specified)ထားသည့် တန်ဖိုးများနှင့် နီးစပ်သည့်တန်ဖိုးများ ဖြစ်သည်။ သက်သောင့်သက်သာဖြစ်စေမည့် အခန်းအတွင်းအခြေအနေ အမျိုးမျိုး(wide range of indoor design conditions are available) ဖြစ်နိုင်သည်။

Kansas State University မှ သုတေသန စမ်းသပ်ချက်များကို အခြေခံ၍ institution အဖွဲ့များဖြစ်သော ANSI/ASHRAE တို့မှ comfort zone အတွက် စံချိန်စံညွှန်းများ(Standard 55-1992)ကို သတ်မှတ်(specified လုပ်) ထားသည်။ နွေနှင့်ဆောင်းတို့တွင် သက်သောင့်သက်သာ ဖြစ်စေမည့် ဇုန်များ(winter and summer comfort zones) များ၏ indoor parameter များရွေးချယ်ခြင်းကို ပုံ(၃-၁)တွင် ဖော်ပြထားသည်။

ရာသီဥတု(၃)မျိုး သို့မဟုတ် (၄)မျိုးရှိသည့် နိုင်ငံများအတွက် နွေရာသီ thermal comfort နှင့် ဆောင်းရာသီ thermal comfort ဟူ၍ နှစ်မျိုး ခွဲခြားထားသည်။ Comfort chart ပြုစုရာတွင် metabolism ၊ col (clothing insulation) ၊ လေအလျင်(air speed) စသည်တို့ကို ဦးစွာသတ်မှတ်၍ chart ကို ရေးဆွဲပြုစုသည်။ Chart သည် အခန်းအတွင်းရှိ လူများ၏ လှုပ်ရှားမှုအဆင့်(occupant activity level) 1.2 met (69.8 W/m^2)ကို အခြေခံ ထားသည်။ နွေရာသီအတွက် အဝတ်အစား အထူ(typical clothing insulation) 0.5 clo ကို အခြေခံထားသည်။ 0.5 clo သည် ပေါ့ပါးသည့်အဝတ်အစား(light slacks)နှင့် အကျီလက်တို(short-sleeve shirt) ဖြစ်သည်။ အနည်းဆုံး လေအလျင်(minimum air speed) သတ်မှတ် ထားခြင်းမရှိပါ။ Thermal comfort နှင့် သက်ဆိုင်သည့် အသေးစိတ် အချက်အလက်များ ရရှိရန် Standard 55-1992 ကို မှီငြမ်းရန် တိုက်တွန်း(recommended) ထားသည်။

၃.၂.၁ Summer Comfort Zone

Summer comfort zone အတွက် အပူချိန် နယ်နိမိတ်(effective boundary temperature)၏ စောင်းနေသည့် အပေါ်ဘက် နယ်နိမိတ်လိုင်း(upper-slanting boundary)သည် ET* = 73 to 79°F(22.5 to 26°C) at 68°F (20°C) wet bulb ဖြစ်သည်။ အောက်ဘက် နယ်နိမိတ်(bottom flat boundary)သည် dew point temperature 36°F (2.2°C) ဖြစ်သည်။ Clothing insulation သည် အနည်းဆုံး 0.1 clo ဖြစ်သည်။ နှစ်ခုစလုံး၏ boundary temperature သည် 1°F (0.6°C) နိမ့်ဆင်း(shifted lower)သွားသည်။

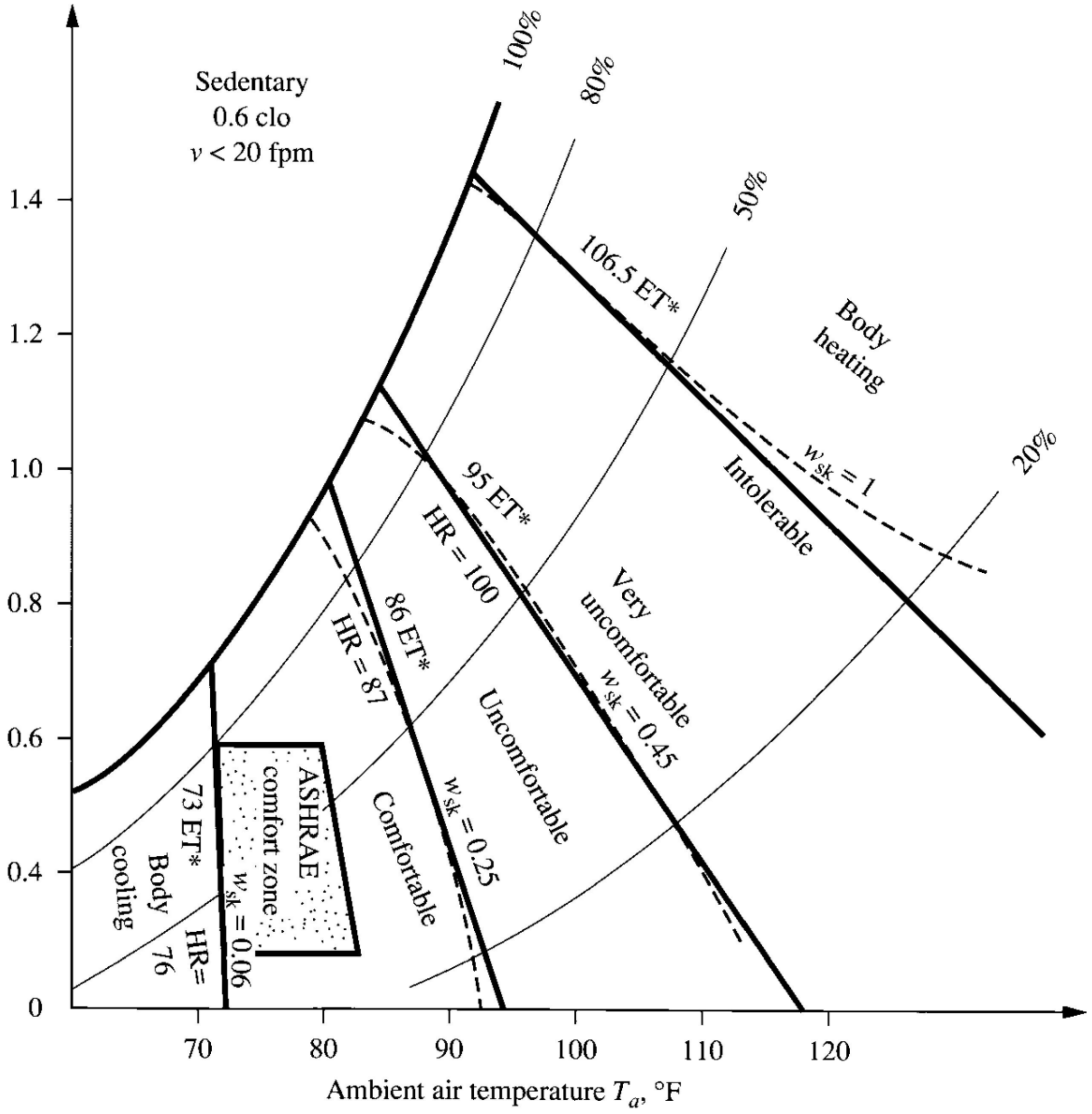


ပုံ ၃-၁ နွေရာသီနှင့် ဆောင်းရာသီ comfort zone များကို အပူချိန်လိုင်းများ နှင့် RH လိုင်းများဖြင့် သတ်မှတ်ပိုင်းခြားထားသည်။ (ASHRAE comfort zones)

(Adapted with permission from ANSI/ASHRAE Standard, 55–1992.)

အခန်းအတွင်း လေအလျင်(indoor air velocity)ကို 200 fpm (1 m/s) အထိ ရောက်အောင် မျက်နှာကြက်တွင် တပ်ဆင်ထားသည့်ပန်ကာ(ceiling fan) သို့မဟုတ် နည်းတစ်နည်းနည်း(other means)ဖြင့် ပြုလုပ်နိုင်လျှင် summer comfort zone ၏ အပေါ်လိုင်း(upper boundary)ကို 85˚F သို့မဟုတ် 86˚F(29.4˚C သို့မဟုတ် 30˚C) ET* အထိ ထပ်ချဲ့ သို့မဟုတ် တိုးချဲ့(extended)နိုင်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် လေအလျင်(air velocity)ကို အနည်း

ငယ်များအောင် ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် thermal comfort zone ကို အနည်းငယ် ချဲ့ပေးနိုင်သည်။ အပူချိန် အနည်းငယ် မြင့်တက်သော်လည်း လေအလျင်(air velocity)မြင့်ပေးခြင်းဖြင့် thermal comfort မပြောင်းလဲပေ။ တစ်နည်းအားဖြင့် thermal comfort မပြောင်းလဲစေရန်အတွက် အပူချိန်မြင့်တက်လာလျှင်(နိမ့်အောင် မထိန်းထားနိုင်လျှင်) လေအလျင် (air speed)ကို တိုးပေးနိုင်သည်။



ပုံ ၃-၂ Comfort and discomfort diagram

၃.၂.၂ Winter Comfort Zone

Winter comfort zone သတ်မှတ်ရာတွင် လူများသည် 0.9 clo insulation အဆင့်ရှိ အဝတ်အစားများ ဝတ်ဆင်ထားကြလိမ့်မည်ဟူသည့် ယူဆချက်အပေါ်တွင် အခြေခံထားသည်။ ထူထဲသည့်အဝတ်အစား(heavy slacks)၊ ရှပ်အင်္ကျီလက်ရှည်(long-sleeve shirt)နှင့် ဆွယ်တာ သို့မဟုတ် ဂျက်ကက်(sweater or jacket) စသည်တို့ သည် ထူထဲသည့်အဝတ်အစားများ ဖြစ်သည်။ လေအလျင်(air velocity)သည် 30 fpm (0.15 m/s)ထက် နည်းသည်။ Standard 55-1992 မှ recommend လုပ်ထားသည့် winter comfort zone အပူချိန် နယ်နိမိတ်(effective boundary temperature)သည် ET* = 68°F to 74°F (20 to 23.3°C) at 64°F(17.8°C) wet-bulb as its

slanting upper boundary နှင့် အောက်ဘက် မျဉ်းဖြောင့် နယ်နိမိတ်(bottom flat boundary)သည် dew-point 36°F (2.2°C)သည် အတွင်း ဖြစ်သည်။

Indoor air parameter များ ပြောင်းလဲမှု မမြန်အောင်(အတက်အကျမများအောင်) ထိန်းထားရမည်။ အပူချိန် မြင့်လိုက်၊ နိမ့်လိုက်ဖြင့်(fairly uniform) ဖြင့် လျင်မြန်စွာ ပြောင်းလဲနေလျှင် local discomfort ဖြစ်နိုင်သည်။ Holzle ၏ စမ်းသပ်ချက်အရ summer comfort zone သည် လူ ၇၅% မှ ၈၉% လက်ခံနိုင်သည့် အဆင့်(thermally acceptable) တွင် ရှိသည်။

သတိပြုရန်အချက်မှာ Thermal comfort သည် စိတ်ခံစားမှု၊ ကျန်းမာရေး၊ အပူအအေး ကြိုက်နှစ်သက်မှုနှင့် သက်ဆိုင်သည့် ကိစ္စဖြစ်သောကြောင့် မည်မျှတည်ငြိမ်၍၊ မည်မျှတိကျသည့် အပူချိန်ဖြစ်ပါစေ၊ ရာနှုန်းပြည့် (လူများ အားလုံး၏) လက်ခံမှု၊ ကြိုက်နှစ်သက်မှုကို ရရှိရန် မဖြစ်နိုင်ပေ။ လူတစ်ယောက်သည် ယနေ့ ကြိုက်နှစ်သက်သည့် အပူချိန်နှင့် စိုထိုင်းဆကို နောက်တစ်နေ့တွင် ဆက်လက်၍ ကြိုက်နှစ်သက်နေ လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။

၃.၂.၃ Steady-State Thermal Equilibrium

လူ့ခန္ဓာကိုယ်သည် steady-state thermal equilibrium အခြေအနေတွင် ရှိနေလျှင် လူ့ခန္ဓာကိုယ်(human body)နှင့် indoor environment တို့ အကြားဖြစ်ပေါ်သည့် အပူကူးပြောင်းမှုကို အောက်ပါ heat balance equation ဖြင့် ဖော်ပြနိုင်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် metabolic rate သည် လုပ်နေသည့်သည့်အလုပ်(mechanical work performed)၊ အရေပြား၌ ဖြစ်ပေါ်သည့် အပူကူးပြောင်းမှု(convective and radiative, or sensible heat loss from skin surface) ၊ အရေပြား၌ ဖြစ်ပေါ်သည့် ချွေးထွက်ခြင်းကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် အပူဆုံးရှုံးမှု(evaporative heat loss from skin surface) နှင့် ရှူထုတ်လိုက်သည့် ထွက်လေမှတစ်ဆင့် အပူဆုံးရှုံးမှု(evaporative heat loss from respiration) စသည်တို့ စုစုပေါင်းနှင့် ညီမျှနေချိန်တွင် လူ့ခန္ဓာကိုယ်သည် steady-state thermal equilibrium အခြေအနေတွင် ရှိနေသည်။

$$M = W + C + R + E_{sk} + E_{res}$$

where

M = metabolic rate, Btu/h ft^2 (W/m^2)

W = mechanical work performed, Btu/h ft^2 (W/m^2)

C + R = convective and radiative, or sensible heat loss from skin surface, Btu/h ft^2 (W/m^2)

E_{sk} = evaporative heat loss from skin surface, Btu/h ft^2 (W/m^2)

E_{res} = evaporative heat loss from respiration, Btu/h ft^2 (W/m^2)

Air conditioned space များအတွင်း၌ လူ့ခန္ဓာကိုယ်(human body)နှင့် အနီးဝန်းကျင်(indoor environment)တို့အကြားတွင် အပူကူးပြောင်းမှု ဖြစ်ပေါ်ပြီး steady-state thermal equilibrium အမြဲတမ်း ဖြစ်ပေါ်သည်။

၃.၂.၄ Transient Energy Balance

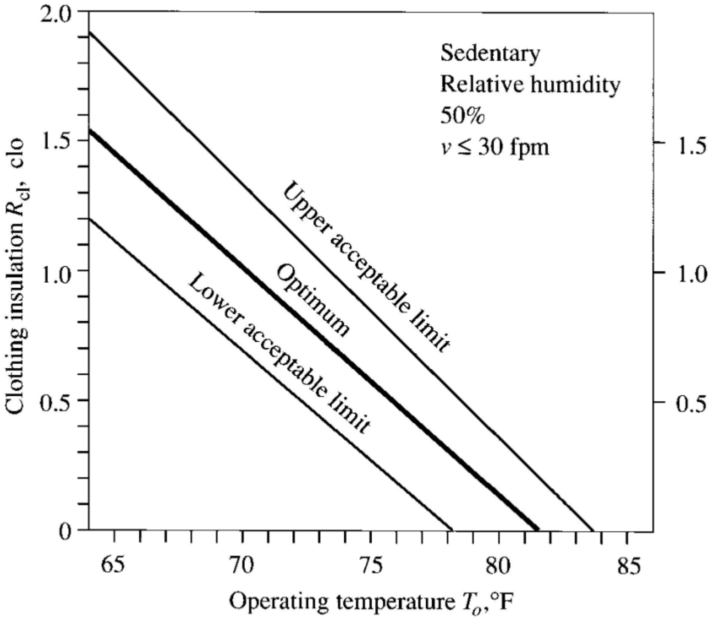
လူ့ခန္ဓာကိုယ်(human body) နှင့် အခန်း(indoor environment)တို့အကြားတွင် transient energy balance ဖြစ်နေချိန် body core ၊ skin surface နှင့် indoor environment တို့အကြားတွင် အပူကူးပြောင်းမှု (thermal interaction) ဖြစ်ပေါ်သည်။ လူ့ခန္ဓာကိုယ်(body core)နှင့် အရေပြားမျက်နှာပြင်(skin surface)တို့တွင် အပူတိုးမှု(positive heat storage) သို့မဟုတ် အပူဆုံးရှုံးမှု(negative heat storage) ဖြစ်ပေါ်သည်။

၃.၃ Comfort and Discomfort Diagrams

Comfort diagram သည် thermal zone များကို ဂရပ်ပုံစံဖြင့် ဖော်ပြချက်(graphical presentation) ဖြစ်သည်။ Operative temperature သို့မဟုတ် air temperature နှင့် အခန်းအတွင်း စိုထိုင်းဆ(indoor relative humidity) အခြေအနေ အမျိုးမျိုးတို့၌ ခန္ဓာကိုယ်(human body)မှ အပူဆုံးရှုံးမှု(total heat loss)ကို တွက်ရန်

အတွက် activity level ၊ clothing insulation နှင့် air velocity တို့ကို သတ်မှတ်(specified)ပေးရသည်။ ထိုင်၍ လုပ်ရသည့် လှုပ်ရှားမှု(sedentary activity level)၊ အဝတ်အစား(clothing insulation value) 0.6 clo နှင့် လေငြိမ်နေသည့် အခြေအနေ(still-air conditions) air velocity v < 20 fpm (0.1 m/s) စသည့်အချက်များကို အခြေခံ၍ comfort diagram ကို ပြုစု ရေးဆွဲထားခြင်း ဖြစ်သည်။

ပုံ(၃-၂)တွင် ပြထားသည့်အတိုင်း comfort diagram ၏ X ဝင်ရိုး(abscissa)သည် operative temperature (To) သို့မဟုတ် ambient air temperature(Ta) ဖြစ်သည်။ Y ဝင်ရိုး(ordinate)သည် water vapor pressure (p) သို့မဟုတ် humidity ratio(w) ဖြစ်သည်။ မျဉ်းကွေးများ(curved lines)သည် relative humidity နှင့် မျဉ်းဖြောင့် (straight lines)သည် effective temperature ET* ကို ကိုယ်စားပြု(represent) ဖော်ပြသည်။ မျဉ်းပြတ်တို(short dash curves)များသည် ET* line များမှ ဖြာထွက်(diverging) လာသည့် total skin wetness Wsk line များ ဖြစ်သည်။ ထိုပုံ(၃-၂)တွင် To = Ta ကို အခြေခံထားသည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် Operative temperature (To) နှင့် ambient air temperature(Ta) တို့ အပူချိန် တူညီကြသည် ဆိုသည့်အချက်ကို အခြေခံထားသည်။



ပုံ ၃-၃ Relationship between clothing insulation (clo) and operating temperature (To).
(Source: ASHRAE Transactions 1983, Part I B. Reptinted with permission.)

Effective Temperature

The effective temperature ET* is the temperature of an environment that causes the same total heat loss from the skin surface as in an actual environment of an operative temperature equal to ET* and at a relative humidity of 50 percent.

Effective temperature သည် operative temperature (To) အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ Operative temperature (To) သည် Ta ၊ Trad နှင့် pa တို့ စုပေါင်းပါဝင်သည့်ကိန်း(combined index)ဖြစ်သည်။ Effective temperature ET* လိုင်း များ ရရှိရန် ညီမျှခြင်းကို အသုံးပြု၍ တွက်ချက်ထားသည်။ ET* သည် 79°F ထက်နိမ့်လျှင် total skin wetness(wsk)သည် မပြောင်းလဲ(constant)ပေ။ ထိုအခိုက်၌ ET* line များ နှင့် Wsk line များလိုင်း တို့သည် တစ်ခုနှင့်တစ်ခု တစ်ထပ်တည်း(coincide) ဖြစ်နေကြသည်။ ET* value များ ပိုမြင့်သည့်အခါ၊ စိုထိုင်းဆများ (high relative humidities) သည့်အခါ total skin wetness(wsk) လိုင်းများသည် ဘယ်ဘက်သို့ ပိုကွေး(curve to the left) သွားသည်။

လေထုအပူချိန်(ambient air temperatures) နိမ့်သည့်အခါ အရေပြားမှ ရေငွေ့ပျံခြင်းကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် အပူဆုံးရှုံးမှု(evaporative heat loss from the skin surface, Esk)နည်းသည်။ ထို့ကြောင့် ET* လိုင်းနှင့် Wsk လိုင်းတို့သည် ဒေါင်လိုက်နီးပါး(nearly vertical)ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် လေထုအပူချိန်(ambient air temperatures) နိမ့်၍ စိုထိုင်းဆများနေချိန်(high relative humidity)တွင် အရေပြားမျက်နှာပြင်မှ ရေငွေ့ပျံခြင်းကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် အပူဆုံးရှုံးမှု(evaporative heat loss from skin surface, Esk) လျော့နည်းသွားသည်။ Esk ဖြစ်ပေါ်မှု တစ်ဖြည်းဖြည်း ပိုများ(becomes greater and greater)လာသည့်အခါ ET* ၏ စလုတ်လိုင်း (slopes)နှင့် total skin wetness(Wsk)လိုင်းတို့၏ slope ပိုလျော့နည်း(decrease accordingly)လာသည်။

Comfort diagram ကို ET* နှင့် Wsk လိုင်းများဖြင့် နယ်နိမိတ်သတ်မှတ်၍ အောက်ပါအတိုင်း ဇုန်(၅)ဇုန် (five zones) ခွဲခြားထားသည်။

(၁) Body Cooling Zone

ပုံ(၃-၂)တွင် ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း body cooling zone ၏ နယ်နိမိတ်သည် Effective temperature (ET*) ဖြစ်သည်။ ET* သည် 73°F ထက် ပိုနိမ့်သည်။ Effective temperature (ET*)သည် 73°F (22.8°C) ထက် ပိုနိမ့်သောကြောင့် ထိုဇုန်အတွင်း ကျရောက်နေသည့် occupant များသည် အေးသည်ဟု ခံစား(feel cold) ရသည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် အပူဆုံးရှုံးမှု(heat losses)နှုန်းသည် net metabolic rate ထက် ပိုများသောကြောင့် ဖြစ်သည်။

တစ်နည်းအားဖြင့် metabolism ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် အပူပမာဏသည် ခန္ဓာကိုယ်မှ ထွက်သွားသည့် အပူပမာဏထက် နည်းသည်။ လူ့ခန္ဓာကိုယ် အပူချိန်နှင့် အရေပြား အပူချိန်တို့ တစ်ဖြည်းဖြည်း ကျဆင်းလာ (skin and body core temperatures tend to drop gradually)သည်။ ခြေဖျား၊ လက်ဖျားများ အေးစက်နေလိမ့်မည်။

(၂) Comfort Zone

ဤဇုန်သည် အောက်ဘက်နယ်နိမိတ်(lower boundary)လိုင်း ET* = 73°F (22.8°C) နှင့် Wsk = 0.06 တို့ အကြားတွင် တည်ရှိသည်။ အပေါ်ဘက်နယ်နိမိတ်လိုင်း(higher boundary) ET* = 86°F (30°C)နှင့် Wsk = 0.25 အကြားတွင် တည်ရှိသည်။ လူ(occupant)နှင့် ပတ်ဝန်းကျင်(environment)တို့အကြား steady-state thermal equilibrium ကို ထိန်းထား နိုင်သည့် အခြေအနေဖြစ်သည်။

ချွေးထွက်ခြင်း မဖြစ်သလောက်နည်း(regulatory sweating is at a rather low level)သည်။ အခန်း အခြေအနေသည် ဤဇုန်ထဲတွင် ကျရောက်နေပါက လူ(occupant)များသည် သက်သောင့်သက်သာ ဖြစ်သည်ဟု ခံစား(feel comfortable in this zone)ရသည်။ နှလုံးခုန်နှုန်း(heart rate)သည် တစ်မိနစ်လျှင် (၇၆)မှ (၈၇) (76 နှင့် 87 beats per minute)အတွင်း ဖြစ်သည်။

ASHRAE မှ သတ်မှတ်ထားသည့် winter and summer comfort zone များသည် ဤဇုန်(this zone) ထဲတွင် ပါဝင်ကြသည်။ ASHRAE winter comfort zone ၏ အောက်ဘက် နယ်နိမိတ်(lower boundary)သည် ဤဇုန်၏ အောက်ဘက် နယ်နိမိတ်(lower boundary of this comfort zone) ဖြစ်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် အောက်ဘက် နယ်နိမိတ်(lower boundary)သည် ဤ diagram မှ ET* = 73°F (22.8°C) ဖြစ်သည်။ ASHRAE's winter comfort zone အတွက် ET* = 68°F(20°C)သည် lower clothing insulation of 0.6 clo ကို ထည့်သွင်း တွက်ချက်ထားသည်။

(၃) Uncomfortable Zone

ဤဇုန်သည် ET* လိုင်း 86°F(30°C) နှင့် 95°F(35°C) အကြား(86°F < ET* 95°F (30°C ET* 35°C)) တွင် တည်ရှိသည်။ Wsk လိုင်း 0.25 နှင့် 0.45 အကြား (0.25 < Wsk < 0.45) အတွင်း၌ တည်ရှိသည်။ Occupant နှင့် environment တို့အကြား thermal equilibrium အခြေအနေ ဖြစ်ပေါ်သည်။

ချွေးများစွာထွက်ခြင်းကြောင့် အပူဆုံးရှုံးမှု(evaporative heat loss due to regulatory sweating

dominates) ဖြစ်ပေါ်သည်။ ချွေးထွက်ခြင်းကြောင့် အပူဆုံးရှုံးကာ အေးသည်ဟု ခံစားရသည်။ နလုံးခုန်နှုန်း (heart rate)သည် တစ်မိနစ်လျှင်(၈၇)မှ(၁၀၀)ခန့်အတွင်း ဖြစ်သည်။ လူများ(occupant)က သက်သောင့် သက်သာမဖြစ်(feels uncomfortable)ဟု ခံစားရသည်။ ထို တန်ဖိုးများ(range) အတွင်း၌ ရှိနေလျှင် အိုက်စပ်စပ် သို့မဟုတ် ပူအိုက်သည်(warm or hot)ဟု ခံစားရသည်။

(၄) Very Uncomfortable Zone

ဤဇုန်သည် ET* လိုင်း 95°F(35°C) နှင့် 106.5°F(41.1°C) အကြားတွင် တည်ရှိသည်။ (95°F < ET* < 106.5°F (35°C < ET* < 41.4°C))။ Wsk လိုင်း 0.45 နှင့် 1 အကြား(0.45 < Wsk < 1) အတွင်း တည်ရှိသည်။ Thermal equilibrium အခြေအနေတွင် ထိန်းနိုင်သော်လည်း သို့မဟုတ် ဆက်လက်တည်ရှိနေသော်လည်း zero heat storage ဖြစ်ပေါ်၍ အရေပြား(skin) နှင့် လူ့ခန္ဓာကိုယ်(body core) တွင် အပူရှပ်ခြင်း ဖြစ်နိုင်သည်။ ET* သည် 95°F(35°C)ထက် ပိုများ(ET* > 95°F (35°C))လျှင် အပူရှပ်ခြင်း ဖြစ်ပေါ်နိုင် (danger of a heat stroke)သည်။

ဤဇုန်၏ အပေါ်ပိုင်း နယ်နိမိတ်(upper boundary)နှင့် နီးလာလေ အရေပြားမျက်နှာပြင်(skin surface)သည် လုံးဝနီးပါး စိုစွတ် လာလေ(nearly entirely wet) ဖြစ်သည်။ နလုံးခုန်နှုန်းသည် တစ်မိနစ်လျှင်(heart rate) (၁၂၀)ထက် ပိုများလာသည်။ ထိုအခြေအနေမျိုးတွင်(under these conditions) လူ(occupant)များသည် အလွန် ပူအိုက်သည်ဟု ခံစား(feel)ရသည်။ အနေရခက်သည်(very hot and very uncomfortable) ဟု ခံစားရသည်။ အာရုံ စူးစိုက်ရန် ခက်ခဲသည်။

(၅) Body Heating Zone

ဤဇုန်၏ upper boundary ET* သည် 106.5°F (41.4°C) ထက် ပိုများသည်။ Wsk သည် 1 ဖြစ်သည်။ ET* = 106.5°F (41.4°C) နှင့် Wsk = 1 ဖြစ်သည်။ ချွေးထွက်ခြင်းဖြင့် ခန္ဓာကိုယ်ကို အေးအောင်ပြုလုပ်ရန် သို့မဟုတ် အပူချိန် မမြင့်တက်အောင် ထိန်းထားရန် မဖြစ်နိုင်(thermal regulation by evaporation fails) တော့ပေ။ ET* သို့မဟုတ် Wsk ပိုမြင့်လာလျှင် မခံမရပ်နိုင်အောင်(environment is intolerable) ဖြစ်လိမ့်မည်။ ခန္ဓာကိုယ်အပူချိန်နှင့် အရေပြားအပူချိန်တို့ တစ်ဖြည်းဖြည်းမြင့်တက်(temperatures of the body core and skin tend to rise gradually) လာသည်။

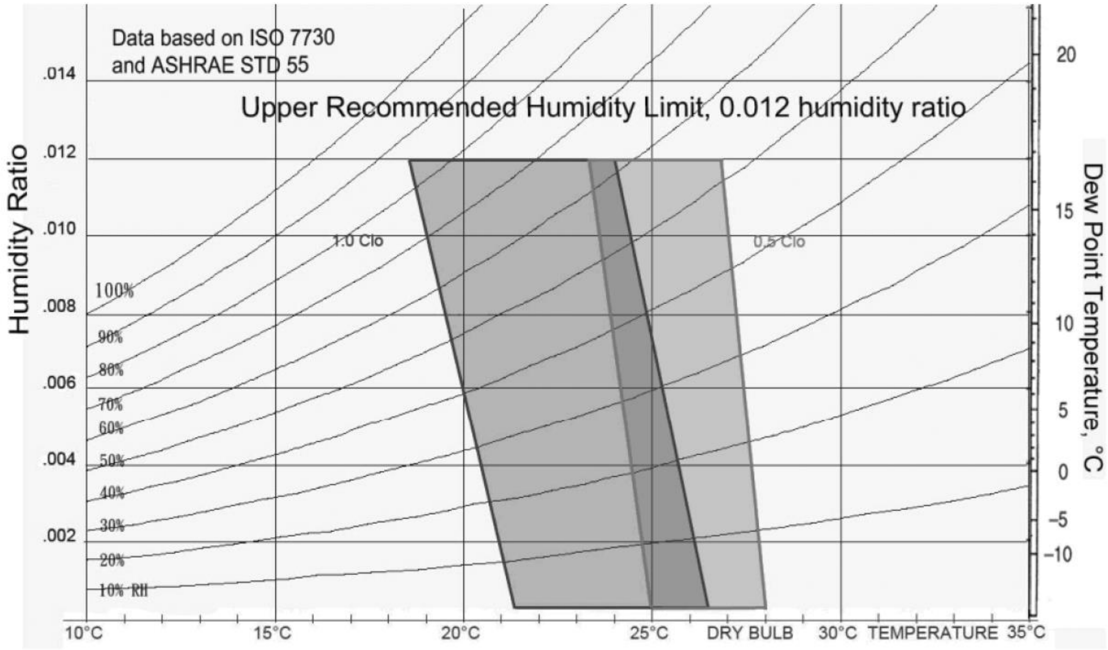
Comfort zone ဆိုသည်မှာ psychromatic chart ပေါ်တွင် လူများ သက်သောင့်သက်သာနေနိုင်မည့် အပူချိန်၊ စိုထိုင်းဆနှင့် သက်ဆိုင်သည့် နေရာကို သတ်မှတ်ပေးခြင်း ဖြစ်သည်။

၃.၄ Indoor Design Temperatures for Comfort Air Conditioning

လူများ(occupant)၏ comfort zone အတွက် စိတ်ခံစားမှုနှင့် သက်ဆိုင်သည့် တုံ့ပြန်မှု(physiological responses)နှင့် အပူချိန်နှင့် သက်ဆိုင်သည့်တုံ့ပြန်မှု(thermal responses)နှစ်မျိုး ရှိသည်။ လှုပ်ရှားမှုများ(higher activity levels)၍ ပူအိုက်သည့် အခါ discomfort zone အတွင်းသို့ ရောက်နေလျှင် thermal responses ဖြစ်ပေါ်သည်။

Human occupancy များအတွက် thermal environmental conditions နှင့်သက်ဆိုင်သည့် ANSI/ASHRAE Standard 55-1992 နှင့် ASHRAE/IES 90.1-1999 (Energy-Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings) တို့ကို မှီငြမ်းကြသည်။ ထိုစံချိန်စံညွှန်းများအရ comfort air conditioning system များတွင် အသုံးပြုရမည့် အခန်းအတွင်း ဒီဇိုင်း အပူချိန် (indoor design temperature) နှင့် လေအလျင်(air speed)များကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

(၁) Activity level သည် 1.2 met ဖြစ်သည်။
(၂) Relative humidity သည် နွေရာသီတွင် 50 % ဖြစ်သည်။
(၃) အခန်းအတွင်း ပျှမ်းမျှလေအလျင်(mean air speed)သည် 30 fpm (0.15 m/s) နှင့်
(၄) Ta = Trad တို့ ဖြစ်သည်။ (လေအပူချိန်နှင့် radiant temperature တို့ တူညီကြသည်။)



ပုံ ၃-၄ ASHRAE Comfort Zones (based on 2004 version of ASHRAE Standard 55)

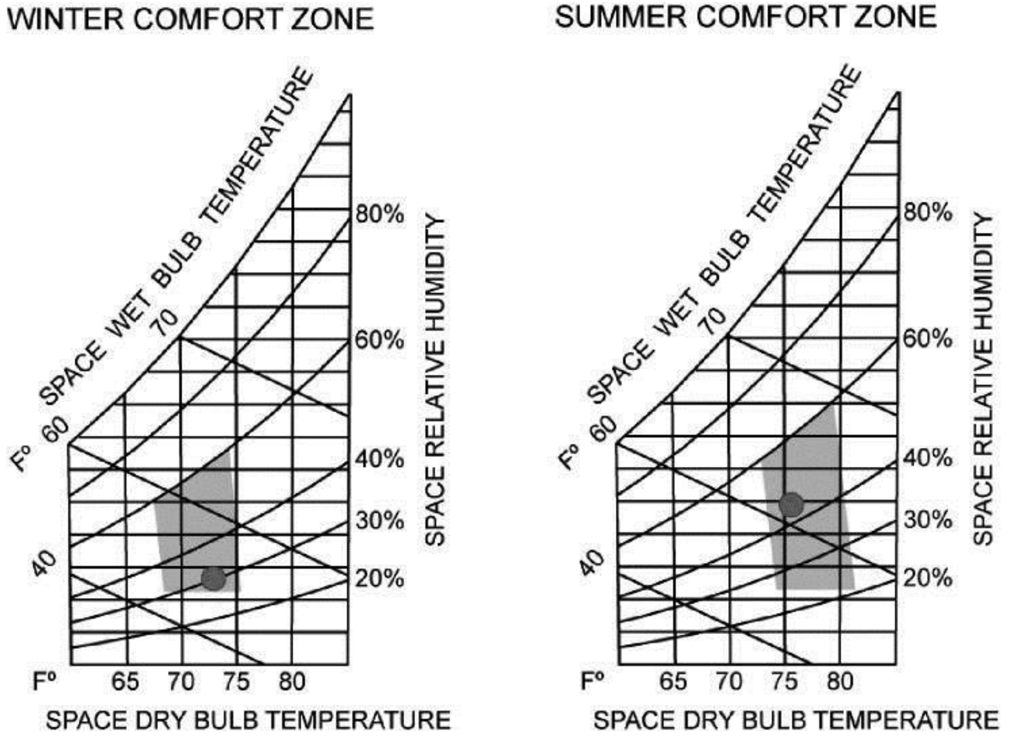
ANSI/ASHRAE Standard 55-1992 အရ သက်သောင့်သက်သာဖြစ်သည့် အပူချိန်အတွက် အနိမ့်ဆုံး ရှိရမည့် လေအလျင်ကို သတ်မှတ်မထားပါ။ ("within the thermally acceptable temperature ranges, there is no minimum air speed that is necessary for thermal comfort.")

နွေရာသီ အခန်းအတွင်း အပူချိန်(summer indoor temperature)သည် 79°F(26°C) ဖြစ်လျှင် လေအလျင် (air speed)ကို 40 fpm(0.2 m/s)တွင် ထိန်းထားရန် တိုက်တွန်း(recommend)လိုသည်။ အကယ်၍ အခန်းအတွင်း လေအပူချိန်သည် 79°F (26°C)ထက် ပိုမြင့်(Ta > 79°F (26°C)) နေလျှင် လေအလျင်ကို တိုးပေး(increase of air speed) သင့်သည်။

အကယ်၍ နွေရာသီတွင် လူများသည် ဂျက်ကက်(suit jacket) ဝတ်ဆင်ထားနိုင်သည့် နေရာမျိုးဖြစ်ပါက နွေရာသီ အခန်းအတွင်း ဒီဇိုင်းအပူချိန်(summer indoor design temperature)ကို 74 °F မှ 75°F အထိ ရောက်အောင် လျှော့ချပေးရမည်။

Table 3-1

	Typical clothing insulation (clo)	Optimum operative temperature	Indoor design temperature range	Air velocity (fpm)
Winter	0.8–0.9	71°F (22°C)	69–74°F (20.5–23.5°C)	<30
Summer	0.5–0.6	76°F (24.5°C)	74–79°F (23.5–26°C)	<50



ပုံ ၃-၅ Winter comfort zone and summer comfort zone. (2009 ASHRAE Handbook Fundamentals)

Indoor occupied zone အတွက် ANSI/ASHRAE Standard 55-1992 ကို ကိုးကား၍ နွေရာသီတွင် အခန်းအတွင်း စိုထိုင်းဆ(space relative humidity)ကို 35% မှ 40 % အထိ ချ၍ ထိန်းထားနိုင်လျှင် အပူချိန်(higher limit)ကို 78°F(25.5°C)အထိ မြှင့်ထားနိုင်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် စိုထိုင်းဆနည်းလျှင် အပူချိန်မြင့်နေသော်လည်း thermal comfort သည် လက်ခံနိုင်သည့် အဆင့်တွင်ရှိ နေလိမ့်မည်။

မိုးလုံလေလုံ ကြက်တောင်ကွင်း(indoor badminton hall)နှင့် စားပွဲတင်တင်းနစ်ကစားရုံနေရာများ(table tennis tournament arenas)တွင် လေအလျှင်(air velocities) သည် 30 fpm (0.15 m/s)တွင် ရှိသင့်သည်။

အပူချိန် တစ်သမတ်တည်း မဖြစ်မှု(non-uniformity)နှင့် နေရာကွက်၍ သက်သောင့်သက်သာ မဖြစ်ခြင်း (local discomfort)ကို ရှောင်လွှဲဟန့်တားရန်အတွက် အပူချိန် ကွာခြားချက်(air temperature difference)သည် 5°F (3°C) ထက် ပိုမများသင့်ပေ။ ကြမ်းပြင်မှ (၄)လက်မအမြင့်နှင့် (၆၇)လက်မအမြင့်တို့ အကြား(4 in. from the floor and 67 in. above the floor)တွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် အပူချိန်ကွာခြားချက်သည် 5°F(3°C)ထက် ပိုမများသင့်ပေ။

Radiant temperature asymmetry သည် ဒေါင်လိုက်အမြင့်(vertical direction)တွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် အပူချိန်ကွာခြားချက်သည် 9°F(5°C) ထက် နည်းရမည်။ အလျားလိုက်(horizontal direction) အပူချိန်ကွာခြားချက်သည် 18°F(10°C)ထက် နည်းရမည်။

သတ်မှတ်ထားသည့် လေအပူချိန်နှင့် လေအလျင်တို့ ကိုက်ညီမှု ရှိ၊ မရှိ စစ်ဆေးရန်(specified air temperature and airspeed) အတွက် 4 inch ၊ 24 inch နှင့် 43 inch (0.1 m, 0.6 m, and 1.1 m levels) စသည့် အမြင့်နေရာများတွင် အပူချိန်ကို တိုင်းတာ(measure)ရမည်။

ထိုင်၍ လုပ်ရမည့်သူများ(sedentary occupants)အတွက် 4 inch ၊ 434 inch နှင့် 674 inch (0.1- m, 1.1-m, and 1.7-m)စသည့် အမြင့်နေရာများတွင် အပူချိန်ကို တိုင်းရမည်။ ရပ်၍ လုပ်ကိုင်ရသည့် အလုပ်များ (standing activity)အတွက် ပျမ်းမျှတန်ဖိုး(mean value)ကို သတ်မှတ်ထားသည်။ တိုင်းသည့်အခါ 90 % response

time အချိန် အထိ စောင့်ရမည်။ အပူချိန်တိုင်းသည့်အခါ တန်ဖိုးဖတ်ယူသည့်အချိန်စောလွန်းပါက တိကျမှု မရှိနိုင်ပါ။ တိုင်းတာသည့် ကိရိယာ(measuring instrument)များမှ တိုင်း၍ရသည့် တန်ဖိုးများအနက်မှ အမြင့်ဆုံး၊ အများဆုံး တန်ဖိုးကို ရွေးချယ်ရမည်။

အဲယားကွန်း အခန်းများ(air conditioned space)အတွင်း၌ ရှိနေသူများ(occupant)၏ လှုပ်ရှားမှုနည်း(low activity levels)လာသည့်အတွက်(Met<2 met) indoor environment ကို comfort zone အတွင်း၌ ရှိနေအောင် ထိန်းထားပေးရမည်။ လှုပ်ရှားမှုနည်း(low activity levels)သည့်အခန်းများအတွက် အခန်းအပူချိန်ကို အနည်းငယ် မြှင့်ထားနိုင်သည်။

၃.၄.၁ Design Considerations

Indoor design condition ကို သတ်မှတ်သည့်အခါ အောက်ပါအချက်များကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားသင့်သည်။

(၁) Optimum summer and winter indoor design temperature တို့ကို သတ်မှတ်သည့်အခါ ဒေသဆိုင်ရာ အဝတ်အစား၊ ဝတ်ဆင်မှုအလေ့အထ(local clothing habit)နှင့် အမျိုးမျိုးသော operative temperature (To)များ အတွက် clothing insulation ၏ အမြင့်ဆုံးနှင့် အနိမ့်ဆုံး(upper and lower acceptable limit)တို့ကို ထည့်သွင်း စဉ်းစားသင့်သည်။

(၂) Energy efficient ဖြစ်စေရန် ဆောင်းရာသီ(winter)နှင့် နွေရာသီ(summer)တို့တွင် မတူညီသည့် အခန်းအတွင်း အပူချိန်(different indoor design temperatures)ကို အသုံးပြုသင့်သည်။ ဆောင်းရာသီ(winter)တွင် unoccupied-period setback ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် စွမ်းအင်ချွေတာ(saves energy)နိုင်သည်။ ဆေးရုံ၊ ဆေးခန်းများ (health care facilities)တွင် occupant များ၏ ကျန်းမာရေး(health) နှင့် သက်သောင့် သက်သာ (comfort) ဖြစ်စေရန် အခန်းအပူချိန်ကို တစ်သမတ်တည်းဖြစ်အောင်(constant indoor temperature) ထိန်းထားရန် လိုအပ်သည်။

(၃) ခဏတာမျှသာ ရှိနေမည့် နေရာများ(short-term occupancies)အတွက် metabolic rate သည် 1.2 met ထက် ပိုများသည့်အခါ လေအလျင် ပိုများ(higher air velocity)စေရန် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုနည်းသည့်(lower energy use) မျက်နှာကြက်တပ်ပန်ကာ(ceiling fan)သို့မဟုတ် နံရံတပ်ပန်ကာ(wall-mounted fan)များကို အသုံးပြု သင့်သည်။ Summer comfort zone အတွက် အခန်းအပူချိန်(indoor design temperature) အနည်းငယ် မြင့်နေခြင်းကို အခန်းအတွင်းရှိလူ(occupant)များက လက်ခံနိုင်ကြသည်။

၃.၅ Humidity Control for Comfort Air Conditioning Systems

Occupants comfort အတွက် ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1999 ကို မဖြစ်မနေလိုက်နာရန် (mandates)ပြဋ္ဌာန်းထားသည်။ ဇုန်(zone) တစ်ဇုန်ကို system တစ်ခု သို့မဟုတ် system များဖြင့် serve လုပ်လျှင် humidification operation လုပ်နေစဉ် တခြားဇုန် တစ်ခုကို တစ်ပြိုင်နက် dehumidification operation လုပ်ခြင်း မဖြစ်ပေါ်အောင် ဒီဇိုင်းလုပ်ထားရမည်။ (prevent simultaneous operation of humidification and dehumidification equipment)

Standard 90.1-1999 မှ သတ်မှတ်(specify)ထားသည့်အတိုင်း စိုထိုင်းဆကို ထိန်းချုပ်နိုင်သည့် ကိရိယာ (humidistat controls device) မဖြစ်မနေ တပ်ဆင်ပေးရမည်။ ထို control device သည် reheating လုပ်ခြင်း၊ လေပူနှင့် လေအေးရောနှောခြင်း(hot and cold air streams mixing)၊ တစ်ပြိုက်နက် heating နှင့် cooling လုပ်ခြင်း စသည်တို့ မဖြစ်ပေါ်အောင် ကာကွယ်တားဆီးနိုင်စွမ်း(capable of preventing)ရှိရမည်။ အသေးစိတ် အချက်အလက် များကို လေ့လာနိုင်ရန်အတွက် section 29.12 ကို မှီငြမ်း ဖတ်ရှုနိုင်သည်။

Comfort air conditioning system များကို ဒီဇိုင်းလုပ်သည့်အခါ နှင့် performance ကို ဆန်းစစ်မှု (evaluation)များ ပြုလုပ်သည့်အခါတို့တွင် အောက်ပါအချက်များကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည်။

(၁) ဆောင်းတွင်း၌ ပြတင်းပေါက်မှန်၏ အတွင်းဘက်(inner side of the window glass)၌ ရေသီးခြင်း

(condensation)မှ ကာကွယ်ရန် သို့မဟုတ် လျှော့ချရန်အတွက် အခန်းအတွင်း စိုထိုင်းဆ(indoor space relative humidity)ကို 20% မှ 30% အတွင်း ထိန်းထားရမည်။

(၂) လူများစွာ ရှိနေနိုင်သည့်နေရာများ(high occupancy applications)၌ နွေရာသီ၌ အခန်းအပူချိန်(indoor temperature)ကို summer comfort zone အတွင်း၌ ထိန်းထားပြီး indoor relative humidity ကို 55% မှ 60% အတွင်း ထိန်းထားလျှင် ကုန်ကျစရိတ်နည်းပြီး သက်သောင့်သက်သာ(economical and comfortable) ဖြစ်လိမ့်မည်။

(၃) တချို့သော air conditioning system များ၌ နွေရာသီ part load အခြေအနေတွင် ဖြစ်ပေါ်မည့် indoor space relative humidity သည် full load အခြေအနေနှင့် နှိုင်းယှဉ်လျှင် indoor relative humidity အလွန်မြင့်မား နိုင်သည်။

(၄) အခန်းအတွင်း စိုထိုင်းဆ(indoor relative humidity)သည် 25% ထက် နည်းလျှင် အသက်ရှူလမ်းကြောင်း နှင့် သက်ဆိုင်သည့်ရောဂါများ(incidence of respiratory infections) ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ ပိုဆိုးဝါး နိုင်သည်။ အခန်းအပူချိန်(indoor temperatures)သည် 70°F(21°C)ထက် ပိုနိမ့်လျှင် static electricity ဖြစ်ပေါ် (induced)နိုင်သည်။ ကော်ဇောခင်းထားသည့် အခန်းများ(carpeted rooms)၌ လူများ(occupants)သည် သတ္တုပရိဘောဂများ(metal furniture) သို့မဟုတ် decoration များနှင့် ထိတွေ့သည့်အခိုက် shock ဖြစ်ကာ uncomfortable ဖြစ်နိုင်သည်။ ကော်ဇောခင်းထားသည့် အခန်းများ၌ ရှိနေသူများ၊ သတ္တု ပရိဘောဂများ၊ သတ္တုပစ္စည်းများနှင့် ထိတွေ့သည့်အခါ static electricity ထိတွေ့သည့်အခါ ကျဉ်ခနဲ ဖြစ်ခြင်းတို့ကြောင့် နေထိုင်ရာ၌ အဆင်မပြေ ဖြစ်နိုင်သည်။

(၅) ဆောင်းရာသီ humidity ratio နိမ့်နေသည့်အခါ အဆောက်အဦများ၏ air conditioning system များက humidification မပြုလုပ်လျှင် indoor relative humidty ကို 20% မှ 30% တွင် ထိန်းထားနိုင်ရန်အတွက် အခက်အခဲ ဖြစ်နိုင်သည်။

(၆) Humidifier တပ်ဆင်ထားလျှင် humidifying capacity သည် လက်တွေ့လိုအပ်ချက်(actual humidifying requirements)ထက် ပိုမများသင့်ပေ။ ပိုမများမှသာ Air Handling Unit(AHU) အတွင်း၌ စိုစွတ်သော မျက်နှာပြင်များ(wet surfaces) ဖြစ်ပေါ်ခြင်းမှ ကင်းဝေးလိမ့်မည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် packaged unit နှင့် supply duct ၌ condensation ဖြစ်ခြင်းကြောင့် မျက်နှာပြင်များ စိုစွတ်ခြင်းနှင့် ညစ်ပေခြင်းတို့ကြောင့် မိုက်ခရိုအော်ဂင်နီဇင်များ(microorganisms) ပေါက်ပွားကာ၊ ရှူရှိုက်ရသည့် လေအရည်အသွေး အလွန် ညံ့ဖျင်း ဆိုးဝါး(wet surface and dirt cause the growth of microorganisms and poor indoor air quality) နိုင်သည်။

Comfort air conditioning system များ၌ အခန်းအတွင်း စိုထိုင်းဆ(recommended indoor relative humidity levels)ကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း ထိန်းထားသင့်သည်။

Table 3-2 summer and winter recommended relative humidity (%)

	Relative humidity (%)
Summer	30–65
Winter	
Commercial and public buildings	20–60
Health care buildings	30–60

နွေရာသီအတွက် စိုထိုင်းဆ(relative humidity)သည် 30% မှ 65% မှ အတွင်း ရှိနေအောင် ထိန်းထားရမည်။ ဆောင်းရာသီအတွက် သင့်လျော်သည့် စိုထိုင်းဆ(relative humidity)သည် အဆောက်အဦကို လိုက်၍ ကွဲပြားသည်။ စီးပွားရေးဆိုင်ရာ အဆာက်အဦများ(commercial buildings)အတွက် 20% မှ 60% မှ အတွင်း

ရှိနေအောင် ထိန်းထားရမည်ဖြစ်ပြီး ကျန်းမာရေးဆိုင်ရာ အဆောက်အဦများ(health care buildings)အတွက် 30% မှ 60% မှ အတွင်း ဖြစ်သည်။

Table 3-3 Outdoor Air Requirements Recommended by ASHRAE Standard 62–1999	
Application	**CFM/person**
Dining room	20
Bar and cocktail lounges	30
Conference rooms	20
Office spaces	20
Office conference rooms	20
Retail stores	0.2–0.3*
Beauty shops	25
Ballrooms and discos	25
Spectator areas	15
Theater auditoriums	15
Transportation waiting rooms	15
Classrooms	15
Hospital patient rooms	25
Residences	0.35†
Smoking lounges	60

စိုထိုင်းဆသည် အရာဝတ္ထုများ၏ ဂုဏ်သတ္တိများအပေါ် အကျိုးသက်ရောက်မှု ရှိသည်။

၃.၆ Humidity Control for Process Air Conditioning Systems

လေထဲတွင် ရေခိုးရေငွေ့များရှိနေခြင်းကြောင့် အရာဝတ္ထုများ၏ ဂုဏ်သတ္တိများ(physical properties of many materials) ပြောင်းလဲခြင်း ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် ကုန်ထုတ်လုပ်သည့် လုပ်ငန်းများ လုပ်ကိုင်သည့်နေရာ (manufacturing processes)၌ လေထဲတွင် ရေခိုးရေငွေ့ပါဝင်နေမှု(moisture content)ကို ထိန်းချုပ်ထားရန် လိုအပ်သည်။

Relative humidity သည် လေထဲတွင်ပါဝင်နေသည့် ရေငွေ့ပမာဏ(moisture content)ကို ဖော်ပြသည်။ Hygroscopic materials များ ဖြစ်သည့် အဝတ်အထည်များ(natural textile fibers)၊ စက္ကူများ(paper)၊ သစ်သား(wood)၊ သားရေထည်များ (leather)နှင့် စားသောက်ကုန်ပစ္စည်းများ(foodstuffs)သည် လေထဲ၌ ရေပါဝင်မှု (moisture content)ပမာဏ အနည်း အများကို လိုက်၍ ထုတ်ကုန်များ၏ အလေးချိန်(weight of the products) ပြောင်းလဲသည်။ တစ်ခါတစ်ရံ ကြံ့ခိုင်မှု(strength) ၊ သွင်ပြင်ပုံသဏ္ဍာန်(appearance)နှင့် အရည်အသွေး(quality) စသည်တို့လည်း ပြောင်းလဲနိုင်သည်။

(က) Dimensional Variation (အတိုင်းအတာ ကွာဟခြင်း)

Hygroscopic material များသည် စိုထိုင်းဆမြင့်(higher relative humidity)သည့်အခါ ကျယ်ပြန့်(expend)၍ နိမ့်သည့်(lower humidity)အခါ ကျုံ့(contract)သွားသည်။ စက္ကူသည် သိမ်းဆည်းထားရာ အခန်း၏ စိုထိုင်းဆ ၂% ပိုများလာသည့်အခါ ထိုစက္ကူ၏ အရွယ်အစား ၀.၂ % ပိုကျယ်ပြန့်လာလိမ့်မည်။ (2% percent increase in moisture content may result in a 0.2 percent increase in dimension of paper)။ လစ်သိုဂရပ်ဖစ် ပုံနှိပ်စက်များ၊ ပုံနှိပ်နေရာများ(lithographic printing)၌ စိုထိုင်းဆ(relative humidity)ကို 45 ± 2 % ခန့်တွင် ထိန်းထားရန် လိုအပ်သည်။

(ခ) Corrosion and Rust (သံချေးတက်ခြင်း)

သံချေးတက်ခြင်း(corrosion)သည် electrochemical process ဖြစ်စဉ် ဖြစ်သည်။ ရေငွေ့များ(moisture) သည် electrolytes ဖြစ်ပေါ်ခြင်း(formation)ကို အားပေးသည်။ လေထဲ၌ ရေခိုးရေငွေ့ပါဝင်မှုများလျှင် corrosion process ပို၍ လျင်မြန်စွာ ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ စိုထိုင်းဆ(relative humidity)သည် 50 % ထက် ပိုများလျှင် ဘယ်ရင်များ ချောမွေ့စွာ အလုပ်လုပ်ခြင်း(smooth operation of bearings)ကို ထိခိုက်စေနိုင်သည်။ တိကျစွာ တိုင်းတာနိုင်သည့်ကိရိယာများ(precision instruments)များကို အသုံးပြုရမည်။ အခန်းအတွင်း စိုထိုင်းဆ (indoor relative humidity) သည် 70 % ကျော်လျှင် စက်ပစ္စည်းများ၏ မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် သံချေး နေတက်သည်ကို တွေ့မြင်နိုင်သည်။ စတီးနှင့် သံထည်ပစ္စည်း အစိတ်အပိုင်း၏ တချို့နေရာများတွင် သံချေး တက်နိုင်သည်။ (rust may be visible on the surface of the machinery)။

(ဂ) Static Electricity (လျှပ်စစ်ဓာတ်ဖြစ်ပေါ်ခြင်း)

Static electricity ဖြစ်ပေါ်ခြင်းကြောင့် သေးငယ်သည့်အမှုန်များ(minute particles)အချင်းချင်း ဆွဲငင်ကြ ပေလိမ့်မည် သို့မဟုတ် တွန်းကန်(repel or attract one another) ကြလိမ့်မည်။ ကုန်ထုတ်လုပ်သည့် လုပ်ငန်းများ ပြုလုပ်သည့်နေရာ(manufacturing processes)များ၌ static electricity ကြောင့် ဆုံးရှုံးမှုများ ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ Static electricity ကြောင့် အလွန်သေးငယ်သည့်အမှုန်များ အဖိုဓာတ် ဖြစ်ပေါ်ခြင်း၊ အမဓာတ် ဖြစ်ပေါ်ခြင်း(charges minute dust particles, in the air) ဖြစ်နိုင်သည်။ Equipment များနှင့် မျက်နှာပြင်များ work surfaces)ပေါ်တွင် တွယ်ငြိကပ်(causing them to cling) နေလိမ့်မည်။ စိုထိုင်းဆ (relative humidity)သည် 40 % ထက် ပိုနည်းသည့်အခိုက် static electricity သည် ပုံမှန် အခန်းအပူချိန် တွင်(indoor environment at normal air temperatures) ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။

(ဃ) Loss of Water (ရေဓာတ်များ ဆုံးရှုံးခြင်း)

သိမ်းဆည်းထားသည့် သစ်သီးများနှင့် ဟင်းသီးဟင်းရွက်များ၏ မျက်နှာပြင်မှ ရေငွေ့ပျံခြင်းကြောင့် ရေငွေ့များ ဆုံးရှုံးနိုင်သည်။ အပူချိန်နိမ့်၍ စိုထိုင်းဆများသည့် နေရာ (၉၀% မှ ၉၈% စိုထိုင်းဆ) တွင် သိမ်းဆည်း ထားလျှင် ရေငွေ့ပျံမှု၊ ရေဓာတ်ဆုံးရှုံးမှု နည်းသောကြောင့် ကြာရှည်ခံသည်။ အမြဲ လတ်ဆတ်နေသည်။

(Vegetables and fruits lose water vapor through evaporation from their surfaces during storage. Low temperatures and high relative humidities, such as ~ = 90 to 98 %, may reduce water loss and delay desiccation.)

ထုတ်ကုန်အရည်အသွေး(product quality)နှင့် ကုန်ကျစရိတ် ထိန်းချုပ်ရန်(cost control)တို့ အတွက် စိုထိုင်းဆ(relative humidity)ကို အတိအကျ သတ်မှတ်(specify လုပ်)ရန် အလွန်အရေးကြီးသည်။

Process air conditioning system များအတွက် လိုအပ်သည့် relative humidity တန်ဖိုးသတ်မှတ် (specified လုပ်)ပေးရမည်။ တစ်နှစ်ပတ်လုံးအတွက် တန်ဖိုးတစ်ခု သို့မဟုတ် range တစ်ခု (year round single value or a range)ဖြင့် ဖော်ပြပေးရမည်။

စိုထိုင်းဆ လိုအပ်ချက်များကို တိကျစွာ ထိန်းချုပ်ထားနိုင်ရန် (strict relative humidity requirement) အတွက် basic value နှင့် tolerance နှစ်မျိုးလုံးကို တွဲ၍ ဖော်ပြရမည်။ ဥပမာ- lithographic printing အတွက် basic value နှင့် tolerance နှစ်မျိုးလုံးကို အထက်တွင် ဖော်ပြခဲ့ပြီး(relative humidity for lithographic printing mentioned before) ဖြစ်သည်။ အပူချိန်(temperature) နှင့် စိုထိုင်းဆ(relative humidity) နှစ်မျိုးလုံးကို တစ်ပြိုင်နက် ထိန်းချုပ် (controls)ရန် လိုအပ်သည့်အခါ နှစ်မျိုးစလုံး၏ တန်ဖိုးများကို တွဲလျက် ဖော်ပြပေးရမည်။

၃.၇ Outdoor Air Requirements for Occupants

Comfort and process air conditioning system နှစ်မျိုးစလုံးအတွက် ပြင်ပလေ ထည့်ပေးရန်လိုအပ် ရသည့် အကြောင်းများမှာ အောက်ပါ အတိုင်းဖြစ်သည်။

(၁) အခန်းအတွင်းရှိလူ(occupant)များ၏ ဇီဝဖြစ်စဉ်အတွက် လိုအပ်ချက်များ ဖြည့်ဆည်းပေးရန်(to meet metabolic

requirements) အတွက်၊ လူများ အသက်ရှူရန် အောက်စီဂျင်ဓာတ် လုံလောက်နေစေရန်

(၂) လက်ခံနိုင်သည့် လေအရည်အသွေး(acceptable indoor air quality) ရရှိရန်အတွက် လေထဲတွင်ရှိနေသည့် အမှုန်များ၊ အညစ်အကြေးများ၊ လျော့နည်းသွားစေရန်အတွက် ပြင်ပမှ လေကောင်းလေသန့်များဖြင့် ရောနှော၍ dilute လုပ်ခြင်း (To dilute the indoor air contaminants, odors, and pollutants to maintain)

(၃) စမ်းသပ်ခန်းများ၊ စက်ရုံအလုပ်ရုံများ၊ သန့်စင်ခန်းများ၊ အိမ်သာများမှ စုပ်ထုတ်လိုက်သည့် လေများအတွက် အစားထိုး ပြန်ထည့်ပေးရန်(to support any combustion process or replace the amount of exhaust air required in laboratories, manufacturing processes, or restrooms)

(၄) Conditioning space များတွင် လေဖိအား အနည်းငယ် ပိုများနေအောင် အစားထိုးလေ(makeup air) ထည့်ပေးခြင်း(to provide makeup for the amount of exfiltrated air required when a positive pressure is to be maintained in a conditioned space)

Table 3-4 Outdoor air requirements recommended by ASHRAE standard 62–1999

Application	CFM/person
Dining room	20
Bar and cocktail lounges	30
Conference rooms	20
Office spaces	20
Office conference rooms	20
Retail stores	0.2–0.3*
Beauty shops	25
Ballrooms and discos	25
Spectator areas	15
Theater auditoriums	15
Transportation waiting rooms	15
Classrooms	15
Hospital patient rooms	25
Residences	0.35†
Smoking lounges	60

လူ(occupant)များ၏ metabolic oxidation process အတွက် ပြင်ပလေ(outdoor air) လိုအပ်ချက်သည် အလွန်နည်းသည်။ ASHRAE standard 62-1999 အရ လေအရည်အသွေးကို ထိန်းချုပ်ရန်(to control indoor air quality) အတွက် ပြင်ပမှ လေသန့်များထည့်၍ CO_2 ပြင်းအားလျော့နည်းသွားအောင်ပြုလုပ်ခြင်း(dilution ventilation) ကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

အခန်းအတွင်းနှင့် အခန်းပြင်ပ CO_2 ပြင်းအားကွာခြားချက်(indoor to outdoor differential concentration)သည် 700 ppm ထက် ပိုမများစေရ။ 700 ppm ထက် နည်းခြင်းသည် ကျေနပ်ဖွယ်ကောင်းသည့် အခြေအနေ လက်ခံနိုင်သည့် အခြေအနေဖြစ်သည်ဟု ဖော်ပြချက် ဖြစ်သည်။ ပြင်ပလေ(outdoor air)ထဲတွင် ပါဝင်သည့် CO_2 concentrations သည် 300 မှ 350 ppm အတွင်း ဖြစ်သည်။ CO_2 ကို human bioeffluent များ ပါဝင်နေခြင်းကို ဖော်ပြရန်အတွက် အညွှန်းကိန်း(indicator)အဖြစ် သုံးသည်။

ထိုင်၍အလုပ်လုပ်နေသူတစ်ယောက်(sedentary occupant)မှ ရှုထုတ်သည့် CO_2 ပမာဏသည် 0.3 L/min ဖြစ်သည်။ အခန်းအတွင်းရှိနေသူ(indoor occupant)များ အတွက် လိုအပ်သည့်ပြင်ပလေပမာဏ(amount of outdoor air)ကို တွက်ချက်နိုင်သည်။

နွေအခါ ပြင်ပလေ(outdoor air)ကို အေးအောင် ပြုလုပ်ရန်နှင့် ရေငွေ့ဖယ်ထုတ်ခြင်း(cooling and dehumitifaction) လုပ်ရန် လုံလောက်သည့် refrigeration capacity ရှိရမည်။ ထို့ကြောင့် စွမ်းအင် များစွာ လိုအပ်သည်။ Refrigeration capacity လိုအပ်ချက်(requirement)သည် ရာသီဥတု(weather)၊ လူအရေအတွက် (occupant density)နှင့် စုပ်ထုပ် လိုက်သည့် လေပမာဏ(amount of exhaust air)အပေါ်တွင် မူတည်သည်။

ဝင်လာသည့်လေပမာဏ(amount of infiltration)သည် လေတိုက်နှုန်းနှင့် ဦးတည်ရာအရပ်(wind speed and direction)အပေါ် မူတည်သည်။ အပူချိန်ကွာခြားချက်(outdoor and indoor temperatures)နှင့် ဖိအား ကွာခြားချက်(pressure differences)စသည့် အချက်များ(variable)အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ ထို့ကြောင့် infiltration ဖြစ်ခြင်းကြောင့် လုံလောက်သည့် ပြင်ပလေများ ဝင်ရောက်လာလိမ့်မည်ဟု ယုံကြည်စိတ်ချ၍ မရနိုင်ပေ။ Infiltration သည် စိတ်ချရသည့် ပြင်ပလေ ရရာရကြောင်း(reliable source of outdoor air supply) မဖြစ်နိုင်ပေ။ ပြင်ပလေ လိုအပ်ချက်(outdoor air ventilation requirement)အတွက် infiltration ကြောင့် ဝင်ရောက်လာသည့် လေပမာဏဖြင့် အတိအကျ အစားထိုးရန် မဖြစ်နိုင်ပေ။

၃.၈ လေသန့်စင်မှု (Air Cleanliness)

Manufacturing process များဖြစ်သည့် စီမီးကွန်စက်ရုံများ(semiconductors)၊ ဆေးဝါးစက်ရုံ (pharmaceutical)၊ လေယာဉ်ထုတ်စက်ရုံ၊ ပြင်ရုံ နှင့် ဆေးရုံဆေးခန်းများ(health care facilities) ဖြစ်သည့် ခွဲစိတ်ခန်းများ(operating rooms)၊ လူနာဆောင်များ စသည့်နေရာများသည် အလွန်သန့်ရှင်းသည့် နေရာများ (clean indoor environment, clean spaces and clean rooms) ဖြစ်ရန် လိုအပ်သည်။

Clean room ဆိုသည်မှာ လေသန့်စင်မှု(air cleanliness)ကို အပူချိန်(temperature) ၊ စိုထိုင်းဆ (humidity)၊ လေဖိအား(air pressure)နှင့် အလင်းရောင်ရရှိမှု(lighting) တို့ကို သတ်မှတ်ထားသည့်အတိုင်း ဖြစ်နေအောင် အတိအကျ ထိန်းချုပ်(controlled within specific limits)ထားရသည့်နေရာ(constructed enclosed area)ဖြစ်သည်။ လေသန့်စင်မှုကို လေထဲတွင်ပါဝင်သည့် အမှုန်အရေအတွက်(particle count of air contaminants) ဖြင့် ဖော်ပြ(expressed)သည်။

> A clean room is a constructed enclosed area in which air cleanliness is expressed in terms of particle count of air contaminants and in which the associated temperature, humidity, air pressure, and lighting are con-trolled within specific limits.

Clean space ဆိုသည်မှာ လေသန့်စင်မှု(air cleanliness)နှင့် အခန်းအတွင်း အခြေအနေ(environmental conditions)တို့ကို သတ်မှတ်ထားသည့် limit များ အတွင်း၌ ရှိနေအောင် ထိန်းချုပ်ထားသည့် တိကျသည့် ဧရိယာ (defined area)နေရာတစ်ခု ဖြစ်သည်။ ထုတ်ကုန်များ၏ အရည်အသွေး(product quality)သည် space ၏ လေထဲတွင်ပါရှိနေသည့် အမှုန်များ၏ အရွယ်အစား(size)နှင့် အရေအတွက်(number of particulates)တို့ အပေါ်တွင် မူတည်သည်။

Clean space များ နှင့် clean room များအတွက် လေသန့်စင်မှု လိုအပ်ချက်(air cleanliness requirements)များကို Federal Standard(FS) 209E မှ အောက်ပါ အတိုင်း classes အဆင့်များကို သတ်မှတ် (specifies) ထားသည်။

Class 1

Particle count သည် 1 particle/ft^3 (35 particles/m^3) ထက် ပိုမများရ။ လေ(၁)ကုဗပေတွင် အမှုန် (၁)မှုန်သာ ပါဝင်ခွင့်ပြုသည်။ SI ယူနစ်ဖြင့် ဆိုရလျှင် လေ(၁)ကုဗမီတာတွင် အမှုန်(၃၅)မှုန်ထက် ပိုမများစေရ။

လေထဲတွင် ရှိနေသည့် အကြီးဆုံးအမှုန်(larger particles)၏ အရွယ်အစားသည် 0.5 μm ထက် ပိုမကြီးစေရ။ (no particle exceeding 0.5 μm)။

(Class 1. Particle count not to exceed 1 particle/ft^3 (35 particles/m3) of a size of 0.5 μm and larger, with no particle exceeding 5 μm.)

Class 10

Particle count not to exceed 10 particles/ft^3 (353 particles/m^3) of a size of 0.5 μm and larger, with no particle exceeding 5 μm.

Class 100

Particle count not to exceed 100 particles/ft^3 (3531 particles/m^3) of a size of 0.5 μm and larger.

Class 1000

Particle count not to exceed 1000 particles/ft^3 (35,315 particles/m^3) of a size of 0.5 μm and larger.

Class 10,000

Particle count not to exceed 10,000 particles/ft^3 (353,150 particles/m^3) of a size of 0.5 μm and larger or 65 particles/ft^3 (2295 particles/ft^3) of a size 5.0 μm and larger.

Class 100,000

Particle count not to exceed 100,000 particles/ft^3 (3,531,500 particles/m^3) of a size of 0.5 μm and larger or 700 particles/ft^3 (24,720 particles/ft^3) of a size 5.0 μm and larger.

အသေးစိတ် အချက်အလက်များ ရရှိရန် Federal Standard 209E ကို မှီငြမ်း ကိုးကားနိုင်သည်။

High Efficiency Particulate Air (HEPA) filter နှင့် Ultra-Low-Penetration Air (ULPA) filter စသည့် လေစစ်များ(filters)ကို clean room air conditioning system များတွင် တပ်ဆင် အသုံးပြုကြသည်။

၃.၉ Space Pressure Differential

Air conditioning system အများစုတွင် အခန်းအတွင်းရှိ လေဖိအား(indoor pressure)ကို အခန်း ပြင်ပထက် အနည်းငယ် ပိုများအောင် ပြုလုပ်ထားသည်။ ထိုကဲ့သို့ ဘေးပတ်ဝန်းကျင်(surroundings)ရှိ လေဖိအား ထက် အပေါင်းဖိအား(positive pressure) အနည်းငယ် ပိုများအောင် ပြုလုပ်ထားသောကြောင့် infiltration ဖြစ်ခြင်းကို လျှော့ချ(eliminate or reduce)နိုင်သည်။ အခန်းတွင်းသို့ untreated air များ ဝင်ရောက်ခြင်းကို ကာကွယ် နိုင်သည်။

အခန်းအတွင်း၌ လေဖိအားအနည်းငယ်လျော့နည်း(negative space pressure)နေသောကြောင့် untreated air များ space အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်ကာ စိုထိုင်းဆ(humidity levels) ပိုမြင့်နိုင်သည်။ မှိုများ(mold and mildew growth) ပေါက်ပွားနိုင်သည်။ မီးခိုးငွေ့များ ဝင်ရောက်လာနိုင်သည်။

အနံ့အသက်ဆိုးများ ဝင်ရောက်(entry of sewer gas) နိုင်သည်။ အဆိပ်ဓာတ်ငွေ့များ၊ အန္တရာယ်ရှိသည့် ဓာတ်ငွေ့များ ထားရှိရာ အခန်းများ၊ အနံ့ဆိုးများ ထွက်လာနိုင်သည့်အခန်းများ(rooms where toxic, hazardous, contaminated, or objectionable gases or substances are produced)အတွက် ဖိအားအနည်းငယ် ပိုနိမ့်အောင် (slightly lower pressure) ပြုလုပ်ထားခြင်း သို့မဟုတ် သင့်လျော်သည့်(appropriate) negative room pressure

ဖြစ်အောင် ပြုလုပ်ထားခြင်းဖြင့် ထိုအဆိပ်မှုန်များ ပြင်ပနှင့် တခြားနေရာများသို့ ပျံ့နှံ့ရောက်ရှိသွားခြင်း မဖြစ်အောင် ကာကွယ် ထားနိုင်သည်။

ထိုအရာများ ဘေးပတ်ဝန်းကျင်သို့ ပျံ့နှံ့သွားခြင်းကို ကာကွယ်ရန်(maintained to prevent the diffusion of these substances to the surroundings)နှင့် ထိုတစ်ချိန်တည်း၌ပင် ပြင်ပမှဝင်ရောက်လာမည့်လေများ၊ ထိန်းချုပ်၍ မရနိုင်သည့်လေများ ဝင်ရောက်ခြင်းမှ ကာကွယ်ရန်(at the same time prevent and reduce the damage of the uncontrolled outdoor airflow)အတွက် ထည့်ပေးရမည့် လေပမာဏ(magnitude)ကို သေချာစွာ စစ်ဆေးစမ်းသပ်ပြီးမှ ဆုံးဖြတ်ရန် လိုအပ်သည်။ ထိန်းထားရမည့် positive သို့မဟုတ် negative pressure ကို ဆုံးဖြတ်သည်။

လေဖိအားများခြင်း(higher positive pressure)ကြောင့် လေဆုံးရှုံးမှု ပိုများ(greater amount of exfiltrated air)နိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် ပြင်ပလေ(outdoor air intake) လိုအပ်ချက် ပမာဏ ပိုများနိုင်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် အပေါင်းဖိအား(positive pressure)ပိုများအောင် ပြုလုပ်ထားလျှင် ထိုအခန်းမှ ဆုံးရှုံးသွားမည့် လေပမာဏ ပိုများလိမ့်မည်။ ထို့ကြောင့် ပမာဏများသည့် လေများဖြင့် အစားထိုးထည့်ပေးရန် လိုအပ်သောကြောင့် cooling load ပမာဏ ပိုများလာလိမ့်မည်။

လေဖိအား အလွန်နည်းအောင်လျော့ချထားခြင်း(higher negative pressure)ကြောင့် infiltration ပိုများနိုင်သည်။ အနုတ်ဖိအား(negative pressure)များလေ လေစိမ့်ဝင်မှု(infiltration) ပိုများလေ ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် အစဦး ကုန်ကျစရိတ် နှင့် မောင်းနှင်ခ ကုန်ကျစရိတ်(initial and operating costs) ပိုများ လိမ့်မည်။

> Space pressurization တွင် လေယိုစိမ့်နိုင်သည့် ဧရိယာ(effective leakage area)သည် ဖိအားကွာခြားမှု(pressure differential) ပမာဏနှင့် အဆောက်အဦ လေလုံမှု(tightness of the building) အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ အပြင်(outdoor)နှင့် အတွင်း(indoor) ဖိအားကွာခြားချက် အလွန်များလေ လေထွက်ဆုံးရှုံးမှု သို့မဟုတ် လေဝင်ရောက်မှု ပိုများလေ ဖြစ်သည်။
>
> အထပ်နိမ့် အဆောက်အဦ(low-rise building)များ၏ comfort system အတွက် ဖိအားကွာခြားချက်(recommended pressure differential)သည် +0.005 မှ +0.03 in. WC (+1.25 to +7.5 Pa) အတွင်း ဖြစ်သည်။ သာမန် လေလုံသည့် အဆောက်အဦ(average building tightness)အတွက် သတ်မှတ်ထားသည့် pressure differential ဖြစ်သည်။

(၄၄)ထပ်မြင့် အဆောက်အဦ(44-story high-rise building)အတွက် ဆောင်းရာသီ၌ ဝင်ပေါက်အဝ (entrance lobby outdoors)နှင့် ခေါင်မိုးအထပ်ကြမ်းခင်း(rooftop floor)အကြား၌ stack effect ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်မည့် ဖိအားကွာခြားမှု(pressure differential)သည် 0.3 in. WC (75 Pa) နီးပါးခန့် ဖြစ်နိုင်သည်။ Water column(WC) သည် ဖိအားကို ဖော်ပြသည့် ယူနစ်တစ်မျိုး ဖြစ်သည်။ အထပ်နိမ့်သည့် အဆောက်အဦများတွင် stack effect ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်မည့် ဖိအားကွာခြားမှု(pressure differential)သည် မပြောပလောက်သော်လည်း အထပ်မြင့် အဆောက်အဦများတွင် stack effect ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်မည့် ဖိအားကွာခြားမှု(pressure differential)နှင့် infiltration rate ကို ထည့်သွင်း တွက်ချက်ရမည်။

Space pressurization control နောက်တစ်မျိုးမှာ လေယာဉ်စီးခရီးသည်များ၏ ကျန်းမာရေးနှင့် သက်သောင့်သက်သာဖြစ်စေရန်(health and comfort of passengers in an aircraft)အတွက် cabin pressurization control ဖြစ်သည်။ အမြင့်ပေ(၂၈၀၀၀)တွင် ပျံသန်းနေသည့် လေယာဉ်ပျံ(altitude of 28,000 ft (8540 m))၏ လေထုဖိအား(ambient pressure)သည် 4.8 psia (33.1 kPa abs)ဖြစ်သည်။ လိုအပ်သည့်အနိမ့်ဆုံး ဖိအား(minimum cabin pressure required)သည် 10.8 psia (75 kPa abs) ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် cabin pressurization control system တပ်ဆင်၍ cabin နှင့် လေထု(ambient air)အကြားတွင် ဖိအားကွာခြားချက် (pressure differential) 10.8 - 4.8 = 6 psi (41 kPa) ရရှိအောင် ထိန်းထားရန် လိုအပ်သည်။

Clean room များတွင် တပ်ဆင်ထားသည့် process air conditioning system များ၌ ဘေးပတ်ဝန်းကျင် (surrounding contaminated or semicontaminated areas)မှ မသန့်ရှင်းသည့်လေ(contaminated air)များသည် သန့်ရှင်းသည့်နေရာများ(clean and uncontaminated area) အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်ခြင်းမှ ကာကွယ်ရန် space pressurization ပြုလုပ်ထားရသည်။

အမေရိကန် အစိုးရက ၁၉၇၃ နှစ်တွင် Clean Rooms and Work Station Requirements, Controlled Environment ကို Federal Standard 209B အဖြစ် ပြဋ္ဌာန်းခဲ့သည်။ Clean room နှင့် ဘေးအခန်း နေရာ(any adjacent area of less clean requirements)အကြားရှိ အနည်းဆုံး ဖိအားကွာခြားချက်(minimum positive pressure differential)သည် 0.05 in. WC(12.5 Pa) ဖြစ်သည်။

၃.၉.၁ Infiltration

အခန်းကို အနည်းငယ် ဖိအား မြင့်တက်အောင် ပြုလုပ်(slightly pressurised)ထားသော်လည်း conditioned space အတွင်းသို့ ပြင်လေ(outside air)များ ဝင်ရောက်လာနိုင်သည်။ အောက်ပါ အကြောင်းများကြောင့် infiltration ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။

(၁) အထူးသဖြင့် မြင့်မားသည့် အဆောက်အဦများတွင်(particularly on tall buildings) လေတိုက်ခတ်ခြင်းကြောင့် infiltration ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ လေတိုက်ခတ်ခြင်းကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် ဖိအားကို wind pressure ဟုခေါ်သည်။

(၂) အထပ်မြင့်ခြင်းကြောင့် stack effect ဖြစ်ပေါ်ခြင်းနှင့်

(၃) လူများ အဆောက်အဦအတွင်းသို့ ဝင်ရောက်လာသည့်အခါ တံခါးဝမှ လေများဝင်လာခြင်း(entry of the occupants of the building, who also introduce dirt) တို့ဖြစ်သည်။

၃.၁၀ Choice of Inside Design Conditions

လူများသည် အောက်ပါအခြေအနေများတွင် ကျေနပ်ဖွယ်ကောင်းသည့် thermal comfort ဖြစ်သည်။ သက်သောင့်သက်သာ ဖြစ်သည်ဟု ခံစား(feel comfortable)ရသည်။

(၁) နွေရာသီတွင် လေအပူချိန်(air temperature)သည် mean radiant temperature ထက် ပိုမြင့်သင့်သည်။ ဆောင်းရာသီတွင် လေအပူချိန်(air temperature)သည် mean radiant temperature ထက် ပိုနိမ့်သင့်သည်။

(၂) အခန်းအတွင်းရှိ ပျမ်းမျှ လေအလျင်(average air velocity in the room)သည် 0.15 m per sec ထက် ပို မများသင့်ပါ။ သို့သော် လေအပူချိန် (air temperature) 26°C ထက် ပိုများလျှင် လေအလျင်(higher velocity) ပိုများ ပေးနိုင်သည်။

(၃) Relative humidity သည် ၄၅% နှင့် ၆၀% အကြား (45 per cent and 60 per cent) ဖြစ်သင့်သည်။

(၄) Relative humidity သည် ၇၀% (70 per cent)ထက် ပိုမများသင့်ပါ။

(၅) Dew point သည် 2°C ထက် မနည်းသင့်ပါ။

(၆) ဦးခေါင်းနှင့် ခြေထောက် အကြားရှိ အပူချိန်ကွာခြားချက်(temperature difference between the feet and the head) နည်းသင့်သည်။ ပုံမှန်အားဖြင့် 1.5°C ထက် ပို မများသင့်ပါ။ မည်သည့် အခါမျှ 3°C ထက် ပိုမများသင့်ပါ။

(၇) လူများ မတ်တတ်ရပ်သည့် နေရာများဖြစ်လျှင် ကြမ်းခင်းအပူချိန်(floor temperature)သည် 26°C ထက် ပိုမများ သင့်ပါ။ 17°C ထက်လည်း ပို မနည်းသင့်ပါ။

(၈) Radiant temperature asymmetry ဖြစ်ခြင်းသည် ဒေါင်လိုက်အမြင့်(vertically) တွင် 5 ထက် ပိုမများသင့်ပါ။

အလျားလိုက်တွင်(horizontally) 10°C ထက် ပို မများသင့်ပါ။

(၉) ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ် ပါဝင်မှု(carbon dioxide content)သည် ၁% ထက်ပို မများသင့်ပါ။ (should not

exceed about 0.1 per cent)

၁.၁၁ Climate Data Requirements

အဆောက်အဦများ၏ HVAC သို့မဟုတ် ACMV system များကို ဒီဇိုင်းလုပ်သည့်အခါ အရေးအကြီးဆုံးသော လုပ်ငန်းတစ်ခုမှာ တည်ဆောက်ထားသည့် နေရာ၏ ရာသီဥတုနှင့် သက်ဆိုင်သည့် အချက်အလက်များကို ရှာဖွေခြင်း နှင့် စုဆောင်းခြင်း ဖြစ်သည်။ “Weather” နှင့် “climate” ဆိုသည့် နည်းပညာ ဝေါဟာရနှစ်ခုကို ဦးစွာပထမ ရှင်းလင်းစွာ နားလည်သဘောပေါက်ထားသင့်သည်။

Climate:
- ❑ Average weather over a **long period**
- ❑ Influenced by slow changes in the ocean, the land, the orbit of the Earth about the sun, and the energy output of the sun
- ❑ Fundamentally controlled by the balance of energy of the Earth and its atmosphere

Weather:
- ❑ **Daily conditions**, including temperature and rainfall
- ❑ Can change very rapidly from day to day, and from year to year.
- ❑ Changes involve shifts in temperatures, precipitation, winds, and clouds.

ပုံ “Weather” နှင့် “climate” ကွဲပြားမှုများ

Weather ဆိုသည်မှာ နေရာတစ်ခုတွင် အချိန်တစ်ချိန်၌ ဖြစ်ပေါ်နေသည့် လေထုပတ်ဝန်းကျင် အခြေအနေ ဖြစ်သည်။ Climate ဆိုသည် မှာ ဒေသတစ်ခု၏ အချိန်လိုက် ဖြစ်ပေါ်နေသည့် weather အခြေအနေ၊ လေထုအခြေအနေများ စုပေါင်းထားခြင်း ဖြစ်သည်။

"Weather" ဆိုသည်မှာ နေရာတစ်ခု၌ သတ်မှတ်ထားသည့် အချိန်တစ်ခုတွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် လေထုအခြေအနေ (set of atmospheric conditions prevailing at a given place and time) ဖြစ်သည်။ "Climate" ဆိုသည်မှာ ဒေသတစ်ခု၌ ရာသီဥအခြေအနေများ ပေါင်းစည်းထားခြင်း(integration in time of weather conditions, characteristics of a certain geographical location) ဖြစ်သည်။ နေရောင်ရရှိမှု မတူညီခြင်း(differential solar heat input)နှင့် ကမ္ဘာမြေမျက်နှာပြင်မှ အပူထုတ်လွှတ်မှုတူညီခြင်း(uniform heat emission over the earth's surface) တို့ကြောင့် global level climates ဖြစ်ပေါ်သည်။

Climate သည် building performance ၊ HVAC design နှင့် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(energy consumption) တို့ အပေါ် အကျိုးသက်ရောက်မှု အလွန်များသည်။

Climatic နှင့် သက်ဆိုင်သည့် အဓိကအချက်(key objective)များမှာ

(၁) အဆောက်အဦအတွက် သုံးစွဲရမည့်စွမ်းအင် ကုန်ကျစရိတ်လျှော့ချနိုင်ရန် (to reduce energy cost of a building)

(၂) Mechanical system နှင့် စက်မှုစွမ်းအား(power)များကို မသုံးဘဲ တတ်နိုင်သမျှ သက်သောင့်သက်သာ ဖြစ်စေမည့် နည်းများကို အသုံးပြုရန်

(၃) လူများအတွက် သက်သောင့်သက်သာဖြစ်စေမည့် အခြေအနေနှင့် ကျန်းမာရေးနှင့် ညီညွတ်သည့် အခြေအနေ ကောင်းများဖြင့် ပံ့ပိုးပေးရန် (to provide comfortable and healthy environment for people)

၃.၁၁.၁ Classification of Climates

ရည်ရွယ်ချက်အမျိုးမျိုး(different purposes)ဖြင့် climate များကို အမျိုးအစား(classification) ခွဲခြားထားသည်။ Climatic condition များကို လိုက်၍ tropical ၊ arid ၊ temperature နှင့် cool စသည်ဖြင့် climatic zone များ ခွဲခြားထားသည်။

(၁) အအေးပိုင်း(Cold Climates)

Cold climates, where the main problem is the lack of heat(under heating), or excessive heat dissipation for all or most parts of the year.

(၂) သမပိုင်း(Temperate Climates)

Temperate climates, where there is a seasonal variation between under heating and overheating, but neither is very severe.

(၃) ပူ၍ခြောက်သွေ့သောရာသီဥတု (Hot-Dry (Arid) Climates)

Hot-dry(arid) climates, where the main problem is overheating, but the air is dry, so the evaporative cooling mechanism of the body is not restricted. There is usually a large diurnal(day - night) temperature variation.

(၄) ပူအိုက်စိုစွတ်သောရာသီဥတု (Warm-humid Climates)

Warm-humid climates, where the overheating is not as great as in hot-dry areas, but it is aggravated by very high humidity's, restricting the evaporation potential. The diurnal temperature variation is small.

၃.၁၁.၂ Six Categories Of Climates

Climate များကို အောက်ပါအတိုင်း အမျိုးအစား (၆)မျိုး ခွဲခြားထားသည်။

(၁) Warm-humid (ပူနွေး၍ စိုစွတ်သည့် ရာသီဥတု)

15°N and South of the equator, e.g. Lagos, Mombassa, Colombo, Jakarta စသည့် နိုင်ငံများ

(၂) Warm-humid Island (ပူနွေး၍ စိုစွတ်သည့် ကျွန်းများ၌ ဖြစ်ပေါ်သည့် ရာသီဥတု)

Equatorial and trade wind zones, e.g. Caribbean, Philippines and Pacific Islands etc.

(၃) Hot-dry desert (ပူပြင်းခြောက်သွေ့သည့် သဲကန္တာရ ရာသီဥတု)

15° to 30° North and South, e.g. Baghdad, Alice Springs, Phoenix etc.

(၄) Hot-dry maritime desert (ပင်လယ်ပြင်နှင့် နီးကပ်သည့် ပူပြင်းခြောက်သွေ့သော သဲကန္တာရ ရာသီဥတု)

Latitudes as(3), coastal large landmass, Kuwait, Karachi etc.

(၅) Composite Monsoon(မုတ်သုံလေ တိုက်ခတ်သည့် ရာသီဥတု)

Tropic Cancer/Capricorn, Lahore, Mandalay, New Delhi etc.

(၆) Tropical uplands(အီကွေတာဒေသတွင် တည်ရှိပြီး အမြင့်ပေ ၁၀၀၀ ကျော်ဒေသရှိ ရာသီဥတု)

Tropic Cancer/Capricorn, 900 to 1200 meters above sea level (plateau and mountains), Addis Ababa, Mexico City, Nairobi etc.

၃.၁၂ Outdoor Design Conditions

Air conditioning equipment များ၏ capacity ကို ရွေးချယ်သည့်အခါ outdoor design condition များကို အခြေခံ၍ ရွေးချယ်ကြသည်။ ရာသီဥတု(outdoor weather)သည် design value များထက် ပို၍ မဆိုးလျှင် (တစ်နည်း

အားဖြင့် မျော်လင့်ထားသည့် ရာသီဥတုထက် ပို၍ မဆိုးရွားလျှင်) air conditioning equipment များသည် အခန်း အတွင်း အပူချိန် နှင့် ဒီဇိုင်း အခြေအနေ(indoor design conditions)တွင် ကောင်းစွာထိန်းထားနိုင်ရမည်။

> တစ်နှစ်လုံး၏ အမြင့်ဆုံးအပူချိန် သို့မဟုတ် အနိမ့်ဆုံး အပူချိန်(annual minimum values)တို့ကို design data အဖြစ် မရွေးချယ်သင့်ပါ။ ဆောင်းရာသီ(winter)၏ outdoor design condition များကို ရွေးချယ် သတ်မှတ်ရာတွင် လွန်ခဲ့သည့် နှစ်(၃၀)က ဒေတာများ (statistical analysis of the previous 30 years weather data)မှ 99.6% သို့မဟုတ် 99 % ကို ရွေးချယ်သည်။ နွေရာသီအတွက် outdoor design condition များကို နှစ်စဉ်(annually)ရာသီဥတု၏ 0.4% ၊ 1.0% သို့မဟုတ် 2.0 % ကို ရွေးချယ်သည်။

ဒီဇိုင်းတန်ဖိုး(recommended design values)များသည် စုဆောင်းရရှိထားသည့် data များကို အခြေခံ ထားသည်။ ASHRAE Handbook 1997, Fundamentals နှင့် ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1999, the design conditions recommended for large cities in the United States တို့မှ ဒေတာများ ရယူနိုင်သည်။

၃.၁၃ Use of Outdoor Weather Data in Design

Air conditioning system များကို ဒီဇိုင်းလုပ်နေစဉ် အောက်ပါ parameter များ ကြိုတင်စုဆောင်းထားရန် လိုအပ်သည်။

(၁) Indoor and outdoor design condition များကို အသုံးပြု၍ space cooling and heating load များကို တွက်ချက်သည်။

(၂) Coil load တွက်ရန်အတွက် summer outdoor dry-bulb နှင့် coincident wet-bulb temperatures တို့ လိုအပ်သည်။ Summer outdoor wet-bulb temperature ကို အသုံးပြု၍ evaporative coolers ၊ cooling towers နှင့် evaporative condenser စသည်တို့၏ capacity ကို သတ်မှတ် ဆုံးဖြတ်ကြသည်။

(၃) Outdoor weather data သည် နာရီပေါင်း(၈၇၆၀) ကိုယ်စားပြုနိုင်သည့် ဒေတာဖြစ်ရမည်။ (presented consecutively for a whole year of 8760 h)။ တစ်နှစ်လုံး စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုကို ခန့်မှန်းတွက်ချက်(year-round energy estimations)ရန် ဖြစ်သည်။

(၄) Air conditioning system ၏ component များ ရွေးချယ်ရာတွင် outdoor climate သည် အဓိက လွှမ်းမိုး ချုပ်ကိုင်ထားသည့်အချက် ဖြစ်သည်။

၃.၁၃.၁ Choice of Outside Design Conditions

နွေရာသီ ပြင်ပဒီဇိုင်းအခြေအနေကို ရွေးချယ်သည့် နည်း(၃)နည်း(three ways of establishing outside summer design states) ရှိသည်။ ရာသီဥတုနှင့်သက်ဆိုင်သည့်(meteorological data) နေ့စဉ်ပျမ်းမျှ အချက် အလက်များ(daily mean)နှင့် လစဉ်ပျမ်းမျှ အချက်အလက်များ(monthly mean)ကို အသုံးပြု၍ အောက်ပါ နည်းများဖြင့် နွေရာသီ ပြင်ပဒီဇိုင်း အခြေအနေကို ရွေးချယ်နိုင်သည်။

(၁) (က) အမြင့်ဆုံး လစဉ်ပျမ်းမျှ အပူချိန်(highest mean monthly maximum temperature as the design dry-bulb value)ကို ရွေးချယ်သင့်သည်။

(ခ) နေ့စဉ် အမြင့်ဆုံး ပျမ်းမျှ အပူချိန်(mean daily maximum temperature) ရက်အချို့ ဖြစ်ပေါ်သည့်လ

Mean daily maximum ကို adjust လုပ်၍ ထိုအချိန်၌ ဖြစ်ပေါ်သည့် စိုထိုင်းဆ(coincide with the time of the humidity value)ကို ရွေးချယ်သင့်သည်။ အပူချိန်(dry bulb temperature)နှင့် လေထုစိုထိုင်းဆ(humidity)တို့မှ တစ်ဆင့် psychrometric table များ သို့မဟုတ် chart များကို အသုံးပြု၍ လေထဲ၌ ရေငွေ့ပါဝင်မှု(moisture content)ကို တွက်ပါ။

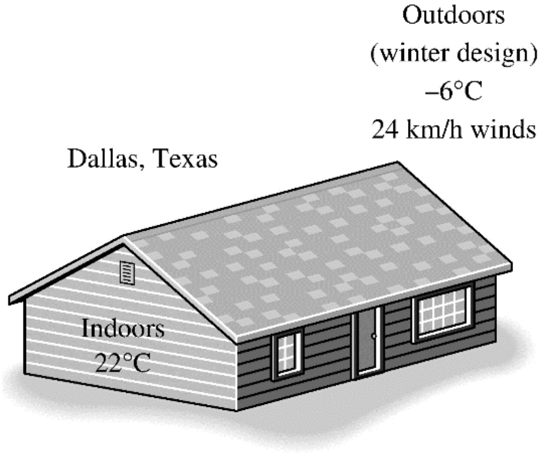
Moisture content နှင့် mean monthly maximum temperature တို့မှ wet bulb temperature ကို ရှာပါ။

(၂) နွေရာသီလများတွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် ကြိမ်နှုန်း(frequency of occurrence in the summer months)ကို အခြေခံ၍ ပြင်ပလေအပူချိန်(outside dry and wet bulb temperature)များကို ရွေးချယ်ခြင်း

(၃) ဒေသအတွင်း သင့်လျော်သည့် ရရှိနိုင်သည့် အချက်အလက်များကို အခြေခံ၍ မွမ်းမံပြီး တွက်ချက်မှုနှင့် ကိုက်ညီအောင် ရွေးချယ်ခြင်း

၃.၁၄ Design Conditions for Heating and Cooling

Comfort cooling အတွက် သင့်လျော်သည့် indoor temperature သည် 22°C(72°F) ဖြစ်သည်။ အဆောက်အဦ(building)များတွင် တပ်ဆင်ထားသည့် heating system သို့မဟုတ် cooling system သည် မျှော်လင့်ထားသည့် အဆိုးဝါးဆုံး ပြင်ပအခြေအနေ(extreme outdoor conditions)တွင် သတ်မှတ်ထားသည့် indoor design condition ကို ကောင်းစွာ ထိန်းထားနိုင်ရမည်။ ထိုမျှော်လင့်ထားသည့် အဆိုးဝါးဆုံး ပြင်ပအခြေအနေ(extreme outdoor conditions)ကို outdoor design condition ဟု ခေါ်သည်။ Building cooling load မတွက်ချက်ခင် indoor design condition နှင့် outdoor design condition နှစ်မျိုး စလုံးကို ဦးစွာ သတ်မှတ်ရန် လိုအပ်သည်။



ပုံ ၃-၆ The size of a heating system is determined on the basis of heat loss during indoor and outdoor design conditions.

Indoor design condition နှင့် outdoor design condition တို့ကို သတ်မှတ်သည့်အခါ စီးပွားရေးအရ ကုန်ကျစရိတ်နည်းခြင်း(economics)နှင့် သက်သောင့်သက်သာဖြစ်ခြင်း(comfort)တို့ ညီမျှအောင် ချိန်ညှိရမည်။ ထိုသို့ချိန်ဆရန်အတွက် အဓိကအချက်မှာ နောင်တွင်ဖြစ်ပေါ်မည့် ရာသီဥတုကို ခန့်မှန်းခြင်း ဖြစ်သည်။ ရာသီဥတုကို အတိအကျဆုံး ဖြစ်အောင် ခန့်မှန်းနိုင်ခြင်း(best weather forecasters)ဖြင့် cooling load ရလဒ်ကို ပိုတိကျစေလိမ့်မည်။

> အနာဂတ်တွင် ဖြစ်ပေါ်လာမည့် ရာသီဥတုကို ကြိုတင်ခန့်မှန်းခြင်းထက် ပြီးခဲ့သည့် နှစ်များက ရာသီဥတုများကို လေ့လာခြင်းသည် အကောင်းဆုံး ဖြစ်သည်။ ပြီးခဲ့သည့်နှစ်က ဒေတာများသည် နောင်နှစ်ကို ကိုယ်စားပြုသည့် အကောင်းဆုံးဒေတာများ ဖြစ်သည်။ (the past weather data averaged over several years will be representative of a typical year in the future)

Table 3-6

Weather data for selected cities in the United States
(from ASHRAE *Handbook of Fundamentals*, Chap. 24, Table 1)

	Elevation		Winter				Summer					
			99%		$97\frac{1}{2}$%		Dry bulb, $2\frac{1}{2}$%		Wet bulb, $2\frac{1}{2}$%		Daily range	
State and station	ft	m	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C
Alabama, Birmingham AP	610	186	17	−8	21	−6	94	34	75	24	21	12
Alaska, Anchorage AP	90	27	−23	−31	−18	−28	68	20	58	14	15	8
Arizona, Tucson AP	2584	788	28	−2	32	0	102	39	66	19	26	14
Arkansas, Little Rock AP	257	78.3	15	−9	20	−7	96	36	77	25	22	12
California, San Francisco AP	8	2.4	35	2	38	3	77	25	63	17	20	11
Colorado, Denver AP	5283	1610	−5	−21	1	−17	91	33	59	15	28	16
Connecticut, Bridgeport AP	7	2.1	−6	−21	9	−13	84	29	71	22	18	10
Delaware, Wilmington AP	78	24	10	−12	14	−10	89	32	74	23	20	11
Florida, Tallahassee AP	58	18	27	−3	30	−1	92	33	76	24	19	11
Georgia, Atlanta AP	1005	306	17	−8	22	−6	92	33	74	23	19	11
Hawaii, Honolulu AP	7	2.1	62	17	63	17	86	30	73	23	12	7
Idaho, Boise AP	2842	866	3	−16	10	−12	94	34	64	18	31	17
Illinois, Chicago O'Hare AP	658	201	−8	−22	−4	−20	89	32	74	23	20	11
Indiana, Indianapolis AP	793	242	−2	−19	2	−17	90	32	74	23	22	12
Iowa, Sioux City AP	1095	334	−11	−24	−7	−22	92	33	74	23	24	13
Kansas, Wichita AP	1321	403	3	−16	7	−14	98	37	73	23	23	13
Kentucky, Louisville AP	474	144	5	−15	10	−12	93	34	75	24	23	13
Louisiana, Shreveport AP	252	76.8	20	−7	25	−4	96	36	76	24	20	11
Maryland, Baltimore AP	146	44.5	10	−12	13	−11	91	33	75	24	21	12
Massachusetts, Boston AP	15	4.6	−6	−14	9	−13	88	31	71	22	16	9
Michigan, Lansing AP	852	260	−3	−19	1	−17	87	31	72	22	24	13
Minnesota, Minneapolis/St. Paul	822	251	−16	−27	−12	−24	89	32	73	23	22	12
Mississippi, Jackson AP	330	101	21	−6	25	−4	95	35	76	24	21	12
Missouri, Kansas City AP	742	226	2	−17	6	−14	96	36	74	23	20	11
Montana, Billings AP	3567	1087	−15	−26	−10	−23	91	33	64	18	31	17
Nebraska, Lincoln CO	1150	351	−5	−21	−2	−19	95	35	74	23	24	13
Nevada, Las Vegas AP	2162	659	25	−4	28	−2	106	41	65	18	30	17
New Mexico, Albuquerque AP	5310	1618	12	−11	16	−9	94	34	61	16	30	17
New York, Syracuse AP	424	129	−3	−19	2	−17	87	31	71	22	20	11
North Carolina, Charlotte AP	735	224	18	−8	22	−6	93	34	74	23	20	11
Ohio, Cleveland AP	777	237	1	−17	. 5	−15	88	31	72	22	22	12
Oklahoma, Stillwater	884	269	8	−13	13	−11	96	36	74	23	24	13
Oregon, Pendleton AP	1492	455	−2	−19	5	−15	93	34	64	18	29	16
Pennsylvania, Pittsburgh AP	1137	347	1	−17	5	−15	86	30	71	22	22	12
South Carolina, Charleston AFB	41	12	24	−4	27	−3	91	33	78	26	18	10
Tennessee, Memphis AP	263	80.2	13	−11	18	−8	95	35	76	24	21	12
Texas, Dallas AP	481	147	18	−8	22	−6	100	38	75	24	20	11
Utah, Salt Lake City	4220	1286	3	−16	8	−13	95	35	62	17	32	18
Virginia, Norfolk AP	26	7.9	20	−7	22	−6	91	33	76	24	18	10
Washington, Spokane AP	2357	718	−6	−21	2	−17	90	32	63	17	28	16

Table 3-7

Average winter temperatures and number of degree-days for selected cities in the United States (from ASHRAE *Handbook of Systems*, 1980)

State and station	Average winter temp. °F	°C	Degree days,* °F-day July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	March	April	May	June	Yearly total
Alabama, Birmingham	54.2	12.7	0	0	6	93	363	555	592	462	363	108	9	0	2551
Alaska, Anchorage	23.0	5.0	245	291	516	930	1284	1572	1631	1316	1293	879	592	315	10,864
Arizona, Tucson	58.1	14.8	0	0	0	25	231	406	471	344	242	75	6	0	1800
California, San Francisco	53.4	12.2	82	78	60	143	306	462	508	395	363	279	214	126	3015
Colorado, Denver	37.6	3.44	6	9	117	428	819	1035	1132	938	887	558	288	66	6283
Florida, Tallahassee	60.1	15.9	0	0	0	28	198	360	375	286	202	86	0	0	1485
Georgia, Atlanta	51.7	11.28	0	0	18	124	417	648	636	518	428	147	25	0	2961
Hawaii, Honolulu	74.2	23.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Idaho, Boise	39.7	4.61	0	0	132	415	792	1017	1113	854	722	438	245	81	5809
Illinois, Chicago	35.8	2.44	0	12	117	381	807	1166	1265	1086	939	534	260	72	6639
Indiana, Indianapolis	39.6	4.56	0	0	90	316	723	1051	1113	949	809	432	177	39	5699
Iowa, Sioux City	43.0	1.10	0	9	108	369	867	1240	1435	1198	989	483	214	39	6951
Kansas, Wichita	44.2	7.11	0	0	33	229	618	905	1023	804	645	270	87	6	4620
Kentucky, Louisville	44.0	6.70	0	0	54	248	609	890	930	818	682	315	105	9	4660
Louisiana, Shreveport	56.2	13.8	0	0	0	47	297	477	552	426	304	81	0	0	2184
Maryland, Baltimore	43.7	6.83	0	0	48	264	585	905	936	820	679	327	90	0	4654
Massachusetts, Boston	40.0	4.40	0	9	60	316	603	983	1088	972	846	513	208	36	5634
Michigan, Lansing	34.8	1.89	6	22	138	431	813	1163	1262	1142	1011	579	273	69	6909
Minnesota, Minneapolis	28.3	−1.72	22	31	189	505	1014	1454	1631	1380	1166	621	288	81	8382
Montana, Billings	34.5	1.72	6	15	186	487	897	1135	1296	1100	970	570	285	102	7049
Nebraska, Lincoln	38.8	4.11	0	6	75	301	726	1066	1237	1016	834	402	171	30	5864
Nevada, Las Vegas	53.5	12.28	0	0	0	78	387	617	688	487	335	111	6	0	2709
New York, Syracuse	35.2	2.11	6	28	132	415	744	1153	1271	1140	10D4	570	248	45	6756
North Carolina, Charlotte	50.4	10.56	0	0	6	124	438	691	691	582	481	156	22	0	3191
Ohio, Cleveland	37.2	3.22	9	25	105	384	738	1088	1159	1047	918	552	260	66	6351
Oklahoma, Stillwater	48.3	9:39	0	0	15	164	498	766	868	664	527	189	34	0	3725
Pennsylvania, Pittsburgh	38.4	3.89	0	9	105	375	726	1063	1119	1002	874	480	195	39	5987
Tennessee, Memphis	50.5	10.6	0	0	18	130	447	698	729	585	456	147	22	0	3232
Texas, Dallas	55.3	13.3	0	0	0	62	321	524	601	440	319	90	6	0	2363
Utah, Salt Lake City	38.4	3.89	0	0	81	419	849	1082	1172	910	763	459	233	84	6052
Virginia, Norfolk	49.2	9.89	0	0	0	136	408	698	738	655	533	216	37	0	3421
Washington, Spokane	36.5	2.83	9	25	168	493	879	1082	1231	980	834	531	288	135	6655

*Based on degrees F; quantities may be converted to degree days based on degrees C by dividing by 1.8. This assumes 18°C corresponds to 65°F.

Table 3-6 နှင့် 3-7 တို့တွင် weather data များကို ဖော်ပြထားသည်။ ထို ဒေတာများသည် အမေရိကန် နိုင်ငံရှိ မိုးလေဝသ စခန်းများ(weather stations)မှ ရရှိသည့် ဒေတာမှတ်တမ်းများ(records)ကို အခြေခံထားသည်။ တစ်နာရီခြားတစ်ခါ မှတ်တမ်းတင်ထားသည့် ဒေတာ(weather data in hourly intervals)များ ဖြစ်သည်။

The 97.5 percent winter design temperature represents the outdoor temperature that will be exceeded during 97.5 percent of the time in winter.

SALT LAKE CITY, UTAH

97.5% Winter design temp = -13°C

No. of hours during winter (Dec., Jan., and Feb.) = 90 X 24 = 2160 hours

Therefore,

$$T_{outdoor} > -13°C \text{ for } 2106 \text{ h } (97.5\%)$$

Toutdoor < -13°C for 54 h (2.5%)

The 97.5 percent winter design temperature represents the outdoor temperature that will be exceeded during 97.5 percent of the time in winter.

သာမန်အဆောက်အဦများ(ordinary buildings)အတွက် ကုန်ကျစရိတ်(economics) နှင့် သက်သောင့် သက်သာဖြစ်မှု(comfort level)တို့ မျှတအောင် ချိန်ဆရန် လိုအပ်သည်။

ဆောင်းရာသီအတွက် ၉၇.၅% (97.5 percent level in winter)ကို မူတည်၍ တွက်ချက်ခြင်း ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် heating system သည် thermal comfort ကို တစ်နှစ်လုံးရှိ နာရီပေါင်း၏ ၉၇.၅%(97.5 percent of the time)အချိန်တွင် ဖြစ်ပေါ်မည့် အဆိုးဆုံး အပူချိန်ကို အခြေခံ၍ တွက်ချက်ခြင်း ဖြစ်သည်။ သို့သော် ရာသီဉတုအဆိုးဝါးဆုံး ၂.၅% နာရီ အချိန်များတွင် ထို heating system က သက်သောင့်သက်သာ ဖြစ်စေမည့် အပူကို ထုတ်ပေးနိုင်လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ (but may fail to do so during 2.5 percent of the time)

ဥပမာ- Denver, Colorado အတွက် 97.5 percent winter design temperature သည် -17°C ဖြစ်သည်။ သို့သော် Denver ၏ အပူချိန်(temperature)သည် အချိန်နာရီ အနည်းငယ်ခန့် -17°C ထက် ပိုနိမ့်နိုင်သည်။ ပုံမှန်နှစ်များ(typical year) ဆောင်းရာသီလများတွင် ထုံးစံအားဖြင့် -17°C ထက် ပိုနိမ့်သည့် နာရီပေါင်းသည် ၂.၅% ဖြစ်သည်။ (about 2.5 percent of the time during winter months in a typical year)။ 97.5% ဖြစ်ပေါ်မည့် အအေးဆုံး -17°C ကိုသာ outdoor desing temperature အဖြစ် အခြေခံ၍ heating load ကို တွက်သည်။

အရေးကြီးသည့်လုပ်ငန်းများ(critical application)ဖြစ်သည့် ဆေးရုံ၊ ဆေးခန်းများ (health care facilities) နှင့် တချို့သော စက်မှုလုပ်ငန်းများ (process industries)တွင် 99% အထိ ယူတွက်ရန် လိုအပ်(require the more stringent 99 percent level)သည်။

Table 16–4 တွင် ဆောင်းရာသီနှင့် နွေရာသီ နှစ်မျိုးလုံးအတွက်(for both cases as well as summer comfort levels) outdoor design condition များကို ဖော်ပြထားသည်။

ဆောင်းရာသီ(winter)အတွက် weather data ရာခိုင်နှုန်း(percentages)သည် ဒီဇင်ဘာ(December)၊ ဇန်နဝါရီ(January)နှင့် ဖေဖော်ဝါရီ(February)လများ အပေါ်တွင် အခြေခံသည်။ နွေရာသီ(summer)အတွက် ဇွန်လ(June)မှ စက်တင်ဘာ(September)လများ၏ weather data အပေါ်တွင် အခြေခံသည်။ ဆောင်းရာသီလ (၃)လ(three winter months)၏ ရက်ပေါင်း(၉၀) အပေါ်တွင် အခြေခံသည်။ နာရီပေါင်း (၂၁၆၀) ဖြစ်သည်။ (total of 31 + 31 + 28 = 90 days and thus 2160 hours)

ထို့ကြောင့် heating system သည် 97.5 percent level အပေါ်တွင် အခြေခံထားသည်။ ရာသီဉတု အဆိုးဝါးဆုံးအခြေအနေ နာရီပေါင်း(၅၄)နာရီခန့်တွင် လုံလောက်သည့် အနွေးဓာတ်(comfort level)ကို ထုတ်ပေး နိုင်လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ (2160 X 2.5% = 54 hours during the heating season of a typical year.) နာရီပေါင်း (၅၄)နာရီခန့် ၂.၅% ခန့်ကို လူအများစုသည် သတိပြုမိလိမ့်မည်မဟုတ်ပေ။ (most people will not even notice)

ထုထည်ကြီးမားသည့် အဆောက်အဦ(large thermal masses)များတွင် ပို၍ ထင်ရှားသည်။ အနိမ့်ဆုံး အပူချိန်(minimum temperatures)သည် နံနက်(၆)နာရီမှ (၈)နာရီခန့်(occur between 6:00 AM and 8:00 AM solar time)တွင် ဖြစ်ပေါ်သည်။

Design load နှင့် actual load တို့ ကွာခြားလေ့ရှိသည်။ Heating system သို့မဟုတ် cooling system များတွင် peak heating load သို့မဟုတ် design heating load ကို steady-state analysis မှ တွက်ယူသည်။ Heating system အရွယ်အစား ရွေးချယ်ရန်အတွက် indoors နှင့် outdoor design condition များကို သတ်မှတ် ရသည်။ ထိုသို့ သတ်မှတ်ထားခြင်းဖြင့် system သည် မျှော်လင့်ထားသည့် အဆိုးဆုံး အခြေအနေများ(anticipated

worst conditions)တွင် ကျေနပ်သည့် အခန်းအတွင်း အခြေအနေ(အပူချိန်)ရရှိအောင် ကောင်းစွာ perform လုပ်ပေးရန်အတွက် ဖြစ်သည်။

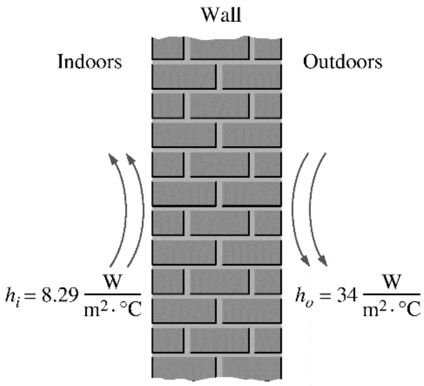
တိုက်နေသည့်လေ(wind)ကြောင့်(လေတိုက်နှုန်း) အပူကူးပြောင်းခြင်း(heat transfer) ပိုများလာသည်။ ထို့အပြင် အဆောက်အဦ၏ နံရံများ(walls)၊ ခေါင်မိုး(roof) နှင့် ပြတင်းပေါက်များ(windows) စသည်တို့၌ ဖြစ်ပေါ်သည့် convection heat transfer coefficient ပိုများလာနိုင်သည်။ Infiltration ပိုများလာနိုင်သည်။

ထို့ကြောင့် ရာသီဥတုအချက်အလက်များ(weather data)ကို ဖော်ပြသည့်အခါ လေတိုက်နှုန်း(wind speed)ကိုပါ ဖော်ပြရသည်။ Heating load နှင့် cooling load များ တွက်ရန် ဆောင်းရာသီ(winter)အတွက် အသုံးပြုသင့်သည့် လေတိုက်နှုန်း(wind speed)သည် 15 mph (6.7 m/s)ဖြစ်သည်။ နွေရာသီ(summer)အတွက် 7.5 mph (3.4 m/s) ဖြစ်သည်။

အဆောက်အဦ၏ အပြင်ဘက်ဆုံးနံရံ(outer surface of a building)အတွက် convection နှင့် radiation နှစ်ခုပေါင်း(combined)အတွက် ASHRAE မှ ထောက်ခံထားသည့်(recommended) heat transfer coefficients နှင့် corresponding design value ကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

$h_{o,winter} = 34.0\ W/m^2 \cdot C = 6.0\ Btu/h \cdot ft^2 \cdot °F$

$h_{o,summer} = 22.7\ W/m2 \cdot °C = 4.0\ Btu/h \cdot ft^2 \cdot °F$



ဆောင်းရာသီနှင့် နွေရာသီ နှစ်မျိုးအတွက် အဆောက်အဦ၏ အတွင်းနံရံ(interior surfaces of a building)များအတွက် recommended heat transfer coefficient value သည်

$h_i = 8.29\ W/m2 \cdot °C = 1.46\ Btu/h \cdot ft^2 \cdot °F$

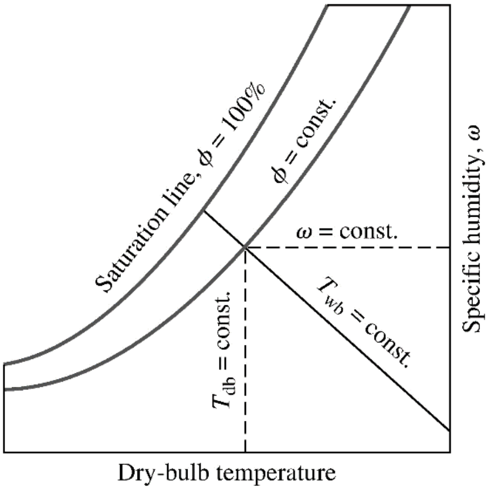
ပုံ ၃-၇ အဆောက်အဦ၏ အပြင်နံရံနှင့် အတွင်းနံရံ(outer and inner surfaces of a building)တို့၌ ဖြစ်ပေါ်မည့် convection နှင့် radiation နှစ်မျိုးပေါင်း(combined)အတွက် ဆောင်းရာသီ ဒီဇိုင်း တန်ဖိုး(recommended winter design values)အတွက် heat transfer coefficient များကို ပုံတွင် ဖော်ပြထားသည်။

Insulation ကောင်းသည့်အဆောက်အဦများ(well-insulated buildings)အတွက် မျက်နှာပြင်မှ အပူကူးပြောင်းမှု(surface heat transfer coefficients)သည် overall heat transfer coefficients ၏ သေးငယ်သည့် အစိတ်အပိုင်း(small part)မျှသာ ဖြစ်သည်။ မပြောပလောက်သည့် ပမာဏမျှသာ ဖြစ်သည်။

နွေရာသီတွင် ပြင်ပစိုထိုင်းဆသည် အခန်းအတွင်းရှိ စိုထိုင်းဆထက် အလွန်ပိုများသည်။ (In summer, the moisture level of the outdoor air is much higher than that of indoor air.) ထို့ကြောင့် ပြင်ပမှ ဝင်ရောက်လာမည့် စိုထိုင်းဆများ၊ ရေငွေ့များ၊ infiltrating နှင့် ventilation ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာမည့် စိုထိုင်းဆနှင့် ရေငွေ့များ ကို cooling system က ဖယ်ထုတ်ပေးရမည်။ ထိုသို့ ဖယ်ထုတ်ပေးနိုင်ရန်အတွက် cooling system capacity သည် လုံလောက်အောင် ကြီးမားရန် လိုအပ်သည်။

Cooling system များ၏ အရွယ်အစားကို ရွေးချယ်သတ်မှတ်ရန် design condition တွင် ဖြစ်ပေါ်နေမည့် ပြင်ပလေထဲ၌ ရေငွေ့ပါဝင်နေမှု(moisture level of the outdoor air)ကို သိရန် လိုအပ်သည်။ ထို့ကြောင့် wet-bulb temperature ကို သတ်မှတ်ခြင်း(specifying) ဖြစ်သည်။ Wet-bulb သည် စိုထိုင်းဆကို ဖော်ပြရန်အတွက် အကောင်းဆုံး ညွှန်ပြကိန်းတစ်ခု(a good indicator of the amount of moisture in the air) ဖြစ်သည်။

ဆောင်းရာသီအေးနေသည့်လေထဲတွင် ပါဝင်နေသည့် ရေငွေ့ ပါဝင်မှုသည် အလွန်နည်း(moisture level of the cold outside air is very low in winter)သောကြောင့် building heating load တွင် အကျိုးသက်ရောက်မှု မဖြစ်ပေါ်ပေ။ တစ်နည်းအားဖြင့် ဆောင်းရာသီတွင် အခန်းပြင်ပစိုထိုင်းဆသည် အခန်းအတွင်းထက် ပိုနိမ့်သောကြောင့် heating load တွက်ရာတွင် စိုထိုင်းဆကို ထည့်တွက်ရန် မလိုအပ်ပေ။



ပုံ ၃-၈ Determination of the relative humidity and the humidity ratio of air from the psychrometric chart when the wet-bulb and ambient temperatures are given.

အဆောက်အဦများ(buildings)၏ heating and cooling အတွက် solar radiation သည်လည်း အဓိက (major role) ကျသည့်အချက် ဖြစ်သည်။ Heating design load နှင့် cooling design load များကို ဆန်းစစ်ခြင်း (evaluation) ပြုလုပ်သည့်အခါ အရေးကြီးသည့်အချက်အဖြစ် ထည့်သွင်း စဉ်းစားသင့်သည်။ Peak heating load သည် နံနက်စောစောတွင်(early in the mornings) ဖြစ်ပေါ်သည်။ နေမထွက်ခင်(sunrise)အချိန်၌ solar radiation သည် peak or design heating load နှင့် heating system အရွယ်အစား အပေါ်တွင် အကျိုးသက်ရောက်မှု မရှိပေ။ Solar radiation သည် actual heating load အပေါ်တွင် အကျိုးသက်ရောက်မှုရှိသည်။ အဆောက်အဦ၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(annual heating energy consumption)ကို သိသိသာသာ လျော့နည်းစေနိုင်သည်။

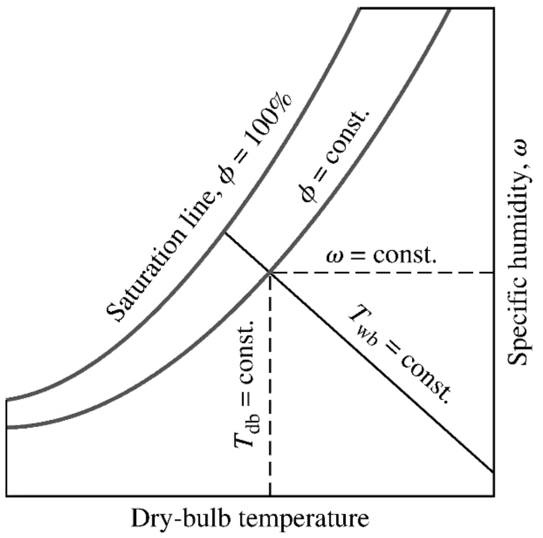
ဥပမာ - **Summer and Winter Design Conditions for Atlanta**

Outdoor design conditions ကို တွက်ပါ။ Atlanta, Georgia ၏ နွေရာသီ(summer)အတွက် 2.5 percent level ဖြစ်သည်။ ဆောင်းရာသီအတွက် (winter) 97.5 percent နှင့် 99 percent levels ဖြစ်သည်။

အဖြေ- United States ရှိ အဓိကမြို့ကြီးများ(major cities)၏ climatic conditions များကို Table 3–6 နှင့် 3-7 တွင် ဖော်ပြထားသည်။ ထိုဇယားမှ indicated design levels ကို ဖတ်ယူနိုင်သည်။

Winter	$T_{outdoor}$ = -6°C	(97.5 percent level)
Winter	$T_{outdoor}$ = -8°C	(99 percent level)
Summer	$T_{outdoor}$ = 33°C	
	$T_{wet-bulb}$ = 23°C	(2.5 percent level)

Atlanta ဒေသရှိ heating and cooling system များ အတွက် အထက်ပါ outdoor condition များကို အခြေခံ၍ အရွယ်အစား ရွေးချယ်နိုင်သည်။ အကယ်၍ wet-bulb နှင့် လေထုအပူချိန်(ambient temperature) ရရှိလျှင် psychrometric chart ကို အသုံးပြု၍ relative humidity နှင့် လေ၏ humidity ratio ကို ရနိုင်သည်။



ပုံ ၃-၉ Determination of the relative humidity and the humidity ratio of air from the psychrometric chart when the wet-bulb and ambient temperatures are given.

၃.၁၅ References

(၁) ANSI/ASHRAE, ANSI/ASHRAE Standard 55-1992, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Atlanta, GA, 1992.

(၂) ASHRAE, ASHRAE Standard 62-1999, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta, GA, 1999.

(၃) ASHRAE, ASHRAE Handbook 1996, HVAC Systems and Equipment, Atlanta, GA, 1996.

(၄) ASHRAE, ASHRAE Handbook 1997, Fundamentals, Atlanta, GA, 1997.

(၅) ASHRAE Evironmental Health Committee 1987, Indoor Air Quality Position Paper, Atlanta, GA, 1987.

-End-