Chapter-9 Cooling Load

၉.၁ Cooling Plant Load

Cooling plant များအတွက် ဒီဇိုင်းလုပ်ရမည့် cooling load ကို အဆောက်အဦအသစ် ဖြစ်လျှင် cooling load software ကို အသုံးပြု၍ တွက်နိုင်သလို လက်ရှိ အဆောက်အဦဖြစ်လျှင် energy audit ဒေတာ များမှ ရရှိနိုင်သည်။ Cooling load သည် အဆောက်အဦ၏ heat gain ဖြစ်သည်။

မည်သည့်နည်းကို သုံးသည်ဖြစ်စေ cooling load တွင် အောက်ပါ heat gain များ ပါဝင်သည်။

(က) Outdoor air load
(ခ) System losses/gains
(ဂ) External gains
(ဃ) Internal gains
(င) Zone load နှင့်
(စ) Peak simultaneous building or zone loads တို့ ဖြစ်သည်။

၉.၁.၁ Outdoor Air Load

ပြင်ပလေအပူချိန်(outdoor air temperature)သည် အခန်းအပူချိန်(indoor air temperature) ထက် ပိုမြင့်သောကြောင့် cooling plant လိုအပ်သည်။ လူများ လေကောင်းလေသန့်ရရန်၊ Indoor Air Quality (IAQ) ကောင်းမွန်စေရန် စသည့် အကြောင်းများကြောင့် အဆောက်အဦ သို့မဟုတ် အခန်းအတွင်းသို့ ပြင်ပလေ(outdoor air)များ ထည့်ပေးရန် လိုအပ်သည်။ ပြင်ပလေအပူချိန်(outdoor air temperature)သည် အခန်းအပူချိန်(indoor air temperature) ထက် ပိုမြင့်သောကြောင့် ပြင်ပလေ(outdoor air)ပေးခြင်းသည် heat gain ကို ပိုများစေကာ cooling load လည်း ပိုများ လာလိမ့်မည်။ ထို့ကြောင့် ထည့်ပေးသည့် ပြင်ပလေ(outdoor air) အနည်းအများ ပမာဏကို လိုက်၍ cooling load လိုက်များလာလိမ့်မည်။

၉.၁.၂ System losses/gains

Fan မော်တာမှ ထွက်သည့် အပူ(heat) များကြောင့် system heat gain ဖြစ်ပေါ်လာသည်။ လေများသည် fan သို့မဟုတ် blower ကို ဖြတ်ပြီးနောက် အပူချိန် (၁)ဒီဂရီ မှ (၃)ဒီဂရီ စင်တီဂရိတ်အတွင်း မြင့်တက်

နိုင်သည်။ Duct အတွင်းရှိ supply air temperature သည် duct အပြင်ရှိ အခန်း အပူချိန်ထက်နိမ့် နေသောကြောင့်လည်း system heat gain ဖြစ်ပေါ်သည်။ ထို system heat gain များကို သေချာစွာ တွက်ချက်နိုင်မှ cooling load တန်ဖိုး မှန်ကန်ပေလိမ့်မည်။

၉.၁.၃ External gains

အဆောက်အဦ၏ နေရာ(location)၊ မျက်နှာမူရာဘက်(orientation)၊ တည်ဆောက်ထားသည့် ပစ္စည်း အမျိုးအစား(material)၊ ပြူတင်းပေါက်များ၏အကျယ်(window to wall ratio)၊ တပ်ဆင်ထားသည့် sun shade နှင့် walls ၊ glazing၊ roofs and floor စသည်တို့ကိုလိုက်၍ external heat gain တန်ဖိုး အနည်း အများကွဲပြားသည်။

၉.၁.၄ Internal gains

Internal heat gain များသည် လူအရေအတွက်(occupancy and activity details)? lighting မှထွက်သည့် heat gain နှင့် တခြားသော equipment များမှ ထွက်သော heat gain များ ပါဝင်ကြသည်။

၉.၁.၅ Zone load

အဆောက်အဦ အတွင်းတွင် အခန်းများစွာ၊ အထပ်များစွာ ရှိနိုင်သည်။ သို့သော် အခန်းများ အထပ်များကို လိုက်၍ ခွဲခြားပြောဆိုခြင်းထက် ဇုန်(zone)များအဖြစ် ခွဲခြားပြောဆိုခြင်းက ပို၍ သင့်လျော်သည်။ အထပ်တစ်ခုလုံးကို ဇုန်တစ်ဇုန် အဖြစ် သတ်မှတ်နိုင်သည်။ Set point အပူချိန်တူသည့် အခန်းများအားလုံးကို ဇုန်တစ်ဇုန်အဖြစ် သတ်မှတ်နိုင်သည်။ External heat gain တူသည့် အခန်းများအားလုံးကို ဇုန်တစ်ဇုန်အဖြစ် သတ်မှတ်နိုင်သည်။ ဥပမာ-အထပ်တစ်ထပ်အတွင်းရှိ အရှေ့ဘက်နေရောင် အထိုးခံရသော အခန်းများ အားလုံးကို ဇုန်တစ်ဇုန်အဖြစ် သတ်မှတ်နိုင်သည်။ ဇုန်တစ်ဇုန်၌ ရှိသည့် heat gain ကို zone load အဖြစ် သတ်မှတ်နိုင်သည်။

၉.၂ Peak Simultaneous Building Loads သို့မဟုတ် Zone Load

ဇုန်တစ်ဇုန်ချင်းစီ၏ peak load ဖြစ်ပေါ်သည့် အချိန်သည် မတူညီကြပေ။ အရှေ့ဘက်နေရောင် အထိုးခံရသောဇုန် (အခန်းများ)၏ peak load သည် မွန်းမတည့်မီ ဖြစ်နိုင်သည်။ အနောက်ဘက်နေရောင် အထိုးခံ ရသောဇုန်(အခန်းများ) ၏ peak load သည် မွန်းလွဲပြီးချိန်၌ ဖြစ်နိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် ဇုန်များအားလုံးပေါင်းပြီး ရရှိသည့် total peak load ဖြစ်ပေါ်မည့် မည့်အချိန်ကို သိရန်လိုသည်။ "Peak simultaneous load" ဟုလည်း ခေါ်ဆိုသည်။ Sensible heat gain နှင့် Latent heat gain နှစ်မျိုးလုံးကို ထည့်စဉ်းစားရန် လိုသည်။

Design information required

Zones

ဇုန်များအဖြစ် ပိုင်းပိုင်းပြီးခွဲခြားထားခြင်းကြောင့် အထူးသဖြင့် ဇုန်တစ်ဇုန်နှင့် တစ်ဇုန် heat gain များစွာ ကွဲပြားကြသည့်အခါ ဇုန်တစ်ခုချင်းစီကို ပိုကောင်းစွာ control လုပ်နိုင်သည်။ (ပြူတင်းပေါက်များ၊ နံရံများ ကို အတိအကျ ဖော်ပြထားသည့် architect's layout drawing များမှ ဇုန်တစ်ခုချင်းစီ၏ အကျယ်အဝန်းနှင့် ဇုန်အရေ အတွက်ကို တွက်ယူနိုင်သည်။ ဇုန်တစ်ဇုန်ကို AHU တစ်လုံး သို့မဟုတ် နှစ်လုံး တပ်ဆင်ပေးနိုင်သည်။ သို့မဟုတ် fan coil များစွာ တပ်ဆင်နိုင်သည်။

Zone heat gains

ဇုန်တစ်ခုချင်းစီ၏ heat gain ကို တွက်ချက်ရန် လိုအပ်သည်။ ဇုန်များအဖြစ် ပိုင်းခြားထားသည့် internal wall သည် အပူချိန် မတူညီသည့် ဇုန်နှစ်ခုအကြားတွင်ရှိလျှင် ထို wall မှ heat gain ကိုလည်း ထည့်တွက်ရန် လိုအပ်သည်။

Hourly cooling loads

Zone load များကို နာရီအလိုက်(hourly basis)တွက်ရမည်။ ဂရပ်ပေါ်တွင် zone load တန်းဖိုးများကို ချ၍ ရေးဆွဲခြင်းဖြင့် peak simultaneous load ကို ရရှိနိုင်သည်။

Approximate peak time of loads တွက်ပြီးနောက် ဇုန်အားလုံးအတွက် တစ်ဇုန်ချင်းစီ ၏ နာရီတိုင်းကို တွက်ရန်လည်း မလိုအပ်ပေ။ အကယ်၍ peak time သည် 14:00 hr (မွန်းလွဲ ၂နာရီ) ဖြစ်ပါက 13:00 hr နှင့် 15:00 hr တို့ရှိ load စစ်ဆေးရုံဖြင့် လုံလောက်သည်။ Peak time နှင့် peak load တို့ကို မှန်ကန်စွာ တွက်ချက်ပြီးသား ဖြစ်ကြောင်း မှတ်ယူ နိုင်သည်။ Computer software ကို အသုံးပြုပြီး တွက်ပါက maximum load ဖြစ်ပေါ်သည့်အချိန်ကို အလွယ်တကူ သိနိုင်သည်။

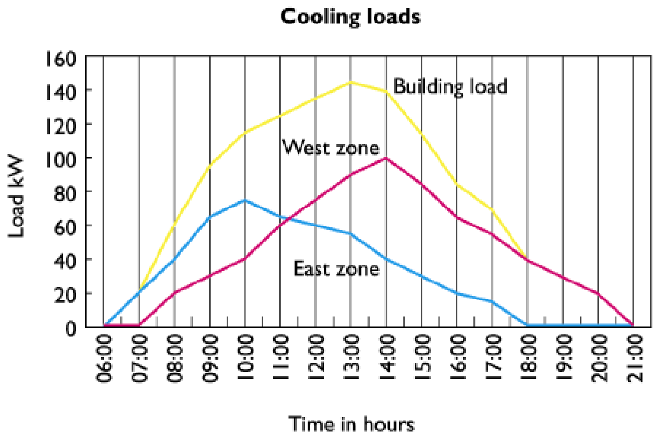
ဥပမာ

အရှေ့ဘက်ဇုန်(east zone) နှင့် အနောက်ဘက်ဇုန်(west zone) ဟူ၍ ဇုန်နှစ်ဇုန် ရှိသည့် အဆောက်အဦတစ်ခုကို နမူနာအဖြစ် တွက်ပြထားသည်။ ဇုန်တစ်ဇုန်လျှင် fan coil unit(FCU) (၁၅)လုံး တပ်ဆင်ထားသည်။ အရှေ့ဘက်ဇုန်(east zone)ရှိ FCU တစ်လုံးစီ၏ cooling capacity မှာ 1.5 kW ဖြစ်သည်။ West Zone ရှိ FCU တစ်လုံးစီ၏ cooling capacity မှာ 2.0 kW ဖြစ်သည်။

အဆောက်အဦ၏ total capacity မှာ 175 kW ဖြစ်သည်။ Primary cooling system အဖြစ် fan coil unit အားလုံး ၏ capacity ကို 175 kW နှင့်အညီ ဖြစ်အောင် တပ်ဆင်ရန် မလိုအပ်ပေ။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် fan coil unit များ အားလုံးသည် full capacity ဖြင့် တပြိုင်တည်း မောင်းနေမည့် အချိန်မရှိနိုင်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ ဇုန်တစ်ခုချင်းစီတွင် ဖြစ်ပေါ်မည့် cooling load ကို နာရီအလိုက်(hourly basis) ဖော်ပြထားသည်။ အရှေ့ဘက်ဇုန် (east zone) နှင့် အနောက်ဘက်ဇုန်(west zone) တို့တွင် နာရီအလိုက်ဖြစ်ပေါ်သော load များကို ပေါင်းခြင်းဖြင့် အဆောက်အဦတွင် ဖြစ်ပေါ်မည့် building load ကို ရရှိနိုင်သည်။ ထိုနောက် peak simultaneous load ကို သိနိုင်သည်။ ဤဥပမာတွင် peak simultaneous load မှာ 145 kW ဖြစ်သည်။

ဂရပ်ပေါ်တွင် အဆောက်အဦ၏ peak simultaneous load ထင်ရှားစွာ သိမြင်နိုင်သည်။ အဆောက်အဦတစ်ခုတွင် အခန်းပေါင်းများစွာ ဇုန်ပေါင်းများစွာ ရှိနိုင်သောကြောင့် maximum simultaneous load ကို သိရန် အတွက် ဇုန်အားလုံး၏ cooling load ကို တွက်ရန် လိုအပ်သည်။

Time 24 h	East zone (kW)	West zone (kW)	Total (kW)
00:00	0	0	0
01:00	0	0	0
02:00	0	0	0
03:00	0	0	0
04:00	0	0	0
05:00	0	0	0
06:00	0	0	0
07:00	20	0	20
08:00	40	20	60
09:00	65	30	95
10:00	75	40	115
11:00	65	60	125
12:00	60	75	135
13:00	55	90	145
14:00	40	100	140
15:00	30	85	115
16:00	20	65	85
17:00	15	55	70
18:00		40	40
19:00		30	30
20:00		20	20
21:00			
22:00			
23:00			



References:

CIBSE Guide A, *Environmental Design,* 2006, ISBN 1 903287 66 9

Lawrence Race G, Pennycook K, *Design Checks for HVAC – A Quality Control Framework for Building Services Engineers* – sheets 19-23, BG 4/2007, BSRIA 2007, ISBN 978 086022 669 7

၉.၃ Design Watch Points

(၁) Solar gain တစ်ခုတည်းသာ အချိန်ကို လိုက်၍ ပြောင်းလဲသည်မဟုတ် occupancy rate နှင့် equipment တို့သည်လည်း အချိန်ကို လိုက်၍ ပြောင်းလဲနေကြသည်။ Equipment များသည် လူများသုံးမနေသည့်အချိန်တွင် ပိတ်မထားပဲ standby mode ဖြစ်နေသောကြောင့် heat reject လုပ်ကြသည်။

အရေးကြီးသောအချက်မှာ heat gain များကို အချိန်နှင့် လိုက်၍ တွက်ရန်လိုသည်။

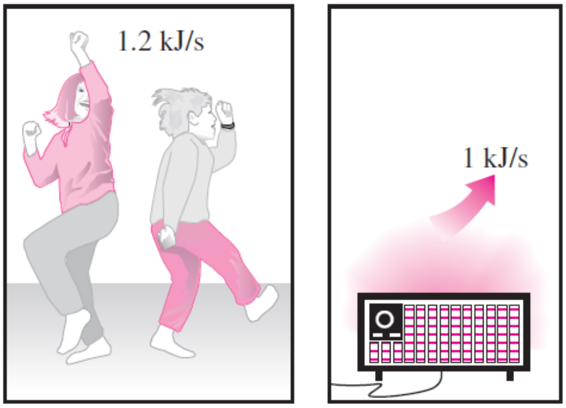
(၂) အချို့သော computer programme များနှင့် software တို့သည် cooling load ကိုသာ တွက်ချက် ပေးပြီး outdoor air load ကို ထည့်သွင်း တွက်ချက်ခြင်း မပြုလုပ်နိုင်ကြပေ။ တချို့သော software များသည် outdoor air load ကို ထည့်သွင်း တွက်ချက်ပေးနိုင်သော်လည်း လိုအပ်သည့် information များကို အတိအကျ ထည့်သွင်း ပေးရန် လိုအပ်သည်။

၉.၄ Heat Balance on The Body

လူတစ်ဦးချင်း တစ်ယောက်ချင်းစီ၏ အပူချိန် ကြိုက်နှစ်သက်မှုသည် မတူညီပေ။ တချို့က (၂၀) ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် မှ (၂၂) ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် အပူချိန်တွင် သက်သောင့်သက်သာ(comfortable) ဖြစ်သည်ဟု ထင်ကြသည်။ တချို့က အပူချိန်(၂၂)ဒီဂရီ စင်တီဂရိတ်မှ (၂၄)ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် အတွင်း၌ သက်သောင့် သက်သာ (comfortable) ဖြစ်သည်ဟု ထင်ကြသည်။ သက်သောင့်သက်သာ(comfortable)ဖြစ်မှုသည် ထိုသူ၏ ခန္ဓာကိုယ် အတွင်းမှ အပူချိန်ဆုံးရှုံးမှုနှုန်း ပေါ်တွင် မူတည်သည်။ လူ၏ခန္ဓာကိုယ်သည် အစားအစာများကို လောင်စာ(fuel)အဖြစ် လောင်မြိုက်နေသည့် မီးဖိုကြီးတစ်ခုသာ ဖြစ်သည်။ လူများ စားသောက်သည့် အစားအစာထဲတွင် ကာဗွန်(carbon)နှင့် hydrogen တို့ ပါဝင်သည်။ စားသောက်ပြီးသည့် နောက် အစားအစာများနှင့် ရှူသွင်းလိုက်သည့် လေထဲမှ အောက်စီဂျင်တို့ ဓာတ်ပြုကာ(Oxidation ဖြစ်ကာ) Carbon-dioxide နှင့် ရေငွေ့(water vapour)တို့ ထွက်လာသည်။ ထိုဖြစ်စဉ်ကို ဆရာဝန်နှင့် သိပ္ပံပညာရှင်များက ဇီဝဖြစ်စဉ်(metabolism)ဟုခေါ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် ဇီဝဖြစ်စဉ် (metabolism) ဆိုသည်မှာ လူတို့စားသုံးလိုက်သည့် Carbohydrate ၊ Fat နှင့် Protein တို့ကို ခန္ဓာကိုယ်မှ ချေဖျက်လောင်ကျွမ်းစေခြင်းပင် ဖြစ်သည်။

လူခန္ဓာကိုယ်သည် အပူချိန်မပြောင်းလဲသည့် ကိရိယာတစ်မျိုးဖြစ်သည်။ (The body is a constant temperature device) လူ၏ metabolism ကိစ္စများအတွက်နှင့် ကျန်းမာရန်အတွက် လူ၏ခန္ဓာကိုယ်အတွင်းမှ အပူချိန်သည် ၉၈.၆ ဒီဂရီဖာရင်ဟိုက် (၃၇ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ်) ခန့်တွင် ရှိနေရန် လိုအပ်သည်။ လူတို့ သွားလာလှုပ်ရှားရန်အတွက် လိုအပ်သော စွမ်းအင်(energy)ကို အစား အစာများမှ ရရှိသည်။ လူတစ်ယောက်၏ သက်တောင့်သက်သာ ထိုင်နေ၊ နားနေသည့်အချိန်ကို basal metabolic အခြေအနေဟု ခေါ်သည်။ ထိုအခြေအနေတွင် ခန္ဓာကိုယ်သည် မည်သည့် ကိုယ်လက်လှုပ်ရှားမှုကို မျှ မပြုလုပ်ဘဲ အသက်ရှူခြင်း၊ သွေးများကို လည်ပတ်စေခြင်းစသည့် ခန္ဓာကိုယ် အတွင်းရှိ ဇီဝဖြစ်စဉ်များကိုသာ ဖြစ်ပေါ် နေသည်။ Metabolic rate သည် ခန္ဓာကိုယ်မှ စွမ်းအင်(energy) သုံးစွဲနှုန်း (consumption rate) ပင်ဖြစ်သည်။

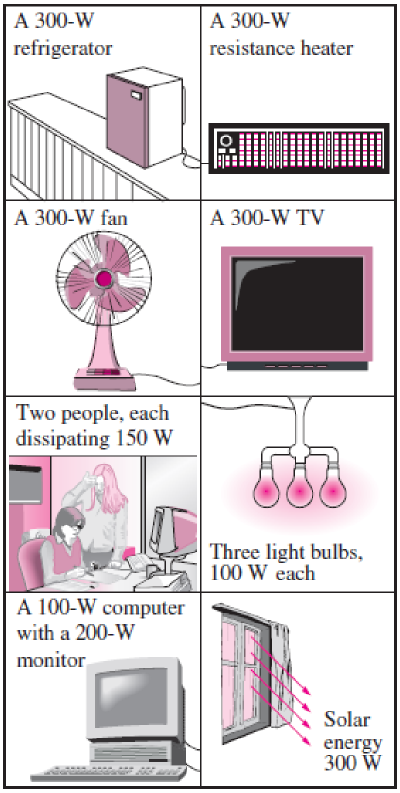
ခန္ဓာကိုယ်အလေးချိန် ကီလို(၇၀) ရှိပြီး၊ surface ဧရိယာ ၁.၈ စတုရန်းမီတာ ရှိသော အသက် (၃၀) အရွယ်ရှိ ယောကျ်ား တစ်ယောက်နားနေသည့်အခါ၌ basal metabolic rate သည် 84 watt ဖြစ်သည်။ ခန္ဓာကိုယ်သည် တစ်စက္ကန့်လျှင် 84 J ပမာဏရှိသော စွမ်းအင်ကို အသုံးပြုနေသည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် ခန္ဓာကိုယ်သည် တစ်စက္ကန့်လျှင် 84 Watt (joules per second) ရှိသော အပူပမာဏကို ခန္ဓာကိုယ်၏ ပြင်ပသို့ စွန့်ထုတ်နေသည်။ စားသုံးလိုက်သည့် အစားအစာများက ဓာတုစွမ်းအင်(chemical energy)များကို ခန္ဓာကိုယ်မှ အပူစွမ်းအင်(thermal energy)အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲပေးနေသည်။ အစာအိမ်ထဲတွင် ချေဖျက်စရာ အစားအစာ မရှိပါက ခန္ဓာကိုယ်မှ အဆီများကို လောင်ကျွမ်းစေသည်။

	
An average person dissipates energy to the surroundings at a rate of 84 W when resting.	Two fast-dancing people supply more energy to a room than a 1-kW electric resistance heater.

Metabolic ဖြစ်နှုန်းသည် လူ၏လှုပ်ရှားမှုကို လိုက်၍ ပြောင်းလဲနေသည်။ လူ၏လှုပ်ရှားမှု ပိုများလေ metabolic ဖြစ်နှုန်း ပိုများလေ ဖြစ်သည်။ ပြင်းထန်သော ကာယလေ့ကျင့်မှု လုပ်သူတစ်ဦး၏ metabolic ဖြစ်နှုန်းသည် သာမန် နားနေချိန်တွင် ဖြစ်သည့် basal metabolic ဖြစ်နှုန်းထက် (၁၀)ဆခန့် ပိုများသည်။ ထို့ကြောင့် အခန်းတစ်ခု အတွင်းတွင် လူနှစ်ယောက် ကာယလေ့ကျင့်ခန်းပြုလုပ်နေစဉ် ထွက်လာသည့် အပူပမာဏသည် 1kW လျှပ်စစ် အပူပေးစက် (heater)မှထွက်သည့် အပူပမာဏထက် ပိုများသည်။ လူခန္ဓာကိုယ်မှ ထွက်သည့် အပူ(heat) သည် total heat ကို ဆိုလိုသည်။ Total heat တွင် sensible heat နှင့် latent heat တို့ ပါဝင်သည်။ လေ့ကျင့်ခန်း အပြင်းအထန်လုပ်နေသည့် အချိန်တွင် sensible heat ပမာဏမှာ (၄၀)ရာခိုင်နှုန်း ဖြစ်ပြီး latent heat ပမာဏမှာ (၆၀)ရာခိုင်နှုန်း ဖြစ်သည်။ သာမန်လှုပ်ရှားမှု ပြုလုပ်နေချိန်တွင် sensible heat မှာ (၇၀)ရာခိုင်နှုန်းဖြစ်ပြီး latent heat မှာ (၃၀)ရာခိုင်နှုန်း ဖြစ်သည်။ ခန္ဓာကိုယ်မှ ချွေးထွက်ခြင်း(perspiration) သည် latent heat ဖြစ်သည်။

Metabolic rate သည် အသက်အရွယ်၊ ခန္ဓာကိုယ်အရွယ်အစား၊ ကျန်းမာရေး အခြေအနေနှင့် လိင်ပေါ် တွင် မူတည်၍ ပြောင်းလဲမှုရှိသည်။ အသက်ကြီးလာလေ metabolic rate ကျဆင်းလာလေလေ ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့်

အသက် (၃၀)ကျော်လာလျှင် အစာစားသုံးမှု ပုံမှန်အတိုင်း ဖြစ်သော်ငြားလည်း ကိုယ်အလေးချိန် တိုးလာတတ်ကြသည်။ Metabolic activity သည် ဦးနှောက်(brain)နှင့် အသဲ(liver)တွင် ၅၀ ရာခိုင်နှုန်းခန့် ဖြစ်ပေါ်သည်။ ထိုအင်္ဂါနှစ်မျိုးသည် ခန္ဓာကိုယ်အလေးချိန်၏ (၄)ရာခိုင်နှုန်းမျှသာ ဖြစ်သည်။ ကလေးများတွင် basal metabolic activity ၏ တစ်ဝက်ကျော် (၅၀ရာခိုင်နှုန်း)သည် ဦးနှောက်တွင် ဖြစ်သည်။



ခန္ဓာကိုယ်ကို cntrol volume အဖြစ် သတ်မှတ်လျှင် အစားအစာသည် အဝင်စွမ်းအင်(E in) ဖြစ်ပြီး body heat သည် အထွက်စွမ်းအင်(E out) ဖြစ်သည်။ ခန္ဓာကိုယ် အတွင်း တွင် မည်သည့် ဖြစ်စဉ်များ မည်ကဲ့သို့ ဖြစ်နေပါစေ အဝင်စွမ်းအင်(E in) နှင့် အထွက်စွမ်းအင် (E out) တူညီရမည်။ ရုပ်မြင်သံကြားစက်ဖြင့် ဥပမာ ပြနိုင်သည်။ TV set မှ 300 watt လျှပ်စစ်စွမ်းအင်ကို အသုံးပြုလျှင် ထို TV set မှ 300 watt ကို အပူစွမ်းအင်အဖြစ် စွန့်ထုတ်(reject) ရမည်။ TV set ၏ အထဲ တွင် မည်သည့် circuit က မည်သည့်အလုပ်ကို လုပ်ပေးသည် ဖြစ်စေ ထိုသဘော တရားမှာ စွမ်းအင်တည်မြဲမှုနိယာမ (Law of Conservation of Energy) ပင်ဖြစ်သည်။

သာမန်ယောကျ်ားတစ်ယောက်သည် (၂၄၀၀)ကယ်လိုရီ (Calories) မှ (၂၇၀၀)ကယ်လိုရီ(Calories) နေ့စဉ် လိုအပ်သည်။ သို့သော် သာမန် အမျိုးသမီးတစ်ယောက်သည် ၁၈၀၀ ကယ်လိုရီ မှ ၂၂၀၀ ကယ်လိုရီ နေ့စဉ် လိုအပ်သည်။

နေ့စဉ်လိုအပ်သည့် ကယ်လိုရီထက် ပိုမိုစားသုံးပါက ပိုသည့် ကယ်လိုရီများကို ခန္ဓာကိုယ်မှ အဆီ(body fat)အဖြစ် သိုလှောင် သိမ်းဆည်း ထားသည်။ အကယ်၍ လိုအပ်သည့် ကယ်လိုရီ ပြည့်အောင် စားသုံးခြင်း မရှိသည့် အချိန်တွင် ခန္ဓာကိုယ်မှ အဆီများ (Body fat) များကို ချေဖျက် ဖျော်ချပြီး ကယ်လိုရီ ဖြစ်စေသည်။

ခန္ဓာကိုယ်မှအဆီ (body fat) တစ်ကီလို အလေးချိန်သည် 33.1 MJ ပမာဏရှိသည့် metabolism energy ဖြစ်သည်။ အစားအစာ လုံးဝစားသုံးခြင်း မရှိသူတစ်ယောက် starving person (zero energy intake) သည် နေ့စဉ် အသက်ရှင်ရန်အတွက် (၂၂၀၀)ကယ်လိုရီ (9211 KJ) လိုအပ်သည်။ ထို (၂၂၀၀)ကယ်လိုရီကို အဆီများမှ ရရှိသည်။ (9211/ 33100 = 0.28 kg)

လူတစ်ယောက်သည် တစ်နေ့ အစာမစားလျှင် ခန္ဓာကိုယ်မှ အဆီ (body fat) ၀.၂၈ ကီလိုကို ချေဖျက်ပြီး တစ်နေ့တာ လိုအပ်သော စွမ်းအင်ကို ဖြစ်စေသည်။ ထို့ကြောင့် လူတစ်ယောက်သည် အစာမစားဘဲ ရက်ပေါင်း (၁၀၀)ကျော် အသက်ရှင် နိုင်သည်။ ခန္ဓာကိုယ်မှ ရေဓာတ်ဆုံးရှုံးခြင်း(dehydration) နှင့် ဆီးသွားခြင်းတို့ကြောင့် ရေသောက်ရန် လိုအပ်သည်။

Approximate energy consumption of a 68-kg adult during some activities (1 Calorie = 4.1868 kJ = 3.968 Btu)

Activity	Calories/h
Basal metabolism	72
Basketball	550
Bicycling (21 km/h)	639
Cross-country skiing (13 km/h)	936
Driving a car	180
Eating	99
Fast dancing	600
Fast running (13 km/h)	936
Jogging (8 km/h)	540
Swimming (fast)	860
Swimming (slow)	288
Tennis (advanced)	480
Tennis (beginner)	288
Walking (7.2 km/h)	432
Watching TV	72

လူ၏ energy consumption (metabolism rate) သည် ခန္ဓာကိုယ်၏ အလေးချိန် (အရွယ်အစား)ကို လိုက်၍ လိုအပ်သည်။

ဥပမာ- အလေးချိန် 68 kg ရှိသော စက်ဘီးနင်းသည့် လူတစ်ယောက်သည် အထက်ပါ ဇယားအရ 639 ကယ်လိုရီ လိုအပ်လျှင် 50 kg အလေးချိန်ရှိသော စက်ဘီးသမား၏ metabolism rate ကို အောက်ပါအတိုင်း တွက်ချက်နိုင်သည်။

$$(50\ kg)x\frac{639\ Calories/\ hr}{68\ kg} = 470\ Calories/\ hr$$

ထို့အတူ 100 kg စက်ဘီးသမား တစ်ယောက်အတွက် 960 Calories/ hr လိုအပ်မည်။

Cooling Load နှင့်သက်ဆိုင်သော Rule of Thumb များ

People and Occupancy

ACMV တွက်ချက်မှုများပြုလုပ်ရာတွင် cooling load တွက်ရန်အတွက် data များစွာလိုအပ်သည်။ လိုအပ်မှု Data အားလုံးကိုရရှိရန်အတွက် တစ်ခါတစ်ရံ အလွန်ခက်ခဲသည်။ ထို့ကြောင့် တွက်သည့် အချိန် ၌ မရရှိနိုင်သော Data များအတွက် သင့်လျော်သည့် ခန့်မှန်းချက်များ(estimation) ပြုလုပ်ရလေ့ရှိသည်။ Rule of thumb ဆိုသည်မှာ လက်တွေ့အလုပ်ခွင်တွင် အတွေ့အကြုံ အရ လက်ခံထားသော၊ လုပ်လေ့ လုပ်ထရှိသော သတ်မှတ်ချက်များ၊ ယူဆချက်များနှင့် စည်းမျဉ်းများဖြစ်သည်။ (Rule of Thumb = rule based on experience or practice rather than theory.)

Occupancy

Comfort air conditioning system အများအတွက် cooling load တွက်လျှင် အခန်း သို့မဟုတ် အဆောက်အဦအတွင်းရှိ လူများမှ ထွက်သည့် Heat load ကို မဖြစ်မနေထည့်တွက်ရန်လိုအပ်သည်။ အတိအကျ တွက်ရန်အတွက် ယောက်ကျား၊ မိန်းမ နှင့် ခလေးငယ် အရေအတွက်ကိုသိရန်လိုသည်။ အရေအတွက် အတိအကျကို architect ကသာ အနီးစပ်ဆုံး ခန့်မှန်းပေးနိုင်သည်။ အကယ်၍ လူအရေအတွက်မရခဲ့သော် cooling load တွက်ရန် အတွက် လိုအပ်သော occupancy rate ကို ကြမ်းခင်းဧရိယာ(floor area) တွက်ယူ နိုင်သည်။ အခန်း အမျိုးအစားကို

လိုက်၍ ရှိနိုင်မည့်လူအရေအတွက်သည် ပြောင်းလဲနေသည်။ ထို့ကြောင့် occupancy rate ကို အခန်းအမျိုးအစားနှင့် ကြမ်းခင်းဧရိယာ(floor area)မှတစ်ဆင့် Rule of Thumb ဖြင့် ခန့်မှန်း ယူနိုင်သည်။

အခန်းအမျိုးအစားများ	
General	80–150 Sq.Ft./Person
Private	100–150 Sq.Ft./Person
Conference, Meeting Rooms	20–50 Sq.Ft./Person
Banks, Court Houses, Municipal Buildings, Town Halls	50–150 Sq.Ft./Person
Police Stations, Fire Stations, Post Offices	100–500 Sq.Ft./Person
Precision Manufacturing	100–300 Sq.Ft./Person
Computer Rooms	80–150 Sq.Ft./Person
Restaurants	15–50 Sq.Ft./Person
Kitchens	50–150 Sq.Ft./Person
Cocktail Lounges, Bars, Taverns, Clubhouses, Nightclubs	15–50 Sq.Ft./Person
Hospital Patient Rooms, Nursing Home Patient Rooms	80–150 Sq.Ft./Person
Hospital General Areas	50–150 Sq.Ft./Person
Medical/Dental Centers, Clinics, and Offices	50–150 Sq.Ft./Person
Residential	200–600 Sq.Ft./Person
Apartments (Eff., 1 Room, 2 Room)	100–400 Sq.Ft./Person
Motel and Hotel Public Spaces	100–200 Sq.Ft./Person
Motel and Hotel Guest Rooms, Dormitories	100–200 Sq.Ft./Person
School Classrooms	20–30 Sq.Ft./Person
Dining Halls, Lunch Rooms, Cafeterias, Luncheonettes	10–50 Sq.Ft./Person
Libraries, Museums	30–100 Sq.Ft./Person
Retail, Department Stores	15–75 Sq.Ft./Person
Drug, Shoe, Dress, Jewelry, Beauty, Barber and Other Shops	15–50 Sq.Ft./Person
Supermarkets	50–100 Sq.Ft./Person
Malls, Shopping Centers	50–100 Sq.Ft./Person
Jails	50–300 Sq.Ft./Person
Auditoriums, Theaters	5–20 Sq.Ft./Person
Churches	5–20 Sq.Ft./Person
Bowling Alleys	2–6 People/Lane

Lighting

Comfort air conditioning ဖြစ်စေ၊ industrial air conditioning ဖြစ်စေ အလင်းရောင်ရရန် အသုံးပြုထားသော မီးလုံးမီးချောင်း(Lighting)များမှ ထွက်လာသည့် Heat load ကို မဖြစ်မနေထည့်တွက်ရန် လိုအပ်သည်။ အကယ်၍ cooling load တွက်ရန်အတွက် လိုအပ်သော Lighting Heat load မရခဲ့သော် ကြမ်းခင်းဧရိယာ(floor area) မှတစ်ဆင့် တွက်ယူနိုင်သည်။ အခန်းအမျိုးအစားကို လိုက်၍ lighting heat load ပမာဏသည် ပြောင်းလဲနေ၏။ ထို့ကြောင့် Lighting heat load ကို အခန်းအမျိုးအစားနှင့် ကြမ်းခင်းဧရိယာ(floor area)မှတစ်ဆင့် Rule of Thumb ဖြင့် ခန့်မှန်း ယူနိုင်သည်။

အခန်းအမျိုးအစားများ	

Offices, Commercial - General	1.5–3.0 Watts/Sq.Ft.
Offices, Commercial - Private	2.0–5.0 Watts/Sq.Ft.
Conference, Meeting Rooms	2.0–6.0 Watts/Sq.Ft.
Banks, Court Houses, Municipal Buildings, Town Halls	2.0–5.0 Watts/Sq.Ft.
Police Stations, Fire Stations, Post Offices	2.0–3.0 Watts/Sq.Ft.
Precision Manufacturing	3.0–10.0 Watts/Sq.Ft.
Computer Rooms	1.5–5.0 Watts/Sq.Ft.
Restaurants	1.5–3.0 Watts/Sq.Ft.
Kitchens	1.5–2.5 Watts/Sq.Ft.
Cocktail Lounges, Bars, Taverns, Clubhouses, Nightclubs	1.5–2.0 Watts/Sq.Ft.
Hospital Patient Rooms, Nursing Home Patient Rooms	1.0–2.0 Watts/Sq.Ft.
Hospital General Areas	1.5–2.5 Watts/Sq.Ft.
Medical/Dental Centers, Clinics, and Offices	1.5–2.5 Watts/Sq.Ft.
Residential	1.0–4.0 Watts/Sq.Ft.
Apartments (Eff., 1 Room, 2 Room)	1.0–4.0 Watts/Sq.Ft.
Motel and Hotel Public Spaces	1.0–3.0 Watts/Sq.Ft.
Motel and Hotel Guest Rooms, Dormitories	1.0–3.0 Watts/Sq.Ft.
School Classrooms	2.0–6.0 Watts/Sq.Ft.
Dining Halls, Lunch Rooms, Cafeterias, Luncheonettes	1.5–2.5 Watts/Sq.Ft.
Libraries, Museums	1.0–3.0 Watts/Sq.Ft.
Retail, Department Stores	2.0–6.0 Watts/Sq.Ft.
Drug, Shoe, Dress, Jewelry, Beauty, Barber, and Other Shops	1.0–3.0 Watts/Sq.Ft.
Supermarkets	1.0–3.0 Watts/Sq.Ft.
Malls, Shopping Centers	1.0–2.5 Watts/Sq.Ft.
Jails	1.0–2.5 Watts/Sq.Ft.
Auditoriums, Theaters	1.0–3.0 Watts/Sq.Ft. (၃)
Churches	1.0–3.0 Watts/Sq.Ft.
Bowling Alleys	1.0–2.5 Watts/Sq.Ft.

Notes:

(၁) The lighting values for most energy conscious construction will be the lower values.

(၂) Actual lighting layouts should be used for calculating lighting loads whenever available.

(၃) စတိတ်ခုံအတွက်အသုံးပြုထားသောမီး သို့ ဇာတ်ခုံမီးများ(theatrical lighting)များမပါဝင် ပါ။

Appliance/Equipment

A. Total Appliance/Equipment Heat Gain: 0.5–5.0 Watts/Sq.Ft.

B. Computer equipment loads for office spaces range between 0.5 Watt/Sq.Ft. and 2.5 Watts/Sq.Ft. (recommend 1.5 Watts/Sq.Ft.).

If actual computer equipment loads are available, they should be used in lieu of values listed here.

Computer Rooms, Data Centers, and Internet Host Facilities

2.0–300 Watts/Sq.Ft.

Telecommunication Rooms

50.0–120 Watts/Sq.Ft.

Electrical Equipment Heat Gain

A. Transformers အရွယ်အစားကိုလိုက်၍ ထွက်လာသည့် အပူ(Heat load) များကိုဖော်ပြထားသည်။ electrical load 1 KVA မှ ထွက်လာသည့် အပူ(Heat load) ကို Watts ဖြင့်ဖော်ပြထားသည်။

1.	150 KVA and Smaller	50 Watts/KVA
2.	151–500 KVA	30 Watts/KVA
3.	501–1000 KVA	25 Watts/KVA
4.	1001–2500 KVA	20 Watts/KVA
5.	Larger than 2500 KVA	15 Watts/KVA

B. Switchgear အရွယ်အစားကိုလိုက်၍ ထွက်လာသည့် အပူ(Heat load) များကို Watts ဖြင့် ဖော်ပြထားသည်။

1.	Low Voltage Breaker 0–40 Amps	10 Watts
2.	Low Voltage Breaker 50–100 Amps	20 Watts
3.	Low Voltage Breaker 225 Amps	60 Watts
4.	Low Voltage Breaker 400 Amps	100 Watts
5.	Low Voltage Breaker 600 Amps	130 Watts
6.	Low Voltage Breaker 800 Amps	170 Watts
7.	Low Voltage Breaker 1,600 Amps	460 Watts
8.	Low Voltage Breaker 2,000 Amps	600 Watts
9.	Low Voltage Breaker 3,000 Amps	1,100 Watts
10.	Low Voltage Breaker 4,000 Amps	1,500 Watts
11.	Medium Voltage Breaker/Switch 600 Amps	1,000 Watts
12.	Medium Voltage Breaker/Switch 1,200 Amps	1,500 Watts
13.	Medium Voltage Breaker/Switch 2,000 Amps	2,000 Watts
14.	Medium Voltage Breaker/Switch 2,500 Amps	2,500 Watts

C. Panel boards:

1. 2 Watts per circuit (circuit တိုင်းအတွက် 2 Watts ဖြစ်သည်။)

D. Motor Control Centers

1. 500 Watts per section—each section is approximately 20″ wide × 20″ deep × 84″high.

20″ အကျယ် × 20″ အရှည် × 84″ အမြင့် ရှိသော Motor Control Centers အတွက် 500 Watts ဖြစ်သည်။

E. Starters:

1.	Low Voltage Starters Size 00	50 Watts
2.	Low Voltage Starters Size 0	50 Watts
3.	Low Voltage Starters Size 1	50 Watts
4.	Low Voltage Starters Size 2	100 Watts
5.	Low Voltage Starters Size 3	130 Watts
6.	Low Voltage Starters Size 4	200 Watts

7.	Low Voltage Starters Size 5	300 Watts
8.	Low Voltage Starters Size 6	650 Watts
9.	Medium Voltage Starters Size 200 Amp	400 Watts
10.	Medium Voltage Starters Size 400 Amp	1,300 Watts
11.	Medium Voltage Starters Size 700 Amp	1,700 Watts

F. Variable Frequency Drives:

2 to 6 percent of the KVA rating

G. Miscellaneous Equipment:

1. Bus Duct 0.015 Watts/Ft/Amp
2. Capacitors 2 Watts/KVAR

Notes:

(၁) electrical equipment heat gain တန်ဖိုးများသည် ထုတ်လုပ်သူ(manufacturer) ကို လိုက်၍ ကွဲပြားလေ့ရှိသောကြောင့် ထုတ်လုပ်သူ(manufacturer) မှဖော်ပြထားသော heat dissipation တန်ဘိုးကိုသာ အသုံးပြုသင့်သည်။

(၂) electrical equipment များ ထားရာအခန်း ၌ overheating အပူချိန် 95°F မှ 104°F အတွင်းထိန်းထားနိုင်ရန် လေဝင်လေထွက်ကောင်းအောင်(ventilation)ပြုလုပ်ထားလေ့ရှိသည်။ အပူချိန် 90°F ထက်နိမ့် သည့် electrical equipment များအတွက် Air Con ပေးလေ့ရှိသည်။ သို့သော်လည်း equipment များခံနိုင်သည့် အပူချိန် electrical engineer များ ထံမှ ရယူ တွက်ချက် သင့်သည်။

(၃) electrical room ၏ ventilation အတွက် ပြင်ပလေ (outside air) ကို အသုံးပြုလျှင် electrical room အပူချိန်သည် အမြင့်ဆုံးပြင်ပ အပူချိန်တွက် 10°F မှ 15°F သာ မြင့်ခွင့်ပြုသည်။ ဥပမာ နွေအခါ၌ ပြင်ပအပူချိန်သည် 100°F ဖြင့်လျှင် electrical room အပူချိန်သည် 100°F ထက်မပိုစေရ။

(၄) အကယ်၍ electrical room အား ဘေးဘက်ခန်းမှ air con လေ ကို အသုံးပြု၍ ventilation လုပ်လျှင်၊ electrical room အပူချိန်သည် ဘေးခန်း အပူချိန်ထက် 10°F မှ 15°F သာ မြင့်ခွင့်ပြုသည်။

Motor Heat Gain

A. Motors Only(မော်တာအတွက်သာဖြစ်သည်။) အမောင်းခံရသည့် ပန့်၊ ပန်ကာ စသည်တို့မပါ။

1.	Motors 0 to 2 Hp	190 Watts/Hp
2.	Motors 3–20 Hp	110 Watts/Hp
3.	Motors 25–200 Hp	75 Watts/Hp
4.	Motors 250 Hp and Larger	60 Watts/Hp

အောက်တွင်ဖော်ပြထားသောဇယားသည် မော်တာနှင့်အမောင်းခံရသည့် စက်ပစ္စည်းတို့သည် အခန်းတစ်ခု အတွင်းတွင်ရှိလျှင် ထွက်ရှိမည့်အပူပမာဏ၊ မော်တာတစ်ခုတည်းသာ အခန်းတစ်ခု အတွင်းတွင်ရှိလျှင် ထွက်ရှိမည့် အပူပမာဏ နှင့် အမောင်းခံရသည့် စက်ပစ္စည်းသည် အခန်းတစ်ခု အတွင်းတွင် ရှိလျှင် ထွက်ရှိမည့်အပူပမာဏ တို့ကို ဖော်ပြထားသည်။

B. Motors and Driven Equipment are shown in the following table:

MOTOR HORSEPOWER	LOCATION OF MOTOR AND DRIVEN EQUIPMENT WITH RESPECT TO CONDITIONED SPACE OR AIRSTREAM		
	MOTOR IN, DRIVEN EQUIPMENT IN BTU/HR	MOTOR OUT, DRIVEN EQUIPMENT IN BTU/HR	MOTOR IN, DRIVEN EQUIPMENT OUT BTU/HR
1/20	360	130	240
1/12	580	200	380
1/8	900	320	590
1/6	1,160	400	760
1/4	1,180	640	540
1/3	1,500	840	660
1/2	2,120	1,270	850
3/4	2,650	1,900	740
1	3,390	2,550	850
1-1/2	4,960	3,820	1,140
2	6,440	5,090	1,350
3	9,430	7,640	1,790
5	15,500	12,700	2,790
7-1/2	22,700	19,100	3,640
10	29,900	24,500	4,490
15	44,400	38,200	6,210
20	58,500	50,900	7,610
25	72,300	63,600	8,680
30	85,700	76,300	9,440
40	114,000	102,000	12,600
50	143,000	127,000	15,700
60	172,000	153,000	18,900
75	212,000	191,000	21,200
100	283,000	255,000	28,300
125	353,000	318,000	35,300
150	420,000	382,000	37,800
200	569,000	509,000	50,300
250	699,000	636,000	62,900

အခြားသောလိုက်နာရန်အချက်များ

(က) Equipment load များကို တွက်ချက်ရာတွင် Actual equipment layouts and information ကိုသာ အသုံးပြုသင့်သည်။

(ခ) Movie projectors ၊ slide projectors ၊ overhead projectors နှင့် အလားတူ equipment များမှ ထွက်သော heat load ကို ထည့်တွက်ရန်မလိုအပ်ပါ။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ထို equipment များ အသုံးပြုနေချိန်တွင် အလင်းရောင်ရရန် ထွန်းထားသောမီးများ(lights)ကို ပိတ်ထားသောကြောင့် ဖြစ်သည်။ များသောအားဖြင့် lighting load သည် ထို equipment များ၏ heat load ထက် ပိုများကြသည်။

(ဂ) equipment loads ကိုတွက်ချက်ရာတွင် coffee pots, microwave ovens, refrigerators, food warmers

များ၏ heat ကိုထည့်သွင်းတွက်ချက်ရန် လိုအပ်သည်။

(ဃ) owner, architect, engineer, or consultant တို့ထံမှ Kitchen, laboratory, hospital, computer room, and process equipment တို့၏ အချက်အလက်များကို တောင်းယူအသုံးပြုရန် လိုအပ်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ထို equipment များသည် အမျိုးအစား နှင့် လုပ်ဆောင်ပုံတို့ တူညီ ကြသော်လည်း အပူထွက်နှုန်းများစွာကွဲပြားသည်။

၉. Cooling Load Factors

Diversity Factors

Diversity factor ဆိုသည်မှာ - လူများ၊ lighting များ နှင့် equipment များ ၏ အမြင့်ဆုံး load ကို တစ်ခုချင်းစီ တွက်ယူပြီး total load အဖြစ် ပေါင်းယူသည်။ သို့သော် ထိုတစ်ချင်းစီ တွက်ထားသော အမြင့်ဆုံး load များသည် အားလုံးတစ်ပြိုင်နက် တစ်ချိန်တည်းမဖြစ်ပေါ်နိုင်ပေ။ ထိုကဲ့သို့ total loads နှင့် actual usage ကွဲပြားချက်သည် diversity factor ဖြစ်သည်။ Diversity factor သည် အဆောက်အဦ အမျိုးအစား နှင့် occupancy တို့ အပေါ်တွင် မူတည်၍ ကွဲပြားသည်။ အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည့် Diversity factor သည် ရုံးအဖြစ်အသုံးပြုသည့် အဆောက်အဦ(office buildings)နှင့် အလားတူ အဆောက်အဦများ အတွက် ဖြစ်သည်။

A. Room/Space Peak Loads:

1. People 1.0 x Calc. Load
2. Lights 1.0 x Calc. Load
3. Equipment 1.0 x Calc. Load*

*Calc. Load may have diversity factor calculated with individual pieces of equipment or as a group or not at all.

B. Floor/Zone Block Loads:

1.	People	0.90 x Sum of Peak Room/Space People Loads
2.	Lights	0.95 x Sum of Peak Room/Space Lighting Loads
3.	Equipment	0.90 x Sum of Peak Room/Space Equipment Loads
4.	Floor/Zone Total Loads	0.90 x Sum of Peak Room/Space Total Loads

C. Building Block Loads:

1.	People	0.75 x Sum of Peak Room/Space People Loads
2.	Lighting	0.95 x Sum of Peak Room/Space Lighting Loads
3.	Equipment	0.75 x Sum of Peak Room/Space Equipment Loads
4.	Building Total Load	0.85 x Sum of Peak Room/Space Total Loads

Safety Factors

A.	Room/Space Peak Loads	1.1 x Calc. Load
B.	Floor/Zone Loads (Sum of Peak)	1.0 x Calc. Load
C.	Floor/Zone Loads (Block)	1.1 x Calc. Load
D.	Building Loads (Sum of Peak)	1.0 x Calc. Load
E.	Building Loads (Block)	1.1 x Calc. load
F.	ASHRAE Standard 90.1-1989	10% Maximum Safety Factor

Cooling Load Factors

A. Lighting Load Factors:

1. Fluorescent Lights 1.25 x Bulb Watts
2. Incandescent Lights 1.00 x Bulb Watts
3. HID Lighting 1.25 x Bulb Watts

B. Return Air Plenum (RAP) Factors:

1. Heat of Lights to Space with RAP 0.76 x Lighting Load
2. Heat of Lights to RAP 0.24 x Lighting Load
3. Heat of Roof to space with RAP 0.30 x Roof Load
4. Heat of Roof to RAP 0.70 x Roof Load

C. Ducted Exhaust or Return Air (DERA) Factors:

1. Heat of Lights to Space with DERA 1.00 x Lighting Load
2. Heat of Roof to Space with DERA 1.00 x Roof Load

D. Other Cooling Load Factors (CLF) are in accordance with ASHRAE Recommendations:

CLF x Other Loads

ASHRAE Standard 90.1-1989

A. Pick-Up Loads 10% Maximum System Capacity Allowance for Morning Cool Down Cycles

B. Safety Factor 10% Maximum

Offices, Commercial

A. General:

1. Total Heat 300–400 Sq.Ft./Ton; (Range 230–520)
2. Total Heat 30–40 Btuh/Sq.Ft.; (Range 23–52)
3. Room Sens. Heat 25–28 Btuh/Sq.Ft.; (Range 19–37)
4. SHR 0.75–0.93
5. Perimeter Spaces 1.0–3.0 CFM/Sq.Ft.
6. Interior Spaces 0.5–1.5 CFM/Sq.Ft.
7. Building Block CFM 1.0–1.5 CFM/Sq.Ft.
8. Air Change Rate 4–10 AC/Hr.

B. Large, Perimeter:

1. Total Heat 225–275 Sq.Ft./Ton
2. Total Heat 43–53 Btuh/Sq.Ft.

C. Large, Interior:

1. Total Heat 300–350 Sq.Ft./Ton
2. Total Heat 34–40 Btuh/Sq.Ft.

D. Small:

1. Total Heat 325–375 Sq.Ft./Ton
2. Total Heat 32–37 Btuh/Sq.Ft.

Banks, Court Houses, Municipal Buildings, Town Halls

A. Total Heat 200–250 Sq.Ft./Ton (Range 160–340)
B. Total Heat 48–60 Btuh/Sq.Ft. (Range 35–75)
C. Room Sens. Heat 28–38 Btuh/Sq.Ft. (Range 21–48)
D. SHR 0.75–0.90
E. Air Change Rate 4–10 AC/Hr.

Police Stations, Fire Stations, Post Offices

A. Total Heat 250–350 Sq.Ft./Ton (Range 200–400)
B. Total Heat 34–48 Btuh/Sq.Ft. (Range 30–60)
C. Room Sens. Heat 2 5–35 Btuh/Sq.Ft. (Range 20–40)
D. SHR 0.75–0.90

Precision Manufacturing

A. Total Heat 50–300 Sq.Ft./Ton
B. Total Heat 40–240 Btuh/Sq.Ft.
C. Room Sens. Heat 32–228 Btuh/Sq.Ft.
D. SHR 0.80–0.95
E. Air Change Rate 10–50 AC/Hr.

Computer Rooms

A. Total Heat 50–150 Sq.Ft./Ton
B. Total Heat 80–240 Btuh/Sq.Ft.
C. Room Sens. Heat 64–228 Btuh/Sq.Ft.
D. SHR 0.80–0.95
E. Air Flow 2.0–4.0 CFM/Sq.Ft.
F. Air Change Rate 15–20 AC/Hr.

Restaurants

A. Total Heat 100–250 Sq.Ft./Ton (Range 75–300)
B. Total Heat 48–120 Btuh/Sq.Ft. (Range 40–155)
C. Room Sens. Heat 21–62 Btuh/Sq.Ft. (Range 20–80)
D. SHR 0.65–0.80
E. Air Flow 1.5–4.0 CFM/Sq.Ft.
F. Air Change Rate 8–12 AC/Hr.

Kitchens (Depends Primarily on Kitchen Equipment)

A. Total Heat 150–350 Sq.Ft./Ton (At 85°F. Space)
B. Total Heat 34–80 Btuh/Sq.Ft. (At 85°F. Space)
C. Room Sens. Heat 20–56 Btuh/Sq.Ft. (At 85°F. Space)
D. SHR 0.60–0.70
E. Air Flow 1.5–2.5 CFM/Sq.Ft.
F. Air Change Rate 12–15 AC/Hr.

Cocktail Lounges, Bars, Taverns, Clubhouses, Nightclubs

A. Total Heat 150–200 Sq.Ft./Ton (Range 75–300)
B. Total Heat 60–80 Btuh/Sq.Ft. (Range 40–155)

C.	Room Sens. Heat	27–40 Btuh/Sq.Ft. (Range 20–80)
D.	SHR	0.65–0.80
E.	Spaces	1.5–4.0 CFM/Sq.Ft.
F.	Air Change Rate	15–20 AC/Hr. (Cocktail Lounges, Bars, Taverns, Clubhouses)
G.	Air Change Rate	20–30 AC/Hr. (Night Clubs)

Hospital Patient Rooms, Nursing Home Patient Rooms

A.	Total Heat	250–300 Sq.Ft./Ton (Range 200–400)
B.	Total Heat	40–48 Btuh/Sq.Ft. (Range 30–60)
C.	Room Sens. Heat	32–46 Btuh/Sq.Ft. (Range 25–50)
D.	SHR	0.75–0.85

Buildings w/100% OA Systems (i.e., Laboratories, Hospitals)

A.	Total Heat	100–300 Sq.Ft./Ton
B.	Total Heat	40–120 Btuh/Sq.Ft.

Medical/Dental Centers, Clinics, and Offices

A.	Total Heat	250–300 Sq.Ft./Ton (Range 200–400)
B.	Total Heat	40–48 Btuh/Sq.Ft. (Range 30–60)
C.	Room Sens. Heat	32–46 Btuh/Sq.Ft. (Range 25–50)
D.	SHR	0.75–0.85

Residential

A.	Total Heat	500–700 Sq.Ft./Ton
B.	Total Heat	17–24 Btuh/Sq.Ft.
C.	Room Sens. Heat	12–20 Btuh/Sq.Ft.
D.	SHR	0.80–0.95

Apartments (Eff., 1 Room, 2 Room)

A.	Total Heat	350–450 Sq.Ft./Ton (Range 300–500)
B.	Total Heat	27–34 Btuh/Sq.Ft. (Range 24–40)
C.	Room Sens. Heat	22–30 Btuh/Sq.Ft. (Range 20–35)
D.	SHR	0.80–0.95

Motel and Hotel Public Spaces

A.	Total Heat	250–300 Sq.Ft./Ton (Range 160–375)
B.	Total Heat	40–48 Btuh/Sq.Ft. (Range 32–74)
C.	Room Sens. Heat	32–46 Btuh/Sq.Ft. (Range 25–60)
D.	SHR	0.75–0.90

Motel and Hotel Guest Rooms, Dormitories

A.	Total Heat	400–500 Sq.Ft./Ton (Range 300–600)
B.	Total Heat	24–30 Btuh/Sq.Ft. (Range 20–40)
C.	Room Sens. Heat	20–25 Btuh/Sq.Ft. (Range 15–35)
D.	SHR	0.80–0.95

School Classrooms

A.	Total Heat	225–275 Sq.Ft./Ton (Range 150–350)

B.	Total Heat	43–53 Btuh/Sq.Ft. (Range 35–80)
C.	Room Sens. Heat	25–42 Btuh/Sq.Ft. (Range 20–65)
D.	SHR	0.65–0.80
E.	Air Change Rate	4–12 AC/Hr.

Dining Halls, Lunch Rooms, Cafeterias, Luncheonettes

A.	Total Heat	100–250 Sq.Ft./Ton (Range 75–300)
B.	Total Heat	48–120 Btuh/Sq.Ft. (Range 40–155)
C.	Room Sens. Heat	21–62 Btuh/Sq.Ft. (Range 20–80)
D.	SHR	0.65–0.80
E.	Spaces	1.5–4.0 CFM/Sq.Ft.
F.	Air Change Rate	12–15 AC/Hr.

Libraries, Museums

A.	Total Heat	250–350 Sq.Ft./Ton (Range 160–400)
B.	Total Heat	34–48 Btuh/Sq.Ft. (Range 30–75)
C.	Room Sens. Heat	22–32 Btuh/Sq.Ft. (Range 20–50)
D.	SHR	0.80–0.90
E.	Air Change Rate	8–12 AC/Hr.

Retail, Department Stores

A.	Total Heat	200–300 Sq.Ft./Ton (Range 200–500)
B.	Total Heat	40–60 Btuh/Sq.Ft. (Range 24–60)
C.	Room Sens. Heat	32–43 Btuh/Sq.Ft. (Range 16–43)
D.	SHR	0.65–0.90
E.	Air Change Rate	6–10 AC/Hr.

Drug, Shoe, Dress, Jewelry, Beauty, Barber, and Other Shops

A.	Total Heat	175–225 Sq.Ft./Ton (Range 100–350)
B.	Total Heat	53–69 Btuh/Sq.Ft. (Range 35–115)
C.	Room Sens. Heat	23–54 Btuh/Sq.Ft. (Range 15–90)
D.	SHR	0.65–0.90

Supermarkets

A.	Total Heat	250–350 Sq.Ft./Ton (Range 150–400)
B.	Total Heat	34–48 Btuh/Sq.Ft. (Range 30–80)
C.	Room Sens. Heat	25–40 Btuh/Sq.Ft. (Range 22–67)
D.	SHR	0.65–0.85
E.	Air Change Rate	4–10 AC/Hr.

Malls, Shopping Centers

A.	Total Heat	150–350 Sq.Ft./Ton (Range 150–400)
B.	Total Heat	34–80 Btuh/Sq.Ft. (Range 30–80)
C.	Room Sens. Heat	25–67 Btuh/Sq.Ft. (Range 22–67)
D.	SHR	0.65–0.85
E.	Air Change Rate	6–10 AC/Hr.

Jails

A.	Total Heat	350–450 Sq.Ft./Ton (Range 300–500)
B.	Total Heat	27–34 Btuh/Sq.Ft. (Range 24–40)
C.	Room Sens. Heat	22–30 Btuh/Sq.Ft. (Range 20–35)
D.	SHR	0.80–0.95

Auditoriums, Theaters

A.	Total Heat	0.05–0.07 Tons/Seat
B.	Total Heat	600–840 Btuh/Seat
C.	Room Sens. Heat	325–385 Btuh/Seat
D.	SHR	0.65–0.75
E.	Air Flow	15–30 CFM/Seat

Churches

A.	Total Heat	0.04–0.06 Tons/Seat
B.	Total Heat	480–720 Btuh/Seat
C.	Room Sens. Heat	260–330 Btuh/Seat
D.	SHR	0.65–0.75
E.	Air Flow	15–30 CFM/Seat
F.	Air Change Rate	8–15 AC/Hr.

Bowling Alleys

A.	Total Heat	1.5–2.5 Tons/Alley
B.	Total Heat	18,000–30,000 Btuh/Alley
C.	Air Change Rate	10–15 AC/Hr.

All Spaces

A.	Total Heat	300–500 CFM/Ton @ 20°F. ΔT
B.	Total Heat	400 CFM/Ton ±20% @ 20°F. ΔT
C.	Perimeter Spaces	1.0–3.0 CFM/Sq.Ft.
D.	Interior Spaces	0.5–1.5 CFM/Sq.Ft.
E.	Building Block CFM	1.0–1.5 CFM/Sq.Ft.
F.	Air Change Rate	4 AC/Hr. Minimum

Total heat တန်ဖိုးများတွင် ventilation ကိုပါထည့်သွင်းတွက်ချက်ထားသည်။ (Total heat includes ventilation.) ၊ Room sensible heat တန်းဖိုးများတွင် ventilation မပါဝင်ပါ။ (Room sensible heat does not include ventilation.)

Cooling Load Calculation Procedure

A. building characteristics ကိုသိနိုင်ရန်အောက်ပါအချက်အလက်များရယူပါ။

1. Materials
2. Size
3. Color
4. Shape
5. Location

6. Orientation, N, S, E, W, NE, SE, SW, NW, etc.
7. External/Internal shading
8. Occupancy type and time of day

B. outdoor design weather conditions ကိုရွေးချယ်ပါ။

1. Temperature
2. Wind direction and speed
3. Conditions in selecting outdoor design weather conditions:
   a. Type of structure, heavy, medium or light
   b. Is structure insulated?
   c. Is structure exposed to high wind?
   d. Infiltration or ventilation load
   e. Amount of glass
   f. Time of building occupancy
   g. Type of building occupancy
   h. Length of reduced indoor temperature
   i. What is daily temperature range, minimum/maximum?
   j. Are there significant variations from ASHRAE weather data?
   k. What type of heating devices will be used?
   l. Expected cost of fuel
4. Outdoor design conditions အတွက်လိုက်နာရန်လိုအပ်သည့် code များ အတိုင်း outdoor design conditions ကိုရွေးချယ်ပါ။

C. အခန်းတိုင်းနေရာတိုင်းအတွက် သင့်လျော်သော၊လိုအပ်သော indoor design အပူချိန် (temperature) သတ်မှတ်ပါ။

D. un-conditioned spaces ၏ အပူချိန်ကို ခန့်မှန်း သို့မဟုတ် သတ်မှတ်ပါ။

E. walls, roof, windows, doors, partitions, စသည့်တို့၏ U-values ကို တွက်ပါ။ ရယူပါ။

F. walls, windows, floors, doors, partitions, စသည်တို့၏ ဧရိယာများကိုတွက်ပါ။ ရယူပါ။

G. Heat gains for all walls, windows, floors, doors, partitions, skylights, စသည့်တို့၏ heat gains များကိုတွက်ပါ။

H. Compute solar heat gains for all walls, windows, floors, doors, partitions, skylights, etc.

I. space temperature and humidity တို့အတိအကျဖြစ်ရန်မလိုသည့် အဆောက်အဉီများ အတွက် Infiltration heat gains ကို ထည့်တွက်ရန်မလို။

J. ventilation heat gain ကိုတွက်ပါ။

K. lights, people, and equipment တို့ ၏ heat gains (internal heat gains ဟုလည်းခေါ်သည်။) ကို တွက်ပါ။

L. အထက်တွင် တွက်ပြီးခဲ့သော G, H, I, J, နှင့် K တို့မှ heat gains အားလုံးကိုပေါင်းပါ။

O. actual cooling load လိုအပ်ချက်ကို industry မှလက်ခံထားသောနည်းများ (accepted methods) ဖြင့်တွက်ရန် actual cooling load requirements.

-End-

Heat Transfer of Human Body - male adult (*W*)

လူခန္ဓာကိုယ်တစ်ခုအား heat source အဖြစ်သတ်မှတ်လိုက်သည့်အခါ heat Source မှ enviroment သို့ အပူများသည် conduction ၊ convection ၊ radiation နှင့် evaporation နည်းဖြင့် စီးဆင်းသွားသည်။ သို့သော် conduction ၊ convection ၊ radiation တို့သည့် လူခန္ဓာကိုယ်ထဲသို့ အပူများ ဝင်ရောက်နိုင်သလို လူခန္ဓာကိုယ်မှ အပူများ ထုတ်လွှတ်နိုင်သော 2 way process ဖြစ်သည်။ သို့သော် evaporation သည် အမြဲ လူခန္ဓာကိုယ်မှ ဆုံးရှုံးသွားသော အပူပမာဏဖြစ်သည်။

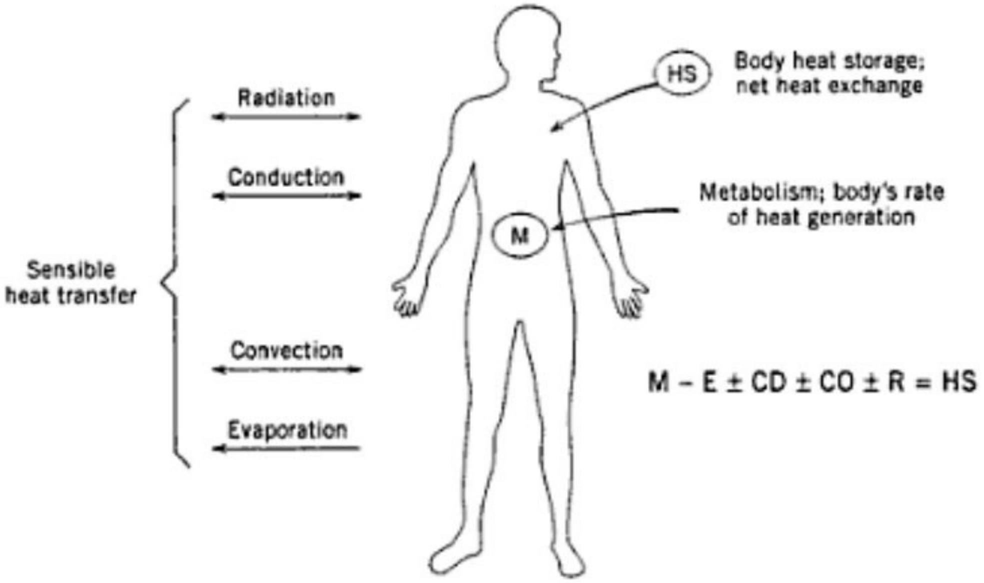
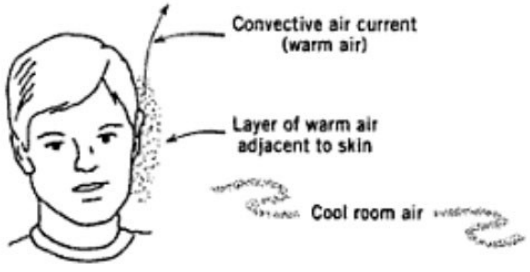
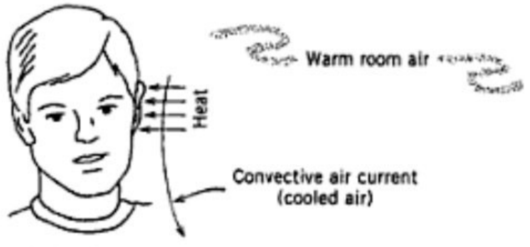


Figure 1.4 Body heat balance is maintained by transferring heat with the environment. The transfer processes are conduction, convection, radiation and evaporation. The net heat gain or loss appears as heat storage gain or loss in the body. Conduction, convection and radiation are all two-way processes that can result in body heat gain or loss; evaporation always results in body heat loss.

Convection



(a) Skin temperature higher than air temperature



(b) Ambient air temperature higher than skin temperature

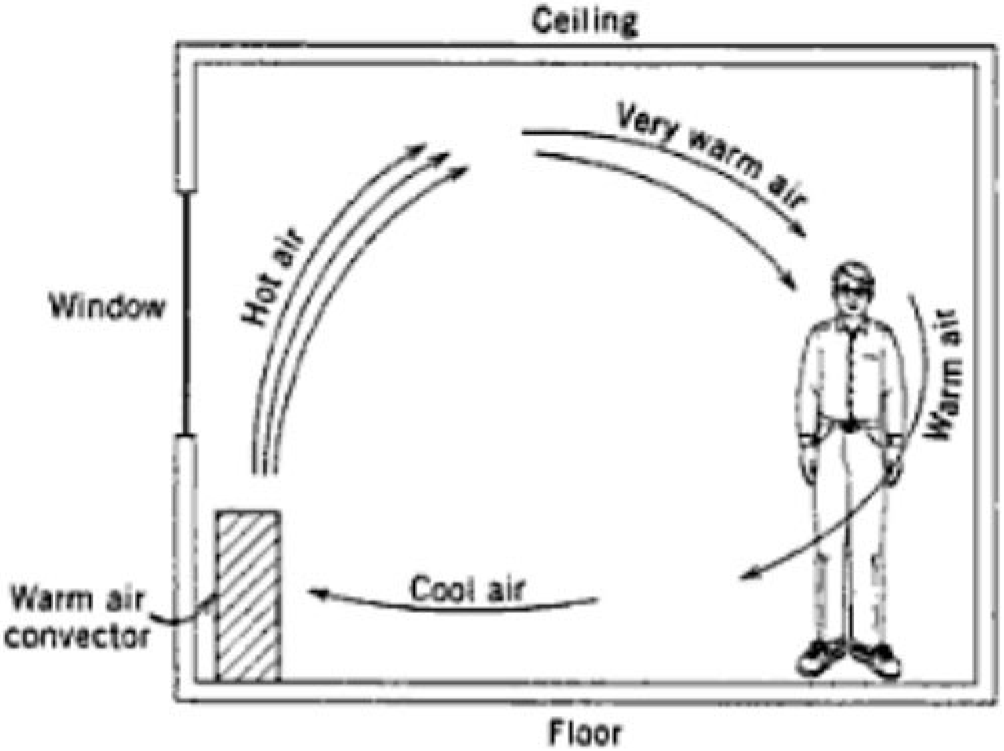


Figure 1.6 Warm air convectors are best placed under windows to temper the cold air dropping from the window cooled by conduction; falling due to cooling; see Figure 1.5*b*. As the warm air rises, it is cooled by the window and other cool surfaces in the room, including occupants. As the air cools, it drops and returns to the bottom of the convector, to be reheated.

Radiation

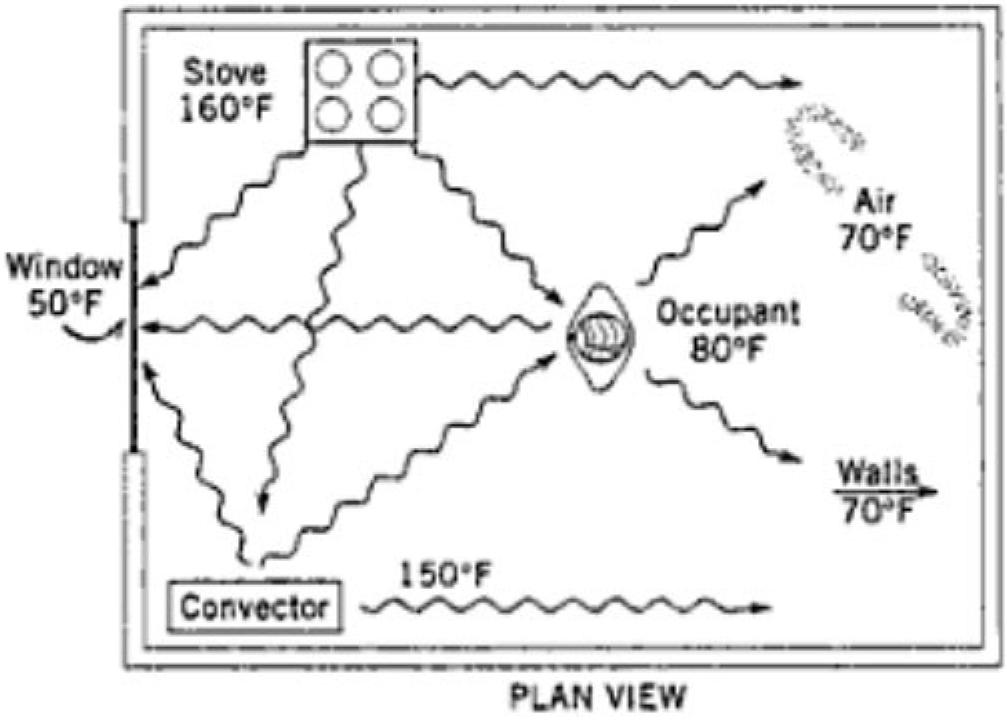


Figure 1.7 Arrows indicate the radiant heat interchange in this space. Each body radiates heat to every other body at a lower temperature. The net radiant heat gain or loss is different for each mass in the space.

Table 1.4 Factors in Human Heat Balance

Factor	Affected by
Metabolism (heat production)	Physical activity
Conduction	Temperature and conductivity of contact surfaces (including air)
Convection	DB air temperature Air motion Amount and type of clothing
Radiation	Room MRT Finish of room surfaces Overall body temperature
Evaporation	DB temperature RH Air motion Amount of exposed skin surface

Conduction ဖြင့် ပူသည့် လူခန္ဓာကိုယ်မှ အေးသည့်လေထဲသို့ Conduction ဖြင့် အပူစီးကူးမှုဖြစ်ရန် contact surefaces လိုအပ်သည်။

Convenction သည် Dry Bulb temperature, Air motion နှင့် အဝတ်အစားအမျိုးအစားနှင့် အထူတို့ပေါ်တွင်မူတည်သည်။

Radiation ဖြစ်ရန် အခန်း၏ MRT အပူချိန်, အခန်းမျက်နှာပြင် နှင့် လူခန္ဓာကိုယ်တစ်ခုလုံး၏ အပူချိန်တို့တွင် မူတည်သည်။

Evaporation သည် Dry Bulb temperature ၊ RH ၊ Air motion နှင့် မဖုံးအုပ်ထားသည် (ပေါ်နေသည့်) အရေပြားပမာဏ တို့တွင် မူတည်သည်။

အောက်ပါ ဇယားသည် အရွယ်ရောက်ပြီးသည် ယောကျ်ားတစ်ယောက်မှ ထုတ်လွှတ်သည့် sensible အပူပမာဏ နှင့် latent အပူပမာဏ ကို ဖော်ပြထားသည်။ ထို the sensible and latent heat ကို တပ်ဆင်ထားသည့် Air Con System မှ ဖယ်ထုတ်ဖြစ်ရသည်။ ထုတ်လွှတ်သည့် sensible အပူပမာဏ နှင့် latent အပူပမာဏ သည် အခန်း၏ အပူချိန်ကို လိုက်၍ပြောင်းလဲနေသည်။ တနည်း အခန်းပူချိန်နည်းလျှင် sensible အပူပမာဏ သို့မဟုတ် latent အပူပမာဏ များများထုတ်လွှတ်သည်။

အောက်ပါဇယားသည် older ISO and ASHRAE standards မှ တန်ဘိုးများဖြစ်သည်ပြီး Later ISO and ASHRAE standards တွင်ထို တန်ဖိုးများကို အနည်းငယ်ပြောင်းလဲထားသည်။

ပထမ Colum သည် အရွယ်ရောက်ပြီးသည့် ယောကျ်ားတစ်ယောက်ပြုမူနေသည် အလုပ် အမျိုးအစား ဖြစ်သည်။

ဒုတိယ Colum သည် အခန်းအမျိုးအစား၊ နေရာ တို့ကို ဖော်ပြသည်။

တတိယ Colum သည် ထုတ်လွှတ်သည့် sensible အပူပမာဏ နှင့် latent အပူပမာဏ ၏ စုစုပေါင်းတန်ဖိုးဖြစ်သည်။

နောက် Colum များမှာ ထို ယောက်ကျားတစ်ယောက် ရှိသည့် အခန်းအပူချိန်ဖြစ်ပြီး ထုတ်လွှတ်သည့် sensible အပူပမာဏ နှင့် latent အပူပမာဏ တန်ဖိုးများဖြစ်သည်။

Degree of Activity	Typical Application	Average Metabolic rate - male adult (*W*)	Room Dry Bulb Temperature *(oC)*											
			28		27		26		24		22		20	
			Sens.	Lat.	Sens.	Lat.	Sens.	Lat.	Sens.	Lat.	Sens.	Lat.	Sens.	Lat.
Seated at rest	Cinema, theatre, school	100	50	50	55	45	60	40	67	33	72	28	79	21
Seated, very light work	Computer working	120	50	70	55	65	60	60	70	50	78	42	84	36
Office work	Hotel reception, cashier	130	50	80	56	74	60	70	70	60	78	52	86	44
Standing, walking slowly	Laboratory work	130	50	80	56	74	60	70	70	60	78	52	86	44
Walking, seated		150	53	97	58	92	64	86	76	74	84	66	90	60
Moderate work	Servant, hair dresser	160	55	105	60	100	68	92	80	80	90	70	98	62
Light bench work	Mechanical production	220	55	165	52	158	70	150	85	135	100	120	115	105
Moderate	Party	250	62	188	70	180	78	172	94	156	110	140	125	125

Dancing														
Fast walking	Mountain walking	300	80	220	88	212	96	204	110	190	130	170	145	155
Heavy work	Athletics	430	132	298	138	292	144	286	154	276	170	260	188	242

အောက်တွင်ဖော်ပြထားသောဇယားမှ Btuh နှင့် ဖော်ပြထားပြီး အခန်းအပူချိန် ၇၅ ဒီဂရီဖာရင်ဟိုက် တွင် အခြေခံထားသည်။

Table 1.3 Heat Generated by Typical Physical Activities[a]

Activity	*Heat, Btuh* Total	Sensible[b]	Latent[c]
Seated, reading	400	295	105
Seated, desk work	450	345	105
Office work, general	475	370	105
Standing light work	550	445	105
Moderate work, walking	600	495	105
Light factory work	800	695	105
Medium factory work	1200	1095	105
Heavy factory work	1500	1395	105
Active athletics	2000	1800	200[d]

[a] Figures are average for an average size adult male.
[b] Between 20 and 60% of the sensible heat is radiated, depending on air velocity, assuming a 75°F dry bulb air temperature.
[c] Latent heat loss is constant with normal breathing rate.
[d] Latent heat loss increases with the rapid breathing associated with active athletics.

ETTV and RETV တန်ဖိုး

ETTV သည် Envelope Thermal Transfer Value ဖြစ်သည်။ ETTV ဆိုသည်မှာ ဗိသုကာပညာရှင်တို့ ဒီဇိုင်းဆွဲပြီး မြို့ပြအင်ဂျင်နီယာများတည့်ဆောက်လိုက် အဆောက်အံ့တစ်ခု၏ နံရံများမှ စုစုပေါင်းအပူမည့်မျှစီးကူမည်ကို ဖော်ပြသည့် တန်ဖိုး ဖြစ်သည်။ Envelope Thermal Transfer Value (ETTV) ၏ ယူနစ်မှာ Watt per meter square (W/ sq. m) ဖြစ်သည်။ ETTV တန်ဖိုး၏ အဓိပ္ပာယ်မှာ နံရံ တစ်စတုရန်းမီတာ၏ Average Weighted အပူစီးကူးမှုနှုန်း (Thermal Transfer)ဖြစ်သည်။

စင်ကာပူနိုင်ငံရှိ အဆောက်အဦများတွက် BCA မှ ခွင့်ပြုထားသော ETTV တန်ဖိုးမှာ 50Watt per sq meter ဖြစ်သည်။ စင်ကာပူသည် အပူပိုင်းဒေသတွင် တည်ရှိသောကြောင့် အကြီးစား အဆောက်အဦအားလုံးလိုလို Air Con တပ်ဆင် ကြသည်။ ETTV တန်ဖိုးမှာ 50 watt per sq meter ဖြစ်သောကြောင့် နံရံ တစ်စတုရန်းမီတာ မှ အပူပမာဏ 50Watt ပြင်ပမှ ရောက်ရှိလာမည်ဖြစ်သည်။ အကယ်၍ ထို ခွင့်ပြုသည့် 50 watt ပိုပါက ပိုမိုကြီးမားသည့် Air Con များ တပ်ဆင် ရမည်ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် မလိုအပ်ပဲ energy များကို ဖြုန်းတီးရာ ရောက်သည်။

> ETTV တန်ဖိုးများလေ Air Con ပိုကြီးကြီးလိုလေ ဖြစ်သည်။ အအေးပိုင်းနိုင်ငံများအတွက် ETTV တန်ဖိုး များလေ Air Con သာမက seating system ပါ ပိုကြီးအောင် တည်ဆောက်ထားရမည် ဖြစ်သည်။

ETTV တန်ဖိုး သည် ဗိသုကာပညာရှင်များ၏ စိတ်ကူးဆန်းများကြောင့်ဖြစ်သည်။ အဆောက်အဦ တစ်ခုလုံး ကို မှန်များဖြင့် တည်ဆောက်သည့်အခါ မှန်များကြောင့် ပြင်ပမှအပူများ အဆောက်အဦ အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်လာခြင်း ဖြစ်သည်။ ပြူတင်းပေါက်များ များပြားစွာတပ်ဆင်ထားသောကြောင့် လည်း ETTV တန်ဖိုး များခြင်း ဖြစ်သည်။

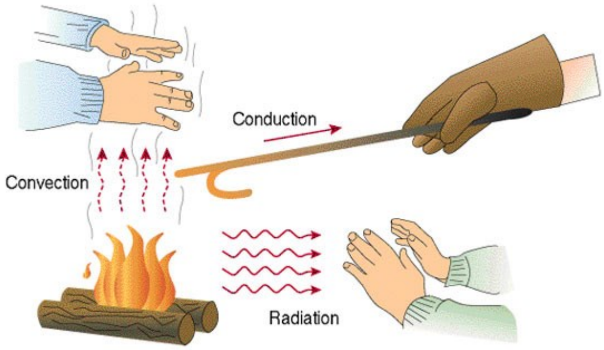
ETTV သည် အောက်ပါ အချက်အလက်များပေါ်တွင် မူတည်သည်။
အဆောက်အဦတွင်ပြင်ပနံရံ(External Wall) မည်မျှရှိသည်။
မည်သည့်ဘက်သို့လှည့်သည့် ပြင်ပနံရံ(External Wall) သည် ဧရိယာမည်မျှ ကျယ်ဝန်းသည်။
မည့်ကဲ့သို့သော ပစ္စည်းအမျိုးအစားများဖြင့် တည်ဆောက်ထားသည်။
တံခါးပေါက်မည်မျှရှိသည်။ မည်သည့် မှန်အမျိုးစားတို့ဖြင့် တည်ဆောက်ထားသည်တို့ပေါ်တွင် မူတည်သည်။

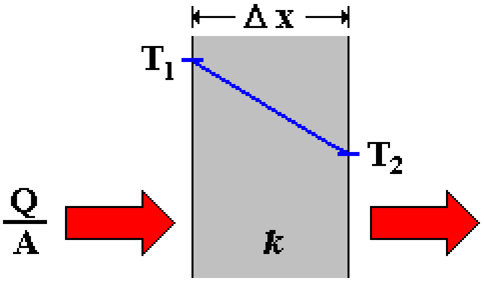
ETTV သည် Air con နေရာနှင့်ထိစပ်နေသော ပြင်ပနံရံများအတွက်သာ တွက်ရန် လိုအပ်သည်။ ခေါင်မိုးအတွက် တွက်ရန် မလိုပါ။ Air con နေရာနှင့် မထိစပ်သည့် ပြင်ပနံရံများအတွက်လည်း တွက်ရန် မလိုပါ။

ETTV တန်ဖိုး တွက်ချက်မှုများကို စက်မှုအင်ဂျင်နီယာများက ပြုလုပ်ရသည်။ သို့သော် Architect ၏ Endorsement လိုအပ်သည်။ ဖြစ်သင့်သော ဒီဇိုင်း Process မှာ စက်မှုအင်ဂျင်နီယာတွက်ချက်ထားသော ETTV တန်ဖိုး ကို Architect သုံးသပ်ရန် နှင့် ခွင့်ပြုထားသော 50Watt per sq meter လိုအပ်သည် ဒီဇိုင်း ပြန်လည် ပြင်ဆင်များ ပြုလုပ်ရန် ဖြစ်သည်။ သို့သော် တကယ့်လက်တွေ့တွင် စက်မှုအင်ဂျင်နီယာများ ETTV တန်ဖိုး တွက်ချက်ရန် လိုအပ်သည့် အချက်အလက်များ(Window Schedule, Building Orientation စသည်တို့) Architect ထံမှ ရရှိသည့်အချိန်တွင် အဆောက်အဦတစ်ခုလုံး၏ Design Finalization Stage ကို ကျော်လွန်နေပြီ ဖြစ်ပြီး မည့်သည့် အပြောင်းအလဲကို မျှ လက်မခံနိုင်သည့်အခြေအနေဖြစ်နေသည်။ ထိုအခါ ခွင့်ပြုထားသော 50Watt per sq meter ရရန် စက်မှုအင်ဂျင်နီယာများ ကိန်းဂဏန်းများဖြင့် ဆော့ကစားရတော့သည်။

ETTV တန်ဖိုး ကို တွက်ချက်ရခြင်းမှာ အဆောက်အဦတစ်ခုနှင့်တစ်ခု နိုင်းယှဉ်နိုင်ရန်အတွက် စနစ်တကျ တွက်ချက်နည်းကို သုတေသနပြုကာ လက်ခံထားသည့်အတွက် အများစု လက်ခံထားသည့်နည်းဖြင့်သာ တွက်ချက်ရမည် ဖြစ်သည်။

အဆောက်အဦ၏ ပြင်ပနံရံများ ဒီဇိုင်းများဆန်းပြားလာလေ ETTV တန်ဖိုး တွက်ချက်များ ပိုမို ခက်ခဲလာလေ ဖြစ်သည်။





ETTV တန်ဖိုး တွက်ချက် ရန် အဆောက်အဦ အတွင်း သို့ Heat များ မည့်သို့ဝင်ရောက်ရှိနိုင်သည်ကို သိရှိရန်လိုအပ်သည်။

(1) Heat conduction Through Opaque Walls

အဆောက်အဦ အတွင်း နှင့် အပြင်တွင် အပူချိန်ကွာခြားသည့်အခါ မြင့်သည့်အပူချိန် T1 မှ နိမ့်သည်အပူချိန် T2 သို့ နံရံများ ကို ဖြစ်၍ အပူစီးကူးမှုဖြစ်ပေါ်သည်။ ဥပမာ ပြင်ပအပူချိန် 35C မှ အဆောက်အဦ အတွင်း အပူချိန် 23C သို့ conduction အပူစီးကူးမှုဖြစ်ပေါ်သည်။

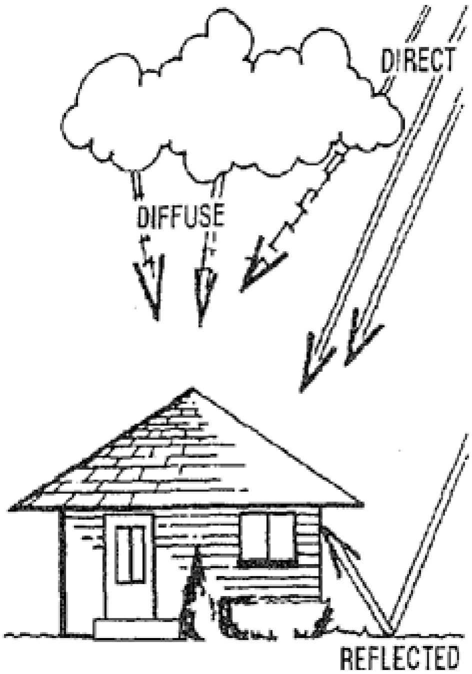
(2) Heat conduction Through Glass Windows

အဆောက်အဦတိုင်းလိုလိုတွင် ပြူတင်းပေါက်များရှိကြသည်။ ထိုပြူတင်းပေါက်များ မှ တဆင့် conduction အပူစီးကူးမှု ဖြစ်ပေါ်သည်။ Window များကို ခွဲ၍ တွက်ရခြင်းမှာ Walls နှင့် Windows များသည် အသုံးပြုထားသည် အမျိုးအစား မတူညီသောကြောင့် ဖြစ်သည်။

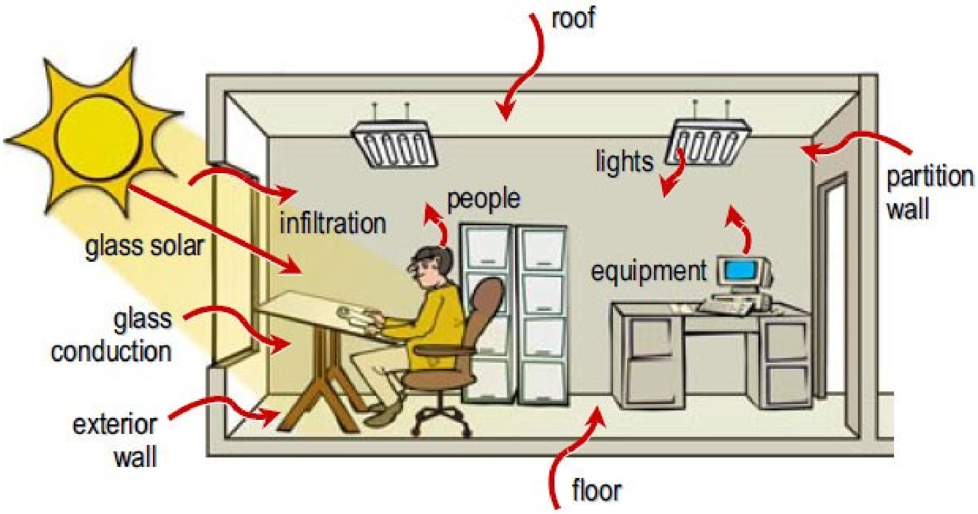
(3) Solar Radiation Though Glass Windows

Glass Windows ကို ဖြစ်၍ Solar Radiation များသည်အဆောက်အဦ အတွင်း သို့ဝင်ရောက်သည်။

Solar Radiation တွင် Direct Radiation နှင့် Diffuse Radiation ဟူ၍ နှစ်မျိုးရှိသည်။ နေရောက်ခြည်သည် မှန်ပေါ်သို့ တိုက်ရိုက် ကျရောက်နေသည့် အခါ Direct Radiation ဖြစ်ပေါ်သည်။ နေရောက်ခြည်သည် မှန်ပေါ်သို့ တိုက်ရိုက် မကျရောက်ဘဲ မိုးတိမ်များမှလည်းကောင်း အနီးရှိအဆောက်အဦများမှလည်းကောင်း မှန်ပေါ်သို့ ကျရောက်သည့်အခါ Diffuse Radiation ဖြစ်ပေါ်သည်။



Air Conditioning အခန်းတစ်ခု၏ Heat Load သည် အရာများစွာပေါ်တွင်မူတည်သည်။ အခန်းအပြင်မှ Heat များဝင်ရောက်လာမှု နှင့် အခန်းအတွင်းမှ Heat များ ထုပ်လွှတ်မှု တို့သည် ထိုအခန်း၏ Heat Load ပင်ဖြစ်သည်။ ETTV တန်ဖိုး သည် အပြင်မှ Heat များဝင်ရောက်လာမှု နှင့်သာသက်ဆိုင်သည်။ ပြင်ပ နံရံများမှ ဝင်ရောက်လာသည့် Heat နှင့်သာသက်ဆိုင်သည်။ Roof, Partition, Floor စသည်တို့မှ ဝင်ရောက်လာသည့် Heat နှင့်မသက်ဆိုင်ပါ။



၉.- ETTV Value တွက်နည်း

ပထမဆုံးအချက်နေဖြင့် ETTV Formula သည် နိုင်ငံကို လိုက်၍ ပြောင်းလဲသည်။
ဒုတိယ assumption များ ပြုလုပ်ထားသည်။
ETTV Value တွက်နည်း တွင် အောက်ပါတို့ကို assumption လုပ်ထားသည်။

(က) Building Envelope is fully enclosed. အဆောက်အဦတစ်ခုလုံးသည် နံရံများဖြင့် လွတ်သည့်နေရာ မရှိအောင် ကာရံထားသည်ဟု ယူဆထားသည်။

(ခ) Convention Heat Trasfer through building Enveloped opening portion is ignored.

အဆောက်အဦ၏ တံခါးများ၊ ဝင်ပေါက်၊ ထွက်ပေါက်များမှ convention နည်းဖြင့် အပူများစီးဝင်ခြင်း(Air Conditioning အတွက်) နှင့် အပူများ စီးထွက်ခြင်း(Heating System အတွက်)ကို ထည့်သွင်း တွက်ချက်ခြင်း မပြုလုပ်ပါ။

၉.-.၁ ETTV ပုံသေနည်း

$$ETTV = 12(1-WWR)Uw + 3.4(WWR)Uf + 211\,(WWR)(CF)(SC)$$

ETTV = Envelope Thermal Transfer Value (W/m^2)

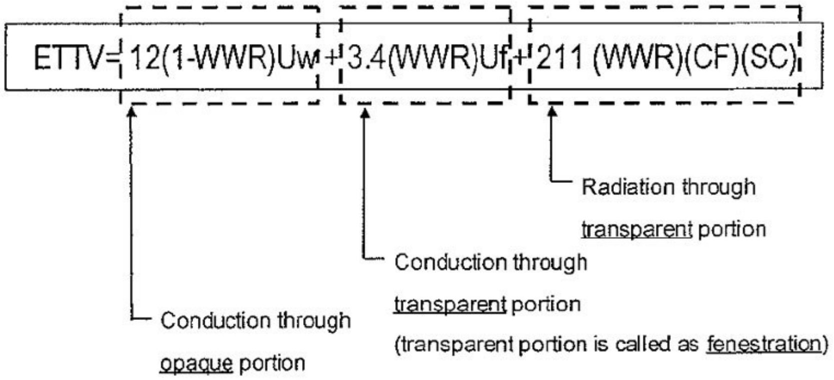
WWR = window-to-*wall* ratio

Uw = thermal transmittance of opaque wall ($W/m^2\,K$)

Uf = thermal transmittance of fenestration ($W/m^2\,K$)

SC = Shading Coefficient of fenestration

CF = solar Correction Factor of building envelope orientation



ETTV တန်ဖိုးတွင် အပိုင်း(၃)ခု ပါဝင်သည်။

၉.-.၂ (က) Heat conduction Through Opaque Walls အပိုင်း

Heat conduction Through Opaque Walls = 12(1-WWR) Uw

Constant number 12 သည် အပြင်အပူချိန် (35°C - 23°C = 12°C) ဖြစ်သည်။

အဆောက်အဦ အတွင်း နှင့် အပြင်တွင် အပူချိန်ကွာခြားသည့်အခါ မြင့်သည့်အပူချိန် T1 မှ နိမ့်သည်အပူချိန် T2 သို့ နံရံများကို ဖြစ်၍ အပူစီးကူးမှု ဖြစ်ပေါ်သည်။ ဥပမာ- ပြင်ပအပူချိန် 35°C မှ အဆောက်အဦ အတွင်း အပူချိန် 23C သို့ conduction အပူစီးကူးမှု ဖြစ်ပေါ်သည်။

WWR သည် window to wall ratio ဖြစ်သည်။ နံရံတစ်ဘက်၏ ဧရိယာတစ်ခုလုံးကို ကိန်းပြည့်ဂဏန်း ၁ အဖြစ်ယူပြီး WWR သည် နံရံတစ်ခုလုံးတွင် Window ဧရိယာ ရာခိုင်နှုန်း မည်မျှဖြစ်သည်ကို ဆိုလိုသည်။

WWR = 0.6 ဆိုသည်မှာ နံရံတစ်ဘက်တွင် ဧရိယာတစ်ခုလုံး၏ ၆၀% သည် window များဖြစ်သည် ဟုဆိုလိုသည်။ ကျန်၄၀ ရာခိုင်နှုန်းမှာ fenesate နံရံများဖြစ်သည်။

Uw သည် နံရံအမျိုးအစားနှင့်သက်ဆိုင်သော U တန်ဖိုးဖြစ်သည်။

$$Heat\ (Q)\ =\ U\ x\ Area\ x\ Dfferential\ Temperature$$

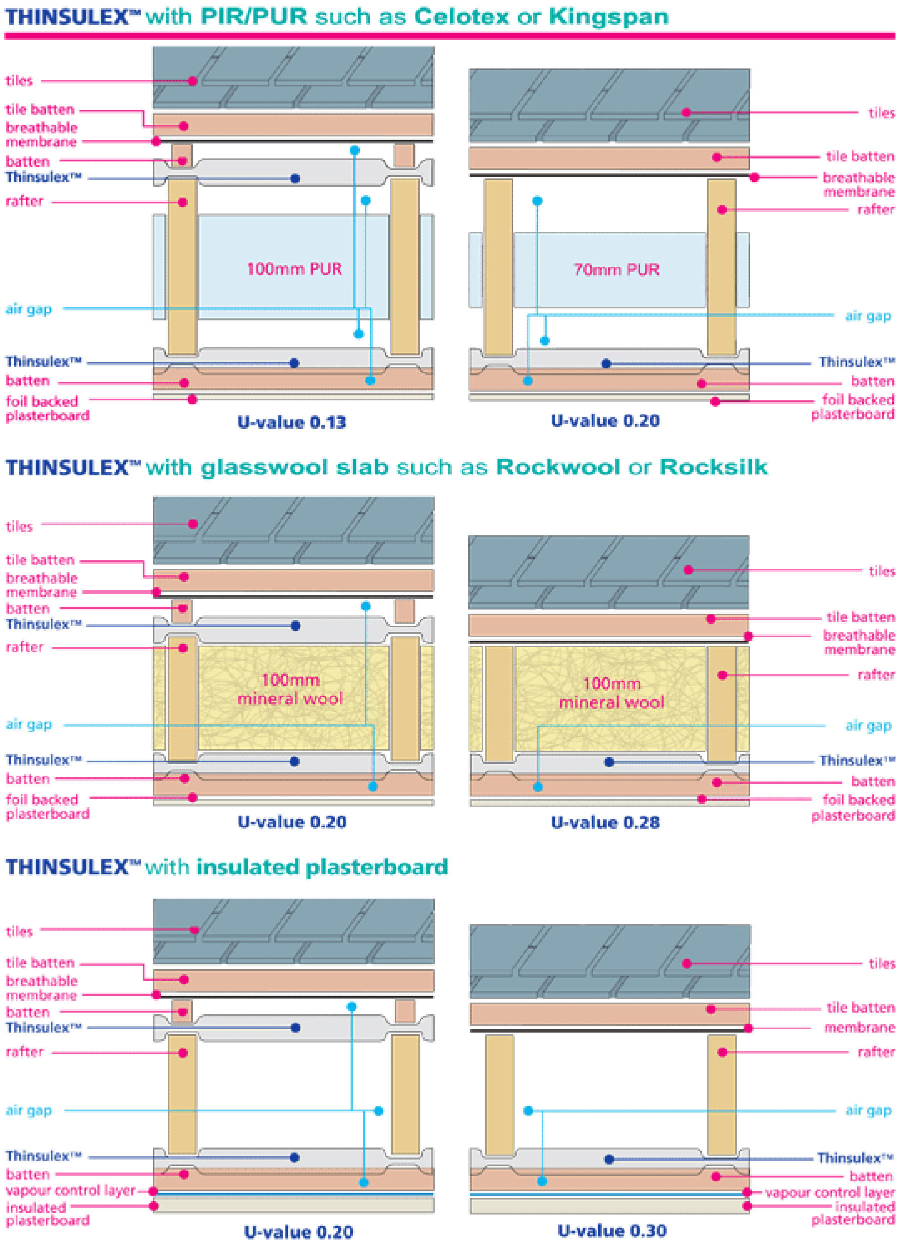
မှ simplified လုပ်ထားသည့် Formula ဖြစ်သည်။

ဥပမာ - အဆောက်အဦတစ်ခု၏ အရှေ့ဘက်သို့ မျက်နှာမူသော နံရံတစ်တစ်ခု၏ ဧရိယာသည် စတုရန်းမီတာ (၁၀၀) ဖြစ်ပြီး ဧရိယာ၏ ၅၀%သည် ပြူတင်းပေါက်များဖြစ်လျှင် ထိုနံရံ၏ ဖြစ်ပေါ်သော Heat Conduction ကို ရှာပါ။ အောက်တွင် ပြထားသော U တန်ဖိုး 0.3 W/m2 K ဖြစ်သည်။

အထက်တွင် ဖော်ပြထားသော ETTV ၏ စင်ကာပူတွင် အသုံးပြုရန်အတွက် သတ်မှတ်ထားသော ပုံသေနည်းအရ အတွင်းနှင့် အပြင် အပူချိန်ခြားနားချက်သည် 12°C ဖြစ်သည်။

Heat conduction Through Opaque Walls = 12(1-WWR) Uw = 12 (1-0.5) 0.3 =1.8 W per Sq meter ဖြစ်သည်။

အဓိပ္ပာယ်မှာ အရှေ့ဘက်သို့ မျက်နှာမူသောနံရံ၏ (၁)စတုရန်းမီတာတိုင်းမှ အပူပမာဏ 1.8 Watt စီးကူးဝင်ရောက် လာမည်ဟုဆိုလိုသည်။



U တန်ဘိုးကို ASHRE Hand Book များ၊ Singapore BCA ၏ Data များ နှင့် ထုတ်လုပ်သူများထံမှ ရရှိနိုင်သည်။
U တန်ဘိုး အနည်းအများသည် အောက်ပါ အချက်အလက်များပေါ်တွင် မူတည်သည်။

Envelope Layers of Materials
Thickness of Material
Thermal Conductivity of Materials (K Value or R Value)
Air Resistance

Thermal Conductivity (K Value)

K တန်ဖိုးသည်နံရံ အမျိုးအစားကို လိုက်၍ အဆောက်အဦတွင်းသို့ အပူစီးကူနိုင်စွမ်း (ablility of a material to trasmit heat) ကိုဆိုလိုသည်။

အတွင်းနံရံနှင့် အပြင်နံရံအကြားတွင် unit temperature difference ဖြစ်ပေါ်သည့် steady-state conditions တွင် unit area of the material of unit thickness မှ trasmit လုပ်သောအပူ(Heat) ပမာဏသည် K တန်ဖိုး ဖြစ်သည်။

Quantitiy of heat trasmiteed under steady-state conditions through unit area of the material of unit thickness in unit time when unit temperature difference exists between its opposite surface (W/m K)

ကွန်ကရစ်နံရံ ၏ K တန်ဖိုးသည် 1.44 watt ဖြစ်သည်။ အဓိပ္ပာယ်မှာ (၁)မီတာအထူ ကွန်ကရစ်နံရံမှ 1 K အပူချိန် ကွာခြားမှုကြောင့် trasmit လုပ်သော အပူ(heat) ပမာဏသည် 1.44 watt ဖြစ်သည်။

K တန်ဖိုးသည် နည်းလေ အဆောက်အဦ အတွင်းသို့ အပူစီးကူးမှု နည်းလေဖြစ်သည်။

Thermal conductivity (K value) – some examples

Material	Density (kg/m3)	K-value (W/m K)
concrete	2400	1.442
cement	1568	0.533
granite	2640	2.927
Wood (chipboard)	800	0.144
aluminium	2672	211
rockwool	32	0.035
glass	2512	1.053

၉.-.၃ (ခ) Heat conduction Through Glass Windows အပိုင်း

Heat conduction Through Glass Windows = 3.4 (WWR) Uf

Heat (Q) = U x Area x Dfferential Temperature မှ simplified လုပ်ထားသည် Formula ဖြစ်သည်။

Dfferential Temperature = 3.4 C ဖြစ်သည်။

Area မှာ Window များအားလုံး၏ စုစုပေါင်းဧရိယာ ဖြစ်သည်။ Window Schedule ကို Architech ထံမှ ရရှိနိုင်သည်။

၉.-.၄ (ဂ) Solar Radiation Though Glass Windows အပိုင်း

Solar Radiation Though Glass Windows = 211 (WWR) (CF) (SC)

$$Mean\ Solar\ Radiation = 112\ Watt\ per\ Sq\ meter$$

Solar Radiation ဆိုသည်မှာ နေ သည် ကမ္ဘာမြေမှ မိုင်းပေါင်းများစွာ ကွာဝေးသောကြောင့် နေရောင်ခြည်သည် ကမ္ဘာမြေပေါ်သို့ ရောက်ရှိချိန်တွင် နေရောင်ခြည် Paralley Sun's Rays များဖြစ်သို့ ရောက်ရှိသွားသည်။ နေရောင်ခြည် Heat Energy နှင့် Light Energy ကို လူသားတို့အတွက်သယ်ဆောင်လာသည်။ အထူးသဖြင့် နေရောင်ခြည် မှ သယ်ဆောင်လာသော heat energy ကို solar radiation ဟုခေါ်ဆိုကြသည်။

The solar factor has been derived from the annual average of solar radiation transmitted through a 3mm clear glass window.

မိမိအဆောက်အဦ တည်ရှိရာနေရာ Latitude and Longitude ကိုလိုက်၍ Solar Radiation ပမာဏ ကွာခြားမှုရှိသည်။ လ(month) ကို လိုက်၍လည်း solar Radiation ပမာဏ ကွာခြားမှု ရှိသည်။ Orientation ကို လိုက်၍လည်း solar radiation ပမာဏ ကွာခြားမှု ရှိသည်။ စင်ကာပူအတွက် တစ်နှစ်တာ ပျမ်းမျှ Solar Radiation မှာ 211 Watt per sq meter ဖြစ်သည်။ အဓိပ္ပာယ်မှာ နေရောင်ခြည်မှ တစ်စတုရန်းမီတာပေါ်တွင် တစ်နှစ်တာပျမ်းမျှ Solar Radiation (Radiation အပူ) ၏ ပမာဏ မှာ 211 Watt per sq meter ဖြစ်သည်။

$$SC = \frac{\text{Solar heat gain of any glass and shading combination}}{\text{Solar heat gain through a 3mm unshaded clear glass}}$$

$$SC = SC \times SC$$

where

SC : shading coefficient of the fenestration system

SC1 : shading coefficient of glass or effective shading coefficient of glass with solar control film where a solar control film is used on the glass

SC2 : effective shading coefficient of external shading devices

အောက်ပါဇယားသည် Solar Correction Factor (CF) for Wall ဖြစ်သည်။

Pitch Angle	Orientation							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
70°	1.17	1.33	1.47	1.35	1.21	1.41	1.56	1.38
75°	1.07	1.23	1.37	1.25	1.11	1.32	1.47	1.28
80°	0.98	1.14	1.30	1.16	1.01	1.23	1.39	1.20
85°	0.89	1.05	1.21	1.07	0.92	1.14	1.31	1.11
90°	0.80	0.97	1.13	0.98	0.83	1.06	1.23	1.03
95°	0.73	0.90	1.05	0.91	0.76	0.99	1.15	0.96
100°	0.67	0.83	0.97	0.84	0.70	0.92	1.08	0.89
105°	0.62	0.77	0.90	0.78	0.65	0.86	1.01	0.83
110°	0.59	0.72	0.83	0.72	0.61	0.80	0.94	0.78
115°	0.57	0.67	0.77	0.67	0.58	0.75	0.87	0.73
120°	0.55	0.63	0.72	0.63	0.56	0.71	0.81	0.69

တခြားသော Orientation နှင့် တခြားသော Pitch Angles များအတွက် correction factor ကို interpolation နည်းဖြင့်တွက်ယူနိုင်ပါသည်။

Pitch Angles ကို အောက်ပါ အဆောက်အဦနစ်ခုဖြင့် ရှင်းပြနိုင်ပါသည်။

Wheelock Place Building Pitch Angles is below 90 Degree

Most of building Pitch Angles are 90 Degree

Concourse Building Pitch Angles is above 90 Degree

-End-

Contents

၉.၁ Cooling Plant Load....................1

၉.၁.၁ Outdoor Air Load ....

၉.၁.၂ System losses/gains ....

၉.၁.၃ External gains....................

၉.၁.၄ Internal gains....................

၉.၁.၅ Zone load....................

၉.၂ Peak Simultaneous Building Loads သို့မဟုတ် Zone Load....................2

Design information required 2

၉.၃ Design Watch Points....................4

၉.၄ Heat Balance on The Body....................4

၉. Cooling Load Factors 13

Cooling Load Calculation Procedure 18

Heat Transfer of Human Body - male adult (*W*)....................

ETTV and RETV တန်ဖိုး 27

၉.- ETTV Value တွက်နည်း 29

၉.-.၁ ETTV ပုံသေနည်း ....

၉.-.၂ (က) Heat conduction Through Opaque Walls အပိုင်း ....

၉.-.၃ (ခ) Heat conduction Through Glass Windows အပိုင်း....................

၉.-.၄ (ဂ) Solar Radiation Though Glass Windows အပိုင်း....................