

Effekten av termisk massa på livscykelprimärenergibalansen i en byggnad med betong- respektive trästomme

Effect of thermal mass on life cycle primary energy balances of a concrete- and a wood-frame building*

Ambrose Dodoo, Leif Gustavsson, Roger Sathre

Linnaeus University, 35195 Växjö, Sweden

Introduction

Introduktion

Byggnaders energiprestanda beror av samverkan mellan flertalet faktorer, inklusive byggmaterialets termiska massa. En omfattande analys av vilken effekt den termiska massan har på en byggnads energianvändning behöver inkludera alla aktiviteter under byggnadens hela livscykel, och hela energikedjor. I den här artikeln jämför vi en byggnad med bärande stomme i trä med en byggnad med bärande stomme i betong för att undersöka vilken effekt den termiska massan har på byggnadens livscykelprimärenergianvändning.

The energy performance of a building depends on the interaction of several parameters including the thermal mass of building material. A comprehensive analysis of the effect of thermal mass on building energy use needs to include all building life cycle activities and the full energy chains. Here we compare the building with structural frames made of wood or concrete to explore the effects of thermal mass on the life cycle primary energy use of the buildings.

Methods

Metoder

Vår analys bygger på två funktionellt likvärdiga versioner av ett flerbostadshus, med en i ena fallet bärande stomme av betong och en i andra fallet bärande stomme av trä. Vi använder dessa byggnader som referensbyggnader, utifrån vilka vi modellerar ändringar för att möta energikraven enligt nuvarande byggnorm och Passivhusstandard. Byggnaderna analyseras under tre olika uppvärmningssystem; kraftvärmebaserad fjärrvärme, direktverkande el eller värmepump. Antagen teknik för samproduktionen av fjärrvärme och elektricitet och för separat elproduktion är ångturbinteknik med biomassa som bränsle (BST). Vår analys täcker byggnadernas primärenergianvändning under produktion, användnings och slutfas, och inkluderar detaljerad modellering av värmeflödena i byggnadernas sammansättning och effekten av termisk massa timme för timme under byggnadernas användningsfas.

Our analysis is based on functionally equivalent versions of an apartment building with either a concrete or wood structural frame. We use the original buildings as reference, to which we model changes to achieve new buildings that meet the energy requirements of the Swedish current code or passive standard. We analyze cases where the buildings are heated with cogeneration-based district heat, electric resistance heaters or heat pump. The cogeneration of district heat and stand-alone electricity for resistance heaters and heat pump are produced with biomass-based steam turbine (BST) technology. Our analysis encompasses the production, operation and end-of-life phases primary energy use, and include detailed hour-by-hour modelling of the heat flows in the building mass configurations and the effect of thermal mass during the operation phase of the buildings.

Results

Resultat

* Den här artikeln är en utökad sammanfattning av en tidskriftsartikel: Dodoo A., Gustavsson L. and Sathre R. 2012. Effect of thermal mass on primary energy balances of a concrete and a wood-frame building. *Applied Energy*, pp 462-472.

This paper is an extended summary of a journal article: Dodoo A., Gustavsson L. and Sathre R. 2012. Effect of thermal mass on primary energy balances of a concrete and a wood-frame building. *Applied Energy*, pp 462-472.

Figur 1 visar årlig primärenergianvändning för uppvärmning av byggnaderna i olika geografiska lägen och med olika uppvärmningssystem. Resultaten visar att valet av uppvärmningssystem påverkar byggnadernas primärenergianvändning markant. På grund av den termiska massan är skillnaden i primärenergianvändning under användarfasen inte signifikant mellan byggnaden med betongstomme och byggnaden med trästomme.

Figure 1 shows the annual primary energy use for space heating the buildings in various locations with different heat supply systems. The results show that the choice of heat supply system significantly affects the space heating primary energy use of the buildings. The difference between the operation primary energy of the concrete- and wood-frame buildings is due to thermal mass not significant.

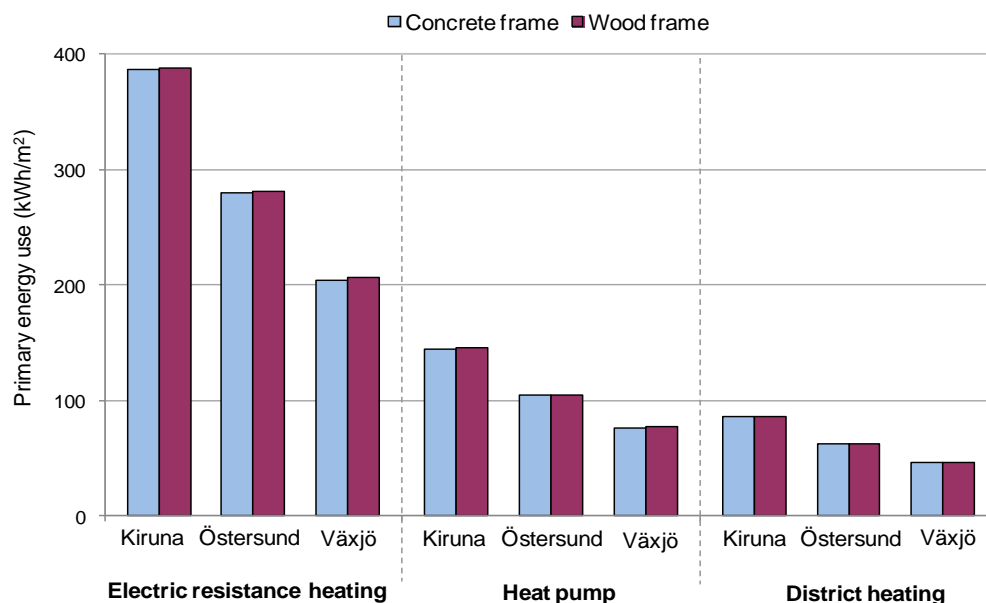


Figure 1. Annual primary energy use for space heating of the reference buildings in three locations with different heating systems. District heating is based on 85% CHP.

Figur 1. Årlig primärenergianvändning för uppvärmning av referensbyggnaderna i tre geografiska lägen och med olika uppvärmningssystem. Fjärrvärmens baseras på 85 % CHP.

Tabell 1 visar primärenergianvändningen under produktion, 50 års användning och slutfas för de fjärrvärmade byggnaderna med betong- respektive trästomme. Träbyggnadens lägre primärenergianvändning under produktionsfasen och fördelar i slutfasen mer än uppväger den extra primärenergianvändningen under användarfasen, och således har byggnaden med trästomme omkring 4-5 % lägre primärenergibalans än byggnaden med betongstomme.

Table 1 shows the production, 50 years operation and end-of-life primary energy use of the concrete- and wood-frame district-heated buildings. The lower production primary energy use and greater end-of-life benefits of the wood-frame building more than offset its additional operation primary energy use, and thus, the wood-frame building has about 4-5% lower primary energy balance than the concrete-frame building.

Tabell 1. Primärenergianvändning och balans (kWh/m²) för fjärrvärmade byggnader i Växjö. Energitillförseln baseras på BST teknologi.

Table 1. The primary energy use and balance (kWh/m²) for district-heated buildings in Växjö. The energy supply is based on BST technology.

Description	Reference	Current code	Passive standard
-------------	-----------	--------------	------------------

* Den här artikeln är en utökad sammanfattning av en tidskriftsartikel: Dodoo A., Gustavsson L. and Sathre R. 2012. Effect of thermal mass on primary energy balances of a concrete and a wood-frame building. *Applied Energy*, pp 462-472.

This paper is an extended summary of a journal article: Dodoo A., Gustavsson L. and Sathre R. 2012. Effect of thermal mass on primary energy balances of a concrete and a wood-frame building. *Applied Energy*, pp 462-472.

	Concrete frame	Wood frame	Concrete frame	Wood frame	Concrete frame	Wood frame
<i>Production energy use:</i>						
Material production	757	579	803	644	806	656
On-site construction	100	50	106	57	107	58
Total	857	629	909	701	913	714
<i>Operation energy use during 50 years:</i>						
Space heating	2268	2290	794	808	489	501
Ventilation electricity	605	605	1272	1272	1272	1272
Tap water heating	829	829	497	497	497	497
Household electricity	6684	6684	6684	6684	6684	6684
Total	10386	10407	9247	9261	8942	8954
<i>End-of-life energy use:</i>						
Demolition	10	5	11	6	11	6
Total energy use over life cycle	11253	11041	10167	9968	9866	9674
<i>Production biomass residues</i>	-208	-345	-211	-389	-211	-400
<i>End-of-life recycling and recovery:</i>						
Concrete recycling	-19	-3	-19	-3	-19	-3
Steel recycling	-96	-60	-96	-60	-96	-60
Wood recovery for bioenergy	-214	-305	-214	-333	-214	-340
Total	-537	-713	-540	-785	-540	-803
Total energy balance over life cycle	10716	10328	9627	9183	9326	8871

Discussion and conclusions

Diskussion och slutsatser

På grund av den termiska massan har en byggnad med betongstomme något lägre uppvärmningsbehov än en byggnad med trästomme. Trots det har en byggnad med trästomme lägre primärenergianvändning än en byggnad med betongstomme. Detta beror i första hand på den lägre primärenergianvändningen under produktionsfasen. Möjligheten att återvinna trä är också större i byggnader med trästomme.

A concrete-frame building has slightly lower space heating demand than a wood-frame alternative, due to thermal mass. Still, a wood-frame building has a lower primary energy use than a concrete-frame alternative. This is due primarily to the lower production primary energy use. Also the potential for wood recovery is higher for the wood-frame buildings.

Nyttan av den energibesparing som den termiska massan medför beror av byggnadens klimatmässiga läge och energieffektivitet. Den absoluta primärenergifördel som den termiska massan medför är högre när mindre effektiva uppvärmningssystem används, men ett sådant scenario ökar markant primärenergianvändningen för uppvärmning. Valet av uppvärmningssystem är mycket viktigt och bör utgöra en viktig del i ansträngningarna att skapa en energisnål byggd miljö.

The energy savings benefit due to thermal mass varies with the climatic location and energy efficiency levels of the buildings. The absolute primary energy benefit of thermal mass is higher when using less energy efficient heating systems but this considerably increases the space heating primary energy use. The choice of energy supply system is of great importance and should be an integral part of the effort to create a low-energy built environment.

Den här analysen visar att den termiska massan inverkar mycket lite på energianvändningen för uppvärmning av byggnader i nordiska klimat, och att passivhus med trästomme och CHP-baserad fjärrvärme ger en låg primärenergianvändning,

* Den här artikeln är en utökad sammanfattning av en tidskriftsartikel: Dodoo A., Gustavsson L. and Sathre R. 2012. Effect of thermal mass on primary energy balances of a concrete and a wood-frame building. *Applied Energy*, pp 462-472.

This paper is an extended summary of a journal article: Dodoo A., Gustavsson L. and Sathre R. 2012. Effect of thermal mass on primary energy balances of a concrete and a wood-frame building. *Applied Energy*, pp 462-472.

This analysis shows that the influence of thermal mass on space heating energy use for buildings located in Nordic climate is small and that wood-frame passive house with CHP-based district heating give low primary energy use.

* Den här artikeln är en utökad sammanfattning av en tidskriftsartikel: Dodoo A., Gustavsson L. and Sathre R. 2012. Effect of thermal mass on primary energy balances of a concrete and a wood-frame building. *Applied Energy*, pp 462-472.

This paper is an extended summary of a journal article: Dodoo A., Gustavsson L. and Sathre R. 2012. Effect of thermal mass on primary energy balances of a concrete and a wood-frame building. *Applied Energy*, pp 462-472.