



# LUND UNIVERSITY

Värmetröghet – så mycket mer än energi! - sammanfattning av en workshop den 9 december 2011, Ideon Lund.

Wadsö, Lars

2012

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Wadsö, L. (2012). *Värmetröghet – så mycket mer än energi! - sammanfattning av en workshop den 9 december 2011, Ideon Lund.* (Rapport TVBM (intern 7000-rapport); Nr. 7212). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola. [http://www.byggnadsmaterial.lth.se/forskning/workshop\\_varmetroghet/](http://www.byggnadsmaterial.lth.se/forskning/workshop_varmetroghet/)

*Total number of authors:*

1

## General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

## Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

# Värmetröghet – så mycket mer än energi!

Sammanfattning av en workshop den  
9 december 2011, Ideon Lund.

ISRN: LUTVDG/TVBM--09/7212--SE (1-30)

ISSN: 0348-7911 TVBM

Lunds Tekniska Högskola  
Byggnadsmaterial  
Box 118  
221 00 LUND  
[www.byggnadsmaterial.lth.se](http://www.byggnadsmaterial.lth.se)

Tel: 046-2227415  
Fax: 046-2224427

# Värmetröghet – så mycket mer än energi!

Sammanfattning av en workshop den 9 december 2011, Ideon Lund.

Under två års tid har fördelar med termiskt tunga stommar, både vid ny- och ombyggnad, undersökts i ett projekt med stöd av Energimyndigheten.

Projektgruppen består av

- Lars Wadsö, professor Byggnadsmaterial LTH
- Ronny Andersson, gästprofessor Konstruktionsteknik LTH/ Cementa
- Eva- Lotta Kurkinen, Byggnadsfysik SP
- Jonathan Karlsson, doktorand Byggnadsmaterial LTH
- Anders Rönneblad, tekn.lic. produktionsteknik LTU/ Cementa
- Ulf Olsson, universitetslektor Konstruktionsteknik LTU
- Victoria Bonath, doktorand Konstruktionsteknik LTU
- Mats Öberg, sdj. Professor Byggnadsmaterial LTH/NCC

## Projektgruppen

### Inledning och bakgrund till projektet

#### 1. Ronny Andersson, gästprofessor LTH/marknadsutvecklare Cementa

Det fanns ett stort kunnande om energihushållning och tungt byggande under 1970-talet, som tyvärr delvis har försvunnit då energin har varit för billig. Men i och med att hållbarhetsfrågorna vuxit sig starkare är energihushållning åter viktigt. Drivkrafterna för att satsa på detta är idag åter stora. Fokus på ett bra inomhusklimat är en positiv drivkraft och brukarkraven är viktiga.

Energifördelarna med tungt byggande är många men samverkande, går in i varandra och kan i praktiken vara svåra att renodla och konkretisera – men fördelarna finns där. I olika sammanhang framförs också olika marknadsargument mot tung stomme. Vår ambition med projektet är att beskriva och

utveckla nyttan av värmelagring och tröghet på ett korrekt och lättförståeligt sätt. Vad vi hittills gjort är att brett identifiera de frågeställningar som finns samt arbete i anslutning till dessa som vi nu tar hjälp av er att sammanfatta i en syntes.

Vi ser projektet som ett första steg där vi via delmodeller och modeller kan leda projektet vidare mot en ny, bredare och tillämpad fortsättning.

I projektet har vi identifierat olika delar som är ständigt återkommande när det gäller tungt byggande.

- Material och konstruktion

Traditionell betong kan karaktäriseras med två materialegenskaper – värmekapacitet och värmeledningsförmåga. Hur långt kan vi komma genom att variera dessa egenskaper, till exempel genom att använda lätt eller tung ballast eller använda moderna material som PCM ("phase change materials") m fl. Dessutom kan vi variera konstruktionen, till exempel vilken betong ska ligga i vilken del i en yttervägg? Hur blir det om vi ändrar detta?

- Skilj mellan olika värmelagring

Vi måste skilja på passiv och (termo)aktiv värmelagring. Traditionellt diskuteras oftast passiv värmelagring, men av stort intresse är även aktiva värmelagring där vi flyttar energi mellan olika rum. Detta får vi ett exempel på (TermoDeck) under eftermiddagen.

- Inverkan av installation och drift

Idag går man från traditionella styrsystem till moderna, till exempel att styra utifrån inomhustemperatur. Idag finns nya innovativa styr- och reglersystem som använder den tunga stommens egenskaper. Flera exempel på detta kommer vi att se under eftermiddagen.

- Energiförbrukningen.

Inomhusklimatet är viktigt. I takt med att vi bygger energieffektivare hus minskar uppvärmningsbehovet, men vi får högre inomhustemperaturer när

solen värmer. En hel del uppföljningar av sådana hus visar just detta. Till detta kommer klimatförändringen som också leder till ett ökat kylbehov. I Danmark beaktas redan övergradstemperaturer. Detta får vi höra mer om under eftermiddagen.

- Energi- och effektbehov

Man pratar alltid om energi men vi får inte glömma effektbehovet. I samhället idag är det ofta effekttopparna (både för värme och kyla) som dimensionerar energisystemet. Vad händer om vi begränsar tillgänglig effekt? Detta och sammankopplad sårbarhet diskuteras under eftermiddagen.

- Smart district power grid

Idag diskuteras olika samverkande system för el så att leveranserna alltid säkerställs. Detta benämns ”smart grid”. I hållbara städer och stadsdelar måste detta beakta även kyl- och värmesystemet på lokal nivå, till exempel i staden, stadsdelen eller i kvarteret. De enskilda byggnaderna och dess verksamhet ska givetvis vara rätt projekterade. Men till exempel Jonathan Karlssons examensarbete visar att om man kombinerar verksamheten i närliggande byggnader som till exempel ishall, kontor och bostäder och lagrar överskott och underskott till ett underjordiskt parkeringshus så kan man minimera effekttopparna. Man lagrar värmen i taket och kylan i golvet. Till exempel avges mycket värme när isen smälter. Den kan med fördel omhändertas i ett sådant här system som vi i projektet kallar ”smart district power grid”. Detta kommer att diskuteras under eftermiddagen.

- Koppling mellan effekttoppar och marginalenergi

Värmelagrande byggnader minskar dess effektbehov. Då minskar också marginalanvändningen av fossila bränslen. Energiproducenternas syn på detta diskuteras under eftermiddagen.

### **Sammanfattningsvis:**

Värmelagring i en byggnad med tung stomme ger lägre och mindre varierande effektbehov, ett gott inomhusklimat, minskad sårbarhet och lägre energiförbrukning. Idag anses den största nyttan vara energibesparingar

men redan inom några år kommer säkert de andra fördelarna att dominera.

## **Tekniska möjligheter att förbättra de värmetekniska egenskaperna hos betong**

### **2. Lars Wadsö, professor Byggnadsmaterial LTH**

Betong är det tunga material vi huvudsakligen tänker oss i byggnader. Vi har velat undersöka vilka egenskaper betong har och hur man kan ändra dessa egenskaper för att uppnå extra termisk tyngd i betongen. Vi har bortsett från ekonomiska aspekter och koncentrerat oss på vilka tekniska möjligheter det finns.

Vi har gjutit en mängd olika slags betong och mätt deras termiska egenskaper. Vi har till exempel använt oss av normal betong, betong med magnetitballast (järnmalm), betong med inblandad grafit som leder värme väldigt bra samt betong med både magnetit och grafitballast. Tack vare en ny utrustning kan vi i samma mätning mäta både värmeledningsförmåga och volumetrisk värmekapacitet.

När det gäller volumetrisk värmekapacitet, som är den viktigaste egenskapen när det gäller att lagra värme i byggnader, är det ganska stora skillnader mellan olika betongblandningarna. Inblandning av järnmalm ökar värmekapaciteten till nästan den dubbla, grafit nästan dubblar värmeledningsförmågan; inblandning av både grafit och magnetit nästan dubblade både värmekapacitet och värmeledningsförmåga.

Det är intressant att ha fasändringsmaterial i betongen, till exempel parafinbaserade material som smälter i ett visst temperaturintervall. Vi håller på att utveckla en teknik där vi kan scanna temperaturen från lågt till högt och från högt till lågt och då mäta hur den synbara värmekapaciteten förändras med olika tillsatser av fasändringsmaterial.

Värmekapacitetsmässigt är all slags normal betong hyfsat lika men för värmeledningsförmågan är det stor skillnad om det gäller kvarts och kvart-

sit jämfört med andra material. Kvarts och kvartsit har hög värmeledningsförmåga jämfört med till exempel fältspat. Men generellt är värmekapaciteten mer intressant är värmeledningsförmågan.

## **Konceptuella modeller som ökar förståelsen för inverkan av termiskt tunga material**

### **3. Jonathan Karlsson, teoretisk fysiker LTH**

Energilagring kan ske på olika sätt – sensibelt, latent och kemiskt. I min och Lars Wadsös modell tittar vi enbart på sensibel energilagring som kan utnyttjas på olika sätt.

I modellen arbetar vi enbart med betong. Vi har valt olika slags betongblandningar som vi mätt för att få en bild av temperaturförändringar och tröghet. När vi var klara med det projektet diskuterade vi fortsättningen. Vi tänker oss ett hus som solen lyser på vilket ger värmelagring inåt. Hur kraftig denna är och hur fort den äger rum beror på materialets termiska egenskaper. När solen går ner sker en effekt som vi kan utnyttja. Här blir effekt och komfort en intressant parameter. Vilken är den största nyttan?

I modellen tittar vi på energiförbrukningen, effektbehovet och komforten. Vi har varierat materialet så att en innervägg har olika värmekapaciteter. En värmekälla förser modellen med värme och vi har en utetemperatur som varierar. I vissa fall låter vi den gå ner till minusgrader så att vi kan mäta effektbehovet. I ett fall har vi höjt elpriset då temperaturen är låg så att vi får en funktion även med kostnader.

Vi har studerat sex olika fall och tanken är att utveckla modellen mer. Leker man med en sådan här modell får man insikt om vad som har och inte har någon betydelse.

### **Konklusion**

Det är viktigt att utnyttja den termiska massan på rätt sätt. Energiförbrukningen behöver inte minska bara för att man har en tung stomme. Men



möjligheterna för att åstadkomma en lägre energiförbrukning, lägre effektbehov samt bättre komfort är oftast större då man har en tung stomme att använda.

## **Simuleringar av byggnader med olika värmetröghet**

### **4. Ulf Olsson, universitetslektor Konstruktionsteknik LTU**

Ulf Ohlsson, Victoria Bonath och Mats Emborg på Konstruktionsteknik vid LTU har arbetat med projektet.

Detta är en parameterstudie i ett beräkningsprogram. Alla simuleringar har samma fönsterarea och klimatskärmen har samma u-värde för alla simuleringar oavsett värmekapacitet. Simuleringarna har haft ett tvåvåningshus med fyra studentrum per våning som utgångspunkt. Tre fall med olika slags betong har studerats – en fiktiv betong med låg värmekapacitet för att simulera en lätt stomme, normalbetong samt tung betong med högre värmekapacitet och densitet.

Byggnadens klimat och installationer:

- Klimatort Luleå respektive Malmö
- Verksamhetsenergi till rumsluft – 2 W/kvm 200 W/lgh
- Personvärme – 1 W/m<sup>2</sup>
- Ventilationssystem – Mekanisk frånluft
- Verkningsgrad återvinning – 80 procent
- Rumstemperatur 21 – 27°C

Beräkningsverktyg

- VIP-Energy 1-5.3.
- Byggnaden beräknas som en enda zon (med undantag för flerzonsberäkningar)
- Energibalansen beräknas för varje timme under året (var tredje timme för klimatscenarier)
- Klimatdata innehåller information om temperatur, solinstrålning, vind och luftens relativa fuktighet

Även ventilation och värmeåtervinning har varierats liksom tillgänglig effekt och inverkan av olika klimatscenarier.

### **Resultat**

Variation av tillgänglig effekt:

- I beräkningsfallen ger den tunga stommen ett jämnare inomhusklimat med mindre svängningar.
- Kylbehovet minskar för den tunga stommen.
- Den tunga stommen minskar övertemperaturer under vår och sommar. Under sensommar kan den tunga stommen ge högre inomhustemperaturer än lätt stomme.
- Den uppvärmda tunga stommen kan bidra till värmeförsörjningen under den allra första delen av uppvärmningssäsongen och under kyliga nätter.
- Den tunga stommen klarar sig med lägre installerad effekt. När temperaturen tillåts variera har den tunga stommen en lägre energianvändning. Den tunga stommen tar dock längre tid att värma upp igen om stommen blivit nedkyld.

Även process- och personenergi har varierats.

### **Resultat**

- I beräkningsfallet påverkas den lätta stommen i högre grad av en varierande processenergi och får den största ökningen av kyl- och uppvärmningsbehov.

Flerzonberäkningar har utförts för orten Luleå med normalbetong och tung betong.

### **Resultat**

- Rummen på skugg- respektive solsidan har olika kylbehov och energianvändning.
- En tyngre stomme medför att skillnaden mellan rummen minskar.
- Flerzonberäkningar ger högre maximala inomhustemperaturer än beräkningar med endast en zon.

Olika klimatscenarier har studerats. Vad händer i framtiden med den här typen av hus?

- Globala modeller ECHAM4, ECHAM5
- Regionala modeller RCA3 från Rossby Centre (upplösning 49x49km<sup>2</sup>)
- Klimatmodell bygger på utsläppsscenario A1B  
(långsammare befolkningstillväxt, snabb global utveckling mot mer effektiva teknologier samt balanserad användning av fossila bränslen och förnyelsebar energi)
- Ett medelvärde av nio beräkningsrutor runt det valda området används i beräkningarna.
- Tre körningar med olika initialvillkor är gjorda.
- Klimatdata erhålls i 3-timmarsvärden.

## **Resultat**

- Enligt tillgängliga klimatscenarier kommer byggnadens framtida kylbehov att öka. Uppvärmningsbehovet minskar.
- I det studerade fallet senarelägger den tunga stommen konsekvenserna av ökat kylbehov.
- Resultaten påverkas starkt av de antaganden som görs i utsläppsscenarioer (A1B m. fl.) samt av olika rand- och initialvillkor.

## **Responssmodeller – dynamiska beräkningsverktyg som tar hänsyn till värmetröghet**

### **5. Eva-Lotta Kurkinen, Byggnadsfysik SP**

Om man ska jobba med optimering och ta reda på för- och nackdelar med termisk massa så måste man förstå vilka storheter och faktorer som påverkar en byggnads möjlighet att lagra värme. Och då måste man ha bra verktyg för detta.

Materialegenskaperna påverkar liksom konstruktionsuppbyggnaden, det vill säga hur materialen är placerade. Har vi betong mot inneklimatet eller är väggen täckt av bokhyllor och tyger? Regler- och uppvärmningssystem påverkar också liksom aktiviteter och användning av byggnaden.

Mitt område som byggnadsfysiker är hur materialegenskaper och konstruktionsuppbyggnaden påverkar värmetransport och värmelagring i material. Generellt är det ganska enkelt. Vi har en drivkraft, temperaturen, och vi har konstruktionens u-värde, konduktans. Om vi har samma u-värde för alla konstruktioner och samma temperaturdifferens så får man samma värme-flöde genom alla konstruktionerna. Då spelar materialet och dess placering ingen roll. Men så ser verkligheten inte ut!

Temperaturen varierar upp och ner. På utsidan varierar den mycket men på insidan ska den vara så jämn som möjligt. Olika konstruktioner med olika termisk massa ger olika värmeförluster. Konstruktionerna har olika termiskt minne vilket vi försöker utnyttja så att vi kan optimera reglersystemet och få så låg energiförbrukning som möjligt och minska effekttopparna.

Johan Claeson på Chalmers har utvecklat en beräkningsmodell, dynamiska termiska nätverk, där man lätt kan se det termiska beteendet och räkna på det. Det bygger på att man har en temperaturdifferens på varje sida om väggen och U-värdet. Det som skiljer detta från den traditionella stationära beräkningen är att man tänker sig att man måste ta hänsyn till temperaturminnet.

Man tar fram en så kallad viktfunktion, responsfunktionen för själva konstruktionen. Den funktionen är lätt att ta fram och innehåller mycket information om konstruktionen. Man kan genom modellen variera temperaturen och U-värdet.

Viktfunktionens utseende påverkas av materialegenskaper och konstruktionsuppbyggnad. Man kan räkna ut väggens minnestemperatur. Värmeförlusten för olika konstruktioner kan beräknas för olika tidpunkter. Med hjälp av beräkningsprogram kan vi ta reda på det termiska beteendet, det vill säga möjligheterna för att lagra värme och möjligheter för installationssystemet.

**Värmeregleringssystem på marknaden som tar hänsyn**

## **till värmetröghet**

### **6. Anders Rönneblad, tekn.lic. produktionsteknik LTU/ Cementa**

Det finns en hel del kommersiella system där man utnyttjar värmetröghet på ett bra sätt. Att studera dessa har varit en del av projektet.

De allra flesta byggnader i Norden är värmetröga till sin natur, vilket innebär att stommen har en självreglerande förmåga att hålla rätt temperatur. Men utnyttjar man detta?

De flesta traditionella styr- och reglersystem som används i dag är i mångt och mycket uppbyggda för att ögonblickligen kompensera för minsta lilla avvikelser. Varför är det så?

### **Traditionella styr- och reglersystem**

Transmissions- och ventilationsförlusterna är direkt proportionella mot utetemperatur, vilket har styrt ingenjörer i VVS-branschen till att utveckla reglersystem som bygger på detta. Resultatet är system som söker en konstant innetemperatur baserad på utetemperatur. Byggnadens värmetröghet gör dock att installationssystemet ofta ligger ur fas. Många befintliga styr- och reglersystem är dessutom onödigt komplicerade vilket kan leda till att de motverkar de värmedynamiska förloppen. I värsta fall värms och kyls fastigheten samtidigt.

Ett mått på ett hus värmetröghet är tidkonstanten, vilken i sin tur påverkas av värmelagring och förluster.

Värmekapacitet, dvs Termisk Massa.

Transmissionsförluster, dvs isoleringsgrad och köldbryggor.

Värmeförluster på grund av luftläckage i klimatskalet.

Ventilationsförluster (även återvinning ingår).

Med traditionella styr- och reglersystem försvinner stora delar av nyttan med värmetröghet. Hur ska man göra istället?

- Låt innetemperaturen vara med och styra!
- Låt styrsystemet beräkna värmebalansen dynamiskt!

Det finns ett ökande utbud av installationssystem som har nytta av den värmelagrande egenskapen. Översikt av den svenska marknaden visar att de är inriktade på

- prognosstyrning
- styrning på enbart innetemperatur
- rumstemperatur- och prognosstyrning
- behovsstyrd fjärrvärmecentral
- last- och prognosstyrning

### **Vetenskaplig bakgrund**

- Engelbrekt Isfält (1935–2004) var forskare och docent på KTH.
- Styr- och reglertekniken behöver egentligen bara beakta temperaturförloppen och ingripa när det blir nödvändigt.
- Engelbrekt fick Stora Energipriset 1990 för sin forskning som visade att det går att spara så mycket som 25 procent energi i flerfamiljsbostäder även när de vanliga besparingsåtgärderna utförts.
- För kontorsbyggnaden ligger potentialen på en besparing upp mot 85 procent.
- Teorin är enkel och bygger på att byggnaden delas in i olika termiska zoner. Indelningen beror på
  - Zonens värmetröghet (egen lokal tidskonstant)
  - Solinstrålning
  - Övriga kända värmelaster

### **Temperaturvariationer under kontrollerade förhållanden**

En vanligt förekommande missuppfattning är att system ska konstrueras för att hålla en konstant innetemperatur och därmed undvika komfortproblem. Ett traditionellt system styrs endast av utetemperaturen. Eftersom stommen är värmetrög och värmesystemen har en egen inbyggd tröghet, så

är detta i praktiken omöjligt att uppnå. Det är betydligt bättre att låta inomhusklimatet följa med naturlagarna och styra med hjälp av aktuella innetemperaturer. På så sätt får vi automatiskt med byggnadens värmedynamiska förutsättningar i regleringen.

Det viktiga är alltså att styrningen sker under kontrollerade förhållanden. Men glöm inte:

- Operativ temperatur
- Problem i klimatskalet måste åtgärdas
- En framledningstemperatur till flera termiska zoner
- Placering/antal innegivare
- Förutom att energiförbrukningen minskar så minskar också toppeffekter

### **Min prioriteringslista för bättre utnyttjande av värmetröghet:**

- Styr inte på utetemperaturen. Rätta till ett systemfel.
- Incitament för styrning för optimering mht effekt. Låt fastighetsägare köpa sin energi timme för timme. Låt energileverantören styra huset (smart grid). Del i utveckling av ”smart district grid”.
- Låt innetemperaturen variera under kontrollerade former.
- Klimatskalets lufttäthet beständigt över tid.
- Aktiv värmelagring – låt stommen vara en del av värme/kylsystemet.
- Optimera konstruktionslösningar.
- Materialoptimering. Förbättra värmelagring och värmeledning.

## **Forskare**

### **Mätning av energi- och effektbehov i minihus**

#### **7. Kristian Tammo, CBI**

Ger tunga stommaterial lägre energiförbrukning än lätta? Ett demonstra-

tionsprojekt som leds av undertecknad i nära samarbete med byggnadsfysik och inomhusmiljö, SP, samt energiteknik, SP, ska ge svar på denna fråga. Projektet syftar till att öka kunskapen om hur skillnader i värmelagringsförmåga hos olika stommaterial påverkar energiförbrukningen.

Projektet ska möjliggöra mätning av effektbehov och energiförbrukning i huskroppar där den stora mängd obestämda variabler, som brukar finnas i befintliga hus, har eliminerats. Vi bygger små minihus som ska simulera verkliga hus. Det är bra att bygga något och faktiskt mäta och inte bara jobba med modeller av olika slag.

Mindre huskroppar med konstant area och volym ska tillverkas. Innermåtteten ska vara 1000x1000x1000 mm. I huskropparna placeras termoelement och värmesystem. Värmesystemet ska vara möjligt att styra med stor noggrannhet för att hålla en jämn inomhustemperatur på 18–23°C under den kalla årstiden. Energiförbrukningen ska kunna mätas kontinuerligt under drift.

Varje huskropp ska ha samma material, isolering och tjocklek i golv, väggar och tak. Alla huskroppar kommer att förses med vattentätt tak. Olika material med olika värmelagringsförmågor kommer att provas och jämföras. Mätningarna kommer att utföras under minst ett år för att få med årets alla olika temperaturer och väderförhållanden. Proverna ska placeras utomhus på SP i Borås.

Totalt fem huskroppar ska tillverkas, en i lätt stomme och de övriga i tung stomme med variationer i betong, tjocklek och konstruktion.

Alla minihusen bör ha ett RH likvärdigt för en 5 år gammal byggnad. Metoder för reglering av RH är ingjutna värmekablar – byggfukt, mättade saltlösningar – under drift.

Projektet har startat och husen är under uppbyggnad. Mätningarna beräknas starta våren 2012.

## **Influence of thermal heat capacity on overheating in low energy type houses**



## **8. Lies Vanhoutteghem, DTU**

Low energy type houses in Denmark are characterised by large window areas facing south and smaller window areas facing north to minimise heat losses through the north-facing façade and maximise solar heat gain through the south-facing façade.

Performance of low energy dwellings: use of solar heat gains to reduce the energy demand for heating is not as important as is traditionally believed but energy demand for cooling plays important role.

To document energy use in Denmark when designing a house, the program Be10 needs to be used.

Overheating is taken into account as energy need for cooling and is added to the total energy use.

New building regulations: additional documentation of hours with overheating will be required. In dwellings a maximum of 50 hours above 26°C will be allowed. Additional programs will be needed to document this.

How can we reduce overheating in low energy type houses?

Investigations have shown that orientation and window size do not influence heating demand that much in low energy dwellings but can be used to ensure a good indoor environment. It has been shown that an even window distribution of 20-25 percent of the internal floor area in each room improves both thermal indoor environment and daylight in low energy houses.

Also an increase in thermal mass has been proven to have significant influence on reduction of overheating in low energy type houses.

## **Utveckling av mer attraktiva byggnader och anläggningar i betong**

### **9. Mark Murphy, SINTEF/COIN project**

COIN ( Concrete Innovation Centre) är ett forskningscenter i Norge där vi studerar attraktiva betongbyggnader. Fokusområdena är miljövänliga betongkonstruktioner, konkurrenskraftigt utförande och tekniskt utförande. Jag arbetar med användning av betong i lågenergibyggnadskoncept som har med värmetröghet och värmelagring att göra. Detta sker inom huvudområdet miljövänliga betongkonstruktioner.

Moderna kontorsbyggnader har stora glasarealer, stora mängder ventilationsluft, mycket elektrisk belysning och utrustning och kyl- och uppvärmningssystem. Resultatet är hög energiförbrukning.

Det är dokumenterat att termisk massa påverkar kylning av fastigheter, det vill säga kylning utan energiförbrukning. Här finns potential för att utveckla betong i kombination med nanomaterial/nanoluft som ger isolerande betong samt med fasändrande material som ger ökad energilagringkapacitet.

En grupp inom COIN arbetar med LCA på produktionssidan:

- Aerogelbetong
- Lågkarboncement
- Destruktion av farligt avfall vid cementproduktion.

LCA på avfallssidan handlar om

- Karbonatisering – ökat upptag av CO<sub>2</sub> i rivningsmassor
- Återbruk av tunga rivningsmassor

Mina projekt är

- Full Building Simulations with TRNSYS & Simien
  - Varying thermal capacity of thermal zones
  - Varying thermal capacity of the building envelope
- Thermo-active ceilings with embedded plastic pipes
- Earth to air heat exchangers
- Wall integrated PCM
  - Comsol simulations with Cp(T)

- TRNSYS simulations based on indoor laboratory results (without solar radiation)
- Night-time Cooling Savings
- TRNSYS – Full Building Analysis
- Comsol Component Analysis
- Thermal Bridge Simulations

## **10. Hans Bagge, Byggnadsfysik LTH**

Ett fristående projekt finansierat av Energimyndigheten resulterade i min doktorsavhandling i maj 2011. Den handlar om att hitta bättre metoder för att prediktera och verifiera energianvändning och inneklimat.

Verifikationen av en byggnads energianvändning visar ofta att det inte blev så bra som vi trodde att den skulle bli. Flera undersökningar, både i Sverige och internationellt, visar att uppmätt energianvändning är mellan 50 och 100 procent högre än vad som predikterades under projekteringen. Det samma gäller för undersökningar som rör fukt och inneklimat.

Avhandlingen presenterar metoder som gör att man utifrån uppmätt energianvändning kan avgöra hur mycket faktorer som sol, vind, temperatur påverkar den faktiskt använda energin i den faktiska byggnaden och möjliggör jämförelser med predikterade värden. Här har vi metoder för att på ett mycket tydligare sätt jämfört med tidigare kunna beskriva byggnadens funktion och få feedback på hur den fungerar. Nu kan vi även få återföring på beräkningsverktyget, hur bra det fungerar och hur anpassat det är. Vi kan också få referensdata på hur mycket sol och vind påverkar men också nya bättre indata till beräkningsverktygen.

## **Inverkan av termisk massa på uppvärmnings- och kylbehovet i en byggnad**

## **11. Fredrik Ståhl, SP Energiteknik**

I min avhandling vid Chalmers studerade jag värmelagring i en byggnads stomme. Jag har mest jobbat med materialparametrar och hur tjockleken på stommen påverkar inneklimatet. Dels har jag studerat värmeutbytet mellan inomhusluften och stommen och dels hela systemet med byggnaden, det vill säga samverkan mellan värmelagring, inneklimat och värmesystem. Jag har även studerat förvärmning av tilluft genom markförlagda kanaler och därmed utnyttjat värmelagring i marken.

Ett exempel på simulering är ett simulerat uppvärmningsbehov i en lägenhet i ett flerbostadshus. Internlasten varierar över dygnet från 0 till 11,4 W/kvm. Temperaturen får svänga mellan 20 och 24 grader.

Jag har jämfört olika stommaterial samt tjockleken på stommen. Om man ökar en stomme som har 2–3 cm gips till 7,5 cm sparar man cirka tre procent av uppvärmningsbehovet. Ett byte från gips till betong sparar cirka tre procent av uppvärmningsbehovet, då både gips och betong har tjockleken 7,5 cm.

## **Energileverantörer**

### **12. Helen Carlström, projektledare EON Värme Sverige AB**

Jag arbetar bland annat med ett projekt i Hyllie i Malmö. Malmö stad och EON har ingått ett klimatkontrakt för att förse stadsdelen med hundra procent återvunnen energi. Grundtanken är att bygga en stadsdel som är bättre än Bo 01, den gamla energistadsdelen. Men vi på EON ser även ett stort behov av att testa och ställa om sättet som man distribuerar energi på, både el och fjärrvärme.

Kraftvärmeproduktion ligger bakom fjärrvärmens i Malmö, det vill säga produktionen av värme till fastigheter hänger samman med produktion av el. Det är en ganska komplex bild. Vilken kunskap om energitröga hus skulle ni kunna omsätta i verkligheten för att uppnå den hel stadsdel med extremt låg energiförbrukning?

När vi projekterar nya nät ökar vi behovet med cirka 20 procent jämfört med vad byggherrarna säger, för att vara på den säkra sidan. Det är nämligen ofta felräknat på värmeområdet. För kylbiten är det tvärtom. Antingen är det svårt att dimensionerna eller så är konsulterna oroliga för att underdimensionera ventilationssystemet. Utifrån de uppgifter vi får försöker vi dimensionera infrastrukturen, vilket är en utmaning.

I framtidens energisystem ska byggnaden kunna prata via ett BMS-system eller direkt via en demand respons controller som sedan ska kunna styras av vårt övergripande system. När vi ser att vi måste köra igång våra topplastanläggningar, ska vi kunna skicka iväg signaler till de små lådorna så att fjärrvärmecentralen drar ner temperaturen i en byggnad. Då är det smartast att styra ner temperaturen i en byggnad som är väldigt trög och där det tar lång tid att påverka. Om vi sänker för tillräckligt många byggnader, som vi har avtal om detta med, kan vi vissa dagar förhoppningsvis slippa att starta toppbelastningsanläggningarna, oftast fossila spetsanläggningar. Detta är ett sätt att använda värmetröga byggnader.

En annan intressant fråga gäller kylning. Nya kontorsfastigheter har ofta större efterfrågan på kyla än på värme, vilket är jättedåligt. Kylan har ofta mycket större miljöpåverkan än värme. En byggnad där man kan flytta lasten lite – det är ofta inte så lång tid som kyla behövs men alla behöver kyla på samma gång – skulle kunna innebära att vi istället för att köra igång en extraanläggning skulle kunna fördela kylan bättre. Detta bör man tänka på när man konstruerar byggnaden.

Vi har kunder som använder dubbelt så mycket kyla som värme och en del använder kyla och värme samtidigt. En jättebra affär för EON, men så kan man inte hålla på. Det känns olustigt att bygga ut elbaserad kylkapacitet i stadsdelar som Hyllie som ska bli miljösmart. Det är viktigt att hitta system där man inte behöver ha kyltoppar samtidigt i ett fjärrkylsystem. Vid utformningen av byggnader måste man tänka på det.

Från 1 januari blir EONs fjärrvärmesaxa helt rörlig och har ingen fast del.

Det är effekten som kostar, inte bara energin. De flesta energibolag kommer troligen att gå över till detta system. Vi gillar energieffektivisering.

I Hyllie har vi tillsammans med Malmö stad sökt pengar från Energimyndigheten för att utveckla vissa koncept. Välkomna att titta på våra olika potter, en del gäller studier av värmetröga byggnader och hur de kan användas i energistyrning.

### **13. Stefan Lindskoug, konsult Esselcon – Lunds Energikoncern**

Jag arbetar med affärsutveckling inom energibranschen och är här på uppdrag av Lunds Energi. Tillsammans genomförde vi försök förra vintern med att styra vattenburen elvärme i tegelsmåhus. En bakgrund till försöket är att elpriset är så volatilt. Det finns en prispeak fram mot kvällen som vissa vintrar kan innebära tre gånger så högt pris som det billigaste under natten. Detta kan bli ännu mer extremt vid vissa tillfällen när man måste starta reservkraft.

Hittills har man inte kunnat skapa incitament för småhusägare att agera på prissignaler eftersom de har ett rörligt elpris baserat på ett genomsnittspris över en månad. I försöken har vi gett kunderna en timprislista. Tidigare försök som gjorts i Göteborg visade att det går att få en betydande minskning av uttaget under dyra timmar genom att flytta förbrukning antingen framåt eller bakåt i tiden. Om vi styr på förkvällen ökade till och med värmekomforten för de boende, vilket beror på tillskottsvärmen när folk kommer hem.

Tidigare försök visar att direktel är mer komplicerat. Direktel svalnar av väldigt snabbt vilket leder till kallras och sämre komfort. Direktel är mycket svårt att styra eftersom det kräver installation av dyr styrutrustning. Vattenburen elvärme är enklare att styra eftersom det räcker med att koppla in sig på värmesystemets utgivare. Värmetrögheten i värmesystemet gör det möjligt att reducera komfortförlusten. I korta tidscykler påverkar värmesystemet komforten mer än vad själva huskroppen gör.

Jag har genomfört förnyade försök i Lund med tio småhus för att testa ett

mer omfattande koncept. Tekniken är väldigt enkel i sitt grundutförande. Vi manipulerar utegivarna genom att simulera en högre utetemperatur, så att värmesystemet tror att det är varmare ute än vad det är.

Styrningarna utgick från att förbrukningen ökar kraftigt kvällstid. För att få en jämn dygnstemperatur ska man simulera lägre temperatur nattetid och högre utetemperatur på kvällen. Detta sammanfaller väl med hur priset är – dyrast på kvällen och billigast på natten. Att flytta värmeeffekt från kväll till natt ger både bättre komfort och lägre elkostnad.

Vi använder SMHIs väderprognos för att bestämma styrning för nästa dag. Vi har tagit fram en prototyp som kostar under tusenlappen och som kunden själva ska kunna installera. Kunden kan spara cirka 2 000 kr på ett år samtidigt som ehandlaren, elnätägaren och Svenska kraftnät har nytta av detta. Produkten för att effektivisera vattenburen elvärme ger styrning baserat på elpriset eller effektbrist, styrning baserat på ekvivalent temperatur och styrning med beaktande av tillskottsvärme. Den möjliggör även effektivisering av värmepumpsdrift och reduktion vid bortovaro.

Resultaten av försöken var förutom en lägre elkostnad, en jämnare värme över dygnet för de involverade kunderna.

## **Energilagring i byggnader – Miljövinster för fjärrvärme, Göteborg Energi AB**

### **14. Anders Rönneblad**

Göteborgs Energi har arbetat med olika försök under några år. Effektbehovet skiljer sig starkt åt under dygnet, vilket kraftigast märks under april månad. För att klara topparna används extraanläggningar som drivs med olja och gas, vilket man vill undvika genom att jämna ut effektbelastningen.

För att skapa ett energilager med storleken 65 MW krävs att 25 procent av byggnaderna är med. Tidskonstant för byggnader är 100 timmar.

Kunden accepterar variation i inomhustemperatur  $\pm 1^\circ\text{C}$ .  
Lagret kan användas 10 timmar, sedan återlagring.  
Energilagret laddas i och laddas ur genom att lura fjärrvärmecentralen att utomhustemperaturen är högre eller lägre än verklig temperatur. De verkliga tidskonstanterna skiljer sig åt beroende på typ av hus.

Slutsatser av försöken i Göteborg visar att det verkar mycket lovande att använda byggnaden som energilagring. Fossilbaserad värmeproduktion ersätts av spillvärme. Mätningar visar höga tidskonstanter. I beräkningarna är de använda tidskonstanterna troligen inte överskattade. Hela dygnsvariationen kan dämpas ut med energilagret om tillräckligt många är med. Ett kunderbjudande är under utveckling.

## Utvecklare/utvärderare av installationssystem

### 15. Sebastian Karlberg, Kabona

Ecopilot är vår energiprogramvara. En byggnad med ventilationssystem, kylsystem och värmesystem delas upp i verksamhetsytor med rumsgivare. Vi har komfortdrift och Ecopilot bidrar till ett jämnare inneklimat. Detta handlar inte om prognosstyrning. Ecopiloten baseras på Engelbrekt Isfälts rapport. Man kan spara 85 procent om man tillåter innetemperaturen att variera fem grader. Man ställer in önskad komforttemperatur, till exempel 20,5 och 24,5 grader, för helger och kvällar. Övrig tid ställer vi in ekonomitemperatur, till exempel 20–25 grader. Ecopiloten styr ytan med hjälp av mediantemperaturen på alla rumsgivare som vi har i verksamhetsytan.

På varje ort arbetar vi med rådata på sol, vind, temperatur och luftfuktighet. Vi berättar för vår Ecopilot hur mycket vi behöver gasa och bromsa på olika tider. Att styra på utetemperatur, då man värmer på nätterna och måste kyla och ventilerar bort överskottsvärme på dagarna, är ett trubbigt sätt. Detta slipper vi. Vi kan strunta i att värma och nyttja den temperaturstegring vi har i internlast under dagen till följd av datorer, personal, belysning mm. Den energin använder vi då den behövs. Ju tyngre stomme desto bättre.



Kabona startade 2001 och vi började leverera ecopiloter 2008. Nu arbetar vi med drygt hundra anläggningar. Ett köpcenter i Göteborg sparar ca 50 procent på värmen, kontor sparar 25-30 procent på värmen och 15-20 procent på elen. Vid fjärrkyla sparar vi 35-40 procent på anläggningarna. Sammantaget ger Ecopilot stora energibesparingar.

## **16. Christian Johansson, NODA Intelligent Systems AB**

Noda är ett spinoff-företag från Blekinge Tekniska Högskola med datavetenskaplig bakgrund. Vi försöker koordinera beteenden i stora system. Fjärrvärmesystem är väldigt distribuerande till sin natur och det gäller att försöka hitta sätt att optimera detta på ett bra sätt. Vi har börjat optimera de enskilda fastigheterna och använder olika sätt för att styra dem. Det handlar om att utnyttja trögheten, bufferten, i fastigheterna.

NODA Energistyrning är en plattform

- Bland annat ingår laststyrning, prognosstyrning, tappvarmvattenprioritering och energisignaturvakt.
- Vår, höst och vinter ger olika förutsättningar.
- Grundtanken är att hela tiden använda den styrning som för tillfället har bäst förutsättningar.
- Vi ser till att systemet fungerar och utför i samråd åtgärder i styrningen. Plattformsuppbyggnaden gör det lätt att lägga till nya funktionaliteter.

Noda sköter idag 160 installationer, från Malmö i söder till Luleå i norr, vilket gör att vi kan testa systemet på olika platser. Allt bygger på att ha koll på vad som händer i den enskilda fastigheten. Det roliga är att kombinera styrandet av många fastigheter tillsammans. Då uppnår man fördelar både för konsumenter och producenter.

Smart Grid skapar ett intelligent värmelager genom att använda värmetrögheten i fastigheter. Det möjliggör laststyrning som innebär att slutkunderna minskar eller ökar sin förbrukning på signal från leverantören, inbyggd intelligens och automatiserat från operatör till slutkund samt kontinuerlig återkoppling till komfort.

# **Installationsteknik och klimatiseringslära, LTH**

## **17. Dennis Johansson, avdelningsföreståndare LTH**

Installationsteknik handlar om tappvatten, spillvatten, radiatorsystem, hissar, sprinkler, olika former av andra värmesystem, ventilation. Vi undervisar i allt detta och är inblandade i 18 kurser på olika platser och på olika nivåer för blivande civilingenjörer, lantmätare, brandingenjörer, arkitekter, byggingenjörer med flera.

Jens Persson och Daniel Vogel på vår avdelning har gjort ett exjobb om utnyttjande av byggnaders värmetröghet. Syftet och frågeställningen var att göra en analys av hur värmedynamiska egenskaper tillvaratas i godtyckligt utvalda kommersiella systemlösningar jämfört med traditionell installationsteknik.

Traditionell installationsteknik handlar om installationssystem som arbetar oberoende av varandra i byggnaden och av uppvärmningssystem som endast styrs av utetemperaturgivare.

Persson och Vogel ville besvara följande frågor:

- Vilka teorier och metoder stödjer sig de kommersiella systemen på?
- Hur skiljer de sig från traditionell styr- och reglerteknik?
- Vilken energibesparing kan uppnås med hjälp av dessa system?

Undersökta företag är eGain, EnReduce, Kabona, NordIQ och TermoDeck.

Företagens syfte är att på olika sätt manipulera reglersystemet så att man dels tillvaratar värmetröghet och dels kompenserar för någon form av undermålig, bristfällig eller aldrig gjord injustering i husen.

Persson och Vogel har framför allt tittat på ett antal olika projekt och sett vilka besparingar som gjorts. De har kommit fram till att företagen har en optimistisk marknadsföring och att deras lösningar ger energibesparing och

gynnas av hög värmetröghet och god värmelagringsförmåga. Deras produkter är applicerbara på miljonprogrambeståndet.

## **Materialtillverkare**

### **Energieffektiva byggnader**

#### **18. Klas Partheen & Hanne Dybro, Isover**

Saint-Gobain ISOVER AB tillverkar värmeisolering av glasull. Isoleringen ger mycket god värmeisolering men usel värmelagring. Trots detta pratar vi om värmetröga byggnader.

Vi har under de senaste åren jobbat med energieffektiva byggnader. Den termiska trögheten och termiska massan får allt mer fokus i samband med minskning av effektförluster och energianvändning. Energieffektiva byggnader som passivhus och minienergihus är mycket snäva energikoncept där de bästa lösningarna ofta innebär ett samspel mellan hög isoleringsstandard, lufttäthet, värmeåtervinning och termisk massa.

Termisk massa kan man få på flera sätt: Tunga material som betong och sten med hög densitet, massivträ och fasändringsmaterial.

Dimensioneringsförutsättningarna för passivhus och minienergihus baseras på byggnadens tidskonstant. Byggnader med hög värmetröghet får räkna med högre dimensionerande vinterutetemperatur, DVUT, och har lättare för att klara effektkravet, vilket ger fler frihetsgrader som man kan använda hur man vill, till exempel ha större fönster och mindre kompakthet. Det kan även vara ett sätt att få ihop bästa energiprestanda.

Hur ska man som konstruktör räkna ut hur mycket effekt byggnaden verkligen behöver? Den svenska standarden SS 24300-1 "Byggnaders energiprestanda Del 1: Effektklassning av värmebehov" anger en metod att beräkna byggnadens maximala effektförluster vid dimensionerad vinterute-

temperatur, DVUT, men det är inte exakt samma effekt som BBR ställer krav på. I standarden finns tidskonstanten, som består av olika parametrar. Förutom värmekapacitet måste man räkna med effektförluster via väggar, golv, tak, fönster, dörrar och köldbryggor och ventilation.

Vi talar om system för värmetröga byggnader eftersom alla parametrar ska fungera ihop. Byggnadens system för värmetröghet påverkas av klimatskärmens värmeisolering och lufttäthet, energieffektiviteten hos ventilationen och värmekapaciteten hos de materialskikt som har kontakt med inomhusluften.

Det räcker inte att man lagrar värme i material med hög värmekapacitet – man måste även minimera byggnadens värmeförluster. Den lagrade värmen ska inte försvinna ut genom klimatskärmen eller genom ventilationsystemet utan ska finnas kvar och återgå till inomhusluften när temperaturen börjar sjunka. Såväl lätta som tunga byggnadsdelar måste värmeisoleras om byggnaden ska få hög värmetröghet.

Byggnadens effektförluster [W] vid dimensionerande vinterutetemperatur beräknas med de driftsförhållanden som råder då. Summan av alla effektförlusterna [W/°C] multipliceras med temperaturskillnaden [°C] mellan inne och ute.

Vill man spara energi med hjälp av energilagring i byggnadens termiska massa måste man tillåta inomhustemperaturen att variera över dygnet. Detta är sannolikt största utmaningen i en byggnad!

Styrssystem ska trimmas utifrån rimliga variationer – hur mycket kan man tillåta att rumstemperaturen stiger innan man aktiverar solskyddet och hur mycket ska man tillåta rumstemperaturen att sjunka innan man tillför effekt? Motsvarande fråga i sommarsituationen är om man behöver nattventilation eller aktiv kylning.

## **19. Alexander Engström, TermoDeck**

TermoDeck, som är ett system där man värmer, ventilerar och kyler med tilluft, utvecklades på 1970-talet. Den sista delen av tilluftssystemet består av ett hålbjälklag med ventilationskanaler. På väg genom hålbjälklaget får man en värmeväxling på 85–90 procent mellan tilluft och bjälklag och därigenom erhålls ett dragfritt och ljudlöst system. Det finns möjlighet att lagra 100 Watt-timmar energi per kvadratmeter.

TermoDeck finns installerat i 400 projekt om sammanlagt 1,7 miljoner kvadratmeter. Från början arbetade vi mest med kontor, skolor och sjukhus men på senare år i Sverige har allt fler flerbostadshus tillkommit. Systemet ger en jämn innetemperatur.

I Mellanöstern arbetar vi mycket med kylning. Här förbrukas i vissa fall 25 procent av all el under fem procent av årets timmar. Fyra timmar om dagen under fyra månader är höglast när alla sätter ACn på max. Genom att kyla på natten med TermoDeck har den installerade effekten minskat med 45-55 procent i våra projekt. Under höglasttid kan toppeffekten (peak power load) minskas med 80–90 procent. Detta leder till stora kostnadsbesparingar för såväl projektet som för investeringar i produktion och distribution av elkraft.

Vi använder oss av IDA ICE för att göra klimat- och energiberäkningar med TermoDeck. Vi har en egen modul som räknar på värmeöverföringen mellan tilluft, bjälklag och omgivande rum. Värmeöverföringen inuti bjälklaget beror på ett flertal parametrar (luftflöde, grad av turbulens, typ av bjälklag).

När det gäller styr och regler för TermoDeck så gör vi en zonindelning. Vi använder oss alltid av frånluftsreglering, inte utomhustemperaturreglering. Vi varierar tilluftstemperaturen och låter innetemperaturen variera några grader. Vi försöker använda ett variabelt flöde men cirka 80–90 procent av tiden har vi ett grundflöde. Vid kylbehov har vi maxflöde. Smarta don kan ytterligare minska energianvändningen.

# Entreprenörer/Betongtillverkare

## 20. Per Kempe, Skanska Installation AB

Tidigare talare från Kabona visade att man ska eftersträva ett spann när det gäller temperatur i en fastighet, där man varken tillför värme eller kyla. Spannet bör ligga mellan 20 och 21 och upp mot 25 grader. För att kunna nyttja stommens förmåga att lagra värme och kyla är det viktigt att tillåta temperaturen att variera över dagen.

I kontor är huvuddelen av internlasterna mån-fre 8–17, därutöver är internlasterna låga. Kan man tillföra värmen från internlasterna till stommen dagtid minskas kylbehovet och under natten kan man nyttja den värme som tillförts stommen under dagen. Det är viktigt att stommen delvis är synlig för rummet, annars kan man inte lika effektivt nyttja stommen för värme-lagring. I detta mötesrum, som vi nu befinner oss i, är en stor del av stommen bortisolerad med ljuddämpningsplattor i taket och träpaneler på väg-garna.

I bostäder kan tung stomme hjälpa till att reducera risken för övertempera-turer under sommarhalvåret. I bostäder är inte internlasterna lika stora och solinstrålning kan ge ett stort värmetilskott till rummen dagtid. Primärt ska man försöka reducera solinstrålning med yttre skuggning samt solskydds-glas men den solvärme som kommer in är bra om den kan tas upp av stommen, så att övertemperaturerna inne inte blir alltför stora. Normalt har man inte kyla i bostäder. Passivhus blir ofta mycket varma under sommar-halvåret.

Det räknas som ”sanitär olägenhet” om innetemperaturen stadigvarande ligger över 26°C och kortvarigt över 28°C, när det inte är värmebölja (”SOSFS 2005:15 Socialstyrelsens allmänna råd om temperatur inom-hus”).

Vid inneklimatestimuleringar av bostäder med simuleringsprogram, typ IDA ICE, går det att koppla fönstervädring till innetemperatur och om någon är

hemma enligt tidschema. Dock får man tänka på var bostaden är belägen. I bullrig miljö eller vid risk för inbrott (markplan) är det inte lämpligt att räkna med att man kan ha fönstervädning. Det är också viktigt att vid inneklimatsimuleringar använda rimliga internlastar etc. Det finns bland annat förslag på lämpliga indata från branschen i Svebys ”Brukarindata för energiberäkningar i bostäder” ([http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2012/01/brukarindata\\_bostader.pdf](http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2012/01/brukarindata_bostader.pdf)).

Angående olika system för att styra temperaturen har jag kommit i kontakt med olika lösningar. Gemensamt är vikten av att placera givaren rätt. Har man golvvärme i badrummen i ett flerbostadshus är det mindre lämpligt att nyttja frånluftstemperaturen, som referens, för att styra på innetemperaturen. Cirka hälften av innetemperaturen kommer från badrummen som är någon grad varmare än lägenheterna för övrigt.

Jag har jobbat en del med felsökning av installationssystem och inneklimat. Boendes önskan om olika temperatur i olika rum kan till exempel vid frånluftsventilation med tilluftsradiorer leda till kalla golv närmast radiatorn i rum där man önskar hålla en lägre innetemperatur. I de rum där man önskar hålla en lägre temperatur kommer radiatorventilen att stänga och radiatorn kommer att bli kall, så den uteluft som kommer in via tilluftsradiorer värms inte upp. Då faller den kalla tilluften mot golvet och kyler av det.

## **21. Peter Svenmar, Skanska Stomsystem**

Vi tillverkar stål- och betongstommar. Att tillåta temperaturen variera möjliggör en minskad energianvändning och minskat effektbehov. Graden av tillåten/accepterad variation påverkar optimal utformning. Vi talar nu mest om konduktivitet när det gäller att energioptimera.

Det finns många sätt att styra ner energianvändningen och framför allt att minska energieffekttopparna. En kombination behövs. Idag finns inget tydligt språk för att uttrycka önskemål om termiska egenskaper i stommen och som leder till en kravspec vid beställningen. Man talar ofta om U-värden och här finns mycket kvar att göra, speciellt när det gäller köldbryggor.

Vad gäller effektbehov önskar jag ett tydligare språk för att beskriva inverkan av stommens tyngd och termiska egenskaper. Genom att kvantifiera önskad storlek på konduktivitet såväl som värmekapacitet och effusivitet skulle vi som stomtillverkare kunna optimera våra produkter.

Vilka energimängder ska kunna lagras in i stommen? Det sägs att en tung stomme sparar 2–17 procent. Vilken potential finns om vi låter temperaturspannet vandra iväg 2, 4 eller 6 grader. Vad sparar man då?

## **22. Peter Roots, Strängbetong**

Generellt sett är det intressant hur mycket vi sparar per kvadratmeter och vägg med tung stomme. Tidigare fanns ingen helhetssyn när det gäller energisparlösningar utan man tittade hela tiden på enskilda komponenter. Men man måste se till helheten vilket ni gör i det här projektet. Olika installationssystem ger olika påverkan på en byggnad. Detta bör nästa steg handla om. Vi kan mycket om enskilda komponenter men nästa steg är att se till helheten. Med ökad värmelagringsförmåga kan vi öka energilagringen i stommen. Det blir kul att se om det fungerar.

Det viktigaste av allt är att saker och ting validieras. Varför stämmer inte beräkningar med hur det blir i praktiken? Är det beteendet eller vädret det är fel på? Det är mycket viktigt att få fram modeller som kan validera rätt.

## **23. Gull-Britt Jonasson, Finja**

Helhetslösningar är jättebra. Till projektgruppen vill jag skicka med följande: Ge oss en eller ett par teser som ni tror på, så vi kan hjälpa till och snabba upp processen och utvärdera. Hur använder vi värmetröghet bäst i byggnader av betong? Och vilket värmesystem lämpar sig bäst?

Tack för en inspirerande dag.

## **24. Ronny Andersson**

När vi startade projektet för två år sedan tog det ett år att samla ihop den kompetens som fanns på 70-talet. Nu är vi rätt väl bemannade vad gäller



kompetens och funderar på hur vi går vidare. Därför uppmanar jag dem som är intresserade och som har intressanta frågeställningar att höra av sig. Projektet avslutas i sommar men därefter vill vi gå vidare med innovativa och aktuella delar utifrån den bas vi diskuterat idag. Tack för era inspel och hör av er!

Göran Nilsson