

Rapport

R37:1970

Inst. för Byggnadsstatik

**Kontroll av tillämpade
värmebehovsberäkningar**

B Lindström

U Ström

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Byggforskningen

Kontroll av tillämpade värmebehovsberäkningar

B Lindström & U Ström

Mycket tyder på att stora skillnader föreligger beträffande använda metoder för värmeförlustberäkning vid dimensionering av värmesystem för byggnadsuppvärmning. Olika påslagsmetoder och olika DUT (dimensionerande utetemperatur) användes vid beräkningar för likartade byggnader på samma ort. Det har i många fall kunnat konstateras, att värmesystemens kapacitet ej behöver utnyttjas fullt.

För att utröna i vad mån under de senaste åren utförda beräkningar överensstämmer med de faktiska driftsbehoven har VVS-Kontroll AB på uppdrag av Statens råd för byggnadsforskning under första halvåret 1969 utfört kontroll av de tillämpade metoderna för värmebehovsberäkningar. Undersökningen har grundats på temperaturmätningar i 60 byggnader försedda med radiatoruppvärmning (pumpvarmvattensystem).

Primärmaterialet baseras på mätningar av radiatorsystemens fram- och återledningstemperaturer vid varierande utetemperaturer och vindhastighe-

ter. Rumstemperatur- och ventilationsluftflödesmätningar har även utförts.

Mätobjekten har utgjorts av 3- till 12-våningars bostadshus, huvudsakligen 2-5 år gamla. Byggnadernas ventilationssystem är mestadels av typen frånlufts- och självdragssystem, undantagsvis av till- och frånluftstyp.

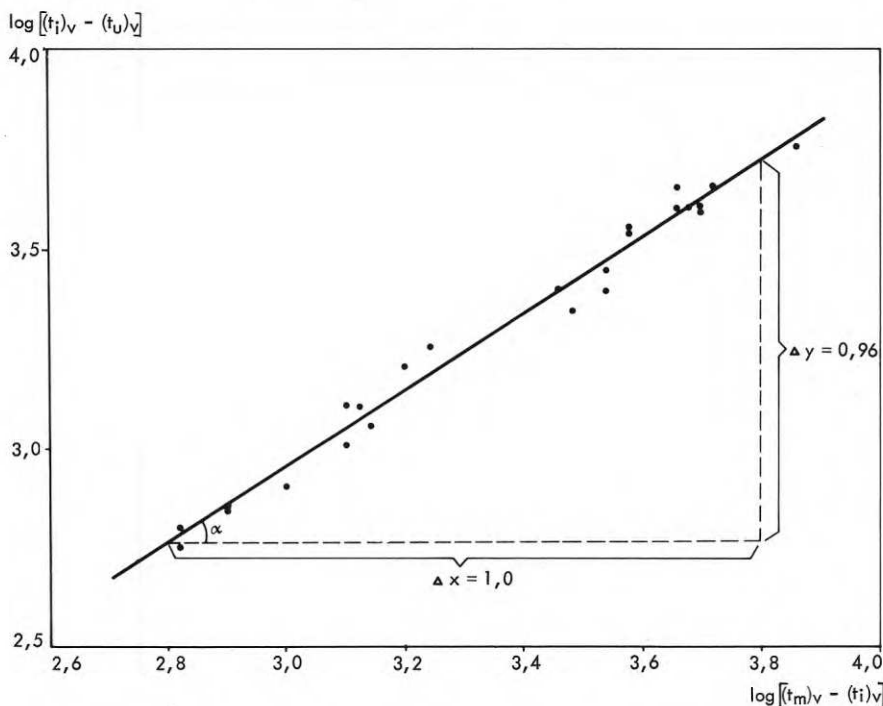
Genom databehandling har erhållits samhörande värden på temperaturdifferensen över ytterväggen och temperaturdifferensen mellan radiator och rum, se figur nedan.

En radiators k -värde varierar enligt sambandet

$$\frac{k}{k_o} = \left[\frac{t_m - t_i}{(t_m)_o - (t_i)_o} \right]^{q-1}$$

där t_m = radiatorns medeltemperatur och t_i = rumstemperaturen. Index q betecknar givna värden på k -värdet samt medel- och rumstemperaturer erhållna t.ex. ur radiortillverkares kataloger.

Exponenten $q-1$ anges i litteraturen till 0,33 för vanliga typer av radiatorer.



Exempel på log-log-diagram upprättat av dator.

$(t_m)_v$ = verkligt medelvärde av vattentemperaturen i radiatorer
 $(t_i)_v$ = verklig rumstemperatur
 $(t_u)_v$ = verklig utetemperatur.

Genom regressionsanalys har linjen erhållits, och linjens lutning ges av vinkeln α . $\tan \alpha$ är exponenten q 's värde. I detta exempel är $\tan \alpha = \Delta y / \Delta x = q = 0,96$.

Byggnadsforskningen Sammanfattningar

R37:1970

Rapport R37:1970 avser anslag nr D 509 från Statens råd för byggnadsforskning till VVS-Kontroll AB.

Under första halvåret 1969 utfördes kontroll av tillämpade metoder för värmebehovsberäkning genom mätning av de faktiska temperaturerna i radiatorsystemen i 60 bostadshus samt jämfördes beräknade och verkliga värmebehov för dessa byggnader.

Som resultat av undersökningen erhöles, att de undersökta objektens radiatorer i genomsnitt är 24 % överdimensionerade. Emellertid är spridningen stor och i vissa fall konstaterades underdimensionering av radiatorsystemen. De beräknade värmebehoven visade sig vara genomsnittligt 31 % större än de verkliga. I utredningen konstaterades vidare, att funktionssambandet mellan radiatorers k -värden och system resp. rumstemperaturer ej i praktiken överensstämmer med i litteraturen vanligen förekommande uppgifter.

UDK 697.003
697.35

Sammanfattning av:

Lindström, B & Ström, U, 1970, *Kontroll av tillämpade värmebehovsberäkningar* (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R37:1970. 44 s., ill. 11 kr.

Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm. Telefon 08-24 28 60.

Abonnemangsgrupp: (i) installationer.

I utredningen har man kunnat beräkna exponenten q på det sätt som visas i figuren.

I övrigt har utredningen försökt bestämma förhållandet mellan byggnadernas beräknade och verkliga värmebehov liksom förhållandet mellan radiatorernas beräknade och verkliga värmeavgivning. Även pumpvarmvattensystemens verkliga vattenflöden i förhållande till deras beräknade har bestämts.

För de undersökta objekten har värmebehovsberäkningarna infordrats för en analys av vilka faktorer som varit avgörande för eventuella avvikelser i nämnda förhållanden.

Jämförelse av projektörernas beräkningar med mätresultat har omöjliggjorts i många fall genom att beräkningsunderlag, beräkningar och även ritningar saknas, vilket visar att klarare regler krävs för arkivering av dessa handlingar. I annat fall finns risk för att de sorteras bort ur arkiv på ett för tidigt stadium, bl.a. med hänsyn till eventuella framtida installationsändringar. Förslagsvis bör den som förvaltar en byggnad även arkivera till densamma hörande handlingar av ovan nämnda typ. Möjligen skulle dylika regler för arkivering kunna utfärdas av Statens planverk.

Undersökningen har konstaterat att inga enhetliga normer tillämpas för värmebehovsberäkning. Detta faktum har visat sig leda till stora variationer i metodiken för beräkningarnas utförande. Detta gäller exempelvis fastställandet av ventilationsvärmebehovet och k -värden för olika fönstertyper. Utarbetande av dylika normer torde vara en uppgift för branschorganisationerna.

Framledningstemperaturerna i radiatorssystemen visar sig variera mellan 65,0 och 99,3°C för radiatorsystem dimensionerade för 80°C framled-

ningstemperatur, medan de som dimensionerats för 90°C framledningstemperatur varierar mellan 63,6 och 96,8°C. Då värmesystemen är variatorstyrda och framledningstemperaturen sålunda är given genom en inställning av regleringsanordningen, får man förmoda att de erhållna framledningstemperaturerna är resultat av maskinisters eller vaktmästares inställningar på variatorcentralerna, vilka enligt deras erfarenhet visat sig ge lämpliga rumstemperaturer. Avvikelserna i framledningstemperaturerna från dimensionerade värden är då en indikation på feldimensionering av värmesystemet.

Inomhustemperaturerna visar sig i huvudsak ligga mellan 21 och 24°C. Endast för fyra objekt ligger rumstemperaturen mellan 20 och 21°C. Högre temperatur än 24°C har ej konstaterats. 20°C har varit dimensionerande inomhustemperatur i samtliga undersökta objekt.

Då utvecklingen visat en tendens till krav på högre rumstemperatur, kan man överväga att i beräkningar för värmeanläggningar ta hänsyn därtill.

Temperaturdifferensen mellan fram- och återledningen skall vara 20°C för samtliga objekt. Utredningen har visat att den dock huvudsakligen ligger mellan 10 och 15°C. Att temperaturdifferensen ej uppgår till 20°C beror huvudsakligen på att vattencirkulationen genom värmesystemet är större än beräknat. Detta medför en högre energiförbrukning för pumparna.

Med hänsyn till detta är riktigt val av pump samt korrekt rörberäkning nödvändig.

Rent allmänt kan temperaturdifferensen 20°C mellan fram- och återledning ifrågasättas. För att fastställa den tekniskt-ekonomiska temperaturdifferensen fordras en särskild utredning.

För flertalet objekt har konstaterats en överskattning av värmebehoven, som givit en överdimensionering av radiatorer samt pumpar. I vissa fall föreligger även en underdimensionering. Denna "underdimensionering" kan dock vara fiktiv på grund av byggfel eller ändrade förutsättningar efter projekteringstillfället. Medelvärde av samtliga undersökta objekts värmebehovsöverskattning är 31 %. En viss överdimensionering är både rimlig och önskvärd, ty basvärdena (ändrat *DUT* p.g.a. mikroklimat m.m.) inrymmer alltid ofrånkomliga osäkerheter. Den allt vanligare uppvärmningen med fjärrvärme är ytterligare ett skäl till en viss överdimensionering, emedan korrektion för ovan nämnda faktorer ej kan göras genom höjning av medeltemperaturen med hänsyn till kravet på max.-begränsning av returtemperaturen. Dock skall alltid en vidtagen överdimensionering vara medvetet gjord.

Exponenten q har visat sig variera mellan 0,69 och 1,94, varför man med någon större noggrannhet ej kan använda det vanligen i litteraturen angivna värdet 1,33. En orsak till spridningen torde vara radiatorernas inbyggnadssätt.

Medelvärde av samtliga undersökta objekts radiatoröverdimensionering är 24 %.

En viss överdimensionering av radiatorerna är naturlig, då radiatorer mestadels ej kan tillhandahållas med en värmeavgivning som exakt motsvarar förlusterna.

För att säkerställa tillräcklig värmetillförsel vid eventuella fel eller brister i byggnadskonstruktionen kan radiatorerna överdimensioneras. Alternativt kan man överväga att avstå från denna överdimensionering och i stället byta ut enstaka radiatorer i efterhand där så erfordras.

Investigations of methods used for calculating heat requirements

B Lindström & U Ström

There is considerable evidence that widely differing methods are used for calculation of heat loss when dimensioning heating systems for use in buildings. Various standard methods and dimensioning outdoor temperatures are used for calculations referring to similar buildings in the same place. In many cases it has been possible to establish that the capacity of heating systems need not be used to the full.

During the first six months of 1969 VVS-Kontroll AB at the request of the National Swedish Council for Building Research conducted a check on the methods used for calculating heat requirements in order to discover the extent to which the calculations made in recent years correspond to actual needs. The survey was based on measurements of temperature in 60 buildings equipped with radiator heating systems (systems with a pumped supply of hot water).

The primary material is based on measurements of input and return temperatures in radiator systems at varying outdoor temperatures and wind speeds. Measurements have also been taken of

room temperatures and flow of ventilating air.

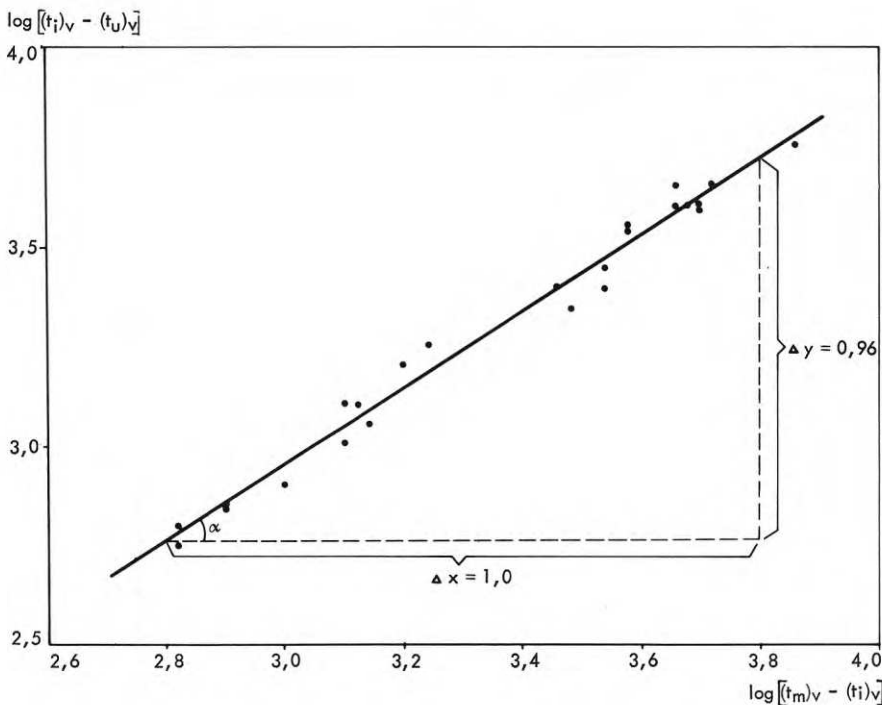
The objects of measurement were residential buildings ranging from three to twelve storeys in height and mainly between two and five years old. The majority of the ventilation systems installed in these buildings were of the exhaust or natural ventilation types and in exceptional cases both supply and exhaust systems.

Correlating values for differences in temperature over the external wall and differences in temperature between radiator and room have been obtained with the help of computer techniques. (See figure below.)

The U value of a radiator varies according to the formula

$$\frac{U}{U_o} = \left[\frac{t_m - t_i}{(t_{m,o} - t_{i,o})} \right]^{q-1}$$

where t_m = mean temperature of the radiator and t_i = room temperature. Index o denotes given values of the U value and mean and room temperatures taken for example from radiator manufacturers' catalogues.



Example of a computer-drawn log-log digram.

$(t_m)_v$ = real mean water temperature in radiators

$(t_i)_v$ = real room temperature

$(t_u)_v$ = real outdoor temperature

The line has been obtained by regression analysis and the gradient of the line is given by angle α . $\tan \alpha$ is the value of exponent q .

In this example $\tan \alpha = \Delta y / \Delta x = q = 0.96$.

National Swedish Building Research Summaries

R37:1970

Report R37:1970 refers to grant No. D 509 from the National Swedish Council for Building Research to VVS-Kontroll AB.

During the first six months of 1969 checks were conducted on methods used for calculating heat requirements by measuring the actual temperatures in radiator systems in 60 residential buildings, and the calculated and real heat requirements of these buildings were compared.

The results show that on average 24 % of the radiators in the buildings studied were overdimensioned. The scatter is, however, considerable and in some cases underdimensioning of radiator systems was also noted. The heat requirements calculated proved to be on average 31 % greater than the true requirements. It was further established that the functional correlation between the U values of the radiators and systems and room temperatures does not in practice correspond to the details normally found in literature on the subject.

UDC 697.003
697.35

Summary of:

Lindström, B & Ström, U, 1970, Kontroll av tillämpade värmebehovsberäkningar/Investigations of methods used for calculating heat requirements (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R37:1970. 44 p., ill. 11 Sw.kr.

Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, S-111 84 Stockholm, Sweden.

Exponent $q-1$ is given in literature on the subject as 0.33 for common types of radiators.

In the survey it was possible to calculate the exponent q in the way shown in the figure.

The survey also tries to determine the relationship between the calculated and the real values for heat emission. In addition, the real flows of water in systems using pumps has been determined in relation to their calculated values.

In the case of the objects dealt with in the survey, calculations of heat requirements were requested for an analysis of the factors which had a decisive effect on possible deviations in the conditions mentioned.

In many cases it was impossible to compare the calculations of the designers with the measurement results since the material on which calculations were based, calculations themselves and even drawings were lacking. This indicates that clearer rules are necessary for filing of these documents. Otherwise there is a risk that they may be removed from the records at too early a stage — for instance, in view of possible future changes in installations. A possible solution would be for the person or body in charge of the management of a building also to file the documents belonging to it of the types listed above. Alternatively, similar rules could be issued by the National Board of Urban Planning.

The survey was able to establish that uniform standards are applied in calculating heat requirements. This fact has proved to lead to large variations in the methods of making the calculations. This applies, for example, to determination of the ventilation-heat requirement and U values for different types of windows. The development of similar standards would seem to be a task for the trade organizations.

The input temperatures in the radiator

systems vary between 65.0 and 99.3°C in systems dimensioned for 80°C input temperature, while those dimensioned for an input temperature of 90°C vary between 63.6 and 96.8°C. When heating systems are steered by variators and the input temperature is thus given by setting of the controls, it may be assumed that the input temperatures obtained are the result of the machinist's or caretaker's settings of the variator units which they have found give suitable room temperatures. Deviations in the input temperatures from the dimensioning values are thus an indication of incorrect dimensioning of the heating system.

Indoor temperatures lie mainly between 21 and 24°C. Only in four cases was the room temperature between 20 and 21°C. No temperatures above 24°C were recorded. 20°C was the dimensioning indoor temperature in all the objects investigated.

Since there seems to be a tendency towards a demand for higher room temperatures it may be worth taking this into consideration when making calculations for heating plants.

The difference between input and return temperatures should be 20°C for all objects. The survey shows however that it lies for the most part between 10 and 15°C. The fact that the difference in temperature does not amount to 20°C is mainly due to the water circulation through the heating system being greater than estimated. This means higher consumption of energy by the pumps.

In view of this, the correct choice of pump and correct calculation of pipes is essential.

Generally speaking, the temperature difference of 20°C between input and return water can be questioned. A special survey would be necessary to determine the technical and economic difference in temperature.

Overestimation of heat requirements was noted in the case of most of the objects studied, leading in its turn to overdimensioning of radiators and pumps. In some cases underdimensioning was noted. This underdimensioning may, however, be fictive on account of structural faults or changes in conditions subsequent to the design work. The mean overestimation of heat requirements was 31 % for all the objects studied. A certain degree of overdimensioning is both reasonable and desirable, since the base values (change in dimensioning outdoor temperatures due to the microclimate etc.) always allow for inevitable elements of uncertainty. The increasingly common method of district heating plants is still another reason for overdimensioning since the factors mentioned above cannot be corrected by raising the mean temperature in view of the requirement for maximum limitation of return temperature. Any overdimensioning should, however, always be done knowingly.

The exponent q has proved to vary between 0.69 and 1.94 and it is therefore possible to use the normal value given in literature on the subject with a somewhat greater degree of accuracy. One reason for the scatter is probably the way in which the radiators are built in.

The mean value for overdimensioning of radiators is in the case studied 24 %.

A certain amount of overdimensioning of radiators is natural since they cannot in general be obtained having a heat emission exactly corresponding to the heat losses.

In order to ensure sufficient supply of heat in the event of faults or deficiencies in a building, radiators cannot be overdimensioned. Alternatively, one can consider omitting overdimensioning and instead replacing individual radiators when needed.

Rapport R37:1970

KONTROLL AV TILLÄMPADE VÄRMEBEHOVSBERÄKNINGAR

INVESTIGATIONS OF METHODS USED FOR CALCULATING HEAT
REQUIREMENTS

av B Lindström och U Ström

Denna rapport avser anslag nr D 509 från Statens råd
för byggnadsforskning till VVS-Kontroll AB. Författare
är civ ing B Lindström och civ ing U Ström.

Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnads-
forskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm

Rotbeckman, Stockholm 1970 10 8537 0

INNEHÅLL

BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER	4
INLEDNING	7
PLANERING AV UNDERSÖKNINGEN	9
Storheter man önskade undersöka	9
Val av objekt	9
MÄTMETODER OCH MÄTNINGAR	11
REDOVISNING OCH RESULTAT	14
Mätdata	14
Teori	14
Bearbetning och redovisning av mätdata	21
Diskussion av bearbetade mätdata	22
Kontroll av värmebehovsberäkningar	26
Redovisning av kontroll av värmebehovsberäkningar	26
Analys av vissa variablers inverkan	27
SLUTSATSER	29
REFERENSER	32
BILAGA 1: Tabeller	33
BILAGA 2: PM gällande mätinstruktioner	41
Exempel på protokollsblad	44

BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER

Index b anger av konstruktören beräknade värden.

Index v anger verkliga, dvs uppmätta, värden.

Temperatur

t_f = framledningstemperatur, dvs temperatur på utgående vattenström i ett radiatorsystem från värmepannan eller värmeväxlaren vid fjärrvärmeanslutning; vid system med shunt avses temperaturen efter shuntkopplingen

t_a = återledningstemperatur, dvs temperatur på ingående vattenström i ett radiatorsystem till värmepannan eller värmeväxlaren vid fjärrvärmeanslutning; vid system med shunt avses temperaturen före shuntkopplingen

t_m = medelvärde av vattentemperaturen i radiatorer

t_i = inomhustemperatur

t_u = utomhustemperatur

Värmemängder (värmeflöden)

Q_{TR+V} = totala värmeförluster p g a transmission och ventilation från byggnad eller zon av byggnad

Q_R = total värmeavgivning från samtliga radiatorer inom byggnad eller zon av byggnad

Q_{PVV} = total värmetransport i pumpvarmvattensystemet inom byggnad eller zon av byggnad

Q_+ = värmetillskott från personer, belysning m m.

Övriga beteckningar

k = byggnadselements värmegenomgångstal

k_R = radiators värmegenomgångstal

A = byggnadselements area

A_R = radiators area

- ρ = specifika vikten för luft
- c_p = specifika värmen för luft
- c_{pv} = specifika värmen för vatten
- p = exponent
- q = exponent = $p+1$
- L = ventilationsluftflöde
- M = vattenflöde i radiatorsystem
- C = byggnadens värmebehov per °C temperaturdifferens över yttervägg
- n_1 = c_b / c_v
- n_2 = $(Q_R)_b / (Q_R)_v$
- n_3 = M_v / M_b
- DUT_K = dimensionerande utetemperatur enligt konstruktören
- DUT_{SBN} = dimensionerande utetemperatur enligt SBN 67

INLEDNING

Dimensioneringen av värmeanläggningar påverkar i hög grad byggnaders årskostnader för uppvärmning. Olika undersökningar har under årens lopp utförts för att utröna om besparingar kan göras.

Mycket tyder på att stora skillnader föreligger beträffande använda metoder för värmeförlustberäkning. Olika påslagsmetoder tillämpas, och olika värden på *DUT* (dimensionerande utetemperatur) användes vid beräkningar för likartade byggnader på samma ort. Det har i många fall kunnat konstateras, att värmesystemens kapacitet ej behöver utnyttjas helt, genom att man använt lägre vattentemperaturer än avsett.

I SBN 67 finnes numera enhetliga normer för bestämning av *k*-värden, *DIT* och *DUT* samt därpå grundad beräkning av byggnaders värmeförluster. Dessa normer överensstämmer i huvudsak med de riktlinjer som anges i VVS-handboken 1963. I såväl SBN som VVS-handboken finnes angivet *DUT* för olika orter i Sverige.

För att klargöra i vad mån under de senaste åren utförda beräkningar överensstämmer med de faktiska driftbehoven har VVS-Kontroll AB på uppdrag av Statens råd för byggnadsforskning under första halvåret 1969 utfört kontroll av de tillämpade metoderna för värmebehovsberäkningar. Undersökningen har grundats på mätning av temperaturer i radiatorsystem i ett antal bostadshus i Malmö, Växjö, Göteborg, Stockholm, Östersund och Luleå. Undersökningen har begränsats till enbart bostadshus (60 st) med hänsyn till önskvärdheten att utföra mätningarna inom ett antal likartade byggnader med ungefär samma färdigställningstid.

Undersökningen har utförts under ledning av professor Bo Adamson, Lunds Tekniska Högskola. Utredningsmän har varit civilingenjörerna B Lindström, VVS-Teknik AB, Malmö och U Ström, VVS-Kontroll AB, Stockholm. Mätningarna har genomförts i samarbete med följande företag:

VVS-Kontroll AB i Malmö

F Larssons Konstruktionsbyrå AB i Växjö

Bengt Dahlgren Konsulterande Ingenjörbyrå AB i Göteborg

L B Larsson & Co Konsulterande Ingenjörbyrå AB i
Stockholm

Grapenfelts Ingenjörbyrå AB i Östersund

LKL Ingenjörbyrå AB i Luleå

Databehandling av mätresultat har utförts genom Lunds
Tekniska Högskolas försorg.

PLANERING AV UNDERSÖKNINGEN

Storheter man önskade undersöka

En av förutsättningarna för en riktig dimensionering av värmesystem är en riktigt utförd värmebehovsberäkning. Då värmebehovsberäkningarna baseras på k -värden för ett antal byggnadselement och dessa k -värden inrymmer ett antal osäkerhetsfaktorer måste vissa säkerhetsmarginaler användas. Undersökningen har syftat till att fastställa skillnaderna mellan verkligt och beräknat värmebehov.

Intressant ur kostnadssynpunkt är värmeanläggningens storlek, vilken dimensionerats med hjälp av en eventuellt felaktig värmeförlustberäkning. I undersökningen har även behandlats frågan om avvikelser i den verkliga storleken av värmeanläggningen från den erforderliga.

Radiatorsystemens verkliga vattencirkulationsflöden har jämförts med de projekterade, emedan vattenflödena direkt påverkar pumpdimensioneringen.

De nämnda faktorerna (avvikelser i värmebehov, avvikelser i radiatorstorlekar samt avvikelser i pumpkapaciteter) har undersökts vid såväl av konstruktörerna antagna dimensionerande utetemperaturer som vid de enligt SBN 67 angivna. (*DUT* enligt SBN 67 överensstämmer med de värden som VVS-handboken, 1963, anger.)

Val av objekt

I var och en av de sex städerna Stockholm, Göteborg, Malmö, Växjö, Östersund och Luleå har tio mätobjekt utvalts. Urvalet har skett i samarbete med till VVS-Kontroll AB anslutna VVS-konsultföretag. Följande förutsättningar har gällt vid valet:

Objekten omfattar huvudsakligen bostadshus som varit i bruk 2-5 år, dels sådana som är utsatta för stark vind, dels sådana som har ett vindskyddat läge. Att

endast objekt, som varit i bruk minst två år har medtagits betingas av att man önskat eliminera byggfuktens inverkan.

Vidare utgörs objekten i huvudsak av 3-12-våningshus. Objekten representerar även olika byggkonstruktioner där alternativen är

1. Bärande yttervägg av betong, tegel, etc.
2. Utfackningsvägg av betong, tegel, etc.
3. Utfackningsvägg av trä.

Med hänsyn till ventilationssystemet omfattar objekten hus med i huvudsak frånluftssystem eller självdragssystem samt i några fall till- och frånluftssystem.

Avsikten med att utföra undersökningen i flera städer har varit att få med klimatvariationerna inom landet men också att ett större antal projektörers olika beräkningsmetoder skulle komma till uttryck.

För att kontrollera om några systematiska variationer beträffande hushöjd, byggnadsteknisk konstruktion, ventilationssystem samt påverkan av vind föreligger har objekten valts med hänsyn till dessa faktorer.

De valda objektens förutsättningar har sammanställts i TAB. 1.

Uppvärmning sker i samtliga objekt medelst konventionella pumpvarmvattensystem med variatorutrustning.

Värmebehovsberäkningar för de valda objekten har infördrats från projektörerna.

MÄTMETODER OCH MÄTNINGAR

Temperaturmätningar har utförts på radiatorketsarnas fram- och återledningar samt utomhus. Noteringar av rådande väderlek och vindstyrkor har samtidigt skett. För varje objekt har i ett antal lägenheter rumstemperaturerna och ventilationsluftmängderna uppmätts.

Temperaturerna i radiatorketsarnas fram- och återledningar har mätts med termoelement (koppar-konstantan \varnothing 0,5 mm) och millivoltmeter (FIG. 1). Termoelementets "varma" lödställe har monterats på värmerörens metall- ytor och omgivits med befintlig rörisolering. Det "kalla" lödstället har placerats tillsammans med en kvicksilvertermometer i en termosflaska innehållande is. Den uppträdande termoelektromotoriska kraften har avlästs som ett utslag på millivoltmetern, vilket utslag dock måste korrigeras med hänsyn till yttre spänningsfall i ledningarna. Denna korrigerings samt korrigerings för avvikelser från 0°C hos kalla lödstället har sedan utförts med dator. Dessutom har temperaturerna i fram- och returledningar avlästs å befintliga termometrar.

Utomhustemperaturerna har mätts med kvicksilvertermometrar.

Rumstemperaturmätning har skett med kvicksilvertermometer i ett antal centralt belägna rum samt i ett antal hörnrum i varje objekt.

Ventilationsluftmängderna har mätts med luftmängdsmätare i ett antal lägenheter i varje objekt.

Vid mättillfället rådande väderlek har noterats. Solbelyst fasadyta har angivits i % av fasadarean.

Dagliga vindstyrkeuppgifter har erhållits från SMHI på respektive ort.

En mer detaljerad beskrivning av mätningarnas genomförande återfinnes i BIL. 2: "PM gällande mätinstruktioner vid kontroll av tillämpade värmebehovsberäkningar". BIL. 2 visar även protokollbladens utseende.

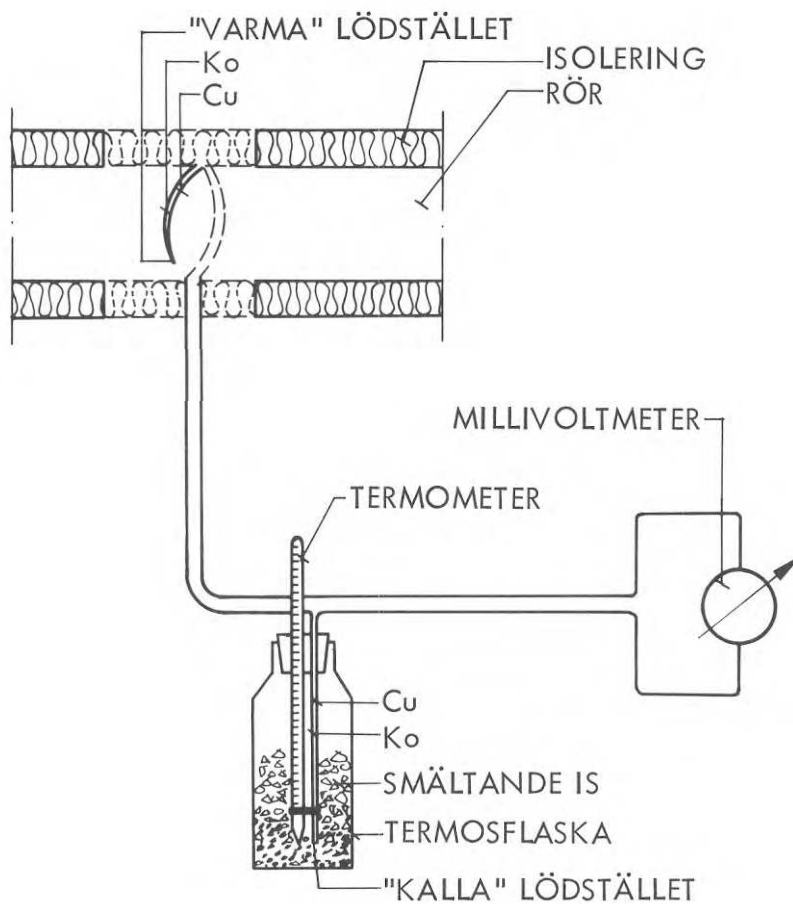


FIG. 1. Principschema för termokretsen.

Ko = konstantanledning }
 Cu = kopparledning } Termoelement

Diagram showing thermocircuit.

Ko = Konstantan piping }
 Cu = Copper piping } Thermoelement

Mätningarna har pågått vardagar omkring kl 7 under tiden 3/2 - 2/5 1969. Radiatorkretsarnas fram- och återledningstemperaturer har mätts 2 gånger per vecka och objekt. Samtidigt har utomhustemperaturen mätts. Väderleken har noterats vid varje mättillfälle. Stickprovsvis har mätning av rumstemperaturen skett 1 gång per månad och objekt. Ventilationsluftmängderna har stickprovsvis mätts i ett antal lägenheter i varje objekt 1 gång under mätperioden.

Millivoltmetrarna är av 0,5%-klassen, vilket ger ett maximalt mätfel av mindre än $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Kvicksilvertermometrarna för rums- och utomhustemperaturmätningarna medger en avläsningsnoggrannhet på $0,2^{\circ}\text{C}$.

Radiatorsystemen är variatorstyrda. Variatorerna har varit inställda för s k nattsänkning. För att få ringa inflytande av nattsänkningen har strävan varit, att mätningstidpunkterna skulle ligga så sent som möjligt efter den tidpunkt då variatorn ställt om framledningstemperaturen från nattdrift till dagdrift. Samtidigt har man önskat göra mätningarna innan solstrålningen fått inflytande på utetermostaten. Den valda tidpunkten för mätningarna har varit omkring kl 7, vilket är en kompromiss mellan de nämnda kraven. I vissa fall har variatorskivorna bytts ut, så att dagdriften startat tidigare än normalt.

Mätdata

Genom mätningarna har erhållits ett antal värden på fram- och återledningstemperaturerna, t_f respektive t_a vid varierande utetemperatur t_u .

Dessa data, liksom de intermittent uppmätta inomhustemperaturerna t_i , har förts in på hålkort för databehandling. I TAB. 5 redovisas ett exempel på dessa primärdata. I denna bilaga är även vissa meteorologiska data införda.

I TAB. 2 finns samlade fram- och återledningstemperaturerna $[(t_f)_v, (t_a)_v]$ vid dels DUT_K , dels DUT_{SBN} . I tabellen finns också inomhustemperaturerna samt ventilationsluftmängderna.

Teori

För att kunna utnyttja mätdata vid kontroll av eventuell över- eller underdimensionering görs följande teoretiska överväganden.

En byggnads värmeförluster kan tecknas

$$Q_{TR+V} = \left(\sum_{t_i} k_{t_i} \cdot A_{t_i} + \rho c_p \cdot \sum_k L_k \right) \cdot (t_i - t_u) \dots (1)$$

där k_{t_i} = värmegenomgångstal för respektive begränsningsyta A_{t_i} av byggnaden

L_k = varje rums ventilationsluftmängd

ρ = tätheten för luft

c_p = specifika värmen för luft

t_i = innetemperaturen (rumstemperaturen)

t_u = utetemperaturen

Dessa värmeförluster från byggnaden täcks delvis av vissa okontrollerade värmetillskott (från maskiner, belysning, personer och solstrålning) men i huvudsak genom värmeavgivningen från radiatorer. Den totala värmeavgivningen från radiatorerna kan skrivas:

$$Q_R = \sum_n (k_R \cdot A_R)_n \cdot (t_m - t_i) \quad \dots (2a)$$

I denna ekvation är

k_R = radiatorernas värmegenomgångstal

A_R = respektive radiators yta

t_m = medeltemperaturen på vattnet i radiatorn

t_i = inomhustemperaturen.

Medeltemperaturen på vattnet i radiatorn, t_m , skall vara det logaritmiska medelvärde givet av

$$t_m = \frac{t_f - t_a}{e^{\log \frac{t_f - t_i}{t_a - t_i}}} + t_i \quad \dots (3)$$

där t_f = framledningstemperaturen

t_a = återledningstemperaturen.

Vanligtvis används i stället för logaritmiska medeltemperaturen den aritmetiska medeltemperaturen given av

$$t_m = \frac{t_f + t_a}{2} \quad \dots (4)$$

En beräkning av medeltemperaturen för ett normalt fall ger: $t_f = 80^\circ\text{C}$, $t_a = 60^\circ\text{C}$, $t_i = 20^\circ\text{C}$

$$\text{enligt ekv (3)} \quad t_m = \frac{80-60}{e^{\log \frac{80-20}{60-20}}} + 20 = \frac{20}{e^{\log 1,5}} + 20 = 69,4^\circ\text{C}$$

$$\text{enligt ekv (4)} \quad t_m = \frac{80 + 60}{2} = 70^\circ\text{C}$$

Med god noggrannhet kan alltså ekv (2a) omskrivas till

$$Q_R = \sum_n (k_R \cdot A_R)_n \cdot \left(\frac{t_f + t_a}{2} - t_i \right) \quad \dots (2b)$$

Beträffande radiatorernas värmeavgivning måste observeras, att deras k -värden varierar med både radiatorvattnets medeltemperatur t_m och rumstemperaturen t_i .

Om en radiator har ett värmeövergångstal k_R vid en vattentemperatur $(t_m)_0$ och innetemperatur $(t_i)_0$ blir k -värdet vid en vattentemperatur t_m och en innetemperatur t_i

$$k_R = k_{R_0} \cdot \left[\frac{t_m - t_i}{(t_m)_0 - (t_i)_0} \right]^p \quad \dots (5)$$

I denna ekvation är exponenten p ett karakteristiskt värde för radiatortypen men är dock ej konstant utan beror av flera yttre faktorer, bl a inbyggnadsätt och placering. Vanligtvis anger radiatortillverkare ett k_R för radiatorerna gällande för $(t_m)_0 = 70^\circ\text{C}$ (dvs $80/60^\circ\text{C}$ pumpvarmvatten) samt $(t_i)_0 = 18^\circ\text{C}$. Såväl radiatortillverkare som litteratur anger för plåtradiatorer oftast exponenten p till $1/3$.

I fortsättningen antas, att p är konstant och lika för alla radiatorer i en byggnad. Detta är sannolikt ej fallet, men då det ej varit möjligt att i detalj granska varje radiator i varje objekt måste detta antagande göras. Vidare förutsättes, att medeltemperatur och temperaturfall över samtliga radiatorer i en värmegrupp är lika, liksom att rumstemperaturen är lika i samtliga rum i byggnaden. Dessa senare antaganden är förmodligen ej helt korrekta men avvikelserna bör vara försumbara.

Den värmemängd, som radiatorerna avger totalt (då värmeförlust från eventuella friliggande, oisolerade rörledningar försummas) är lika stor som den värmemängd pumpvarmvattensystemet transporterar. Detta kan skrivas

$$Q_{PVV} = M \cdot c_{pv} \cdot (t_f - t_a) \quad \dots (6)$$

I denna ekvation är

M = vattenflödet genom systemets huvudpump

c_p = vattnets specifika värme

t_f se ovan.
 t_a

Som redan antytts finns ett samband mellan de tecknade värmevärdena i ekv (1), (2a) och (6). Vid stationärt tillstånd är detta samband

$$Q_{TR+V} - Q_+ = Q_R = Q_{PVV} \quad \dots(7a)$$

varvid Q_+ betecknar de okontrollerade värmestillskott byggnaden har från människor, maskiner, belysning samt solstrålning.

Samtliga de poster, som inverkar på Q_+ är intermitterta och vid dimensioneringen av värmesystem bortses vanligen från Q_+ . Vid bostadshus (flerfamiljshus) blir i allmänhet värmestillskotten små, dvs Q_+ blir avsevärt mindre än Q_{TR+V} , varför ekvation (7a) kan omskrivas till

$$Q_{TR+V} = Q_R = Q_{PVV} \quad \dots(7b)$$

I fortsättningen införs nu index b för "beräknade" värden, dvs de av projektören beräknade och antagna värdena. Vidare införs index v för "verkliga" värden, dvs de i undersökningen genom mätningar konstaterade värdena.

Ur ekvation (2a) och (5) erhålles

$$(Q_R)_b = k_{R_o} \cdot \left[\frac{(t_m)_b - (t_i)_b}{(t_m)_o - (t_i)_o} \right]^p \cdot \sum_n A_{R_n} \cdot [(t_m)_b - (t_i)_b] \quad \dots(8)$$

$$(Q_R)_v = k_{R_o} \cdot \left[\frac{(t_m)_v - (t_i)_v}{(t_m)_o - (t_i)_o} \right]^p \cdot \sum_n A_{R_n} \cdot [(t_m)_v - (t_i)_v] \quad \dots(9)$$

Då använd radiatorkatalog är baserad på objektets systemtemperatur, erhålles ur ekvation (8) och (9)

$$\frac{(Q_R)_b}{(Q_R)_v} = \left[\frac{(t_m)_b - (t_i)_b}{(t_m)_v - (t_i)_v} \right]^{p+1} \quad \dots(10a)$$

För exponenten i ekvation (10a) införs för enkelhets skull beteckningen q . Då erhålles

$$\frac{(Q_R)_b}{(Q_R)_v} = \left[\frac{(t_m)_b - (t_i)_b}{(t_m)_v - (t_i)_v} \right]^q \quad \dots (10b)$$

Ekvation (10b) är ett uttryck för avvikelserna i radiatorernas värmeavgivning i det "verkliga" fallet jämfört med det "beräknade" fallet.

Mätprogrammet har omfattat mätning av rumstemperaturerna, dvs $(t_i)_v$, samt fram- och återledningstemperaturerna, t_f respektive t_a , vilket enligt ekvation (4) ger $(t_m)_v$. Ur samma ekvation har $(t_m)_b$ beräknats vid de av projektörerna angivna dimensionerande fram- och återledningstemperaturerna. Det har även varit möjligt att ur mätdata beräkna exponenten q , vilket visas nedan.

Enligt ekvation (1) gäller

$$\frac{(Q_{TR+V})_b}{(Q_{TR+V})_v} = \frac{(t_i)_b - (t_u)_b}{(t_i)_v - (t_u)_v} \cdot \frac{C_b}{C_v} \quad \dots (11)$$

varvid använts substitutionen

$$\sum_{t_i} k_{t_i} \cdot A_{t_i} + \rho \cdot c_p \cdot \sum_k L_k = C$$

Ekvation (10b) och (11) ger tillsammans med ekvation (7b)

$$\left[\frac{(t_m)_b - (t_i)_b}{(t_m)_v - (t_i)_v} \right]^q = \frac{(t_i)_b - (t_u)_b}{(t_i)_v - (t_u)_v} \cdot \frac{C_b}{C_v} \quad \dots (12)$$

Ekvation (12) är en funktion av typen

$$y = A \cdot x^a$$

där A är en konstant. Genom mätningarna har erhållits ett antal värden på $(t_m)_v$ vilka varierat med $(t_u)_v$. I ett log-log-diagram, där på axlarna avsättes $(t_m)_v - (t_i)_v$ respektive $(t_i)_v - (t_u)_v$ blir ekvation (12) en rät linje.

Vid datorbehandlingen av mätdata har datorn gjort upp dylika diagram. I FIG. 2 visas ett exempel på ett sådant diagram. Exponenten q erhålles direkt som linjens lutning i diagrammet, FIG. 2.

Med ekvation (10b) kan man således med hjälp av erhållna mätdata beräkna radiatorernas över- eller underdimensionering, om man för $(t_m)_b$ och $(t_i)_b$ inför projektörens värden och för $(t_m)_v$ och $(t_i)_v$ inför mätdata erhållna vid den dimensionerande utetemperaturen samt q enligt beräkningar visade i FIG. 2. Ur ekvation (12) kan man beräkna förhållandet C_b / C_v , vilket är ett uttryck för det fel, som finns i värmebehovsberäkningarna.

Forskningsuppdragets huvuduppgift är att insätta mätdata i ekvation (12) och beräkna förhållandet $C_b / C_v = n_1$ samt att analysera orsakerna till avvikelserna från $C_b / C_v = 1$.

Ur ekvation (6) erhålles

$$\frac{(Q_{PVV})_b}{(Q_{PVV})_v} = \frac{M_b \cdot c_{pV} \cdot [(t_f)_b - (t_a)_b]}{M_v \cdot c_{pV} \cdot [(t_f)_v - (t_a)_v]} \quad \dots (13)$$

Ekvation (10b) och (13) ger tillsammans med ekvation (7b)

$$\left[\frac{(t_m)_b - (t_i)_b}{(t_m)_v - (t_i)_v} \right]^q = \frac{M_b}{M_v} \cdot \frac{(t_f)_b - (t_a)_b}{(t_f)_v - (t_a)_v} \quad \dots (14)$$

Ur denna ekvation kan man beräkna M_b/M_v , vilket är ett uttryck för avvikelserna mellan beräknad och erforderlig pumpkapacitet.

De ekvationer, som används i den fortsatta behandlingen av mätdata, är ekvationerna (10b), (12) samt (14), vilka här omskrives till

$$n_1 = \frac{C_b}{C_v} = \frac{(t_i)_v - (t_u)_v}{(t_i)_b - (t_u)_b} \cdot n_2 \quad \dots (15)$$

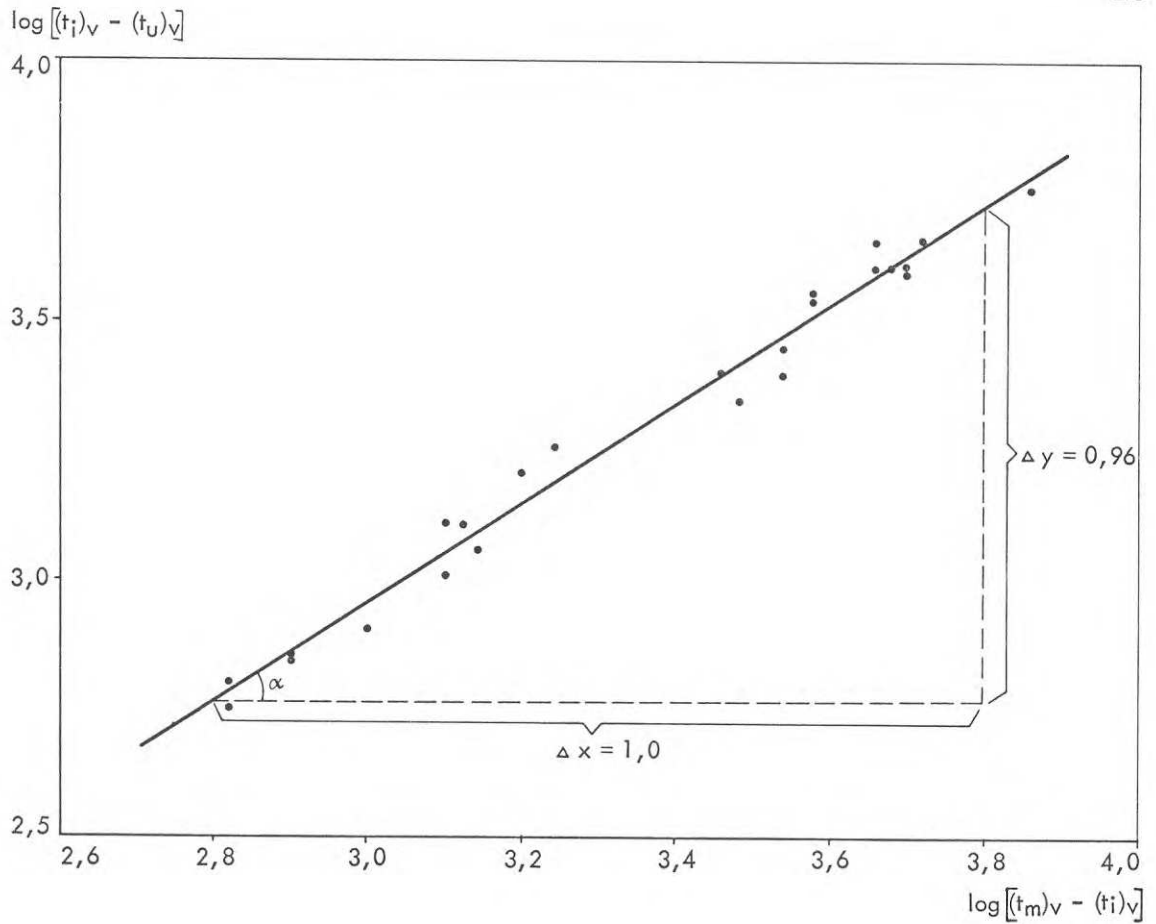


FIG. 2. Exempel på log-log-diagram upprättat av dator.

$(t_m)_v$ = verkligt medelvärde av vattentemperaturen i radiatorer,

$(t_i)_v$ = verklig rumstemperatur,

$(t_u)_v$ = verklig utetemperatur.

Genom regressionsanalys har linjen erhållits, och linjens lutning ges av vinkeln α . $\tan \alpha$ är exponenten q :s värde. I detta exempel är $\tan \alpha = \Delta y / \Delta x = q = 0.96$.

Example of a computer-drawn log-log diagram.

$(t_m)_v$ = real mean water temperature in radiators,

$(t_i)_v$ = real room temperature,

$(t_u)_v$ = real outdoor temperature.

The line has been obtained by regression analysis, and the gradient of the line is given by angle α . $\tan \alpha$ is the value of exponent q . In this example $\tan \alpha = \Delta y / \Delta x = q = 0.96$.

$$n_2 = \frac{(Q_R)_b}{(Q_R)_v} = \left[\frac{(t_m)_b - (t_i)_b}{(t_m)_v - (t_i)_v} \right]^q \quad \dots (16)$$

$$n_3 = \frac{M_v}{M_b} = \frac{(t_f)_b - (t_a)_b}{(t_f)_v - (t_a)_v} \cdot \frac{1}{n_2} \quad \dots (17)$$

där n_1 är byggnadernas beräknade värmebehov i förhållande till deras verkliga värmebehov, n_2 = radiatorernas beräknade värmeavgivning i förhållande till deras verkliga värmeavgivning samt n_3 = radiatorsystemens verkliga vattenflöden i förhållande till deras beräknade vattenflöden.

Ekvationerna (15), (16) och (17) tillämpas i första hand vid de dimensionerande utetemperaturerna DUT_K och DUT_{SBN} .

Såväl n_1 , n_2 som n_3 blir större än 1 då överdimensionering av värmesystemet föreligger samt mindre än 1 då systemen är underdimensionerade.

Bearbetning och redovisning av mätdata

Datorbehandlingen av primärmaterialet har omfattat dels omräkning av de uppmätta termoelektromotoriska krafterna till temperaturer t_i °C beträffande fram- och återledningstemperaturerna, dels inprickning i log-log-diagram av samhörande värden på storheterna $[(t_m)_v - (t_i)_v]$ och $[(t_i)_v - (t_u)_v]$.

Ur dessa diagram har sedan manuellt sorterats bort sådana punkter vilka avvikit i särskilt hög grad från övriga, dvs vissa extremvärden. I några få fall har det visat sig, att storheterna $[(t_m)_v - (t_i)_v]$ och $[(t_i)_v - (t_u)_v]$ varierat helt oberoende av varandra, t ex genom att variatorregleringen bortkopplats. I dessa fall har objektet fått utgå ur undersökningen.

Efter denna manuella kontroll har man genom regressionsanalys i dator bestämt exponenten q på det sätt, som beskrivits i föregående avsnitt. q redovisas i TAB. 3.

Databehandlingen har även omfattat regressionsanalys av $(t_f)_v$ och $(t_a)_v$ som funktion av $(t_u)_v$. De så erhållna värdena på $(t_f)_v$ och $(t_a)_v$ vid DUT_K respektive DUT_{SBN} har sammanställts i TAB. 2.

Manuellt har sedan ur databehandlingens resultat beräknats $t_f - t_a$, n_1 , n_2 samt n_3 , varvid dessa beräkningar således utförts vid $(t_u)_v = (t_u)_b = DUT_K$, samt $(t_u)_v = (t_u)_b = DUT_{SBN}$. Resultatet av dessa manuella beräkningar återfinns i TAB. 3.

Diskussion av bearbetade mätdata

Framledningstemperaturerna visar sig variera mellan 65 och 99,3°C för radiatorsystem dimensionerade för 80°C framledningstemperatur, medan de som dimensionerats för 90°C framledningstemperatur varierar mellan 63,6 och 96,8°C. Då värmesystemen är variatorstyrda och sålunda framledningstemperaturen är given genom en inställning av regleringsanordningen, får man förmoda att de erhållna framledningstemperaturerna är resultat av maskinisters eller vaktmästares inställningar på variatorcentralerna, vilka enligt deras erfarenhet visat sig ge lämpliga rumstemperaturer. Avvikelserna i framledningstemperaturerna från dimensionerade värden är då en indikation på feldimensionering av värmesystemet.

Återledningstemperaturen har i denna undersökning erhållits som ett vägt medelvärde av återledningstemperaturerna från varje radiator. Beräkningar och slutsatser i utredningen förutsätter emellertid, att varje radiator har just den mätta återledningstemperaturen. Då man kan antaga att eventuella fel i värmesystemens dimensionering härrör från systematiska fel av typen avrundning av byggnadselements k -värden etc är det rimligt att förutsätta, att återledningstemperaturerna från varje radiator ej avviker i märkbar grad från det mätta medelvärdet.

Inomhustemperaturerna visar sig i huvudsak ligga mellan 21 och 24°C. Endast för fyra objekt ligger rums-

temperaturen mellan 20 och 21°C, och högre temperatur än 24,0°C har ej konstaterats. De redovisade rumstemperaturerna utgör medelvärden av mätningar i olika utrymmen men också medelvärden av de 3 å 4 mätningstillfällena under mätperioden. På grund av regleringsanordningarna (variatorutrustningarna) är det rimligt att antaga, att den mätta rumstemperaturen har varit approximativt konstant under mätperioden. Av praktiska skäl har det ej varit möjligt att dagligen mäta inomhustemperaturen. Att rumstemperaturen överstiger det dimensionerande värdet 20°C är ett uttryck för att radiatorernas värmeavgivning är större än byggnadernas värmeförluster. Detta behöver dock ej innebära en överdimensionering, utan rumstemperaturen är även beroende av inställd framledningstemperatur. I de fall framledningstemperaturen är väsentligt lägre än den dimensionerade framledningstemperaturen och samtidigt rumstemperaturen är över 20°C föreligger en överdimensionering. Så förhåller det sig bl a med objekten 1, 17, 24, 31 och 55. Objekt 13 däremot tycks vara kraftigt underdimensionerat, då man trots 93,2°C framledningstemperatur har endast 20,3°C inomhustemperatur.

Temperaturdifferensen mellan fram- och återledningen, $t_f - t_a$, skall vara 20°C för samtliga objekt. Av tabellen syns, att den dock huvudsakligen ligger mellan 10 och 15°C. I VVS-handboken (1963) anger Mandorff, att temperaturfall över radiatorer normalt är endast 10-15°C. Denna undersökning bekräftar sålunda Mandorffs uppgift. Att temperaturdifferensen ej uppgår till 20°C orsakas dels av att värmebehoven är lägre än de beräknade, dels av att vattencirkulationen genom värmesystemet är större än beräknat. Denna högre vattencirkulation kan bero på överdimensionerade pumpar och/eller mindre rörmotstånd än beräknat. Det bör observeras, att i de fall temperaturfallet över radiatorerna närmar sig 20°C är det ej givet att värmesystemet är riktigt dimensionerat utan kan likaväl vara ett uttryck för att flödet strypts i t ex stamregleringsventiler.

Exponenten q befinnes variera mellan 0,69 och 1,94 med ett medianvärde på 1,10. Enligt litteraturen skall värdet vara 1,33, se t ex Rietschel/Raiss (1962) eller Rydberg (1963). Bach redovisar i Gesundheits-Ingenieur nr 1, 1969, ett antal diagram över radiatorers värmeavgivning som funktion av temperaturdifferensen mellan radiator och omgivande luft. Ur dessa diagram kan man beräkna exponenten q till värden mellan 1,2 och 1,3. Tydligt förhåller det sig så, att det laboriemässigt funna värdet 1,33 på exponenten q ej är tillämpligt vid den praktiska användningen av radiatorer.

Storheten n_1 som är ett uttryck för avvikelserna i det verkliga värmebehovet jämfört med det beräknade, har beräknats dels vid DUT_K och dels vid DUT_{SBN} . Man kan förutsätta att projekteringen av de undersökta objekten har skett under det senaste decenniet. Under denna tid har de nuvarande SBN-värdena funnits tillgängliga i dels VVS-handboken (1963) och dels i Dimensionerande utetemperaturer (Adamson, Brown och Hovmöller, 1957).

I de fall då DUT_K är lägre än DUT_{SBN} får detta därför betraktas som en form av påslag i värmebehovsberäkningen. I ett fåtal fall har det visat sig att DUT_K är högre än DUT_{SBN} , dvs en form av reducering i värmebehovsberäkningen har gjorts.

Emellertid kan i vissa fall nämnda avvikelser mellan DUT_K och DUT_{SBN} vara berättigade med hänsyn till mikroklimat.

Jämförelse av n_1 vid DUT_K och DUT_{SBN} diskuteras under rubriken "Redovisning av kontroll av värmebehovsberäkningar".

Då n_1 är större än 1 föreligger en överskattning av värmebehovet, vilket enligt TAB. 3 förekommer i 37 fall av 43 (för n_1 vid DUT_{SBN}). Omvänt föreligger en underskattning av värmebehovet då n_1 är mindre än 1, vilket förekommer i 5 fall (i 1 fall är $n_1 = 1$).

Medelvärde av n_1 för hela materialet är 1,31.

Storheten n_2 är ett numeriskt uttryck för feldimensioneringen av radiatorerna, då n_2 avviker från värdet 1. Vid överdimensionering blir n_2 större än 1 och vid underdimensionering blir n_2 mindre än 1. Då radiatorer numera kan erhållas med endast jämnt antal sektioner och därför steget i värmeavgivningen mellan en storlek och närmast större är av storleksordningen 10 % bör en genomsnittlig överdimensionering av 5 % automatiskt uppträda, då man ej väljer en radiator med mindre värmeavgivning än det beräknade värmebehovet.

Storheten n_2 blir beroende av riktigheten i värmebehovsberäkningen, t ex en överskattning av en byggnads värmeförluster leder till en motsvarande överdimensionering av radiatorerna. n_2 har intresse genom att det visar de ekonomiska följderna av en feldimensionering. $(n_2 - 1) \cdot 100$ anger direkt i % ändringen i marginalkostnader för värmeanläggningen.

I det undersökta materialet befinns medelvärdet av n_2 vara 1,24.

Storheten n_3 visar förhållandet mellan det verkliga vattenflödet och det beräknade. Då n_3 är större än 1 är således det verkliga flödet större än det beräknade, och då n_3 är mindre än 1 är det verkliga flödet mindre än det beräknade. Medelvärdet av n_3 är 1,37.

Sammanfattningsvis erhålles, att ett fel i beräkningen av värmebehovet, vilket framgår av n_1 , visar sig som feldimensionering dels av radiatorerna (n_2) och dels av vattenflödet (n_3). Om värmebehovet blivit felberäknat och radiatorer, vilka ej korresponderar mot det verkliga värmebehovet, installerats, har man två möjligheter att justera anläggningen. Dels kan man korrigera framledningstemperaturen på radiatorcentralen, dels kan man ändra vattenflödet genom värmesystemet. Båda åtgärderna har den effekten, att radiatorernas medeltemperatur ändras och därmed även deras värmeavgivning.

Kontroll av värmebehovsberäkningar

Vid insamlingen av värmebehovsberäkningar för de olika objekten visade det sig vara svårt att erhålla kompletta uppgifter. Av de 60 objekten erhöles mer eller mindre kompletta värmebehovsberäkningar för endast 39 objekt. I 21 fall var värmebehovsberäkningar ej tillgängliga.

Ur värmebehovsberäkningarna erhöles uppgifter om dimensionerande inne- och utetemperaturer samt i vissa fall k -värdesberäkningar, radiatoruppgifter och procentuella påslag. Metodiken för ventilationsvärmebehovsberäkning framgår inte alltid.

Redovisning av kontroll av värmebehovsberäkningar

I TAB. 4 redovisas resultatet av värmebehovsberäkningskontrollen.

I tabellen har en jämförelse gjorts mellan DUT_K och DUT_{SBN} . Härvid anges den möjliga minskningen av värmebehovet om $DUT_{SBN 67}$ användes. Man skall dock observera att vid tidpunkten för projekteringen av undersökta byggnader enligt ovan förelåg ej SBN 67, se även "Diskussion av bearbetade mätdata".

I flertalet fall har man för 2-glasfönster använt $k = 3,5$ samt för 3-glasfönster $k \approx 1,9$, vilket innebär en överskattning med ca 10-45 % jämfört med enligt SBN 67 angivna värden. Använda k -värden för 2- och 3-glasfönster står ej heller i rimlig relation till varandra. För ett 2-glasfönster är värmemotståndet ca $0,2 \text{ m}^2, ^\circ\text{C}, \text{h}/\text{kcal}$ (hela motståndet finns i luftspalten mellan rutorna). Tillsammans med de yttre och inre motstånden vid ytorna på tillhopa $0,2 \text{ m}^2, ^\circ\text{C}, \text{h}/\text{kcal}$ blir 2-glasfönstrets totala värmemotstånd ca $0,4 \text{ m}^2, ^\circ\text{C}, \text{h}/\text{kcal}$, dvs k -värdet är $2,5 \text{ kcal}/\text{m}^2, \text{h}, ^\circ\text{C}$. På samma sätt fås ett 3-glasfönsters (med 2 luftspalter) totala värmemotstånd till $0,6 \text{ m}^2, ^\circ\text{C}, \text{h}/\text{kcal}$ eller k -värdet $1,7 \text{ kcal}/\text{m}^2, \text{h}, ^\circ\text{C}$.

Det ofta använda k -värdet, $3,5 \text{ kcal}/\text{m}^2, \text{h}, ^\circ\text{C}$, för 2-glasfönster är 40 % högre än det här beräknade, medan

k -värdet $1,9 \text{ kcal/m}^2, \text{h}, ^\circ\text{C}$, som vanligen använts för 3-glasfönster, endast är 11 % högre än det beräknade. För de undersökta objekten utgör fönstren ca 25 % av totala fasadarean. Detta medför en överdimensionering på ca 5-10 % av byggnadens totala värmebehov. Som framgår av tabellen leder avrundningar uppåt av beräknade k -värden för väggar likaledes till 5 å 10 % över-skattning av värmebehovet.

Principerna för väderstreckspåslag varierar, och som framgår av tabellen leder detta till varierande resultat.

Beträffande hörnrum kan konstateras, att påslag gjorts på totala värmebehovet till skillnad från VVS-handbokens (1963) rekommendationer (och numera även SBN 67), vilken säger att påslaget skall räknas endast på rummets kortaste yttervägg.

Jämförelse av valda radiatorer med beräknade värmebehov ger överdimensioneringar på upp till 13 %. Man skall observera att en viss överdimensionering automatiskt uppträder enligt tidigare påpekande beträffande steget i värmeavgivning mellan en radiatorstorlek och närmast större.

För ventilationsvärmebehovsberäkningen visar det sig, att ett stort antal principer tillämpas, t ex procentuellt påslag på transmissionsförlusterna med 15 %, uppvärmning av $45 \text{ m}^3/\text{h}$ och rum (tydligt enligt BABS 1960), uppvärmning av en luftmängd på mellan 0,5 oms/h och 1,0 oms/h samt en fast värmemängd på 150 kcal/h och rum. I vissa fall har ventilationsvärmebehov ej över huvudtaget medräknats.

Analys av vissa variablers inverkan

I undersökningen har kunnat konstateras, att något samband mellan variabler som hushöjd, vindpåverkan, väggkonstruktion och över- respektive underdimensionering ej föreligger. Om man emellertid indelar materialet geografiskt och beräknar medelvärden av storheten n_1 för respektive ort erhålles:

		DUT_K	DUT_{SBN}
Luleå	n_1	1,48	1,51
Östersund	n_1	1,04	1,11
Göteborg	n_1	1,29	1,32
Malmö	n_1	1,09	1,21
Stockholm	n_1	1,09	1,23
Växjö	n_1	1,85	1,76

Att förklara dessa skillnader är vanskligt. En genomgång av värmebehovsberäkningarna har givit, att beräkningsmetodiken för objekten i t ex Östersund ej skiljer sig anmärkningsvärt från övriga. Dock noteras att ventilationsvärmebehoven i Östersundsobjekt räknats lågt (motsvarande ca 0,4 luftomsättningar i timmen i vissa fall) samt att k -värden för fönster förutsatts vara väsentligt lägre än vid beräkningar för objekt på andra orter.

1. Jämförelse av projektörernas beräkningar med mätre-sultat har omöjliggjorts i många fall genom att be-räkningsunderlag, beräkningar och även ritningar saknas, vilket visar att klarare regler krävs för arkivering av dessa handlingar. I annat fall finns risk för att de sorteras bort ur arkiv på ett för tidigt stadium, bl a med hänsyn till eventuella framtida installationsändringar. Förslagsvis bör den som förvaltar en byggnad även arkivera till densamma hörande handlingar av ovan nämnda typ. Möjligen kan dylika regler för arkivering vara en uppgift för Statens Planverk att utfärda.

2. Undersökningen har konstaterat att inga enhetliga normer tillämpas för värmebehovsberäkning, liksom att beräkningarna ofta utförts på ett sådant sätt, att det ej varit möjligt att i efterhand tolka des-sa i sin helhet för utomstående (kanske ej heller för konstruktören). Största bristen i dessa beräk-ningar är avsaknaden av basvärden. Det kan diskute-ras om inte radiatorval och systemtemperaturer bör anges i värmeförlustberäkningsformulären.

Avsaknaden av normer för värmebehovsberäkningen har visat sig leda till stora variationer i metodiken för beräkningarnas utförande. Detta gäller exempel-vis fastställandet av ventilationsvärmebehovet och k -värden för olika fönstertyper. Utarbetande av dylika normer torde vara en uppgift för branschorga-nisationerna.

3. För flertalet objekt har konstaterats en överskatt-ning av värmebehoven, som givit en överdimensione-ring av radiatorer samt pumpar. I vissa fall före-ligger även en underdimensionering. Denna "under-dimensionering" är dock sannolikt fiktiv på grund av exempelvis byggfel eller ändrade förutsättningar efter projekteringstillfället.

En viss överdimensionering är både rimlig och önskvärd, ty basvärdena (ändrat *DUT* p g a mikroklimat m m) inrymmer alltid ofrånkomliga osäkerheter. Den allt vanligare uppvärmningen med fjärrvärme är ytterligare ett skäl till en viss överdimensionering, emedan korrektion för ovannämnda faktorer ej kan göras genom höjning av medeltemperaturen p g a kravet om max-begränsning av returtemperaturen. Dock skall alltid en vidtagen överdimensionering vara medvetet gjord.

Den stora variationen i förhållandet mellan beräknat och verkligt värmebehov är anmärkningsvärd och understryker kravet på enhetlig beräkningsmetodik.

Där överensstämmelsen är god mellan beräknat och verkligt värmebehov behöver detta ej alltid innebära, att värmebehovsberäkningen är riktigt utförd, emedan ett fel kan kompenseras av ett annat.

En bidragande orsak till spridningen i resultaten torde vara, att de verkliga ventilationsluftmängderna i huvudsak understiger de vid projekterings-tillfällena enligt BABS 1960 gällande bestämmelserna. De uppmätta ventilationsluftmängderna motsvarar ungefärligen 0,5 oms/h, vilket värde endast undantagsvis använts vid beräkningarna. I Östersund har relativt goda resultat erhållits bl a genom att man räknat med låga luftomsättningstal.

4. En viss överdimensionering av radiatorerna är naturlig, då radiatorer mestadels ej kan tillhandahållas med en värmeavgivning som exakt motsvarar förlusterna.

För att säkerställa tillräcklig värmeförsel vid eventuella fel eller brister i byggnadskonstruktionen kan radiatorerna överdimensioneras. Alternativt kan man överväga att avstå från denna överdimensionering och i stället byta ut enstaka radiatorer i efterhand där så erfordras.

5. I ett övervägande antal fall har konstaterats, att de cirkulerande vattenflödena genom värmesystemen är väsentligt större än vad som avsetts vid projekteringen. Cirkulationsflödenas avvikelser beror på pumpdimensionering samt tryckfall i rörsystemet. Detta medför en högre energiförbrukning för pumparna. Med hänsyn till detta är riktigt val av pump samt korrekt rörberäkning nödvändig.

Rent allmänt kan temperaturdifferensen 20°C mellan fram- och återledning ifrågasättas. För att fastställa den tekniskt-ekonomiska temperaturdifferensen fordras en särskild utredning.

6. Exponenten q har visat sig variera mellan 0,69 och 1,94, varför man med någon större noggrannhet ej kan använda det vanligen i litteraturen angivna värdet 1,33. En orsak till spridningen torde vara radiatorernas varierande inbyggnadssätt. För att utröna hur q varierar med olika faktorer krävs även här en utredning.

7. Rumstemperaturen har befunnits vara högre än 20°C i samtliga fall (temperaturen 20°C har använts vid projekteringen). Om de högre rumstemperaturerna är ett allmänt önskemål från hyresgästerna bör man överväga att i framtida beräkningar för värmeanläggningar ta hänsyn till detta. Om rumstemperaturen däremot är ett resultat av ett krav från endast den temperaturkänsligaste individen (och övriga hyresgäster önskar lägre temperatur) måste övervägas huruvida sådana krav skall tillgodoses.

Adamson, B, Brown, G & Hovmöller, E, 1957. Dimensionerande utetemperatur. (Statens byggnadsbesparingsutredning.) Stockholm.

Bach, 1969, Der Einfluss des Heizmittelstroms und der Ubertemperatur auf die Wärmeleistung von Raunsheizkörpern. (R. Oldenburg.) Gesundheits-Ingenieur, Heft 1, 90 Jahrgang, p. 11. München.

Rietschel & Raiss, 1962, Heiz- und Lüftungstechnik. (Springer-Verlag.) P. 396. Berlin/Göttingen/Heidelberg.

Rydberg, J, 1963, Kompendium i uppvärmnings- och ventilationsteknik. (Tekniska Högskolans Studentkår.) Del I, p. 147. Stockholm.

VVS-handboken, 1963. (Förlags AB VVS.) P. 48-49, 229 och 282. Stockholm.

Svensk Byggnorm 67. (Statens Planverk.) Stockholm.

BILAGA 1

- TAB. 1. De valda objektens förutsättningar.
- TAB. 2. Fram- och återledningstemperaturerna $(t_f)_v$ och $(t_a)_v$ vid DUT_K och DUT_{SBN} . Uppmätta inomhustemperaturer $(t_i)_v$ samt ventilationsluftmängder.
- TAB. 3. Resultat av manuella beräkningar av temperaturfallet över värmarna $[(t_f)_v - (t_a)_v]$ samt storheterna n_1 , n_2 och n_3 och den med dator beräknade exponenten q .
- TAB. 4. Resultat av kontroll av värmebehovsberäkningar.
- TAB. 5. Primärdata för objekt nr 11.

TAB. 1. De valda objektens förutsättningar.

Objekt nr	Ort	Vånings- antal	Vägg- typ ^{a)}	Ventilation			Påver- kan av stark vind	Bygg- nads- år	Bygg- nads- volym (ca) m ³	Fönster- area (% av fasad- area)
				Till- och från- lufts- system	Från- lufts- system	Själv- drags- system				
1	Luleå	5	2		x			63	9.000	-
2		-	-	-	-	-	-	-	-	-
3		7	1		x			62	-	-
4		3	-		x			62	7.400	-
5		3	2		x		x	66	18.000	-
6		7	2		x			63	12.000	-
7		3	2		x		x	64	11.600	-
8		3	1			x		65	7.000	-
9		5	2		x			66	11.800	-
10		3	2			x		61	7.500	-
11	Östersund	6	1			x	x	57	-	-
12		3	1	x				62	3.200	-
13		3	1		x			61	6.000	-
14		4	1		x			59	6.900	-
15		4	1		x			65	4.300	-
16		-	-	-	-	-	-	-	-	-
17		2	-			x	x	57	-	-
18		3	1		x			65	8.100	-
19		3	1		x			58	4.400	20
20		4	1		x		x	57	24.800	20
21	Göteborg	3	1			x	x	63	5.500	21
22		9	2		x		x	64	22.700	22
23		-	-	-	-	-	-	-	-	-
24		3	1			x		61	6.600	22
25		4	1		x		x	67	7.900	21
26		3	1			x		62	9.500	24
27		11	1		x		x	63	13.900	23
28		3	1			x		61	8.300	23
29		9	3		x		x	59	19.600	31
30		11	1		x		x	64	19.500	27
31	Malmö	8	1	x				66	18.000	-
32		8	2		x		x	62	10.000	-
33		4	2			x		62	3.500	-
34		7	1		x		x	64	19.000	-
35		3	3			x	x	64	7.500	-
36		3	1			x		66	13.000	-
37		8	2		x		x	65	21.000	-
38		3	1			x	x	66	11.500	-
39		3	-			x		66	-	-
40		8	1		x		x	67	23.500	-
41	Stockholm	6	1		x			66	163.000	-
42		9	-		x		x	66	10.600	21
43		12	1		x		x	63	42.800	-
44		8	2	x			x	66	-	-
45		3	2		x			64	52.700	-
46		3	2			x	x	66	-	-
47		7	1		x			64	14.900	20
48		3	2		x		x	63	45.000	25
49		12	1		x		x	61	12.800	20
50		3	2		x		x	63	27.500	-
51	Växjö	3	-		x			67	4.500	-
52		3	1			x		64	10.000	23
53		3	1		x			65	5.300	-
54		3	1			x		64	6.500	-
55		5	1		x			64	13.000	-
56		3	1			x		64	13.000	-
57		3	1			x		65	9.000	-
58		5	1		x			65	8.700	-
59		8	1		x			59	5.000	-
60		7	1		x			65	7.000	-

a) Väggtyp 1 = bärande yttervägg av betong, tegel etc
 2 = utfackningsvägg i betong, tegel etc
 3 = utfackningsvägg av trä

TAB. 2. Fram- och återledningstemperaturerna (t_f)_v och (t_a)_v vid DUT_K och DUT_{SBN} . Upp-
mätta inomhustemperaturer (t_i)_v samt ventilationsluftmängder.

Objekt	Ort nr	Värmetekniska förutsättningar			Mätresultat								
					Vid DUT_K			Vid DUT_{SBN}		Luftflöden, m ³ /h			
		$(t_f)_b$	DUT_K	DUT_{SBN}	$(t_f)_v$	$(t_a)_v$	$(t_i)_v$	$(t_f)_v$	$(t_a)_v$	Kök	Bad	WC	Övr rum
		$(t_a)_b$	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C			
1	Luleå	80/60	-30	-28	65,0	55,0	23,0	64,0	54,4	35	40	45	
2		-	-	-28	-	-	-	-	-	55	45		
3		80/60	-34	-28	78,9	62,7	23,5	73,6	59,1	45	40		
4		90/70	-25	-28	71,6	54,1	23,3	74,6	55,9	60	50		20
5		-	-34	-28	70,7	58,6	22,3	66,1	55,3	40	35	25	
6		-	-32	-28	81,2	65,1	23,7	77,1	62,2	35	30	20	
7		90/70	-36	-28	75,2	65,7	22,0	69,6	61,4	45	55	25	
8		-	-32	-28	74,6	58,5	22,2	71,3	56,4	55	60		15
9		80/60	-30	-28	70,6	58,8	24,0	69,2	57,9	40	65	35	
10		80/60	-36	-28	80,1	65,9	23,2	73,5	61,1	30	45	45	
11	Östersund	80/60	-30	-26	86,7	68,6	21,3	81,4	64,7	40	35		
12		80/60	-30	-26	79,8	67,7	21,7	75,4	64,2	55	45		+50 ^{a)}
13		80/60	-30	-26	93,2	80,8	20,3	87,3	75,8	85	50		
14		80/60	-30	-26	75,6	65,1	21,0	71,7	62,1	55	35		70
15		80/60	-26	-26	79,2	65,9	21,0	79,2	65,9	35	30	40	
16		85/65	-	-26	-	-	-	-	-	b)	30	25	
17		80/60	-30	-26	67,3	55,3	20,8	64,2	53,1	b)	20		40
18		80/60	-30	-26	74,6	59,4	21,2	70,9	56,9	40	40		
19		80/60	-30	-26	72,6	65,9	21,6	69,6	63,4	65	50		
20		-	-30	-26	75,1	67,1	21,3	72,0	64,6	50	55		15
21	Göteborg	90/70	-16	-15	71,4	59,6	23,5	70,4	58,9	40	20	50	
22		90/70	-16	-15	74,6	63,5	23,9	73,1	62,3	55	55		40
23		90/70	-	-15	-	-	-	-	-	55	25		
24		90/70	-16	-15	72,7	61,5	22,8	71,3	60,4	20	10		
25		90/70	-16	-15	90,5	79,5	21,3	87,9	77,2	70	70	40	
26		90/70	-16	-15	73,9	62,8	23,3	72,5	61,7	60	25		35
27		80/60	-16	-15	88,4	70,2	22,3	86,3	68,6	40	80	35	70
28		90/70	-16	-15	71,8	61,1	22,9	70,8	60,2	50	40		10
29		90/70	-16	-15	82,6	71,7	21,5	80,5	70,0	35	45	35	40
30		90/70	-16	-15	87,1	73,5	21,2	85,4	72,3	80	85	40	
31	Malmö	80/60	-14	-13	66,6	47,6	21,2	65,7	47,2	90	75	15	
32		80/60	-16	-13	86,4	68,2	24,0	81,4	64,5	75	75		
33		80/60	-16	-13	71,8	57,4	22,2	68,7	55,4	70	60		
34		80/60	-20	-13	78,6	64,3	22,5	69,1	57,1	40	30	30	
35		80/60	-20	-13	87,2	74,1	21,3	74,7	63,8	30		25	
36		-	-20	-13	94,1	77,3	22,8	83,8	69,7	35	45	30	
37		80/60	-20	-13	99,3	85,6	23,5	87,4	75,9	10	20	20	
38		-	-20	-13	-	-	23,0	-	-	65	65	35	55
39		80/60	-16	-13	88,5	70,3	21,2	84,0	67,2	25	45	20	
40		80/60	-16	-13	87,6	69,9	22,3	83,2	66,9	70	45	35	
41	Stockholm	80/60	-20	-17	77,2	65,2	22,7	73,3	62,2	70	40	35	
42		90/70	-20	-17	87,2	67,7	23,0	82,6	64,5	45	30	30	
43		90/70	-20	-17	94,5	81,6	22,9	88,5	76,5	25	15		
44		90/70	-20	-17	83,6	67,1	21,9	79,4	64,0	15	20	10	
45		90/70	-20	-17	96,8	81,9	23,0	89,8	76,0	30	30	25	
46		-	-20	-17	72,6	58,3	22,1	68,7	55,5	55	45	40	
47		-	-20	-17	74,2	61,1	22,5	71,2	59,0	60	45	30	
48		90/70	-13	-17	69,8	58,2	20,9	76,4	63,6	60	50	55	
49		90/70	-15	-17	71,6	61,8	23,0	74,8	64,4	55	45	30	
50		90/70	-20	-17	78,0	63,4	22,9	73,5	60,0	55	35	30	
51	Växjö	-	-20	-19	73,2	59,9	21,2	72,4	59,5	-	-	-	
52		-	-20	-19	70,5	57,2	21,8	69,7	56,8	-	-	-	
53		-	-20	-19	76,0	61,6	21,0	75,0	60,9	-	-	-	
54		-	-20	-19	64,5	55,0	22,0	63,7	54,5	-	-	-	
55		90/70	-15	-19	68,7	55,9	21,8	72,8	58,7	-	-	-	
56		90/70	-15	-19	63,6	51,4	21,8	66,6	53,1	-	-	-	
57		-	-20	-19	74,0	58,2	22,0	72,9	57,4	-	-	-	
58		-	-20	-19	76,2	66,4	21,2	74,8	65,2	-	-	-	
59		80/60	-20	-19	74,9	57,7	21,2	73,6	56,8	-	-	-	
60		90/70	-22	-19	66,0	54,3	20,8	63,8	52,9	-	-	-	

a) Tilluft

b) Köksfläkt

TAB. 3. Resultat av manuella beräkningar av temperaturfallet över värmarna $(t_f)_v - (t_a)_v$ samt storheterna n_1 , n_2 och n_3 och den med dator beräknade exponenten q .

Objekt nr	Ort	Bearbetade mätresultat								
		Vid DUT_K			Exp q	Vid DUT_{SBN}				
		$(t_f)_v - (t_a)_v$	n_1	n_2		n_3	$(t_f)_v - (t_a)_v$	n_1	n_2	n_3
1	Luleå	10,0	1,79	1,69	1,18	1,74	9,6	1,86	1,75	1,19
2		-	-	-	-	-	-	-	-	-
3		16,2	1,15	1,08	1,14	1,13	14,5	1,27	1,19	1,16
4		17,5	1,66	1,55	0,74	1,04	18,7	1,55	1,45	0,76
5		12,1	-	-	-	1,14	10,8	-	-	-
6		16,1	-	-	-	1,01	14,9	-	-	-
7		9,5	1,42	1,37	1,56	1,45	8,2	1,67	1,59	1,54
8		16,1	-	-	-	1,24	14,9	-	-	-
9		11,8	1,40	1,30	1,30	1,26	11,3	1,45	1,34	1,32
10	Östersund	14,2	1,07	1,01	1,40	1,17	12,4	1,23	1,15	1,40
11		18,1	0,91	0,89	1,24	0,96	16,7	0,99	0,96	1,25
12		12,1	0,99	0,96	1,72	1,02	11,2	1,08	1,04	1,71
13		12,4	0,76	0,76	2,12	0,97	11,5	0,84	0,83	2,10
14		10,5	1,03	1,01	1,82	1,12	9,6	1,12	1,10	1,83
15		13,3	1,00	0,98	1,54	0,93	13,3	1,00	0,98	1,54
16		-	-	-	-	-	-	-	-	-
17		12,0	1,32	1,30	1,28	1,22	11,1	1,42	1,40	1,29
18		15,2	1,13	1,10	1,20	1,14	14,0	1,22	1,20	1,13
19	6,7	1,10	1,07	2,78	1,34	6,2	1,18	1,15	2,80	
20	Göteborg	8,0	-	-	-	1,38	7,4	-	-	-
21		11,8	1,70	1,55	1,09	1,23	11,5	1,74	1,58	1,10
22		11,1	1,41	1,27	1,42	0,83	10,8	1,44	1,30	1,42
23		-	-	-	-	-	-	-	-	-
24		11,2	1,41	1,31	1,37	0,89	10,9	1,45	1,34	1,37
25		11,0	1,01	0,97	1,86	0,69	10,7	1,03	0,98	1,89
26		11,1	1,41	1,29	1,40	0,91	10,8	1,46	1,33	1,39
27		18,2	0,96	0,90	1,22	0,81	17,7	0,98	0,92	1,23
28		10,7	1,57	1,45	1,29	1,17	10,6	1,62	1,50	1,25
29	10,9	1,11	1,06	1,69	0,77	10,5	1,13	1,08	1,74	
30	Malmö	13,6	1,06	1,02	1,44	1,08	13,1	1,07	1,04	1,47
31		19,0	1,76	1,70	0,62	1,61	18,5	1,83	1,76	0,61
32		18,2	1,06	0,95	1,16	0,91	16,9	1,14	1,02	1,15
33		14,4	1,32	1,24	1,12	1,30	13,3	1,43	1,34	1,12
34		14,3	1,08	1,02	1,37	0,96	12,0	1,32	1,22	1,37
35		13,1	0,89	0,86	1,78	0,87	10,9	1,07	1,03	1,79
36		16,8	-	-	-	1,17	14,1	-	-	-
37		13,7	0,78	0,72	2,03	1,03	11,5	0,94	0,85	2,05
38		-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	Stockholm	18,2	0,86	0,83	1,33	1,24	16,8	0,94	0,90	1,32
40		17,7	0,94	0,88	1,29	1,20	16,3	1,01	0,94	1,31
41		12,0	1,10	1,03	1,62	0,98	11,1	1,19	1,11	1,62
42		19,5	1,18	1,10	0,93	0,98	18,1	1,28	1,19	0,92
43		12,9	0,99	0,92	1,68	0,82	12,0	1,08	1,00	1,67
44		16,5	1,18	1,13	1,07	1,06	15,4	1,27	1,21	1,07
45		14,9	0,99	0,93	1,44	0,71	13,8	1,08	1,00	1,45
46		14,3	-	-	-	0,91	13,2	-	-	-
47		13,1	-	-	-	1,26	12,2	-	-	-
48	11,6	1,36	1,32	1,30	0,85	12,8	1,22	1,18	1,32	
49	9,8	1,40	1,29	1,58	0,80	10,4	1,33	1,23	1,56	
50	Växjö	14,6	1,30	1,21	1,13	0,84	13,5	1,40	1,30	1,14
51		13,3	-	-	-	1,94	12,9	-	-	-
52		13,3	-	-	-	1,64	12,9	-	-	-
53		14,4	-	-	-	1,43	14,1	-	-	-
54		9,5	-	-	-	1,43	9,2	-	-	-
55		12,8	1,71	1,63	0,96	1,25	14,1	1,55	1,48	0,96
56		12,2	2,46	2,34	0,70	1,64	13,5	2,22	2,12	0,70
57		15,8	-	-	-	1,10	15,5	-	-	-
58		9,8	-	-	-	0,97	9,6	-	-	-
59	17,2	1,14	1,11	1,05	1,00	16,8	1,17	1,14	1,04	
60	11,7	1,95	1,92	0,89	1,55	10,9	2,11	2,07	0,89	

TAB. 4. Resultat av kontroll av värmebehovsberäkningar.

Objekt nr	Ort	DUT _K OC	DUT _{SBN} OC	Möjlig besparing (B) p g a ändrat DUT a) (%)	Fönster b)		Ökning av värgården värden p g a avrundning vid beräkning räkning (%)	Avvikelse mellan valda radiatorers värmeavgivning och beräknade värmebehovsberäkningar (%)	Påslag (% av transmissionsförluster)						Hörnrum	Ventilationssvärmeberäkning har gjorts (x)		
					k-värde enligt konstruktion, kcal/m ² , h, OC	Typ			NV	N	NO	O	SO	S			SV	V
1	Luleå	-30	-28	4,0	3,0	-	-	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x
2		-	-28	-	2,0	3-G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3		-34	-28	10,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4		-25	-28	-6,5	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x
5		-34	-28	10,5	1,7	3-G	-	-	0	0	0	0	0	0	0	15	0	x
6		-32	-28	7,0	2,20	3-G	-	-	10-15	10-35	10-20	0	5-15	0	25	5d)	0	x
7		-36	-28	14,0	1,7	3-G	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x
8		-32	-28	7,5	2,10	3-G	-	-	10	10	10	0	5	0	0	0e)	0	x
9		-30	-28	3,5	3,5	2-G	10	-	0	10	0	5	0	0	0	5e)	0	x
10		-36	-28	13,5	1,7	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x
11		-30	-26	8,0	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Östersund	-30	-26	7,5	1,8	3-G	10	2	5	0	5	0	5	0	5	0d)	5	x
13		-30	-26	8,0	1,83	3-G	7	0	0	5-10	5	5	0	10d)	0	0	0	x
14		-30	-26	8,0	1,8	3-G	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15		-26	-26	0	2,5	2-G	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	x
16		-	-26	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17		-30	-26	8,0	3,5	-	10	2	-	5 - 15 c)	-	-	-	f)	-	-	-	-
18		-30	-26	8,0	2,5	2-G	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19		-30	-26	7,5	3,5	-	10	2	-	5 - 15 c)	-	-	-	-	-	-	-	-
20		-30	-26	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Göteborg	-16	-15	2,0	3,5	-	8	2	0	10-15	0	5-15	0	10	0	5-15	5-10	x
22		-16	-15	2,5	3,5	-	9	0	0	10 - 20 c)	0	10	0	10	0	5	5-10	x
23		-	-15	-	3,5	-	6	10	0	10 - 20 c)	0	10	0	10	0	5	5-10	x
24		-16	-15	2,5	3,5	-	8	0	0	10-15	0	5-10	0	10	0	5-10	x	
25		-16	-15	2,5	3,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x
26		-16	-15	2,0	3,5	-	-	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x
27		-16	-15	2,5	3,5	-	9	-0,5	15	10	5	5	10	0	10	5	0	x
28		-16	-15	2,5	3,5	-	10	7,5	5-20	10	0	0	5-20	0	5	0	5	x
29		-16	-15	2,5	3,5	-	5	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	x
30		-16	-15	2,5	3,5	-	10	0	0	5 - 15 c)g)	5	-	-	-	-	-	-	x
31		-14	-13	3,0	2,0	-	-	0	0	10	0	0	0	0	0	5-10	0	x
32	Malmö	-16	-13	7,5	2,0	3-G	10-20	-	0	10	0	0	0	0	0	5	10	x
33		-16	-13	8,0	2,0	3-G	-	2	0	10	0	0	0	0	0	5	10	x
34		-20	-13	16,5	3,5	-	-	8	0	10	0	0	0	0	0	5	65	x
35		-20	-13	17,0	3,5	-	-	6	0	10	0	0	0	0	0	5	65	x
36		-20	-13	16,5	3,5	-	-	2,5	0	10	0	0	0	0	0	5	65	x
37		-20	-13	16,0	3,5	2-G	15	1,5	0	10	0	0	0	0	10	0	65	x
38		-20	-13	16,0	3,5	-	-	4,5	0	10	0	0	0	0	5	65	x	
39		-16	-13	8,0	3,5	-	-	1	0	10	0	0	0	0	5	65	x	
40		-16	-13	8,5	3,5	-	-	0,5	0	10	0	0	0	0	5	65	x	

41	Stockholm	-20	-17	7,0	2,5	-	5-10	2	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	x
42		-20	-17	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43		-20	-17	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44		-20	-17	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45		-20	-17	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46		-20	-17	7,0	3,5	-	-	-	5	10	0	5	0	0	0	10	5	5	x
47		-20	-17	7,0	3,5	-	-	-	5	10	0	5	0	0	0	0	0	0	-
48		-13	-17	-12,0	3,5	-	-	-	5	10	0	5	0	0	0	0	0	0	-
49		-15	-17	-5,5	3,5	-	-	-	5	10	0	5	0	0	0	0	0	0	-
50		-20	-17	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51	Växjö	-20	-19	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52		-20	-19	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53		-20	-19	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54		-20	-19	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55		-15	-19	-11,0	2,0	3-G	-	4	0	15	0	5	0	0	0	5	0	0	x
56		-15	-19	-11,0	-	-	-	13	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0	x
57		-20	-19	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
58		-20	-19	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
59		-20	-19	2,5	3,6	-	10	12	0	15	0	10	0	0	0	0	0	0	x
60		-22	-19	7,0	1,7	-	-	-	-	-	-	-	10	0	0	0	0	0	x

$$a) B = \frac{DUT_K - DUT_{SBN}}{(t_l)_V - DUT_K} \cdot 100 (\%)$$

b) k -värdet enligt SBN 67: 2-glasfönster (2-G), $k = 2,4 - 2,7 \text{ kcal/m}^2 \text{ h, } ^\circ\text{C}$
3-glasfönster (3-G), $k = 1,5 - 1,7 \text{ kcal/m}^2 \text{ h, } ^\circ\text{C}$.

c) Förmodade väderstreckspåslag. (Väderstreck ej angivna.)

d) 5 % högre för dörrar och fönster.

e) 5-25 % högre för dörrar och fönster.

f) 5-10 % högre för dörrar och fönster.

g) Generellt påslag: Vån 5-7 = 4 %.
Vån 8-10 = 8 %.

TAB. 5. Primärdata för objekt nr 11.

Datum	$(t_f)_v$ °C	$(t_a)_v$ °C	$(t_u)_v$ °C	Väder ^{a)}	Vindhast m/s
4/2	61.89	50.09	- 8.1	1	6
6/2	53.39	40.68	- 4.2	0	9
11/2	67.67	56.01	-15.6	0	6
13/2	77.25	59.61	-21.8	0	1
18/2	67.67	53.10	-17.4	0	- 0
20/2	67.34	53.25	-15.4	0	4
25/2	58.43	47.77	- 8.7	0	5
27/2	68.86	54.80	-15.6	0	- 0
4/3	58.67	48.74	- 6.8	0	2
6/3	42.12	36.91	3.7	0	10
11/3	63.41	51.65	-13.6	1	1
13/3	69.57	55.77	-16.8	1	1
18/3	67.24	53.97	-14.8	1	- 0
20/3	63.17	51.89	-12.8	1	1
25/3	61.14	50.88	-10.6	1	2
27/3	49.02	42.77	- 3.1	1	2
1/4	47.18	40.93	- 1.2	0	2
3/4	42.17	36.46	4.2	1	8
4/4	47.32	41.03	- 0.2	1	6
10/4	39.93	36.21	4.8	1	2
16/4	46.31	40.63	- 0.6	0	2
22/4	46.80	40.63	1.6	1	3
24/4	44.26	38.69	3.4	1	1
28/4	40.28	36.16	5.5	0	2

a)
Solbelyst fasad betecknas 1,
ej solbelyst fasad betecknas 0.

PM

gällande

MÄTINSTRUKTIONER VID KONTROLL AV
TILLÄMPADE VÄRMEBEHOVSBERÄKNINGAR

Erforderlig mätutrustning:

1 utomhustermometer	-20/40°C
1 fingraderad termometer (1/5 grad)	-20/40°C
1 termosflaska innehållande krossad is	
1 millivoltmeter	0 - 8,5 mV
2 termoelementkretsar (koppar-konstantan)	

MätstorheterMätintervall

1. Utetemperatur	2 ggr/vecka, byggnad
2. Framledningstemperatur mätt med termoelement och millivoltmeter	2 ggr/vecka, byggnad
3. Returledningstemperatur mätt med termoelement och millivoltmeter	2 ggr/vecka, byggnad
4. Fram- respektive returlednings-temperatur mätt med befintliga termometrar i termometerfickor	2 ggr/vecka, byggnad
5. Medelvärde av rumstemperatur	1 gång/månad byggnad
6. Vindstyrka	noteras 2 ggr/vecka, byggnad
7. Väderlek	noteras 2 ggr/vecka, byggnad
8. Luftflödesmätning	1 gång/byggnad

Mätrutiner och mätarrangemang

Mätningarna skall pågå dagligen måndag - fredag omkring kl 7 under tiden 1/2 - 1/5 1969.

1. Utetemperatur

Termometern placeras ett stycke från byggnaden så att såväl värmestrålning från byggkroppen som direkt solbestrålning undviks. Avläsning sker efter pkt 4 och noteras i kolumn 21. Avläsningsnoggrannhet: 0,5°C.

2. Temperaturmätning med termoelement och millivoltmeter på framledning

Arbetsmomenten enligt pkt 2a-c utföres endast vid första besöket i varje byggnad.

- a) Avlägsna isoleringen omedelbart intill den befintliga termometerfickan så att rörets metallyta frilägges runt hela omkretsen med en bredd av ca 1 dm.
- b) Avlägsna oxider och övriga föroreningar i den fria rörytan med stålborste, karborundum el dyl, så att god värmekontakt erhålles mellan termoelementets varma lödställe och röret.
- c) Fixera ("det varma") lödstället noggrannt till röret medelst isolerband. Linda därefter ledningen ett varv kring röret och fäst med isolerband. Placera därefter varsamt tillbaka isoleringen.
-
- d) Kontrollera nu millivoltmeterens nolläge. Justera ev med spårskruven nedanför skalfönstret. Obs! Instrumentet måste placeras horisontellt.
- e) Avlägsna därefter ev föroreningar (oxider etc) medelst karborundum el dyl från de fria trådändarna och anslut dessa till mV-metern. Den med tape märkta tråden anslutes till plusuttaget. Den andra anslutes till 8,5 mV-uttaget. (Se FIG. 1.)
- f) Det andra ("kalla") lödstället fästes med tape el dyl på den fingraderade termometerens spets och nedföres försiktigt tillsammans med denna till ett läge ca 5 cm ovan flaskans botten så att direkt vätskekontakt undvikas. Obs! Själva lödstället får ej täckas av tape.
- g) Efter ca 5 min avläses utslaget å mV-metern och noteras i kolumn 2 å protokollblad. Obs! Vid avläsning skall visaren och dess spegelbild sammanfalla. Avläsningsnoggrannhet: 0,01 mV. (Om utslag ej erhålles har förmodligen brott upp-

stätt i något av lödställena varför detta måste omlödas.
Använd härvid rent tenn med harts som flussmedel.)

- h) Temperaturen å lödstället i termosflaskan avläses och noteras i kolumn 3. Avläsningssnoggrannhet: $0,1^{\circ}\text{C}$. (Temperaturen bör ligga så nära 0°C som möjligt.)

3. Temperaturmätning med termoelement och millivoltmeter på returledning

Samma förfarande som under pkt 2. Millivoltmeters utslag noteras i kolumn 4. Temperaturen i termosflaskan noteras i kolumn 5.

4. I fram- respektive returledningarnas termometerfickor avläses temperaturerna å befintliga termometrar och noteras i kolumnerna 6 och 7. Avläsningssnoggrannhet: $0,5^{\circ}\text{C}$.

Obs! Avläs utomhustemperaturen.

5. Medelvärdet av rumstemperaturen baseras på temperaturmätningar i följande delar av byggnaden:

temperaturen mätes i ca 15 rum/våning (såväl hörnrum som centralt belägna rum),

i samtliga våningar i 3-5 våningshus

samt i varannan våning med början i bottenplanet i 8-12 våningshus.

Medelvärdet noteras i kolumn 20. Noggrannhet: $0,5^{\circ}\text{C}$.

6. Uppgift om vindhastigheten inhämtas från SMHI på orten. Noteras i kolumn 23.

7. Väderlek noteras i kolumn 22. Följande alternativ användes: klart, halvklart, mulet, regn, snöfall. Obs! Solbelyst fasadyta anges i % av total fasadyta, ex: klart, 25 %.

8. Luftflödesmätning: Mätningar utföres i ca 10 lägenheter/objekt. Resultaten noteras å separat protokollsblad.

Obs! Signera protokollen.

Insänd 2 protokoll/byggnad varje fredag till: VVS-Kontroll AB
Box 235

126 02 HÄGERSTEN 2

Forskningsuppdrag: Kontroll av tillämpade värmebehovsberäkningar.

Mätprotokoll för varmvattensystem		Byggnad						Uppgiftslämnare												
Datum och tid för mätn.	Framledning		Returledning		Befintliga termometrar		Anm.	För VVS-kontrolls anteckningar												
	mV	Ref-temp. °C	mV	Ref-temp. °C	Framledning °C	Returledning °C		Framledning					Returledning							
1	2	3	4	5	6	7	8	$t_{ref.} \Delta$ mV	sp.fall mV	Σ mV	t_f °C			$t_{ref.} \Delta$ mV	sp.fall mV	Σ mV	t_r °C			
DAT																				
KL																				
DAT																				
KL																				

Datum och tid för mätn.	Rums-temperatur °C	Ute-temperatur °C	Väderlek	Vindstyrka m/s	Anm.	För VVS-kontrolls anteckningar									
						25									
19	20	21	22	23	24										
DAT															
KL															
DAT															
KL															

Signatur:

OBS! Kontrollera millivoltmeters nolläge vid varje mätning.

Mätprotokoll insändes varje fredag till **VVS-kontroll AB**
Box 235
126 02 Hägersten

R37:1970

Denna rapport avser anslag nr D 509 från Statens råd för byggnadsforskning till VVS-Kontroll AB

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm
Abonnemangsgrupp: i (installation)**

Pris: 11 kronor