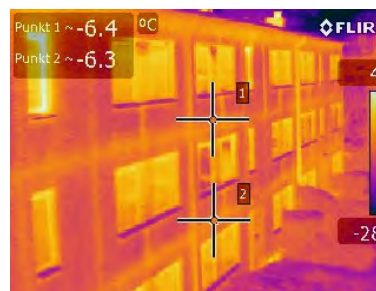


# Resultatpresentation

## Termografering av flerbostadshus

Kartläggning av vanliga köldbryggor i byggnader i behov av renovering



**SBUF-projekt 12867**

Göteborg, april 2014

# Organisation

BOSTADS AB  
POSEIDONBostads  
bolaget


## Styrgrupp

Svante Wijk, energisamordnare, **NCC**Lena Schälin, teknksamordnare Miljonhemmet, **Skanska**Mille Karagiannis, arbetschef, **Peab**Pär Åhman, F&U-ansvarig, **Sveriges Byggindustrier**Eva Sikander, sektionschef Byggnadsfysik och inommiljö, **SP**




Tore Hallén, **Alingsåshem**Mikael Lindberg, **Poseidon**Robert Schwartz, **Stena fastigheter**Per Orshammar, **Bostadsbolaget**

## Referensgrupp

FoU Väst

Åsa Wahlström, **CIT Chalmers**Berörda **fastighetsägare**

## Arbetsgrupp

Linda Martinsson, **Skanska** (projektledare)Anders Ljungberg, **NCC**Charlotte S Tengberg, **Skanska**Claes Engström, **Skanska**

## Support

Per Stenberg, **Kimo Instrument**


## 1. Projektbakgrund

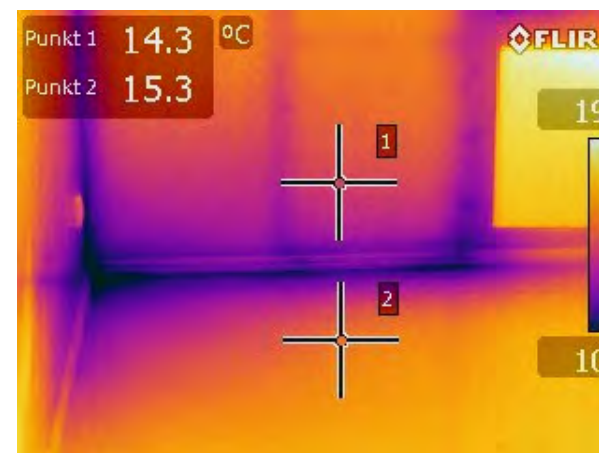
Här presenteras bakgrunden till projektet och de frågeställningar som givit idén till undersökningen

# Köldbrygggor

Kan medföra problem som

- Ökade energiförluster
- Komfortproblem
- Fukt/Nedsmutsning \*

\* I förlängningen risk för hälsoproblem  
relaterade till inomhusmiljö



## Olika anledningar till köldbryggor

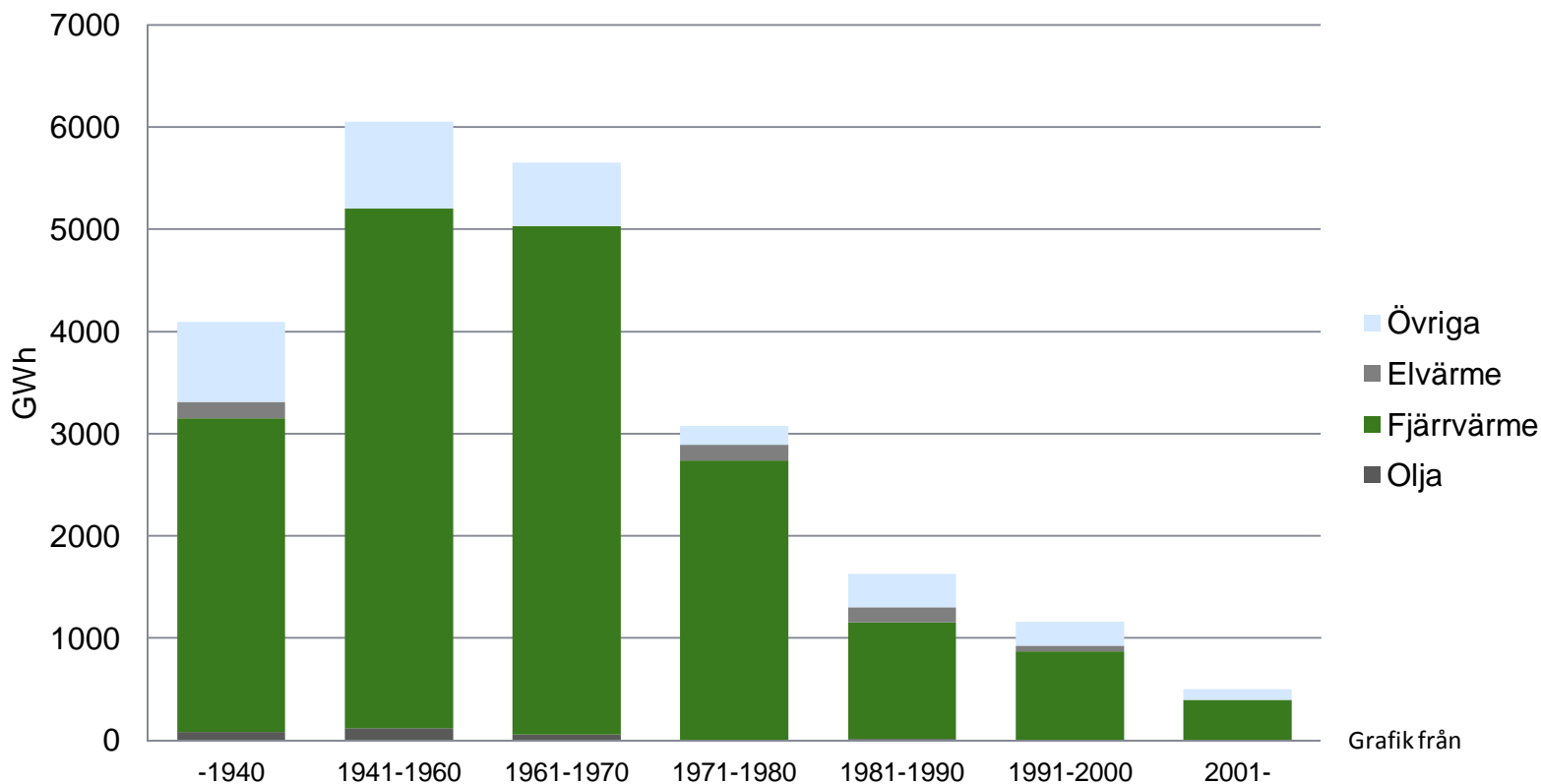
- Olika värmeledning i material
- Luftrörelser i/genom byggdelar
- Brister i isolering
- Olika fuktinnehåll

(definition enligt SS-EN 13187)



# Behov av energieffektivisering i flerbostadshus

Energianvändning för uppvärmning av svenska flerbostadshus från olika tidsperioder



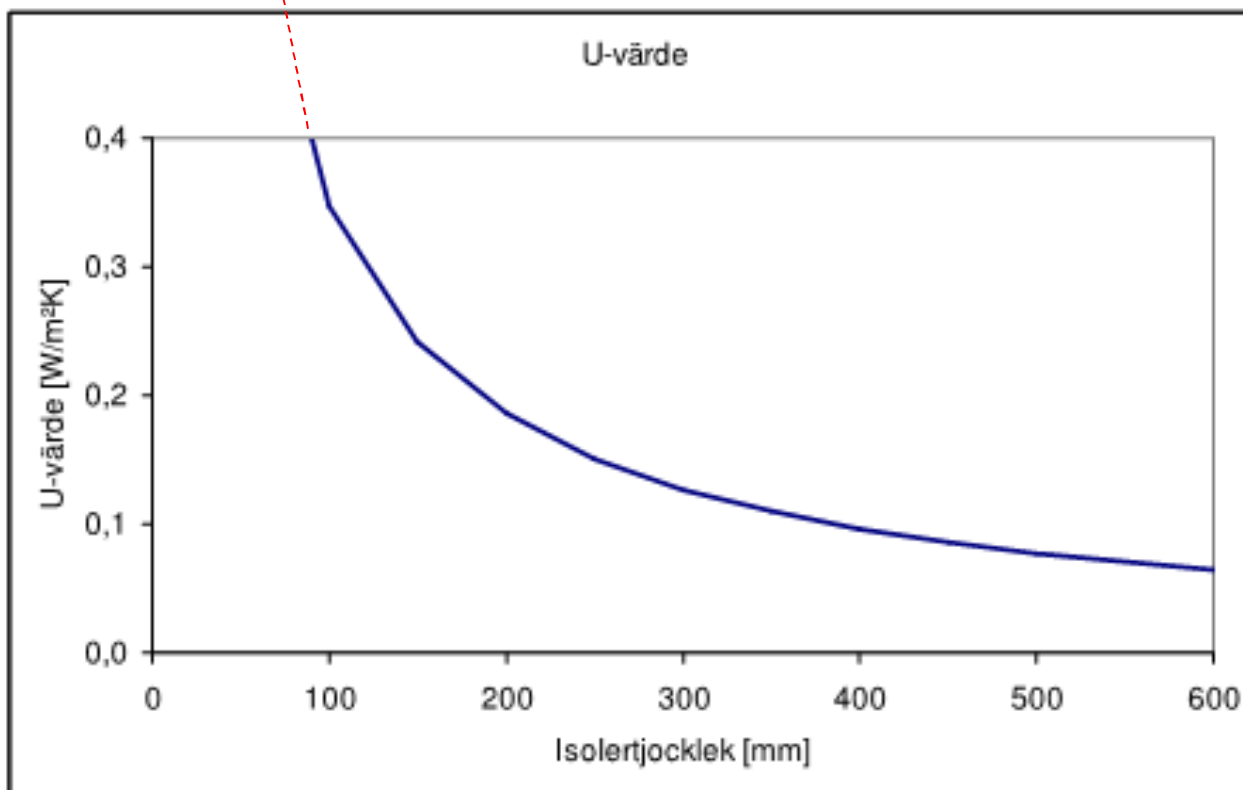
Grafik från

Miljonhemmet™

Flerbostadshusen från modernismen och Miljonprogrammet står för den största energianvändningen, och det är också dessa hus som idag står inför renovering

# Isolering ger mer i dåligt isolerade byggdelar

Köldbrygga?

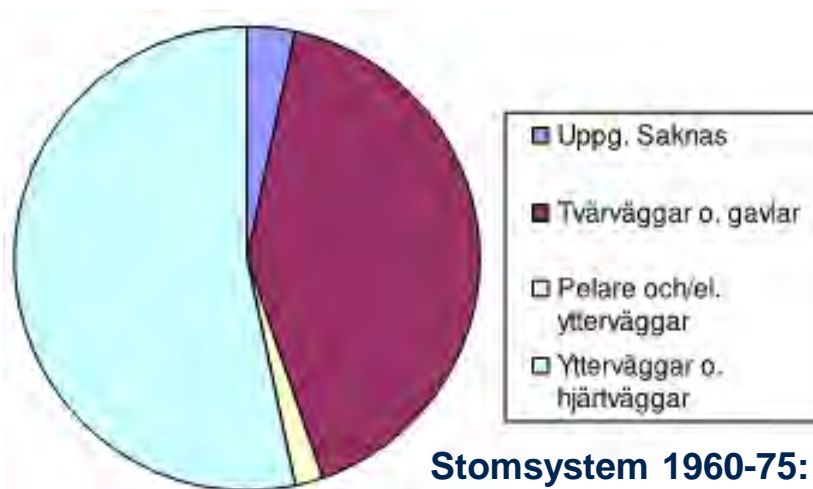


Isolermängd under Miljonprogrammet: c:a 10 cm i ytterväggar  
– stora möjligheter till förbättring

# Rekordårens bebyggelse 1960-75

ur SBUF-rapport 11936 Energieffektivisering vid renovering av rekordårens flerbostadshus

- 35% av alla dagens flerbostadshus
- Likartade byggsystem
- Prefabricering och industrialisering ökar. Typritningar och upprepning
- Få prefabsystem ( $\geq 16$ st) men många byggare på marknaden\*



**Stomsystem 1960-75:**

Bärande ytter- och hjärtväggar (turkos) och bokhyllestomme (lila) dominerar.

→ Stora likheter mellan byggnader;  
Stor potential för generella angreppssätt

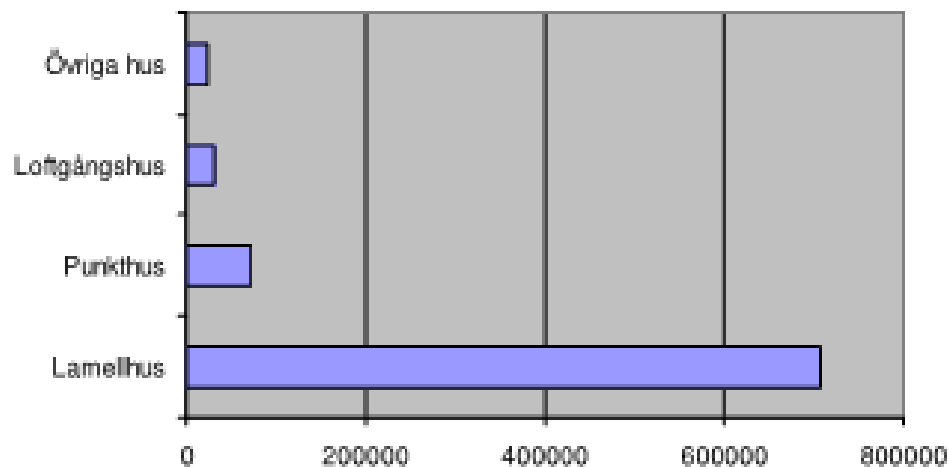


# Rekordårens bebyggelse 1960-75

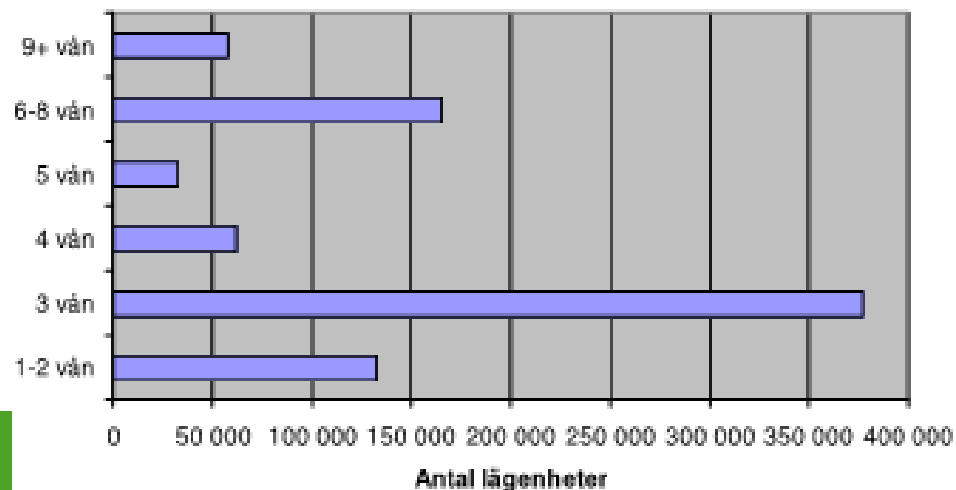
## Typiska flerbostadshus

- Lamellhus
- Låghus 3 vån, skivhus 6-8 vån
- Bärande ytter- och hjärtväggar eller bokhyll stomme

Antal lägenheter uppförda 1960-75 efter hustyp



Uppförda lägenheter i flerbostadshus 1961-75

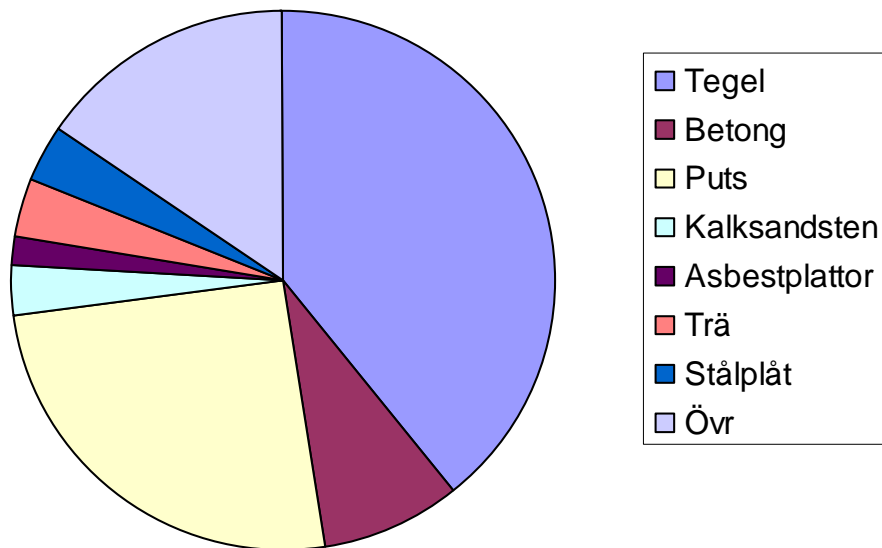


Byggnadstyper och antal våningar 1960-75:

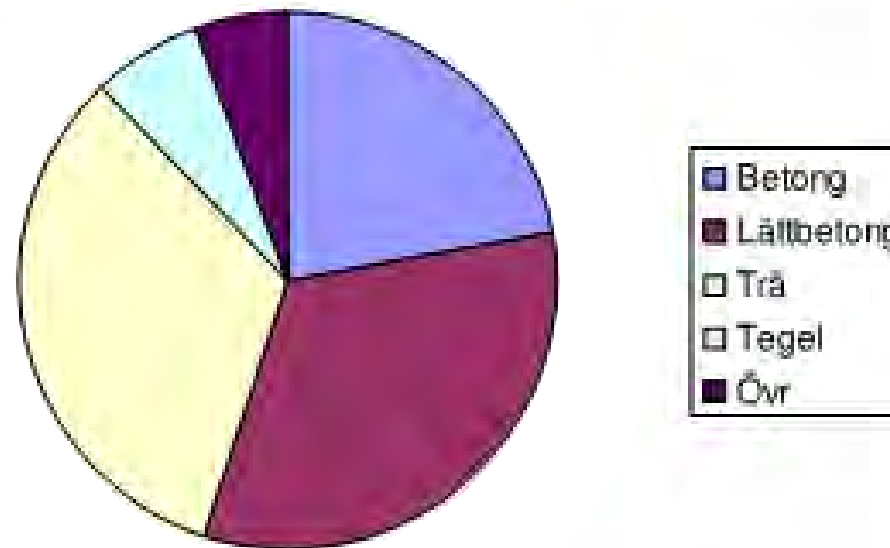
Diagram ur SBUF-rapport 11936, s11-12

# Miljonprogrammets byggnader: Uppbyggnad av ytterväggar 1963-75

## Fasadmaterial



## Ytterväggsstomme (långsida)



Grafik ur SBUF-rapport 11936  
Energieffektivisering vid renovering av rekordårens flerbostadshus, s14

## Nyckeltankar i projektet

- Flerbostadshus från Miljonprogramsåren i behov av renovering – och energieffektivisering!
  - Upprepade konstruktioner, i och mellan byggnader
  - Generella och optimerade angreppsätt möjliggör kostnadseffektivitet
- Köldbryggor bör åtgärdas av energi-, komfort- och fuktskäl
- Kartläggning av representativa byggnader för översikt
  - Jämförande möjliggör generalisering

→ Underlag för generella åtgärder

# Syfte med projektet

## Etapp 1 (detta projekt):

Syftet med kartläggningen av fasader genom termografering är att utröna **vilka konstruktioner/ detaljer** hos **vanligt förekommande hustyper från tiden 1965-75** som i **praktiken** har **störst påverkan som köldbryggor** i relation till byggnaden som helhet.

## Etapp 2 (möjlig fortsättning):

Faller projektet väl ut kan det gå vidare i ett andra steg, med syfte att ta fram **effektiva åtgärdsförslag utifrån identifierade köldbryggor** i form av **optimerad tilläggsisolering** av byggnaden som helhet

## 2. Termografering som metod

Detta avsnitt beskriver först vad termografering är och ger en inblick i värmestrålningsteori. För den som är mer intresserad av området rekommenderas vidare läsning av litteratur inom termografering och byggnadsfysik

Därefter presenteras några praktiska fenomen som påverkar resultatet vid termografering.

# Termografering

Att med en värmekamera registrera infraröd strålning som sänds ut från t.ex. ett hus eller en människa och kunna visa detta direkt på en bildskärm.

(av av grek. *thermē* 'värme', *thermo* 's 'varm' och en bildning till grek. *graphō* skriva')  
*ur Nationalencyklopedin*

Termogrammet = en avbild av en yta,

- visar fördelning av den skenbara strålningstemperaturen
- Yttemperaturen kan bedömas från den avgivna strålningen

Kameran mäter bara infraröd strålning,  
inte temperatur!



Kamera: FLIR T640  
Mätpunkter: 640\*480  
Upplösning: 0,035°C  
Noggrannhet. ±2°C

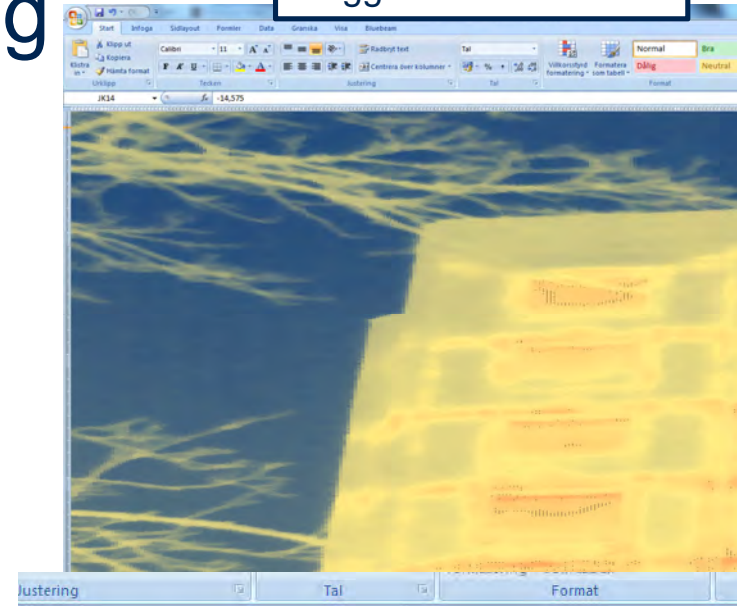
# Utdata från termografering

## Termogrammet är

- En visuell bild
- En matris med 640\*480 (307200) mätpunkter av ytans skenbara temperaturer

Reflektionstemperatur och emissivitetstal ska justeras efter mätförutsättningarna för att ge rätt skenbara temperatur

Temperaturspann ställs in för att tolka om temperaturerna till färger i en visuell bild



	G	H	I	J	K	L	M	N
7,6 °C	Minsta: -10,5 °C		Spann: 2,9 °C					
9,9	-10,1	-10,2	-10,2	-10,3	-10,4	-10,4	-10,4	-10,4
9,9	-10,0	-10,1	-10,2	-10,2	-10,3	-10,4	-10,4	-10,4
9,8	-9,9	-10,0	-10,1	-10,2	-10,2	-10,3	-10,4	-10,3
9,7	-9,8	-9,9	-10,0	-10,1	-10,1	-10,2	-10,3	-10,2
9,6	-9,7	-9,8	-9,9	-10,0	-10,0	-10,2	-10,1	-10,2
9,7	-9,6	-9,7	-9,9	-10,0	-9,9	-10,0	-10,0	-10,1
9,5	-9,7	-9,6	-9,8	-9,8	-9,8	-9,9	-9,9	-9,9
9,5	-9,5	-9,6	-9,6	-9,6	-9,7	-9,7	-9,8	-9,7
9,5	-9,5	-9,5	-9,5	-9,5	-9,5	-9,5	-9,5	-9,5
9,5	-9,5	-9,5	-9,5	-9,4	-9,4	-9,4	-9,3	-9,4
9,5	-9,5	-9,4	-9,4	-9,4	-9,4	-9,4	-9,3	-9,4
9,5	-9,5	-9,5	-9,4	-9,4	-9,4	-9,2	-9,2	-9,2
9,5	-9,4	-9,4	-9,3	-9,3	-9,2	-9,1	-9,1	-9,1
9,6	-9,5	-9,3	-9,3	-9,2	-9,1	-9,0	-9,0	-9,0
9,6	-9,4	-9,3	-9,3	-9,1	-9,1	-9,0	-8,9	-9,0
9,6	-9,5	-9,4	-9,3	-9,2	-9,3	-9,1	-9,0	-9,0
9,5	-9,5	-9,5	-9,5	-9,3	-9,4	-9,5	-9,3	-9,2
9,6	-9,6	-9,5	-9,5	-9,5	-9,7	-9,6	-9,5	-9,5

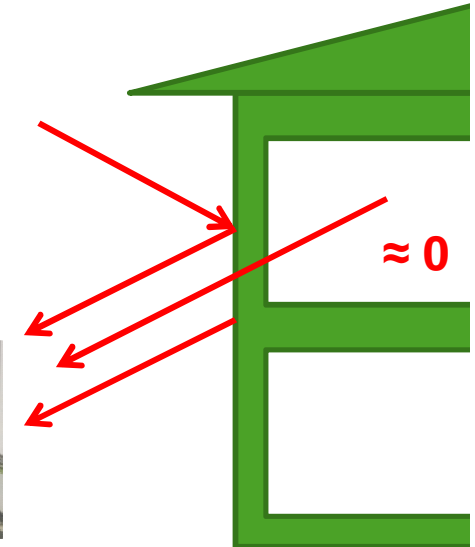
# Värmestrålningsteori

Emission + Reflektion + Transmission = 100%

$$+ + = 1$$

För byggmaterial är oftast transmissionen mycket liten, så vi kan säga att emissivitetstalet  $\epsilon \approx 1 - \rho$  (enhetslöst)

$\epsilon$  beskriver alltså hur stor del av värmestrålningen vi ser som kommer från ytan själv ( $\epsilon$ ), exkl vad som är reflektion från andra ytor ( $\rho$ )



Ur *Byggtermografi En praktisk handbok* Karl H Grimnes (2011)



# Värmestrålningsteori

**emissivitet**, en kropps förmåga att utsända elektromagnetisk strålning (värme och ljus)

*ur Nationalencyklopedin*

Olika material och ytor har olika **emissivitetstal  $\epsilon$**  :

$\epsilon=0$  all inkommande strålning reflekteras

$\epsilon=1$  all inkommande strålning absorberas

För byggnadsmaterial ligger  $\epsilon$  normalt i 0,90-1,00,

t.ex. betong 0,92-0,97 beroende på råhet och fukt

Ex på  $\epsilon$  ur *Introduction to Building Physics* Carl-Eric Hagentoft →

Material/yta	$\epsilon$
Polerad koppar	0,02
Galvaniserat stål	0,26
Polerad marmor	0,55
Rostigt stål	0,61
Vit målarfärg	0,85
Trä	0,90
Glas	0,92
Takpapp	0,92
Tegel	0,93
Gips	0,93
Papper	0,93
Oljefärg	0,94
Vatten	0,95
Is (0°C)	0,97

# Termografering utifrån – fler störningskällor

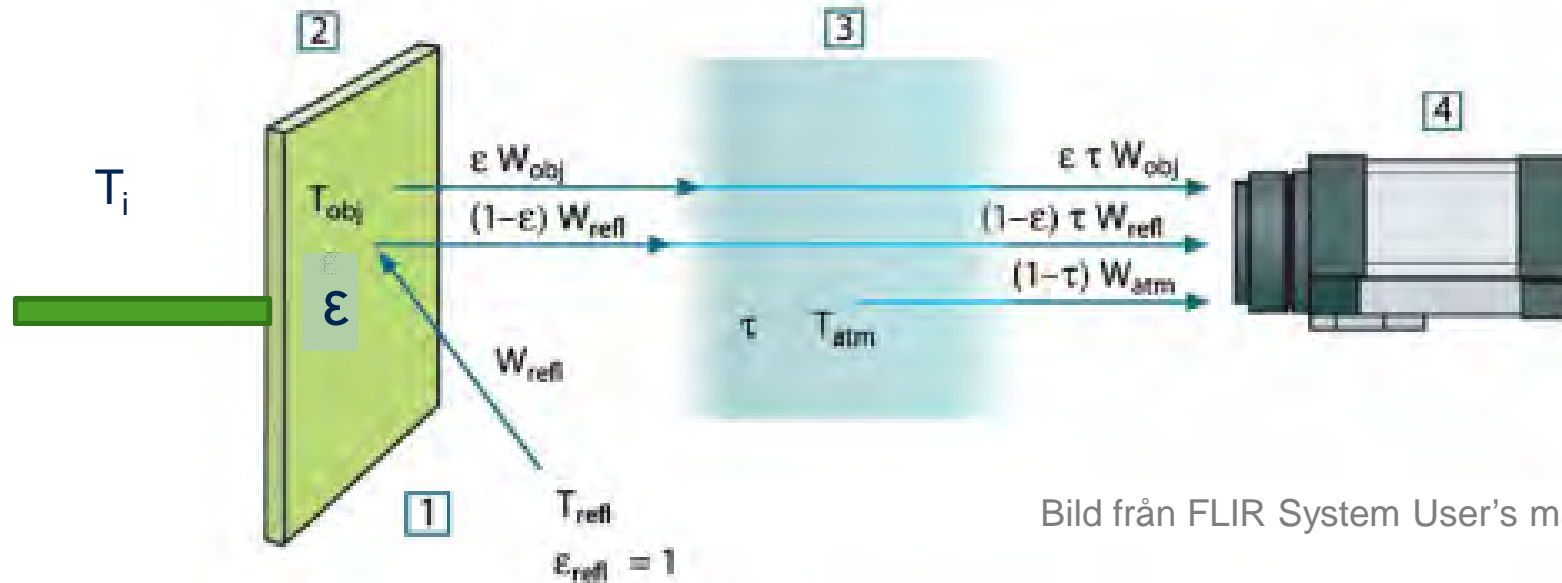


Bild från FLIR System User's manual

Exempel på faktorer som påverkar bilden av den emitterade värmestrålningen från fasadytan:

## 1 Fasaden

- Fasadmateriel,  $\epsilon$
- Ytstruktur och geometri
- Värmespridning i 2D
- Värmelagring: solsken, nattutstrålning, skugga
- Reflektion av omgivning
- $R_{se}$  påverkas av RF och temperatur i luften

## 2 Byggnaden

- Konstruktion – känd?
- U-värde, variation
- Ev skadebild, fukt
- Värmespridning i 3D
- VVS-system, typ och läge för dragningar
- Olika innetemperatur
- Olika vädring/läckage

## 3 Atmosfären

- Sol, direkt och diffus
- Vind och luft rörelser
- Nederbörd och dimma
- Temperatur och RF, varierar med höjden och tiden. Även lokala skillnader.

## 4 Kameran

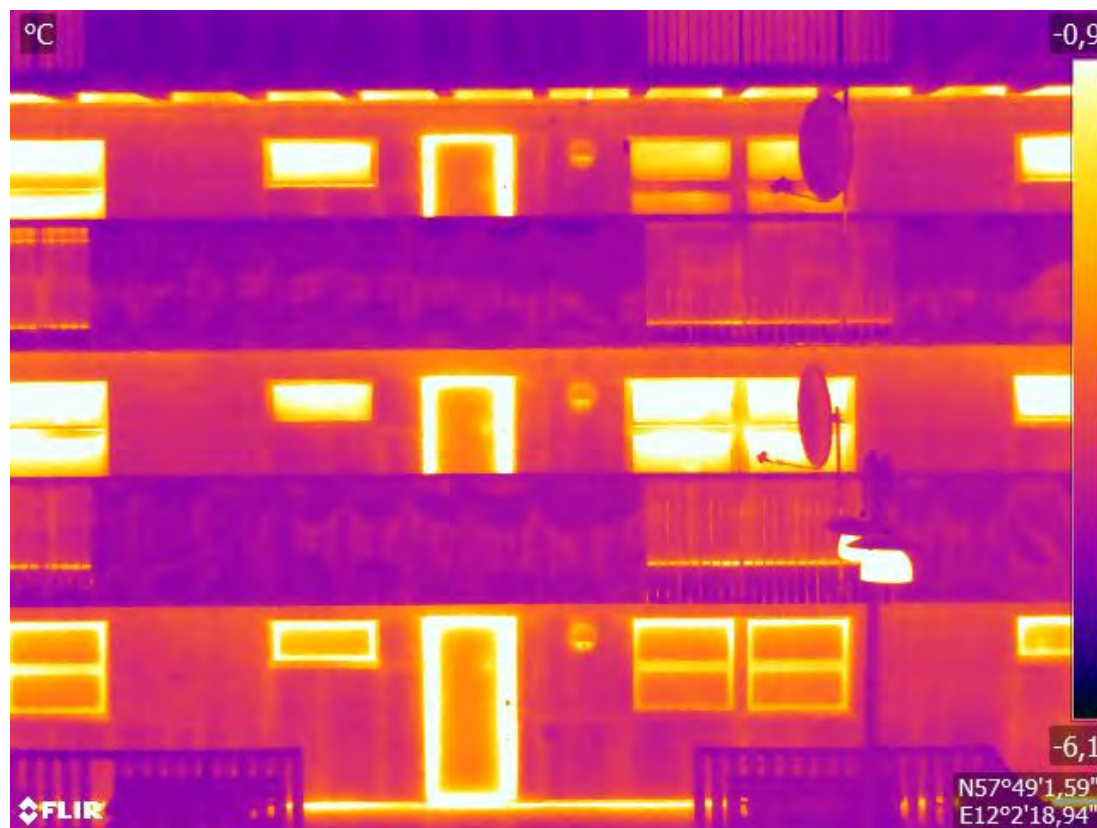
- Lins och detektor
- Upplösning
- Noggrannhet
- Kalibrering
- Vinkel och avstånd
- Fokus

## Exempel: Termogram av en byggnad, utifrån

Ser t.ex.

- Olika material
- Olika struktur
- Olika reflektion
- Olika utsatta delar

(Vad är köldbryggor och vad är ostörd vägg?)

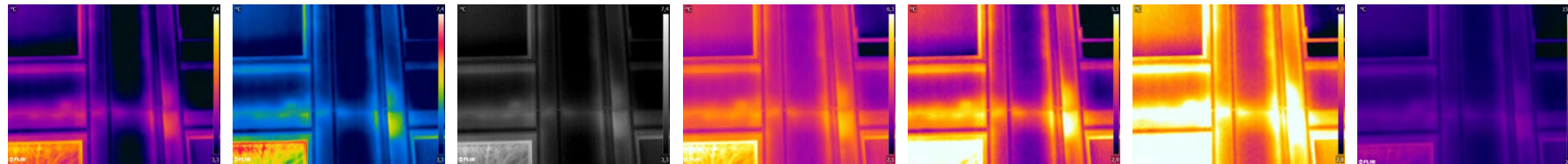
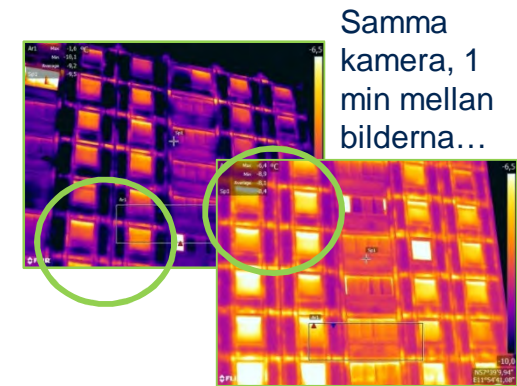
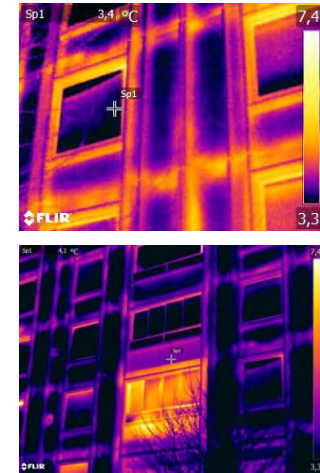


Samma inställning,  
olika kameror...

# Termogrammet ger inte yttemperaturen

- Olika kameror anger olika temperatur (°C), pga
  - Olika detektor
  - Olika linser
  - Upplösning jfrt noggrannhet mellan bilder
  - Olika kalibrering av en och samma kamera
  
- Ögat luras av presentationen
  - Val av färgskala
  - Inställning av temperaturspann
  - Referenser i bilden

...gör att samma temperatur i °C uppfattas olika



Samma termogram, olika presentation...

## Riktlinjer för termografering

- Teststandard finns: SS-EN 13187  
(bäst anpassad för termografering inifrån)
- Ändamålet med provningen styr metodval
- Praktiska förutsättningar påverkar

**→ Anpassad metod krävs för termografering av stora byggnader, utomhus**

### 3. Metod - Utvändig termografering av stora byggnader

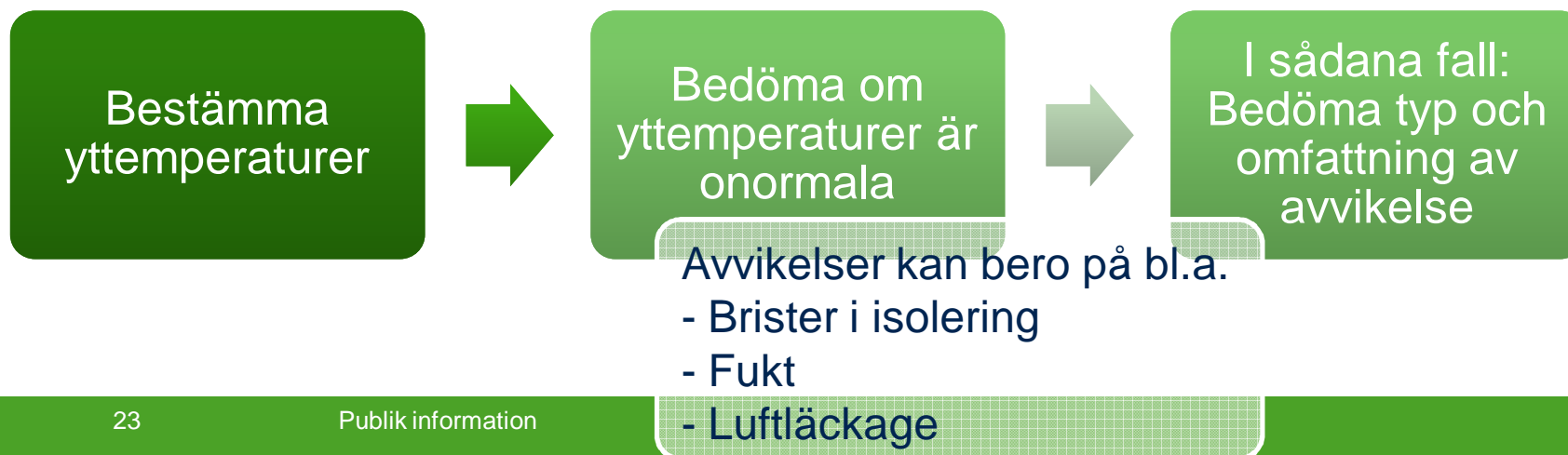
I detta avsnitt presenteras termograferingsstandarden SS-EN 13187, varför den inte helt går att följa vid utvändig termografering av stora byggnader, och hur metoden därför har anpassats i projektet.

## Svensk standard **SS-EN 13187**

Byggnaders termiska egenskaper – Kvalitativ metod för lokalisering av termiska ofullkomligheter i klimatskärmen – Infraröd metod (värmekamera)

- Två former av undersökning kan göras:
  - Provning med värmekamera
  - Förenklad provning med värmekamera  
(skiljer i huvudsak i kraven på resultatpresentation och rapportering)
- Resultaten ska tolkas av person med särskild kompetens
- Grundprincip:

**SS-EN 13187**

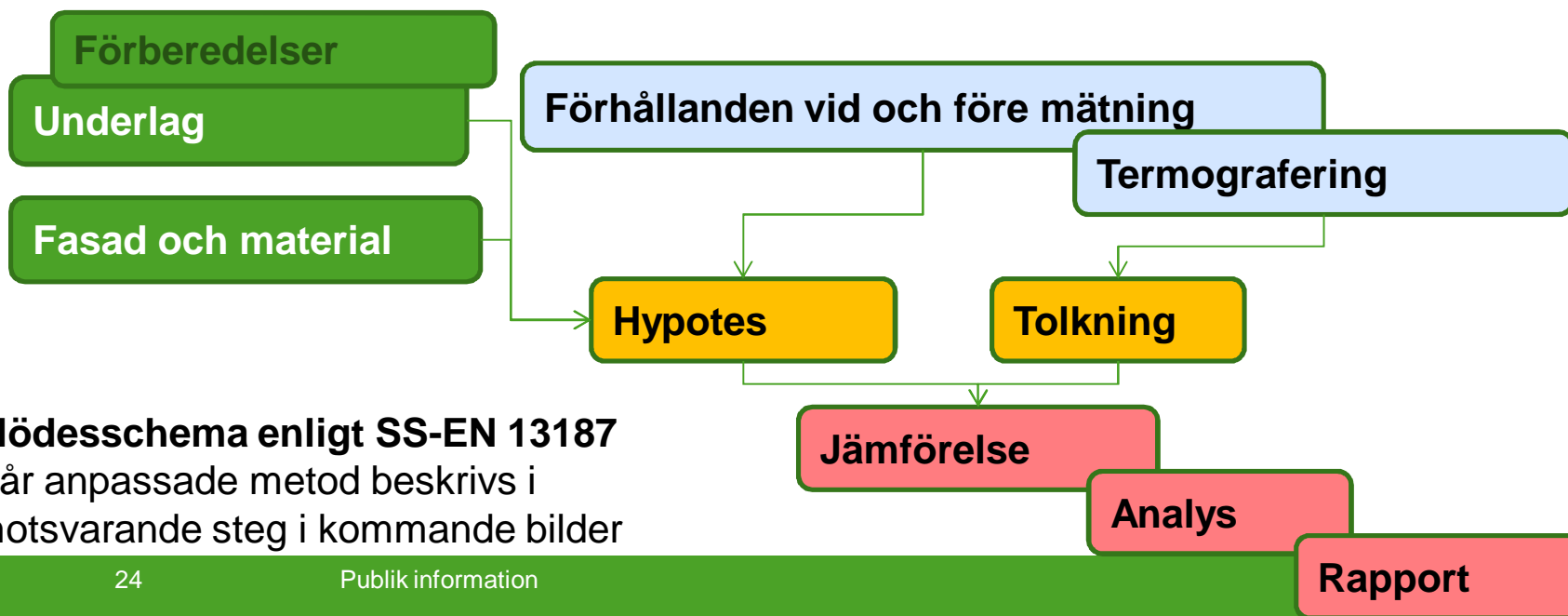


**SS-EN 13187**

Riktlinjer i standardens metod beskrivs i röda rutor

# Metodval i projektet

- Standardens metod som utgångspunkt
- Förenkling på grund av
  - Större osäkerheter i termografering utomhus än inomhus
  - Sämre noggrannhet i förhållanden för stora, äldre byggnader
  - Syftet är översikt, inte analys av detaljer eller enskilda delar



**Flödesschema enligt SS-EN 13187**  
 Vår anpassade metod beskrivs i motsvarande steg i kommande bilder



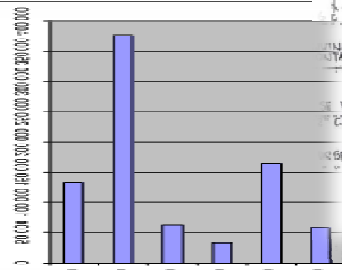
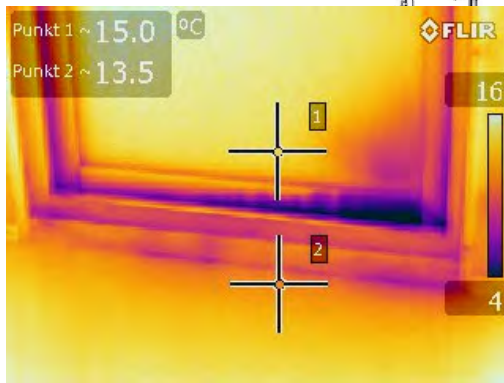
# Underlag för byggnader från Miljonprogrammet

## Förberedelser

Underlag, t.ex.

- Ritningar K,A,VVS
- Ev ändringar
- Undersökningar
- Brukarsynpunkter
- .....

Svårt att ta fram underlag  
...finns det ens aktuella  
ritningar?!



**Hypotes**

## Att termografera stora byggnader

### Termografering



#### Förhållanden vid och före mätning

- Olika inomhustemperatur per lgh
- Väder och utomhustemperatur varierar med höjd, tid och väderstreck

#### Motsvarande krav i SS-EN 13187

Bestäm utetemperatur inom  $\pm 1^{\circ}\text{C}$   
Bestäm innetemperatur inom  $\pm 1^{\circ}\text{C}$   
När tryckskillnad är relevant bör den bestämmas med  $\pm 2\text{Pa}$  noggrannhet

## Rekommendationer i SS-EN 13187 – Annex D

### Termografering

- Värdena är exempel på kravnivåer, ej obligatoriska nivåer
- Syftar till att ge **stabila mätförhållanden** för skandinaviskt klimat och byggtradition (lättbyggnad), men kan anpassas till andra förhållanden
- Är framtagna för termografering från insida byggnad
  - Om avvikelserna är större ska detta noteras och beaktas i analysen

- **Utomhustemperaturen** ska under **24h** före start inte variera från **startvärdet  $> \pm 10^\circ\text{C}$** . Ta hänsyn till värmelagring vid ev tunga konstruktioner (notera om inte jämvikt råder)
- **Temperaturskillnaden** över klimatskalet ska under **24h** före start, och under hela testet, inte gå under **3/byggsdelens U-värde** eller **under  $5^\circ\text{C}$** .
- Under **12h** före start, och under hela testet, får inte ytorna utsättas för direkt solljus
- **Utomhustemperaturen** får variera med **max  $\pm 5^\circ\text{C}$  från startvärdet** under testet
- **Inomhustemperaturen** får variera med **max  $\pm 2^\circ\text{C}$  från startvärdet** under testet

**Tips:** Ta en överlappande bild som första och sista mätning  
Om **skillnaden är  $< 1-2^\circ\text{C}$**  kan förhållandena anses uppfyllda\*

För att undersöka brister i isolering i klimatskalet krävs en temperaturskillnad  $\Delta T$  på **minst  $10^\circ\text{C}$**  \*\*

**Ex  $\Delta T$  yttervägg**  
 $U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$   

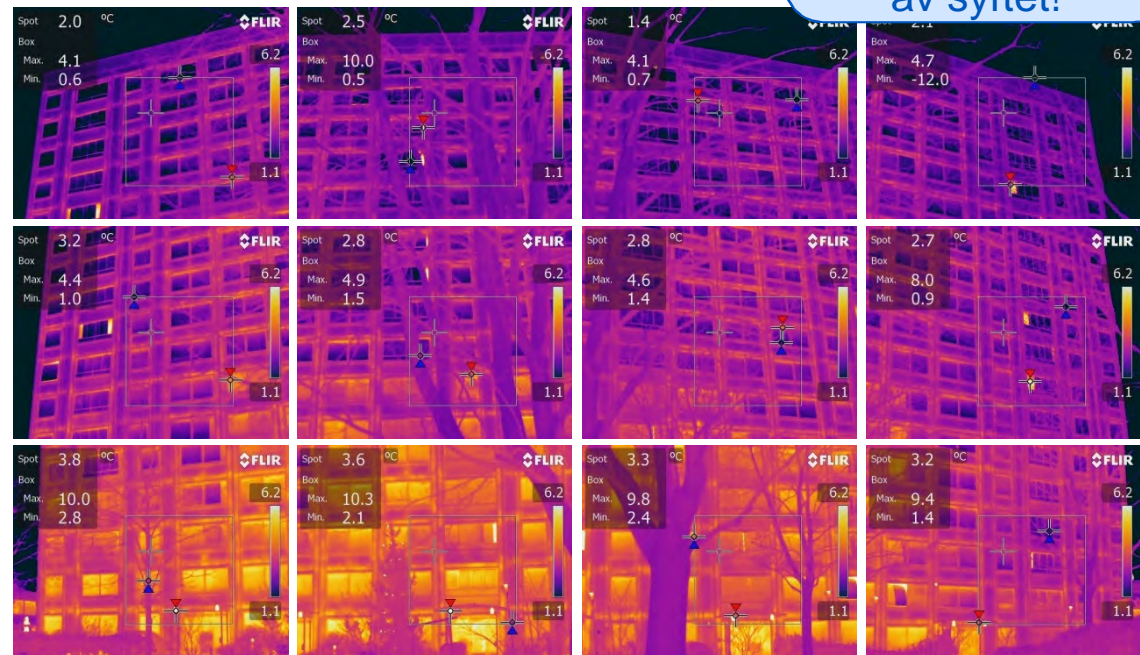
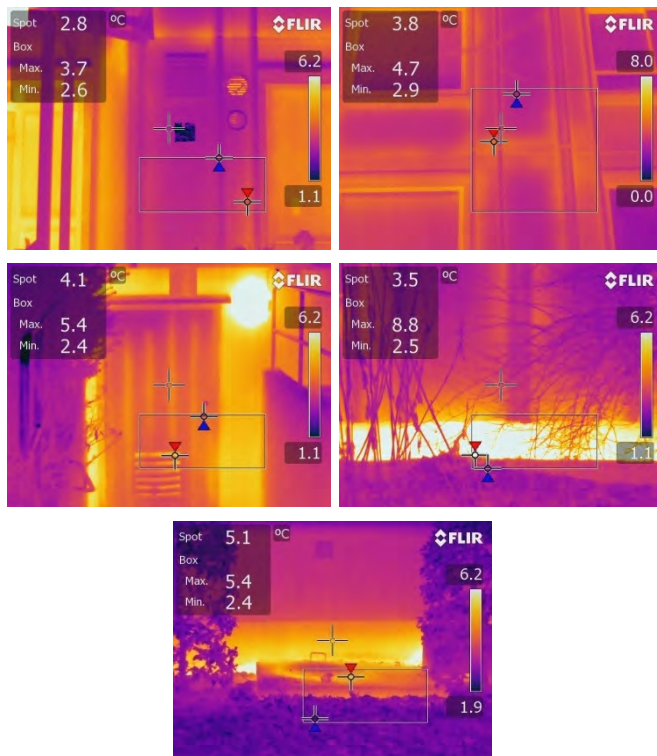
$$\Delta T \geq \frac{3}{0,24} = 12,5^\circ\text{C}$$

# Vad bör dokumenteras?

## Termografering

- En hel, representativ fasad ger överblick vid återupprepning
- Detaljbilder av avvikelser och referenser
- Reflektorbild för att bestämma  $\epsilon$  för materialet/kameran

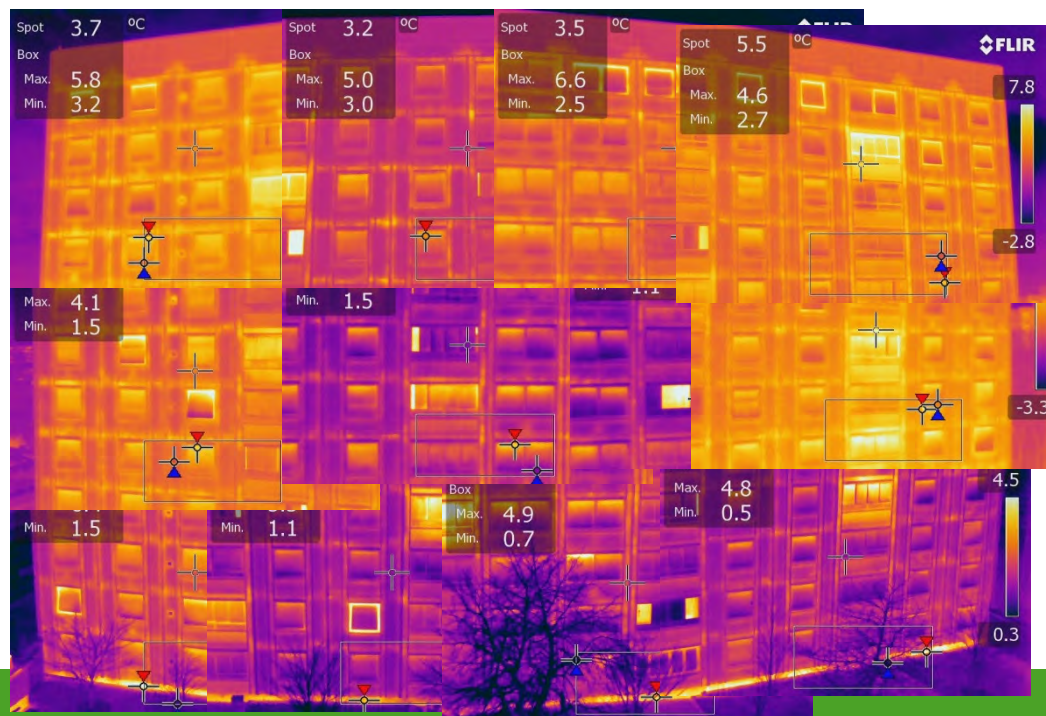
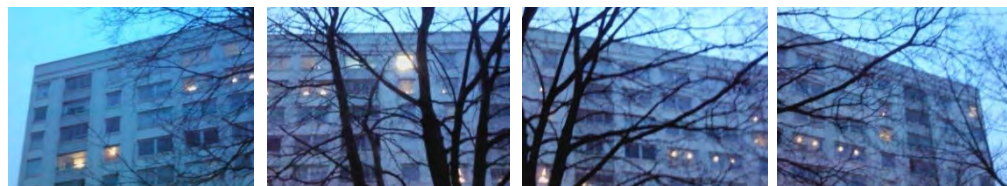
Omfattning och krav på bildernas upplösning beror av syftet!



# Tänk på...

## Termografering

- Position
- Vinkel
- Låst temperaturspann (minskar behovet av handpåläggning)



# Jämförelse mot hypotes

**Jämförelse**

## Möjligt att se

- Förväntade svagheter och köldbryggor
- Avvikelser från hypotes, d.v.s. ej förväntade svagheter och köldbryggor

## Däremot inte möjligt att

- Avgöra/jämföra förväntad temperatur, eftersom värmeflödet sprids ut i konstruktionen
- Anta att skenbar temperatur är densamma som verklig ytemperatur

### SS-EN 13187

Resultatet jämförs mot förväntad temperatur enligt hypotesen

Obs: värmeflödet sker i 3D

Vanskligt att jämföra visuellt mellan olika bilder, kameror, förhållanden!

## Hur påverkar fotovinkeln?

Jämförelse

Testat för 12våningshus:

Jämförelse mellan bilder av översta/nedersta plan tagna från samma nivå respektive från nedersta/översta plan:

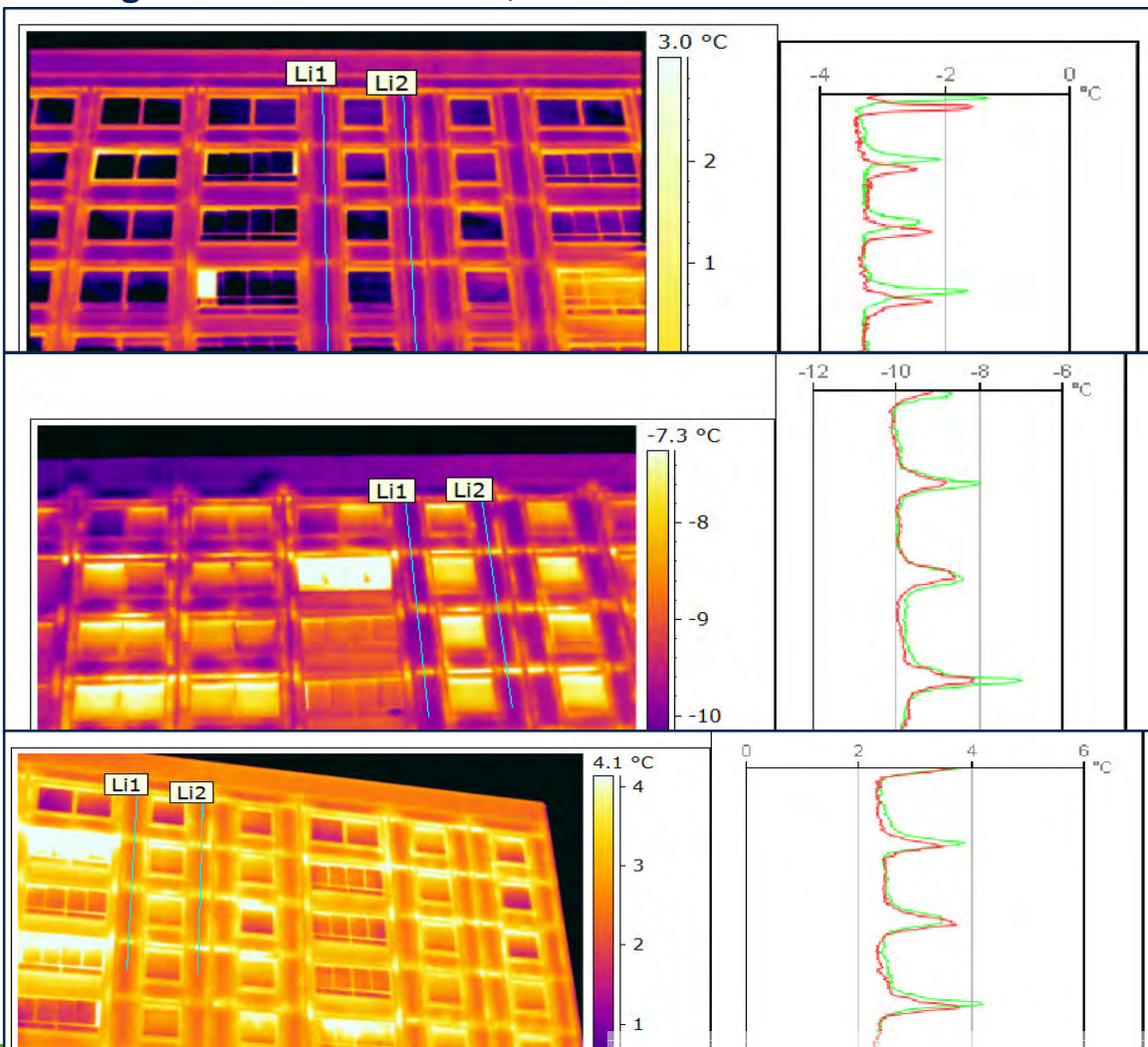
= Differens på ca 0,3 grader i skenbar temperatur.

→ Trots stor skillnad i vinkel fungerar metoden fortfarande för våra syften. Andra parametrar ger större skillnader.

# Kan vi bestämma yttemperaturen?

Jämförelse

Termogram av samma fasad, tre olika tillfällen



Vi kan inte jämföra värden för skenbara temperaturer mellan termogram

– Trots samma förhållanden och samma inställningar kan vi ändå få olika värde på **absolut** temperatur

→ termogrammets skenbara temperatur ≠ yttemperaturen

– Men, **relativt** inom varje termogram ser vi samma variation i temperatur

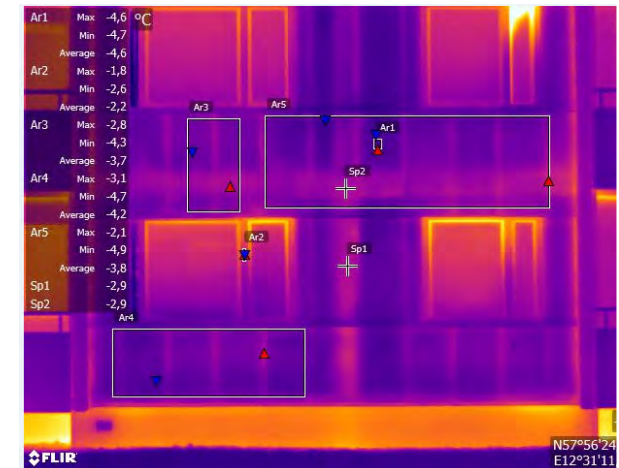
→ Analysen kan göras **relativt, men inte absolut**



# 1. Visuellt analys av termogram

## Analysmetoder

- Kan identifiera köldbryggor
  - Ser byggnaden som helhet
  - Kan bedöma utsträckning
  - Kan bedöma stort/litet
  - Kan se sådant som inte finns i K-ritningar
    - ej ritade snitt, ändringar, skador, VVS
- Kan karakterisera byggnaden
  - Typ och omfattning av köldbryggor
  - Viktigt att åtgärda/ej? Särskilda insatser?
- Kan INTE bestämma yttemperatur
  - Absoluta skenbara temperaturer av mindre betydelse än förhållandet mellan dem

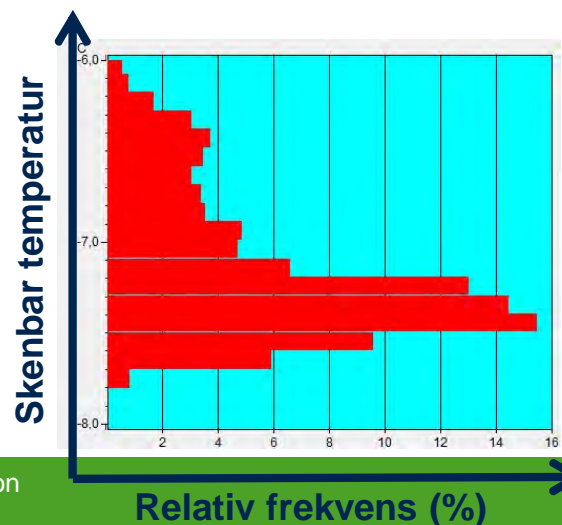
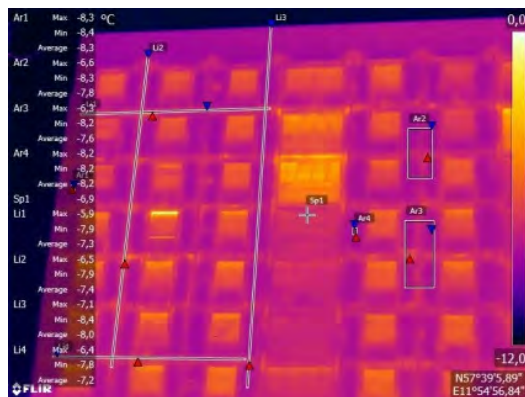


## 2. Kvantifiering av skenbar temperatur

**Analys**

### Histogrammet visar fördelningen av temperatur

- Kvantifiering av de mönster och köldbryggor ögat ser
- Bygger på faktiska tal, inte hur färger, och skillnader eller övergångar mellan olika färger, uppfattas
- Visar relativ fördelning av yttemperaturer i en bild
- Görs för ett visuellt sett representativt utsnitt



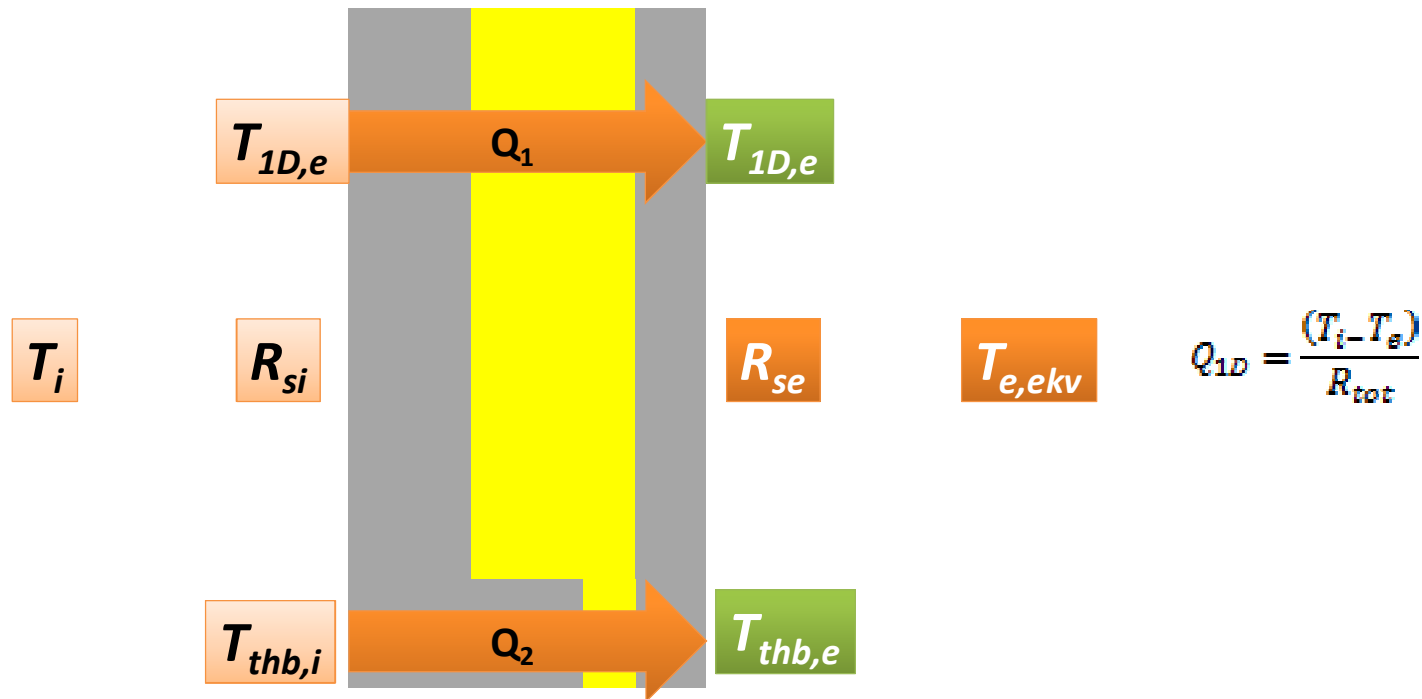
### Temperatursignatur

Olika form på kurvan – olika ojämna fördelning av yttemperaturer

Bra utsnitt viktigt för att kunna karakterisera

## Möjligt att beräkna värmeflöde?

Analys



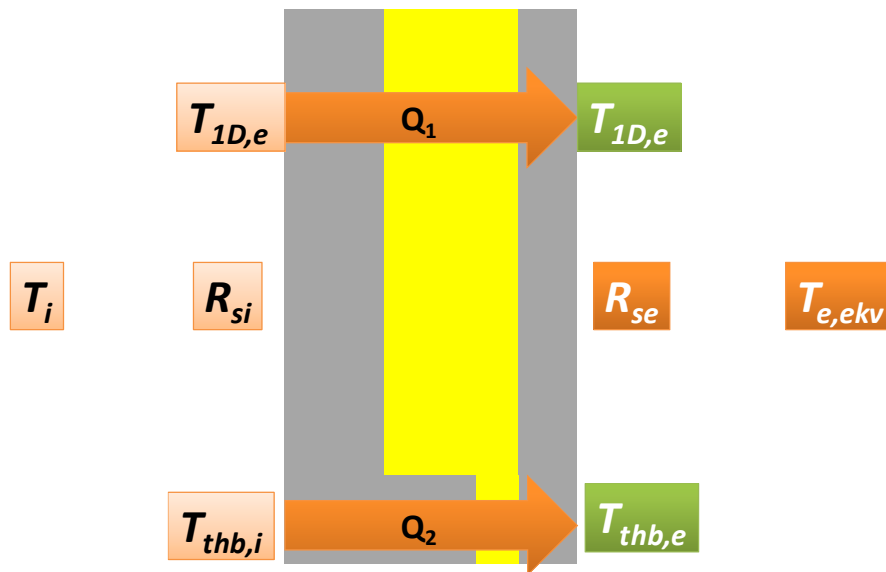
Om värmeflödet  $Q$  (W/K) kan bestämmas för olika delar av byggnaden kan

- U-värdet beräknas
- $\Psi$ -värdet för en köldbrygga beräknas
- Effekten av tilläggsisolering bestämmas

# Beräkningsmetod: Incidensfaktor\* $I_{thb}$

$$I_{thb} = \frac{Q_{thb}}{Q_{1D}} = \frac{\frac{1}{r_{thb,se}} \times A_{thb} \times (T_{thb,es} - T_{e,ekv})}{\frac{1}{r_{1D,se}} \times A_{1D} \times (T_{1D,es} - T_{e,ekv})} = \frac{A_{thb} \times (T_{thb,es} - T_{e,ekv})}{A_{1D} \times (T_{1D,es} - T_{e,ekv})}$$

$(r_{thb,se} = r_{1D,se})$



- Antaganden**
- Stationära förhållanden
  - 1D värmeflöde
  - Samma yttre övergångsmotstånd
  - $R_{se} = 0,04$  för hela väggen
  - Samma emissionstal för hela väggen
  - Schablonvärden för inverkan av nattutstrålning (klart väder)

→ Incidensfaktorn kan beskriva förhållandet mellan köldbrygga och ostörd vägg

→ Absolut U-värde /  $\psi$ -värde kan INTE bestämmas

\*Asdrubali et al, / Applied Energy 97 (2012) 365-373

# Sammanfattning: Analys av termogram

**Analys**

## 1. Visuellt – jämförelse mot hypotes:

- Vad är karaktären för byggnaden som helhet?
- Vilka köldbryggor framträder som betydande?  
→ Typbyggnad?



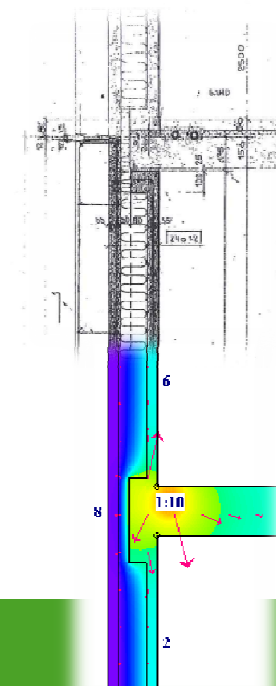
## 2. Kvantifiera – tvätta bort synintrycken

- Omfattning och utsträckning
- Relativa skillnader i temperatur
- Histogram, incidensfaktor...beskrivning av byggnaden  
→ Typbyggnad?

...men värmeflöden och U-värden kan INTE beräknas

## 3. Vidare analytisk uppföljning är möjlig:

- Modellering av detaljer som identifierats som viktiga
- Termogrammen som underlag och referens, ”facit”



## Slutsatser metod

- SS-EN 13187 alltför detaljerad för översikt av stora strukturer
- Vid byggsystem med stor upprepning: dokumentera typbild, reflektorbild samt detaljer på referens och avvikelse
- Väderpåverkan betydande, men relativ. Viktiga krav: ej nederbörd eller dimma, ej direktsol, temperaturskillnad ute-inne  $\geq 10-15^{\circ}\text{C}$
- Utrustningen påverkar, men relativt. Vinkelpåverkan försumbar.
- För analysen:
  - Många osäkerheter – kan tala relativt, ej absolut!**
  - Visuell översikt visar byggnadens karaktär, men ej nivåerna
  - Kvantifiering av översikt möjlig, visar relativa nivåer
  - Numerisk bestämning ej möjlig pga för många osäkerheter
- Vidare teoretisk analys möjlig för praktiskt betydande köldbryggor

## 4. Resultat: Kartläggningen av flerbostadshus

Här presenteras resultatet av termograferingarna:

- **vilka konstruktioner/ detaljer hos vanligt förekommande hustyper från tiden 1965-75 som i praktiken har störst påverkan som köldbryggor i relation till byggnaden som helhet.**

## Objekt i undersökningen

- 5 hustyper, 37 hus, c:a 2500 lägenheter
- Byggår 1961-1974
- Tre prefabricerade, två rationellt platsbyggda
- Två typer av betongprefab – betong- eller sjöstensfasad
- Träregelelement i pelarstomme, utfackningsvägg med träreglar eller lättbetong i bokhyllstomme
- Detaljutformning enligt prefableverantör resp. HSBs typritningar (platsbyggt)



**Mycket svårt få bra handlingsunderlag på alla byggnader – och än svårare att få säkra uppgifter om entreprenör/leverantör!**



# Objektens representativitet

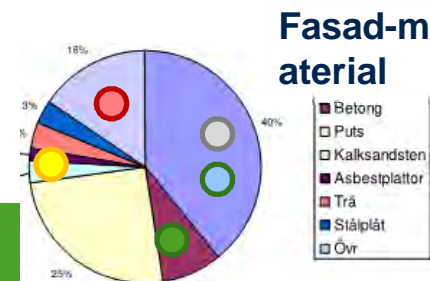
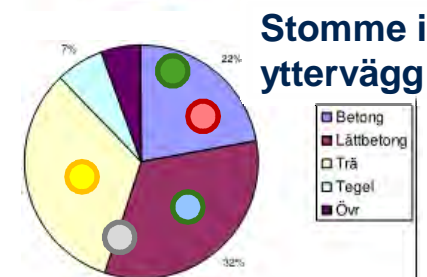
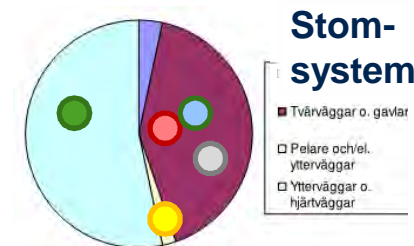
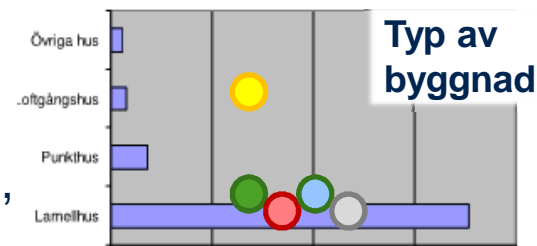
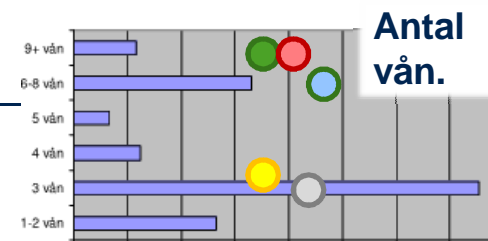
1. 12 vån lamellhus, bärande ytter- och hjärtväggar, prefabricerade sandwichelement, betongfasad
2. 3 vån, loftgångshus, bärande pelare och bjälklag i betong, yttervägg av träregelelement, skiva/plåtfasad
3. 13 vån, lamellhus, bärande tvärväggar och gavlar, prefab sandwich-element, sjöstensfasad och putsade gavlar
4. 7 vån, lamellhus, bärande tvärväggar (platsgjutna), platsbyggda lättbetongväggar, tegelfasad
5. 3 vån, lamellhus, bärande tvärväggar och gavlar (platsgjutna), platsbyggda träregelväggar, tegelfasad

## Prefableverantörer

Sandwichelement: Göteborgshem samt Ture Blomqvist

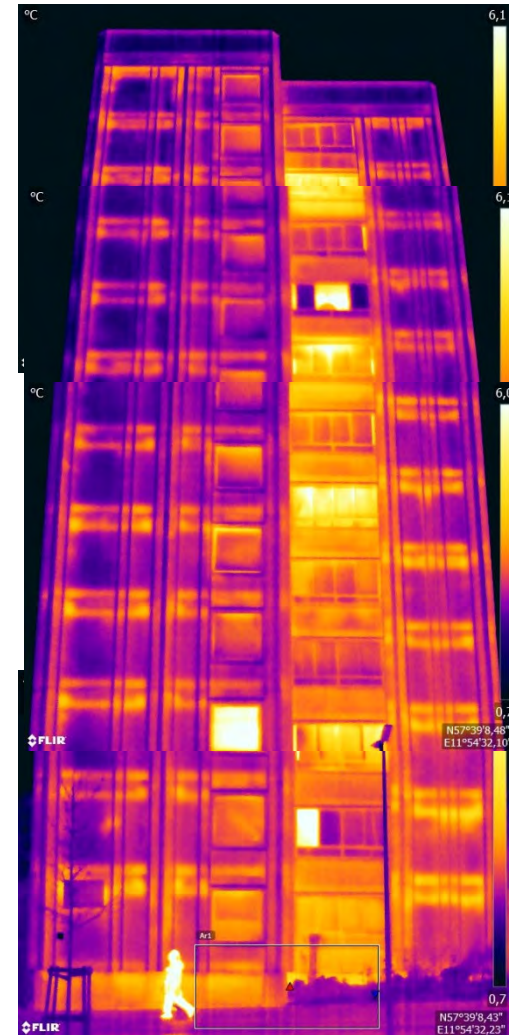
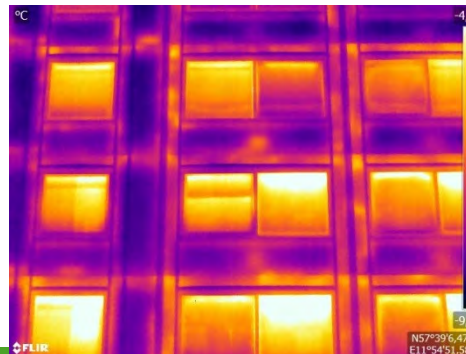
Träregelelement : Göteborgshem

Platsgjutna detaljer: HSB typritning 1965-66

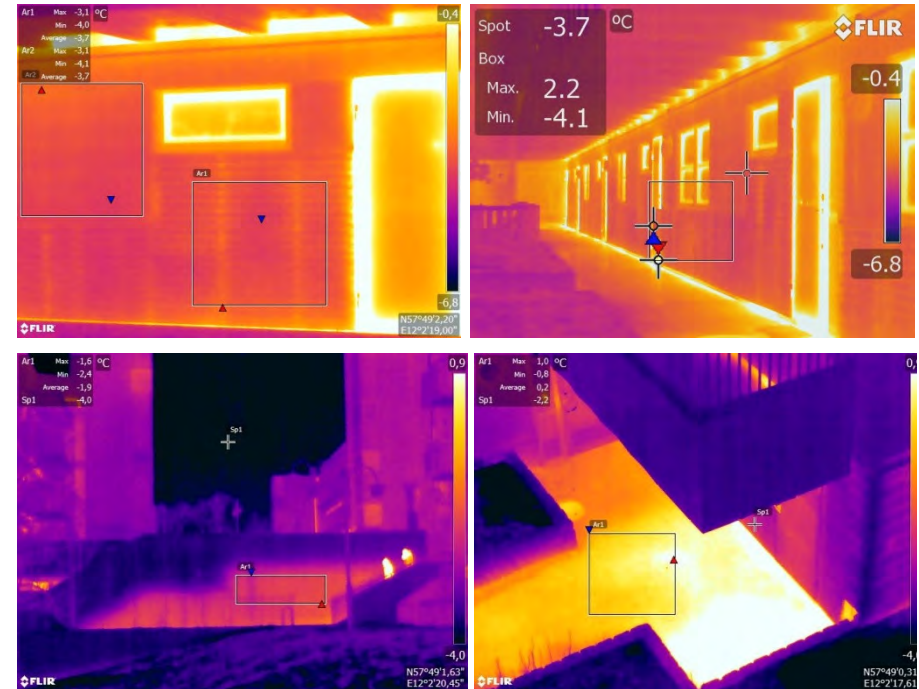
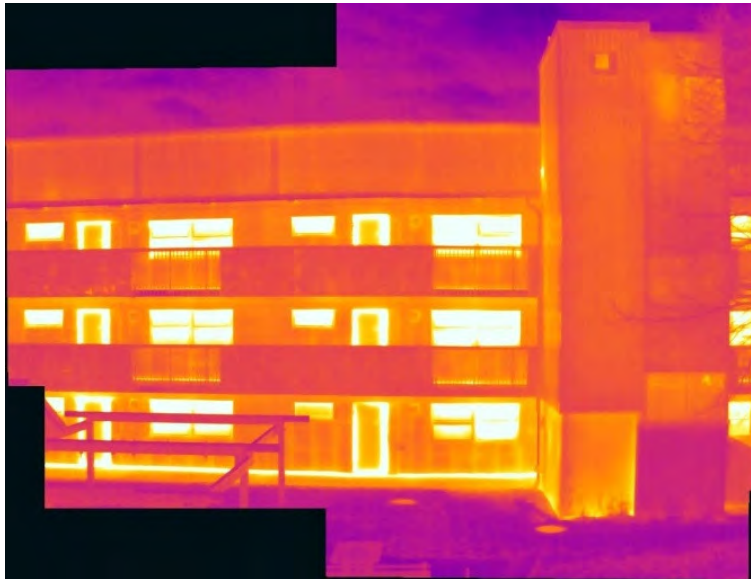


## Objekt 1

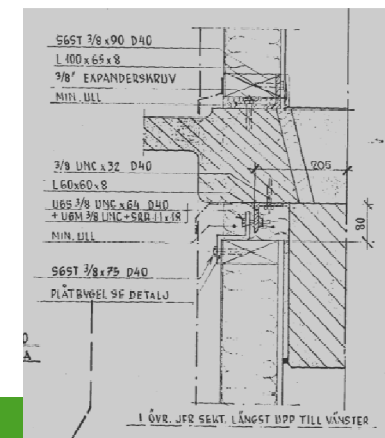
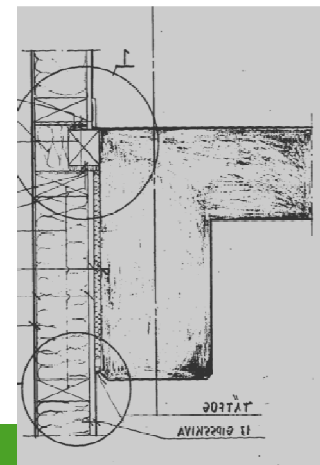
- Bjälklagskanter, köldbryggan förstärkt av värmeledningar
- Sockel
- Fönsterinfästningar och skarvar
- Kan även se ursparing för f.d. tilluftskanaler i fasad på långsida



**Objekt 2**

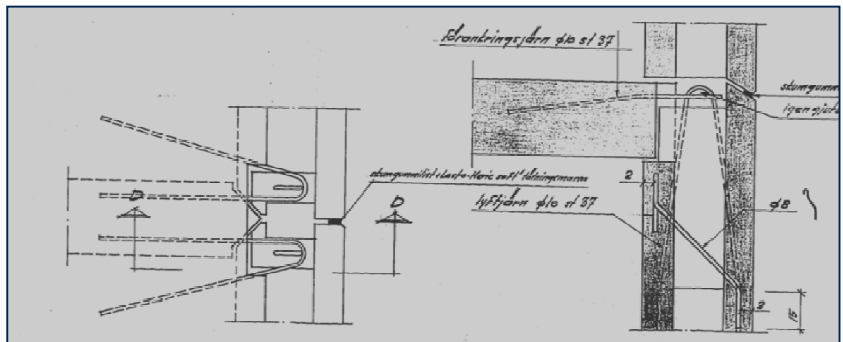
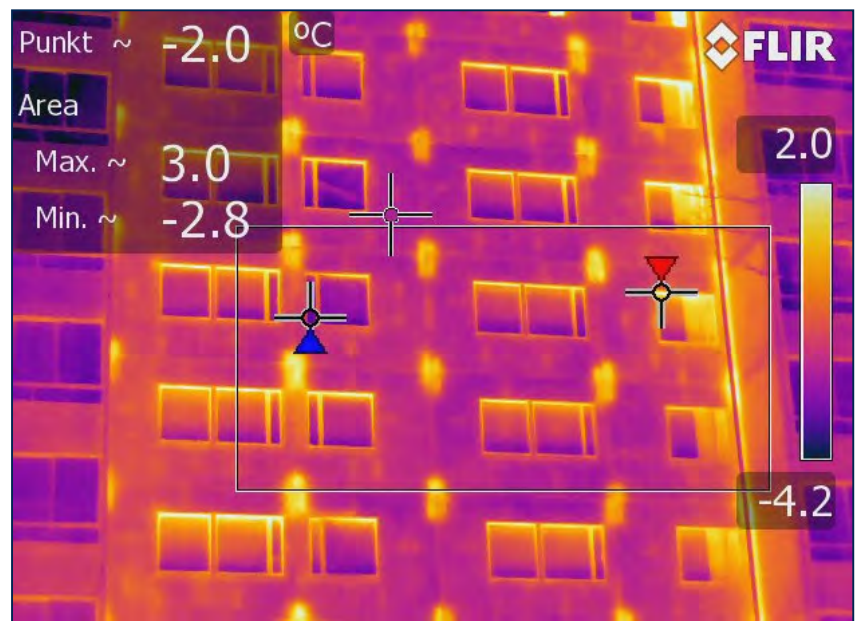
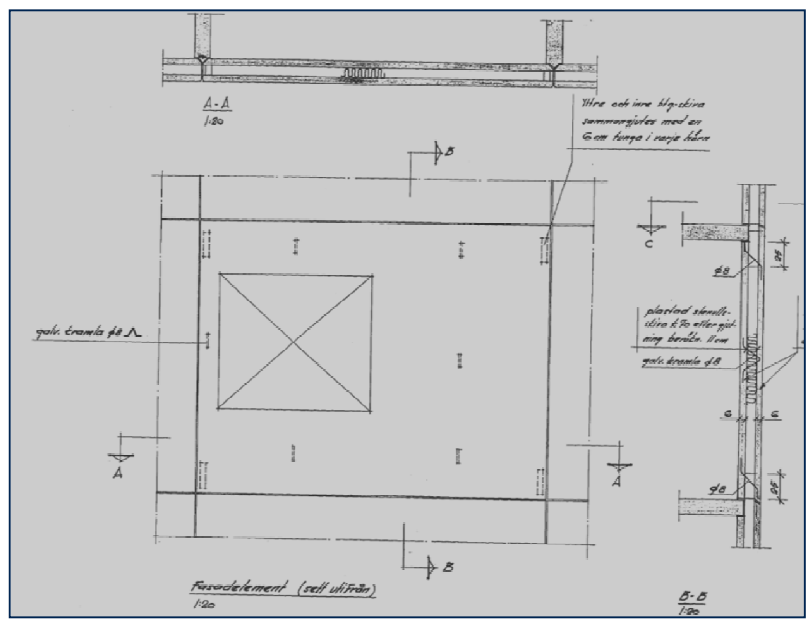


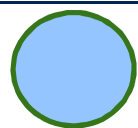
- Loftgångar
- Varma källare, delvis isolerade invändigt
- Genomgående infästningar
- Bjälklagskanter – VVS-påverkan?  
Fönsterinfästningar? (plåtfasader, alu/trä-karmar och ståldörrar stör termogrammen)



 **Objekt 3**

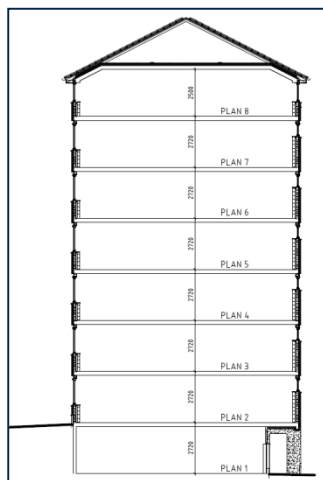
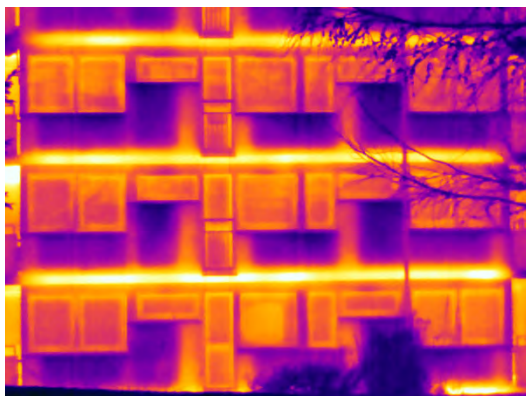
- Punktköldbryggor primärt i fasadinfästning av väggelement





# Objekt 4

- Stora köldbryggor i mellanbjälklag samt i del av yttervägg



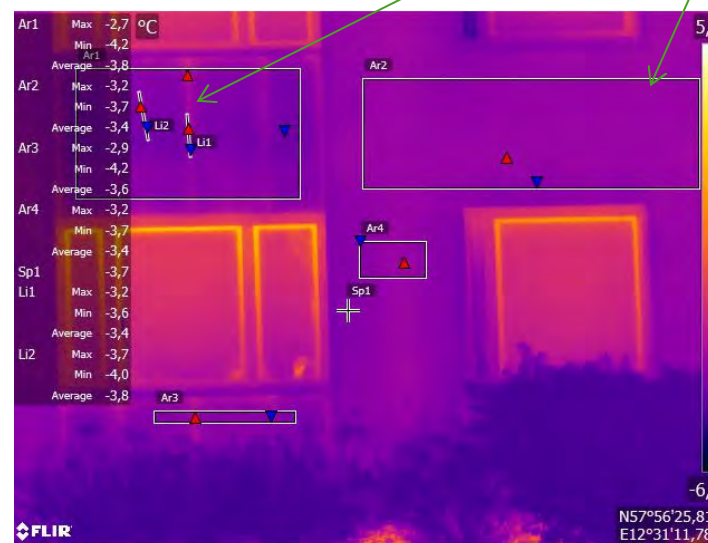
Objekt 5



- Bjälklagskanter
- Bärande tvärväggar  
(för både lättbetongvägg med tegel och träregelvägg med skivfasad)
- Sockel



Olika väggdelar ungefär lika varma i medeltal -3,7°C -3,9°C

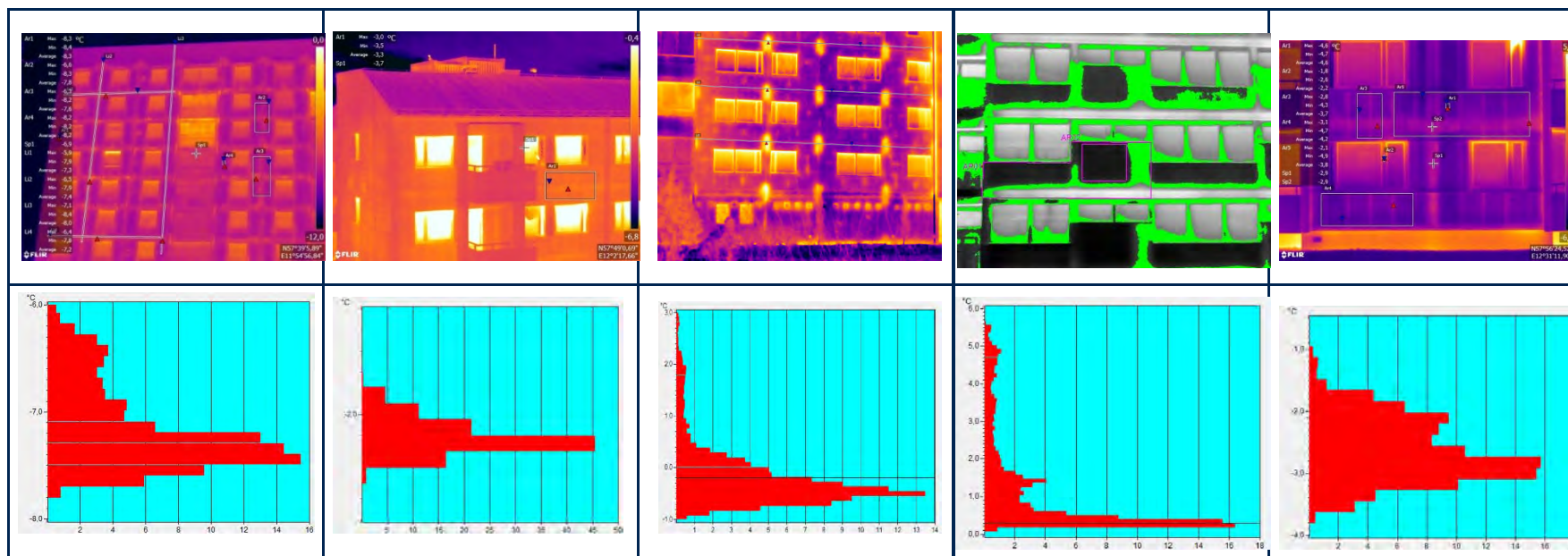
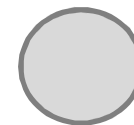
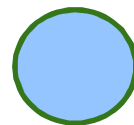
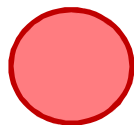
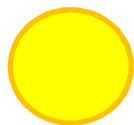


## Sammanfattning av betydande köldbryggor i objekten

- Bjälklagskant (med/utan förstärkning från värmerör)
- Bärande innerväggar
- Balkonger/loftgångar
- Sockel (liten omfattning)
- Uppvärmad källare
- Fönsteranslutningar (stor omfattning)
- Detaljer: Elementinfästningar, ursparingar

Stor skillnad i mängden köldbryggor och vilka som dominerar värmeläckaget beroende på byggsystem, ytterväggens infästning, ev större oisolerade konstruktioner samt placering av värmesystem.

# De kartlagda byggnadernas karaktär



$\Delta T = 2 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\Delta T = 2 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\Delta T = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\Delta T = 6 \text{ } ^\circ\text{C}$

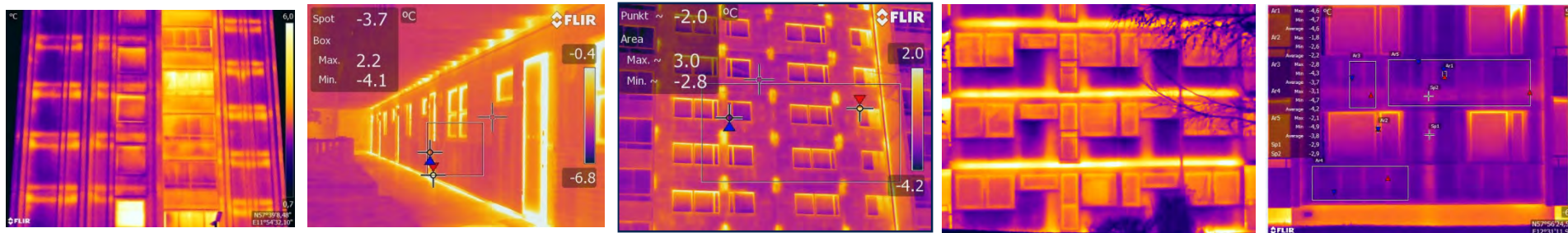
$\Delta T = 3,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

Temperatursignaturen kan styrka vilka åtgärder som kan bli aktuella. För byggnader med få, avgränsade och dominanta köldbryggor kan riktade insatser vara mer intressant än för dem med jämnt värmeläckage eller många små köldbryggor. Obs att värme även leds i 2D i fasaderna.



## Slutsatser kartläggning

- Typiskheter per byggsystem. Tydlig upprepning inom områden.
- Tydlig återupprepning inom byggsystem, mellan områden
- Alla typer har kraftiga inslag av köldbryggor, men det skiljer i vilka som är stora i omfattning och/eller genomslag och total påverkan
  - Ytterväggens infästning i stommen avgörande för systemtypen
  - Ingjutna värmeledningar ger förstärkta värmeförluster



Kan ej säga något om ventilerade fasader och plåtfasader

## 5. Slutsatser och ev vidare arbete

## Slutsats etapp 1 och vidare arbete

- Kartläggning gjord
- Betydande köldbryggor är
  - Bjälklagskanter (ev förstärkta), innerväggar
  - Sockel och källarkonstruktion
  - Fönsteranslutning
  - Balkonger och loftgångar
  - Olika typer av infästningar
- Termografering utifrån fungerar, men en grövre metod krävs än inifrån
  - Absolut temperaturbestämning fungerar inte – relativ jämförelse kan göras
  - Byggnaders karaktär skiljer avsevärt beroende på byggsystem. Detta kan beskrivas visuellt i termogram eller kvantitativt med temperatursignatur

Undersökningen täcker inte in alla byggsystem från perioden men resultaten kan ses som fallstudier av fem representativa byggnader från Miljonprogrammet

# Slutsats etapp 1 och vidare arbete

## Nyttan med termograferingen

har varit att ge en snabb helhetsbild och förståelse för byggnadstypernas prestanda – en mer fullständig bild än vid ritningsgranskning.

## Resultatet kan användas

som underlag för åtgärdsdiskussion och/eller vidare analys av upptäckta svagheter i specifika konstruktioner. De undersökta byggsystemen kan användas som typ-exempel för liknande konstruktioner, och ny termografering kan göras i andra fall.

## Värmerör ingjutna i bjälklagskant

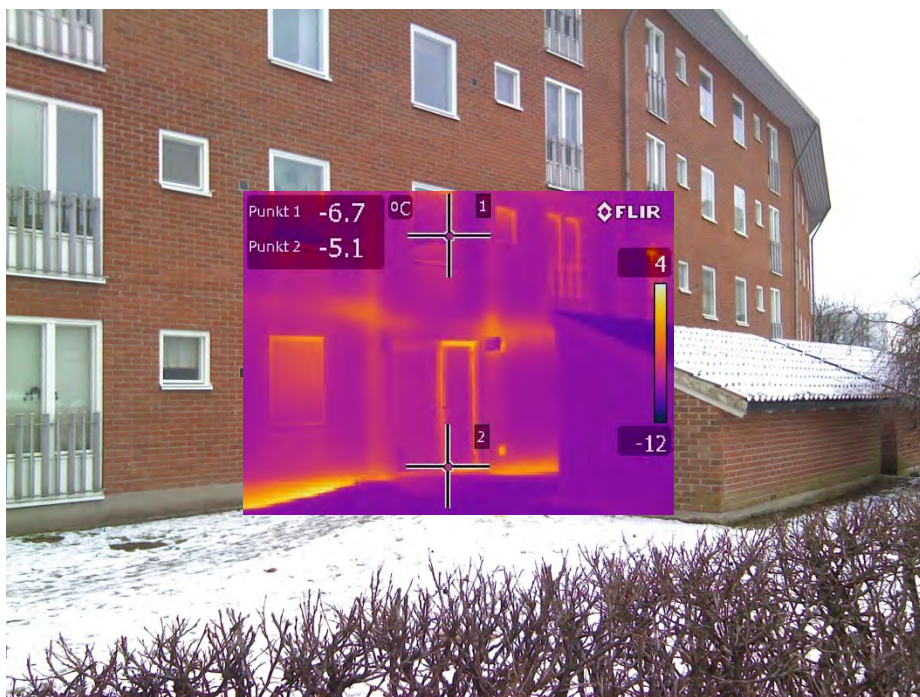
både förstärker värmeförlusten och motverkar komfortproblemen som köldbryggan i anslutningen orsakar – viktigt att beakta om VVS-systemet eller väggen ska förändras.

## Möjligheter till fortsatt arbete

En etapp 2, att ta fram åtgärdsförslag för renovering, kräver en teoretisk ansats:

- Är riktade insatser för avgränsade, betydande köldbryggor effektivt?
  - Anpassad tilläggsisolering? Effekt av "utsmetningen" i 2D i fasaden?
  - Åtgärdsförslag och effekter av ändrad förläggning av VVS-system?
- Värmeförluster kan inte beräknas/värderas direkt från termogram
  - Termograferingen visar vilka köldbryggor som i praktiken är värda att studera.  $\Psi$ -värden kan beräknas för dessa i t.ex. HEAT.
  - För att undersöka vilka effekter på energianvändningen olika renoveringsåtgärder kan ha krävs att byggnaden som helhet modelleras i ett energiberäkningsprogram, t.ex. IDA, där olika åtgärder kan simuleras
  - Vissa åtgärder, t.ex. att flytta ingjutna värmerör till utanpåliggande lägen och hur detta påverkar transmissionsförlusterna, kan idag inte modelleras i IDA. Programvaruleverantören (Equa) är dock intresserade av att titta vidare på detta om intresse finns i branschen

**Nytan av tilläggsisolering i renovering** är till syvende och sist beroende av fastighetsägarens och byggnadens förutsättningar, om det går att räkna hem renoveringen som helhet i sin LCC-modell. Resultatet av en ev Etapp 2 blir i så fall indata till dessa modeller.



[SBUF projekt 12867](#)

[www.sbuf.se](http://www.sbuf.se)

[www.laganbygg.se](http://www.laganbygg.se)



## TACK TILL SBUF och LÅGAN

för ekonomiskt stöd till projektet  
**Fastighetsägarna** som ställt upp  
med objekt, ritningar och arbete  
**Styr- och referensgrupperna**

samt  
Per Stenberg, KIMO Instrument  
Anna Thomsen, Ramböll  
Josef Johnsson, Ramböll  
Erik Stenberg, KTH  
Niko Gentile, LTH

för all feedback och intressanta  
diskussioner längs vägen