

Sunt byggande
med sten och betong ger

Gott
inomhusklimat



Gott inomhusklimat

Broschyren *Sunt byggande med sten och betong ger Gott inomhusklimat* har utarbetats av Betongvaru industrin, Cements AB, J&W, Mur och Puts Information AB, samt Svenska Fabriksbetongföreningen.

Underlaget har tagits fram av Carl-Erik Hagentoft, Chalmers Tekniska Högskola, och Charlotte Svensson, J&W, medan sammanställningen har gjorts av Curt-Arne Carlsson, Cements AB.

I broschyren presenteras hur den goda förmågan hos byggnader i sten och betong utnyttjas för att lagra värme såväl som kyla. Det medför inte bara ett stabilt inomhusklimat utan också lägre energi- och uppvärmningskostnader.

Produktion: Cements AB, Box 144, 182 12 Danderyd

Layout och original: Idéverkstaden AB

Fotografer: Daniel Hertzell och Thomas Laxén

Tryckeri: Graphium, Västra Aros. Västerås 2001.

Innehåll

Behovet av uthålligt byggande och gott inomhusklimat	3
Värmebalans för en byggnad	4
Värmelagring	
Värmetillförsel	
Värmeförluster	
Värmeöverföring	
Varför tunga byggnader	7
Stabilt inomhusklimat	
Lägre effektbehov	
Mer energieffektivt	
Design av tunga byggnader	8
Väggjocklek	
Exponerad yta och ytmotstånd	
Fönster och solinstrålning	
Ventilation	
Nattventilation	
Styrssystem för värme och ventilation	
Exempel på lösningar: TermoDeck	
Några beräkningsexempel	12
Att tänka på!	14
Ordlista	15
Referenser	16

Denna broschyr är en vidareutveckling av den tidigare utgivna broschyren Värmebalans, i serien Sunt Byggande från Cements AB. Broschyren innehåller allmän information om värmelagring och varje enskilt objekt har sina förutsättningar. Innehållet övertar sålunda inte projektörens ansvar för varje faktiskt objekt.

Behovet av uthålligt byggande och gott inomhusklimat

Miljön är en viktig fråga – både för samhället och dess invånare. Regeringen har slagit fast att det övergripande målet för allt miljöpolitiskt arbete skall vara att redan till nästa generation kunna överlämna ett samhälle där de stora miljöproblemen i landet är lösta. Sverige skall också vara en pådrivande kraft och ett föregångsland för en ekologisk hållbar utveckling. Den här visionen måste naturligtvis eftersträvas på många plan.

Energianvändningen i byggnader står för drygt 40 procent av Sveriges totala energianvändning (Energimyndigheten, 1999). Energiproduktion belastar både miljön vad gäller resursanvändning och utsläpp. Därför är det särskilt viktigt att den energi man ändå måste använda, används så effektivt som möjligt.

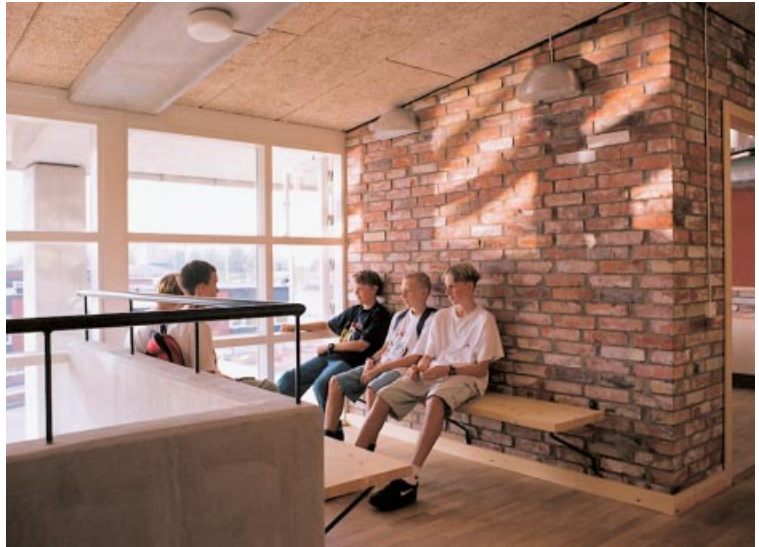
Rapporten *Byggsektorns betydande miljöaspekter*, utgiven av Byggsektorns Kretsloppsråd, slår fast att energianvändningen under förvaltningsskedet har den största miljöpåverkan. *Hela 85 procent av den energi, som totalt används för en byggnad under dess livstid, används i förvaltningsskedet*, se figur 1. Energibesparingar i detta skede bör således stå i fokus.

Effektuttagen i Sverige som helhet varierar avsevärt över dygnet och över året. Eftersom byggnaderna i landet står för en stor del av den totala belastningen skulle mycket vara vunnet om effekttopparna kunde minska, vilket de också kan. Genom att utnyttja det tunga husets värmelagringsförmåga kan man bidra till att sänka effekttopparna på elnätet, vilket innebär en bättre användning av resurserna för samhället och också en stor vinst för miljön.

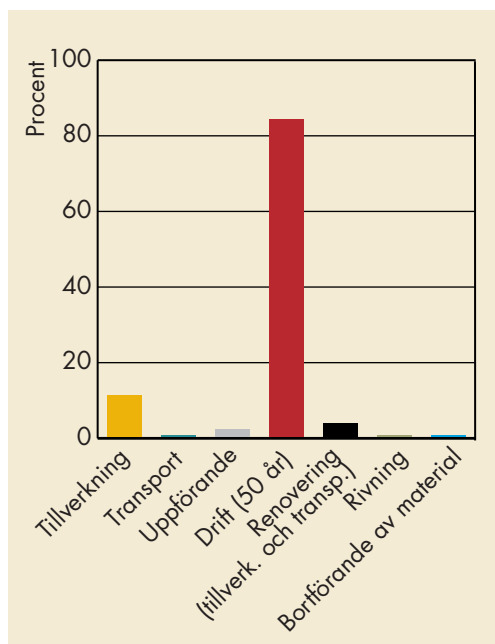
Tunga hus med väggar, golv och tak av exempelvis tegel och betong kan också bidra till ett bättre inomhusklimat. Höga temperaturer påverkar människans prestationsförmåga negativt, vilket kan innebära illamående, trötthet, minskad arbetsprestation och ökad risk för olycksfall. Ett tungt hus kan göra inomhustemperaturen mer stabil, utan att man behöver installera dyr kylutrustning.

Den här skriften beskriver hur tunga material kan användas i en byggnad för att få bättre inomhusklimat och lägre energianvändning. Hur materialens egenskaper kan utnyttjas på bästa sätt redovisas också.

För att förstå hur man kan utnyttja de tunga materialens fördelar krävs det att viktiga



begrepp som värmebalans, värmeförlust och värmelagring klarläggs. *Men dessutom krävs en helhetssyn på byggnaden där material, konstruktioner, geometri och inte minst byggnadens styr- och reglersystem samverkar.* I de flesta fall är det byggherren och projektören som har störst möjlighet till överblick över planerings- och byggprocessen. Det är en god helhetssyn som leder till en väl fungerande byggnad med en inbyggd tunghet som kan lagra värme. Därför riktar sig denna skrift främst till byggherrar och projektörer.



Figur 1.

Ungefär 85 procent av den totala energianvändningen under en byggnads livslängd används under förvaltningsskedet (Adalberth, 2000). Endast 15 procent av energin används vid tillverkning av material, renovering etc. Figuren visar energianvändningen i ett flerbostadshus.

Värmebalans för en byggnad



tors- och industrilokaler). Det finns tre viktiga faktorer som bestämmer en byggnads inomhustemperatur: *lagrad värme*, *värmeförlust* och *värmeförlust*. En tung byggnad, i det här avseendet en byggnad med förmåga att lagra mycket värme, fungerar annorlunda än en lätt byggnad, med i övrigt samma värmeisoleringsgrad och ventilation.

Energi- eller värmebalans måste råda i en byggnad, se figur 2. Det betyder att i byggnaden gäller:

i varje ögonblick:

$$\text{värmeförlust} = \text{värmeförluster} + \text{lagrad värme}$$

Den lagrade värmemängden varierar när inomhustemperaturen varierar. Eftersom inomhustemperaturen måste hållas inom ett ganska begränsat intervall, kommer den totala lagrade värmemängden att begränsas i samma utsträckning.

Den ackumulerade värmeförlusten och värmeförlusten ökar allteftersom tiden går.

Under kortare tidsperioder har byggnadens tyngd en viktig betydelse för värmeförlust i byggnaden. Orsaken till variationen i värmeförlust diskuteras i avsnittet *Värmeförlust*.

När överskott av värme råder resulterar det i första hand i att inomhustemperaturen stiger. I en tung byggnad utnyttjas byggnadsmaterialet, som är i kontakt med inneluften, som ett internt och byggnadsintegrerat värmelager, se figur 2.

Sett över en lite längre tidsperiod, till exempel en vecka, balanseras den totala värmeförlusten av en lika stor värmeförlust.

Istället för värmepumpar, fläktar och kanaler utnyttjas naturliga transport- och reglermekanismer. När inomhustemperaturen stiger och rumsluften blir varmare än omgivande material, lagras värme i materialet. När luftens temperatur sjunker under materialets temperatur avger materialet värme till rumsluften.

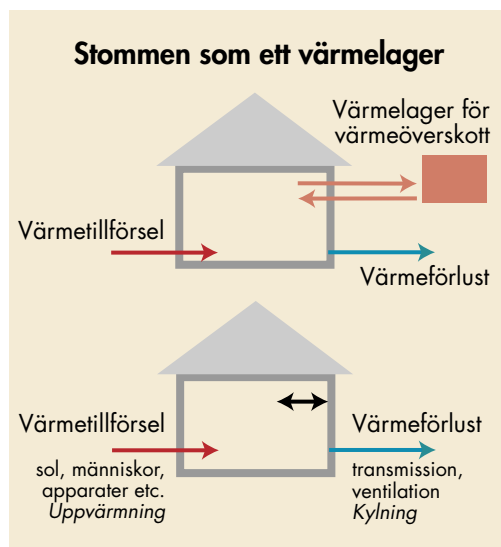
Med hjälp av byggnadsmaterialet kan värme lagras under kortare tidsperioder, från perioder med överskott till perioder med underskott. På så sätt jämnas temperaturskillnaderna ut. *Istället för att värmen förs bort genom kylning eller genom extra ventilation under överskottsperioder, kan den lagras för att användas senare, när det inte är lika*

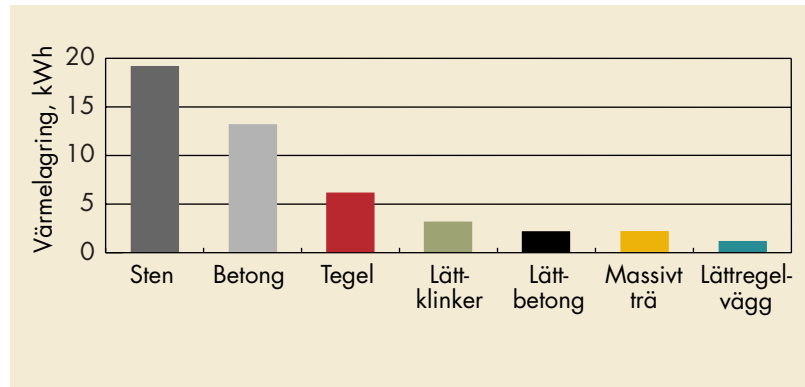
Värmelagring

Byggnader i vårt land behöver ofta uppvärmning för att kunna hålla ett behagligt inomhusklimat. Detta gäller framför allt bostäder. I vissa fall och under vissa omständigheter kan också kylning behövas (i första hand för kon-

Figur 2.

Tunga material i hus kan utnyttjas som värmelager.





Figur 3.

Lagringspotential för olika material. Maximalt möjlig värmemängd som kan lagras i en vägg med arean 100 m² vid en inomhustemperaturvariation på ± 1 °C över dygnet. Lättregelväggen är en sammansatt konstruktion med dubbla gipsskivor, mineralull och lättreglar.

varmt. Samma sak fast omvänt gäller för kyla: istället för att värma bort kylan lagras den och används senare när den behövs. Genom värmelagringen utjämnas variationer i rumstemperaturen på ett naturligt sätt, vilket inte bara sparar energi utan också ger en ökad termisk komfort.

Det finns en rad olika faktorer som avgör hur väl byggnadsmaterialen kan utnyttjas för att lagra värme.

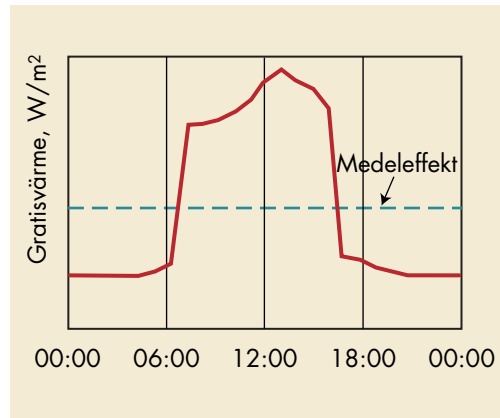
Som vi redan konstaterat varierar inomhustemperaturen och därmed också tempera-

turen i de material som är i kontakt med inne-luften. Den här temperaturvariationen ger i en tung byggnad upphov till värmelagring. Vilka material som används och hur byggnaden utformas är viktigt för hur effektiv värmelagringen kan bli. Materialets maximala lagringskapaciteten avgörs av den massa av materialet som temperaturhöjs samt av dess värmekapacitet. Figur 3 visar hur de tunga materialen, t.ex. betong och tegel, kan lagra avsevärt mer värme än lättare konstruktioner vid samma temperaturhöjning.



Figur 4.

I en byggnad uppstår värmeförlust och värmeförlust. Detta är ett exempel på hur varmelaster kan variera över ett sommar-dygn i ett kontor.



Värmeförlust

De allra flesta byggnader får sin värme genom ett styrt värmeförlustskott från byggnadens eget uppvärmningssystem. Men värme tillförs byggnaden också okontrollerat genom människornas aktiviteter eller genom solen.

Interna varmelaster kan vara en stillasittande människa som avger cirka 100 W, modern belysning som avger omkring 10 W/m² (i kontor eller skola) eller en dator som avger ungefär 100 W.

Interna varmelaster beror på den verksamhet som pågår i byggnaden. I kontor är den okontrollerade värmeförlusten ofta hög eller mycket hög, beroende på att där finns god belysning, gott om datorer och övriga kontorsapparater. I skolor har de interna varmelasterna tidigare dominerats av belysning och människor, men idag bidrar även ökningen av antal datorer till värmen. Både på kontor och i skolor är de interna varmelasterna koncentrerade till dagtid.



I bostäder bidrar människor, belysning och olika hushållsapparater till den okontrollerade värmeförlusten. Lasterna i bostäder är relativt låga och utspridda över dygnet. *Generellt ökar de interna varmelasterna successivt eftersom det blir allt vanligare med datorer på kontor, i skolor och i bostäder.*

Värmeförluster

Värmeförluster från en byggnad sker främst genom transmission (värme som leds genom klimatskalet) och via ventilation. Transmissionsförlusterna beskrivs med U-värdet, W/(m² · K). Ventilationsförlusterna är förhållandevis stora jämfört med transmissionsförlusterna, speciellt i välisolerade byggnader. Dessa förluster kan minskas genom värmeåtervinning ur ventilationsluften, se avsnittet *Ventilation* sidan 10. Ibland kan man behöva öka värmeförlusterna och kyla byggnaden för att få ett bra inomhusklimat.

Värmeöverföring

När värme går från luften till byggnadsmaterialet, eller tvärtom, finns ett överföringsmotstånd i ytan mellan luft och material. Graden av motstånd beror på ytmaterialets färg och struktur, luftförelser och temperaturer på ytan och på omgivande ytor samt luftens temperatur. Ju mindre ytmotståndet är, desto bättre kontakt har luftens temperatur med väggens temperatur och därmed kan väggens lagringsförmåga utnyttjas bättre. Värmeöverföringen mellan luften och byggnadens tunga material kan störas av ytskikt med värmeisolerande verkan, t.ex. undertak eller golvbeläggningar.

Varför tunga byggnader

Stabilt inomhusklimat

Temperaturen i en tung byggnad varierar mindre än i en lätt, vilket också innebär att maximitemperaturen sommartid blir lägre. Installationer för kylning av byggnaden kanske helt kan undvikas.

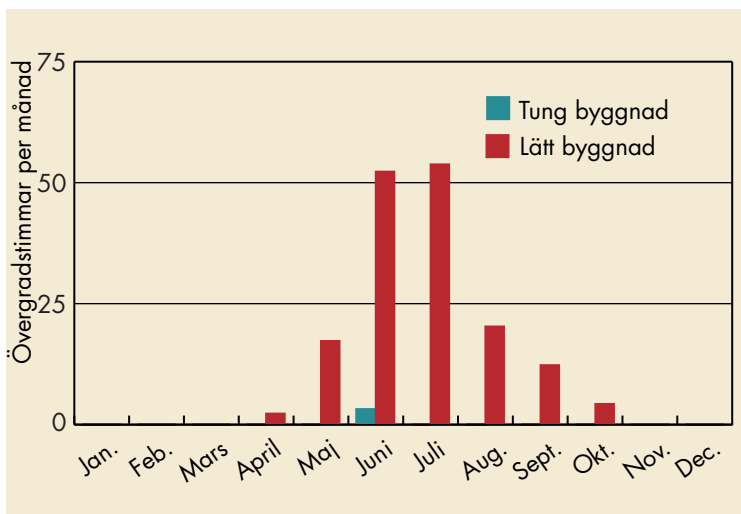
De goda effekterna av värmelagring i tunga hus bygger emellertid på att temperaturen tillåts variera ett par grader över dygnet, så att värme kan lagras och avges från byggnadsmaterialen. Detta är normalt ingen inskränkning av komforten och är försumbart jämfört med den variation av temperaturen som uppkommer varma sommardagar i lätta hus.

För bostäder är det tunga husets största fördel att man kan hålla en jämnare inomhustemperatur utan avancerade installationer. Antalet timmar med alltför höga temperaturer i bostaden begränsas. En jämförelse har gjorts mellan två radhus: ett med träregelstomme och ett med kanalmurar av 1/2-stens tegel och mellanliggande isolering av mineralull. Antalet timmar med temperaturer över komfortintervallet, dvs. över 26 °C, är betydligt färre för det tunga radhuset än för det lätta, se figur 5. I det tunga radhuset är det endast några få timmar i juni då det blir alltför varmt. I det lätta radhuset blir det ofta för varmt i perioden mellan april och oktober.

Lägre effektbehov

En lätt byggnad reagerar snabbt på väderomslag och värmesystemet måste därför klara den låga utomhustemperatur som kan inträffa under korta perioder. En tung byggnad reagerar långsammare och kylan tränger in först efter en längre sammanhängande kall period då medeltemperaturen ute är högre än medeltemperaturen under kortare perioder. Denna egenskap som karakteriserar en byggnads reaktion på plötslig temperaturdifferens kan beskrivas med byggnadens tidskonstant, se *Ordlista*.

Baserat på en byggnads tidskonstant kan dimensionerande utomhustemperatur (DUT) för värmesystem väljas enligt svensk standard SS 02 43 10. Till exempel kan DUT enligt denna standard vara -20 °C för en lätt bygg-



nad och under vissa förutsättningar endast -6 °C för en mycket tung byggnad. I detta fall behövs därför för en tung byggnad bara cirka 2/3 av den värmeeffekt som krävs för en lättare byggnad. Detta påverkar dessutom energibehovet, då en större tillgänglig effekt ofta leder till slöseri med energi.

Figur 5.

Exempel på termiskt klimat i en bostad. Antal övergradstimmar, dvs. timmar med högre inomhustemperatur än 26 °C. (Hagentoft och Svensson, 2000.)

Mer energieffektivt

Tung byggnadsteknik med låga U-värden, god lufttäthet, genomtänkt styrstrategi och där man tillvaratar tillskottsvärmen istället för att kyla eller ventilera bort den, ger möjlighet till energieffektiva byggnader. Detta är en viktig förutsättning för att bygga miljövänligt.

I Boverkets Byggregler, BBR, ställs krav som skall begränsa en byggnads energibehov. Genom att göra en energibalansberäkning kan man visa värmelagringsförmågans inverkan på energibehovet i byggnaden. Denna beräkning kan t.ex. utföras med beräkningsprogrammen DEROB-LTH eller IDA.

Att bygga med tunga material ger:

- Stabilt inomhusklimat
- Lägre effektbehov
- Större energieffektivitet

Design av tunga byggnader



God omsorg krävs vid projektering och byggande för att det skall gå att utnyttja de fördelar som det tunga byggandet erbjuder. Är man noga med detaljer och tillämpar ett helhets-tänkande ger den tunga byggnaden en bättre termisk komfort samtidigt som den är mer energieffektiv än en lättare byggnad.

Vägg tjocklek

Det är de yttersta 10 till 15 cm av en byggnadsdel som påverkas av dygnsvariationer i temperaturen, se figur 6. Detta inträngningsdjup bestäms, förutom av temperaturvariationens varaktighet, av materialets värmeledningsförmåga, λ [W/(m · K)], och värmekapacitet, C (J/K). Med hjälp av dessa materialparametrar kan man beräkna inträngningsdjupet. För att en byggnad skall kunna utnyttja de

tunga materialen maximalt krävs att materia- len minst har denna tjocklek. Konstruktioner byggda med tunga material har normalt minst denna tjocklek. Är materialen tjockare än inträngningsdjupet påverkar inte detta väg- gens förmåga att lagra värme.

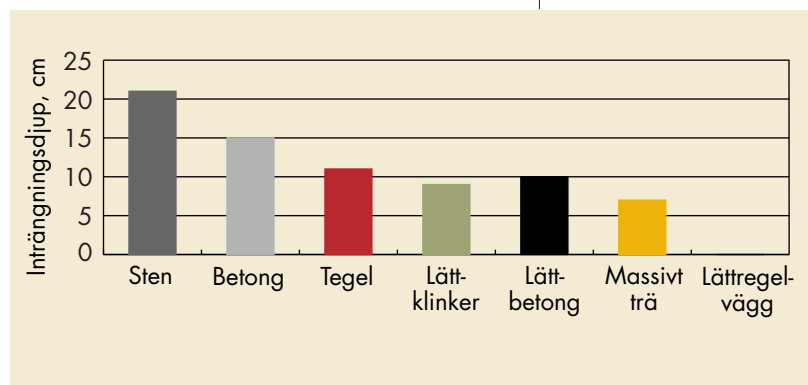
Exponerad yta och ytmotstånd

Ju större materialyta som kommer i kontakt med temperaturförändringarna, desto större volym av materialet kan hjälpa till att lagra värme. Därför är det viktigt att ha stora exponerade ytor, t.ex. väggar, där de tunga materi- alen exponeras fritt för rumsluften.

Eftersom det bara är de yttersta delarna av väggen som kan hjälpa till att lagra värme, är

Figur 6.

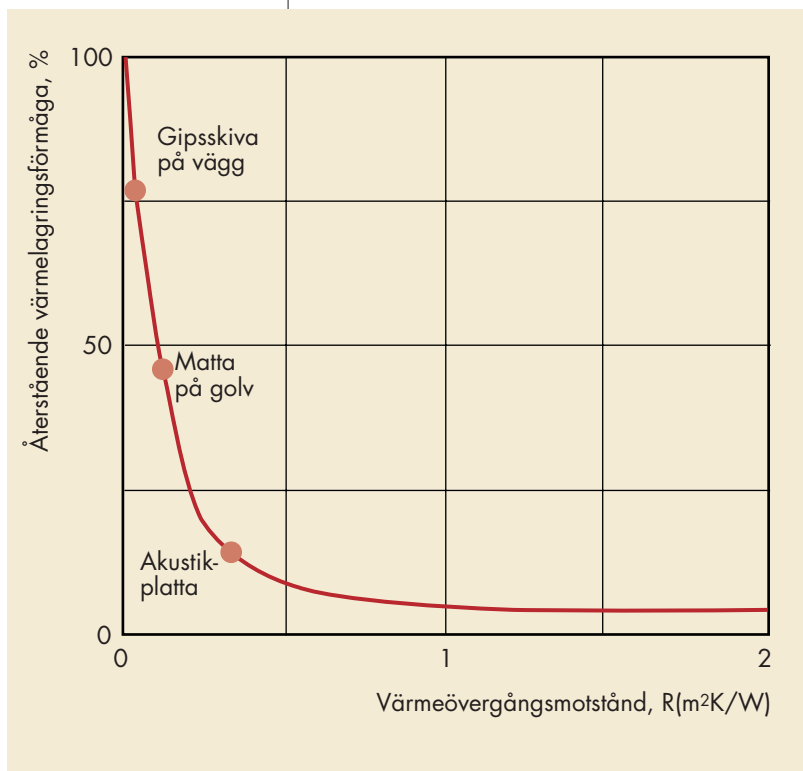
Inträngningsdjup för dygnsvariationer av temperatur i en byggnad. Inträngningsdjupet visar hur stor del av vägg tjockleken som bidrar till värmelagring under dygnet i en byggnad.



det viktigt att materialen som kommer i kontakt med inomhusluften är goda värmelagrare. Om den tunga väggen är täckt av t.ex. en akustikskiva eller om golvet är täckt av en tjock heltäckningsmatta, fungerar skivan och mattan som värmeisolering och hindrar inomhusluftens temperatur att komma i kontakt med väggen, se figur 7. På så sätt går delar av väggens värmelagrande förmåga förlorad.

Fönster och solinstrålning

Solinstrålning genom fönster kan ge mycket värme till byggnaden. Värmetillflöde kan vara positivt ur energisynpunkt, men medför ofta för höga inomhustemperaturer. Vid stora fönsterareor i öst-, väst- eller söderläge kan inomhustemperaturen bli mycket hög en solig dag. Fönster ger inte heller någon dämpning, vilket innebär att variationer i omgivande temperaturer betyder en omedelbar förändring av värmeflödet till eller från byggnaden. I en lätt byggnad finns knappt någon dämpning av det stora värmeflöde som solinstrålning kan innebära, medan det i en tung byggnad finns möjlighet att dämpa temperaturvariationerna och att lagra en del av den instrålade värmen. Eftersom solinstrålningen är koncentrerad till dagtid är det extra viktigt att värmen kan lagras till natten då den behövs bättre.



Figur 7.

Andel av väggens möjliga värmelagringsförmåga som kan utnyttjas med olika ytskikt utanpå det tunga materialet. Kurvan gäller för betong.

Ventilation

Ventilationsförlusterna motsvarar en stor del av den totala uppvärmningsenergin. Man brukar uppskatta energibehovet för ventilation och transmission i det befintliga bostadsbeståndet till lika stora (Svenska kommunförbundet, 1996). För skolor och kontor bedöms energibehovet för ventilation vara ännu större, ungefär 70 procent större än energibehovet för transmission. Nya byggnader använder mindre energi totalt sett än äldre byggnader och med värmeväxling minskar ventilationens inflytande något.

För att ventilationen skall bli effektiv måste man sträva efter så täta konstruktioner som möjligt. Förutom otätheter i ytterväggen kan stora otätheter dölja sig i en byggnads inre. Detta gäller i synnerhet för stommar, där otäta kanalgenomföringar mellan våningsplan och till ventilationsschakt gör att byggnaden får ett

självdra system parallellt med till- och frånluftsv ventilationen. Detta kan förändra lufttrycket i byggnaden och leda till oönskade energiförluster. *Med väggar och bjälklag av betong eller murade putsade väggar uppnås enkla, naturliga lösningar, som utan extra kostnader säkerställer tätheten under byggnadens hela brukstid.*

Nästan alla skolor och kontor har förvärmad tilluft. Förvärmning av tilluften är oftast nödvändig för att det inte skall dra kallt och åstadkoms ofta genom en värmeväxlare. Men förvärmning av luften innebär också en större risk för höga inomhustemperaturer även under uppvärmningssäsongen, eftersom det ibland tillsätts mer värme än vad som behövs för uppvärmningen. I en tung byggnad kan denna extra värme lagras och användas då den behövs. *Det innebär att energi- och komfortfördelarna med tunga byggnader är aktuella även under uppvärmningssäsongen.*



Nattventilation

När det är varmt utomhus kan en ökad ventilation användas för att kyla byggnaden. I en tung byggnad kan nattventilation vara mycket effektiv. Genom att kyla ner byggnaden på natten med kylig uteluft kan värmen ”kramas ur” byggnadsmaterialen och man slipper höga temperaturer dagtid. Detta innebär att den termiska komforten blir bättre och att endast minimal energi (fläktar) åtgår till att kyla ner byggnaden. I en lätt byggnad finns inte den värmetröghet som kan lagra nattens svalhet till dagen och byggnaden blir snabbt uppvärmd igen.

Styrsystem för värme och ventilation

Många av dagens byggnader är installations-täta med installationer som reglerar hur byggnaden fungerar. Denna reglering påverkar i hög grad byggnadens förmåga till värmelagring. Byggnadens styrsystem för ventilation och värme är alltså väsentligt för vilka fördelar man kan få ut av tung byggnadsteknik.

En förutsättning för att kunna utnyttja en tung byggnads fördelar är att temperaturen tillåts variera inomhus. Om temperaturen inte får variera går det inte att lagra värme i byggnaden. Den mängd värme som kan lagras i byggnaden är proportionell mot den temperaturvariation som tillåts i byggnaden, ju större temperaturvariation, desto mer värme lagras och avges.

Om uppvärmningssystemet av någon anledning slutar fungera under en kort period, kan den tunga byggnaden överbrygga detta avbrott på ett helt annat sätt än den lätta bygg-

naden. Under kortare tidsperioder behöver brukarna inte märka avbrottet.

Ekonomiska besparingar kan i vissa fall göras genom att ladda byggnaden med värme nattetid (om billig natttaxa erbjuds). Den inladdade värmen kan sedan utnyttjas under dagtid då eltaxan är högre. Detta är givetvis ingen energibesparande åtgärd, men den har ekonomiska fördelar för fastighetsägaren och kan, i ett samhällsperspektiv, minska effektbehovet.

En uppskattning av hur mycket värme som kan lagras kan fås från värden i figur 3 på sidan 5. Om temperaturvariationen i rummet är ± 1 °C under dygnet gäller värdena i figuren. Är temperaturvariationen dubbelt så stor blir också lagrad värme dubbelt så stor.

Exempel på lösningar: TermoDeck

För att ytterligare dra nytta av det tunga byggandet kan man använda sig av klimatsystemet TermoDeck. Det är ett ventilationssystem som kraftigt minskar behovet av installationsutrustning.

TermoDeck tar tillvara den tunga byggnadens värmekapacitet. Tilluften passerar ett labyrintsystem i betongbjälklaget innan det når rummet. Beroende på utomhustemperatur och intern värmelast används kyld eller värmd tilluft. Denna anpassar temperaturen hos tak- och golvytor så att inomhustemperaturen blir stabil och behaglig. Tilluftens temperatur, efter att den gått genom bjälklaget, ligger nära rumsluftens temperatur, vilket resulterar i en dragfri inblåsning. Labyrintsystemet dämpar effektivt ventilationsljudet och inblåsningen är ljudlös.

Några beräkningsexempel



Det är bra att i förväg kunna förutsäga funktionen hos en byggnad. Det finns flera olika beräkningsmetoder och program som räknar ut temperaturer och energianvändning i byggnader.

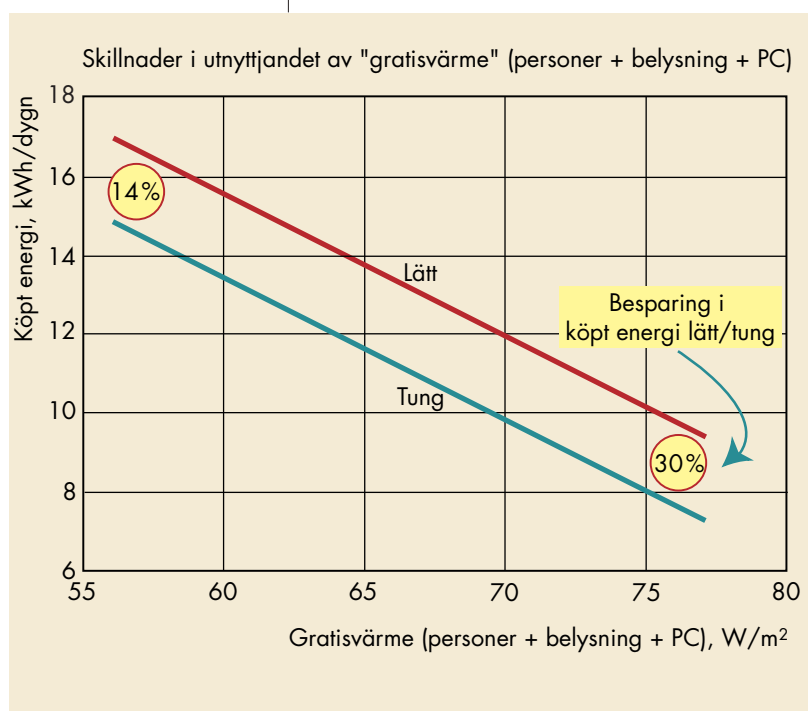
Nedan presenteras ett exempel på energianvändning och inomhustemperaturer och dess beroende av byggnadens tunghet och värmelaster. Beräkningarna har gjorts med EN832, som är en handberäkningsmetod, Europastandard för beräkning av energianvändning i byggnader med hänsyn till byggnadens tunghet, samt med simuleringsprogrammen DEROB-LTH och IDA. De två senare är simuleringsprogram för beräkning av energianvändning och inomhustemperaturer timme för timme.

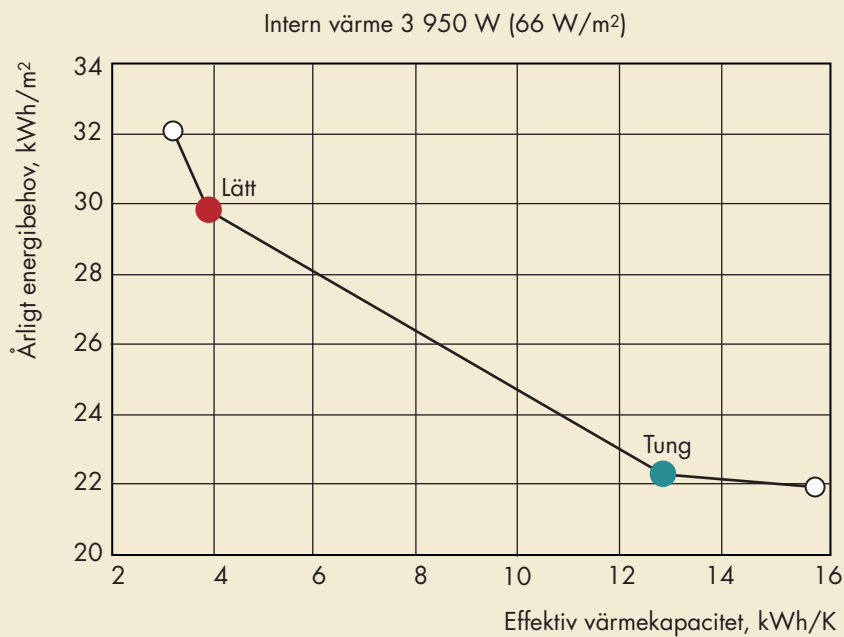
Exemplen baseras på ett klassrum på 60,2 m² i en skolpaviljong. Det ligger mot söder med 7,2 m² fönsteryta. Byggnaden är isolerad enligt gällande norm. Ventilationen 7 liter/s per person. Resultaten presenteras i figurerna 8, 9 och 10.

Det finns ett flertal andra studier av energianvändning och inomhusklimat i tunga och lätta byggnader. Exempelvis redovisas i Norén, Akander, Isfält och Söderström, 1999 en jämförelse mellan tung och lätt bostad med cirka 14 procent skillnad i energianvändning.

Figur 8.

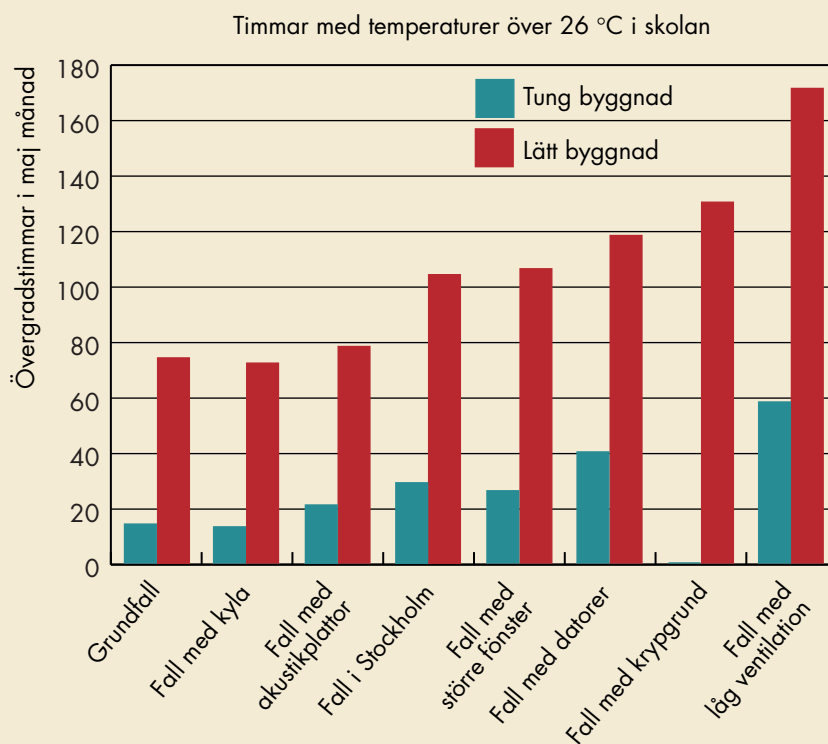
Ett klassrum med interna värmelaster simulerades under vintern för två fall: tung och lätt byggnad. För båda fallen varierar behovet av köpt energi för uppvärmning beroende på interna värmelaster, i detta fall personer, belysning och datorer. (Mao och Isfält, 2000.)





Figur 9.

Ett klassrum med en intern värmelast från personer, belysning och datorer på 66 W/m² simulerades för att studera hur konstruktionens tyngd påverkar det årliga energibehovet. Den interna värmelasten motsvarar t.ex. 26 elever, 8 datorer och normal belysning. (Andersson och Isfält, 2000.)



Figur 10.

Ett klassrum med interna värmelaster simulerades för att studera inomhus-temperaturen. Antalet timmar med temperaturer över 26 °C under maj månad studerades. Maxtemperaturerna blev markant lägre med en tung konstruktion. (Hagentoft och Svensson, 2000.)

Att tänka på!

- 85 procent av en byggnads energikonsumtion och miljöpåverkan uppstår i förvaltningsskedet. Fokusera på detta skede, när miljövinster skall göras!
- Värmeöverskott i form av solinstrålning, datorer, kopiatorer, människor osv. gör att en tung byggnad ger energi- och miljövinster. Dessa överskott har på senare tid ökat, allteftersom antalet datorer, maskiner, apparater och belysningsintensitet har ökat.
- I skolor, kontor och industrier kan störst energivinster göras med en tung byggnad, eftersom de interna värmelasterna ofta är höga och starkt koncentrerade till dagtid.



- Bättre termisk komfort fås automatiskt i bostäder, skolor och på kontor, när man använder tunga stommar.
- En tung byggnad reagerar långsammare på temperaturändringar och behöver därför inte ha så hög anslutningseffekt för att hålla en relativt konstant inomhustemperatur.

- Apparatur för klimatisering är dyrbar att installera och driva samt ekologiskt belastande. Med tunga byggnader, som utnyttjar stommens värmelagrande förmåga, minskar omfattningen av insatta resurser för klimatisering vid såväl investering som drift.
- Tungna byggnader kan främst lagra dygnsvariationer. Konstruktioner som skall lagra värme bör vara 10 till 15 cm tjocka.
- Byggnadens styrstrategi för värme och ventilation är av stor betydelse för hur väl de tunga materialen kan utnyttjas, t.ex. måste smärre temperaturvariationer tillåtas.
- Exponera de tunga materialen för inomhusluften. Värmeisolerande skikt reducerar möjligheter att värmelagra i byggnadsmaterialen.
- Dagens moderna byggande med låga U-värden och få köldbryggor i klimatskalet skapar bättre förutsättningar för att utnyttja de tunga materialens fördelar.
- Nattventilation kan vara ett energieffektivt sätt att kyla en tung byggnad.
- Det finns olika typer av aktiva ventilationslösningar som utnyttjar den tunga stommen, exempelvis TermoDeck.

Ordlista

Begrepp	Förklaring
Densitet	Materialets vikt per volym. Anges i kg/m^3 .
Effekt	Energi per tidsenhet. Anges i W ($= \text{J/s}$).
Energianvändning	Den energi som byggnaden kräver under en viss tid. I denna skrift talar vi om energianvändning för uppvärmning. Anges i kWh .
Gratisvärme	Används ibland för att beteckna de värmetillskott som tillförs byggnaden oavsett uppvärmningsbehov, dvs. värme från människor, maskiner, belysning, solinstrålning etc. Anges i W .
Inomhustemperatur	Inomhusluftens temperatur om inget annat anges.
Interna värmetillskott	Betecknar de värmetillskott som tillförs byggnaden oavsett uppvärmningsbehov, dvs. värme från människor, maskiner, belysning etc. Anges i W .
Klimatskal	Den del av byggnaden som gränsar mot ute, mark eller ouppvämt utrymme: dvs. väggar, fönster, ytterdörrar, golv och tak.
Köpt energi	Den energi som måste tillföras byggnaden utifrån under någon viss tid, t.ex. år. Anges i kWh .
Operativ temperatur	Ett medelvärde av luftens temperatur och de omgivande ytornas temperatur.
Tillförd värme	Den effekt från en värmeanläggning som tillförs för att styra inomhustemperaturen mot ett önskat värde. Anges i W .
Transmission	Värmeledning ut genom de olika byggnadsdelarna. Anges i W/m^2 .
Tungt byggande	Byggnad där material med stor värmekapacitet i stor utsträckning är exponerade mot inomhusluften. Det finns ingen väldefinierad gräns mellan tungt och lätt byggande, men ju större värmekapacitet desto tyngre byggnad, se t.ex. figur 3.
Tidskonstant	Ett mått på den tid det tar för byggnadens inomhustemperatur att reagera på en hastig temperaturförändring utomhus eller ett avbrott i värmetillförseln. Kort tidskonstant betyder att byggnaden påverkas relativt snabbt av omgivningen. Ju långsammare byggnaden påverkas ju längre blir tidskonstanten. Betecknas τ och anges i timmar (h). För mera exakt definition, bestämning och användning hänvisas till SS 02 43 10.
U-värde	Värmegenomgångskoefficient anger den isolerande egenskapen hos en byggnadsdel. Anges i $\text{W/m}^2\text{K}$.
Verkningsgrad	Effektiviteten hos värmeåtervinning beskrivs med en verkningsgrad som kan vara mellan 0 och 1, där 1 motsvarar att all värme återvinns. Vanlig årstemperaturverkningsgrad för en roterande värmeväxlare är upp till 70 procent.
Värmekapacitet	Den värmemängd som åtgår för att höja materialets temperatur 1 K (dvs. 1°C). Anges som värmekapacitet J/K eller som värmekapacitet per massenhet J/kgK .
Värmeledningsförmåga	Ett materials förmåga att leda värme in i materialet. Betecknas λ och mäts i W/mK .

Referenser

Dimensioneringsverktyg:

DEROB-LTH, Byggnadskonstruktionslära, LTH.

EN 832:1995, Thermal performance of buildings – calculation of energy use for heating – residential buildings, CEN, Bryssel, 1998.

IDA Simulation Environment, EQUA Simulation Technology Group, Stockholm.

Adalberth K., 2000, *Energy Use and Environmental Impact of New Residential Buildings*, avdelningen för Byggnadsfysik, LTH, Rapport TVBH-1012.

BBR, *Boverkets byggregler*, 1999, Boverket, Karlskrona.

Byggsektorns Kretsloppsrad, 2000, *Byggsektorns betydande miljöaspekter*,
www.kretsloppsradet.com

Energimyndigheten, 1999, *Energiläget 1999*, ET 81:1999, www.stem.se

Hagentoft C.-E., Svensson C., 2000, *Tunga byggnader – vilka fördelar har de?*, J&W Energi och Miljö, Stockholm.

Andersson L.-O., Isfält E., 2000, *Kompletterande jämförelser mellan tungt och lätt klassrum*, KTH, Stockholm.

Mao G., Isfält E., 2000, *Calculation of annual energy use for heating*, KTH, Stockholm.

Norén, Akander, Isfält, Söderström, 1999, *The effect of thermal inertia on energy requirement in a Swedish building – results obtained with three calculation models*, International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings, Vol. 1.

Svenska kommunförbundet, 1996, *Energihushållning*, ISBN 91-7099-262-2, Kommunförbundet, Stockholm.

Platsgjutna stommar. Ekonomi, tider kvaliteter, s. 58–67, BetongBankens CD.



CEMENTA

Box 144, 182 12 Danderyd Telefon 08-625 68 00 Telefax 08-625 68 98
E-post danderyd@cementa.se Hemsida www.cementa.se