

Optimering av byggnadsstommen med avseende på minimal uppvärmning under köldknäppar

Eva-Lotta Kurkinen

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



Koldioxid

$$= K_{12} \cdot \int_0^{\infty} \kappa_{12}(\tau) \cdot I(\tau) d\tau$$

Optimering av byggnadsstommen med avseende på minimal uppvärmning under köldknäppar

Eva-Lotta Kurkinen

Abstract

During cold periods of a year the heating demand increases. This increment results in use of the so-called marginal electricity to fulfill the comfort regulations in buildings. Marginal electricity is produced by the temporary use of power from coal and oil. Consequently this type of energy increases the carbon footprint to values higher than usual.

In this report, the theory of Dynamic Thermal Network (DTN) is used to find a function which depends on the CO₂ load, the outside temperature and the building construction thermal behavior. By combining the function with various thermal behaviors of buildings, the most efficient structure will be found from an energy perspective. Moreover the difference between a heavy weight and a light weight construction has been studied.

It turns out that the developed function is illustrative and useful in optimizing and calculating the CO₂ load on heating. It is easy to change different parameters and the thermal behavior of constructions can be directly compared against a so-called lag-integral. This makes it easy to find a construction with the most efficient thermal behavior concerning the heat losses.

This study shows that the construction with a high thermal mass (concrete wall) needs less heating during the cold periods comparing to the one constructed with low thermal mass (gypsum wall). In this case the difference is 4%.

Key words: Energiförbrukning, koldioxid belastning, köldknäppar, byggnadsstomme, viktfunktioner

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport 2012:13
ISBN
ISSN 0284-5172
Borås 2012

Innehållsförteckning

Abstract	3
Innehållsförteckning	4
Förord	5
Sammanfattning	6
1 Bakgrund	7
2 Syfte	7
3 Metod	7
4 Beräkningar	8
5 Beräkningsresultat	10
6 Slutsatser	11
7 Referenser	11

Förord

Arbetet i föreliggande rapport är en liten delstudie till ett större forskningsprojekt, Energibesparing genom utnyttjande av tunga byggnaders termiska beteende baserat på nya material, konstruktioner och värmelagringssystem. Ronny Andersson på CEMENTA tog initiativet till projektet som har finansierats av CERBOF. Följande personer har arbetat aktivt med forskningsprojektet:

Ronny Andersson, CEMENTA AB och Konstruktionsteknik LTH
Victoria Bonath, Byggkonstruktion och -produktion LTU
Mats Emborg, Byggkonstruktion och -produktion LTU
Jonathan Karlsson, Byggnadsmaterial LTH
Eva-Lotta Kurkinen, SP Borås
Ulf Ohlsson, Byggkonstruktion och -produktion LTU
Anders Rönneblad, CEMENTA AB
Lars Wadsö, Byggnadsmaterial LTH
Mats Öberg, NCC Construction AB och Byggnadsmaterial LTH

Borås, November 2012

Eva-Lotta W Kurkinen

Sammanfattning

Vid extremt kall väderlek ökar energiförbrukningen till följd av ett större uppvärmningsbehov. Detta medför att vi måste använda så kallad marginal-el för att tillgodose elbehovet i landet. Marginal-elen framställs genom att kol och oljevärmda kraftverk tas i bruk temporärt. Den här elen har därför betydligt högre klimatpåverkan än den vi normalt använder.

I den här rapporten tillämpas teorin Dynamiska termiska nätverk (DTN) för att ta fram en funktion som beror av CO₂ belastningen, ute temperaturen samt byggnadsstommens termiska beteende. Genom att kombinera funktionen med olika byggnaders termiska beteende kan den mest fördelaktiga konstruktionen hittas ur ett energiperspektiv. Skillnaden mellan en tung- och en lätt stomme har studerats.

Det visar sig att funktionen går bra att använda för att optimera och beräkna CO₂-belastning vid uppvärmning samtidigt som den är illustrativt. Det går snabbt och enkelt att byta ut olika parametrar och olika konstruktioners termiska beteende kan direkt jämföras mot en så kallad faltningsfunktion, vilket gör det enkelt att hitta det mest gynnsamma utseendet.

Det är tydligt att en konstruktion med mycket termisk massa (betongväggen) inte behöver värmas lika mycket under köldknäppar som en konstruktion med lägre termisk massa (gipsväggen). I det här beräkningsfallet är skillnaden 4 %.

1 Bakgrund

Vid extremt kall väderlek ökar energiförbrukningen till följd av ett större uppvärmningsbehov. Detta medför många gånger att vi måste använda så kallad marginal-el för att tillgodose elbehovet i landet. Marginal-elen framställs genom att kol och oljevärmda kraftverk tas i bruk temporärt. Den här elen har därför betydligt högre klimatpåverkan än den vi normalt använder. Det är därför av stor vikt att vi i möjligaste mån försöker undvika dessa så kallade effekttoppar. Flera studier har visat att byggnader med lång tidskonstant inte bidrar till dessa effekttoppar i lika hög utsträckning som byggnader med en kort tidskonstant. En byggnad med tung stomme har i regel en lång tidskonstant.

2 Syfte

Syftet med studien är att med hjälp av teorin Dynamiska termiska nätverk (DTN) ta fram en funktion som beror av CO₂ belastningen och en känd ute temperatur. Genom att kombinera funktionen med olika byggnaders viktfunktion¹ kan den mest fördelaktiga konstruktionen hittas ur ett energiperspektiv.

3 Metod

Enligt DTN kan transmissionsförlusten genom en byggnad uttryckas enligt ekvation (1).

$$Q_1(t) = \int_0^{\infty} \kappa_{12}(\tau) \cdot K_{12} \cdot [T_1 - T_2(t - \tau)] d\tau \quad (1)$$

Vi antar att innetemperaturen är helt konstant. Vi har då möjlighet att bryta ut viktfunktionen, $\kappa_{12}(\tau)$, ur ekvationen. CO₂ belastningen är energimixen gånger värmeförlusten, se ekvation (2).

$$Koldioxid = \int_0^{t_y} p(t) \cdot Q_1(t) dt \quad (2)$$

Vi vill undvika att värma våra byggnader under extremt kall väderlek. Genom att låta CO₂ belastningen vara extra högt under köldknäpparna kan vi se vilken konstruktion som bidrar till lägst CO₂-utsläpp dvs vilken som har lägst energibehov under köldknäpparna. Klimatdatan multipliceras med energimix-funktionen, $(p(t))$, och vi får en så kallad faltningsfunktion som vi direkt kan jämföra med byggnadens viktfunktion (3). Vi söker en konstruktion där summan av viktfunktionen och faltningsfunktionen blir så liten som möjligt (4).

$$I(\tau) = \int_0^{t_y} p(t) \cdot [T_1 - T_2(t - \tau)] dt \quad (3)$$

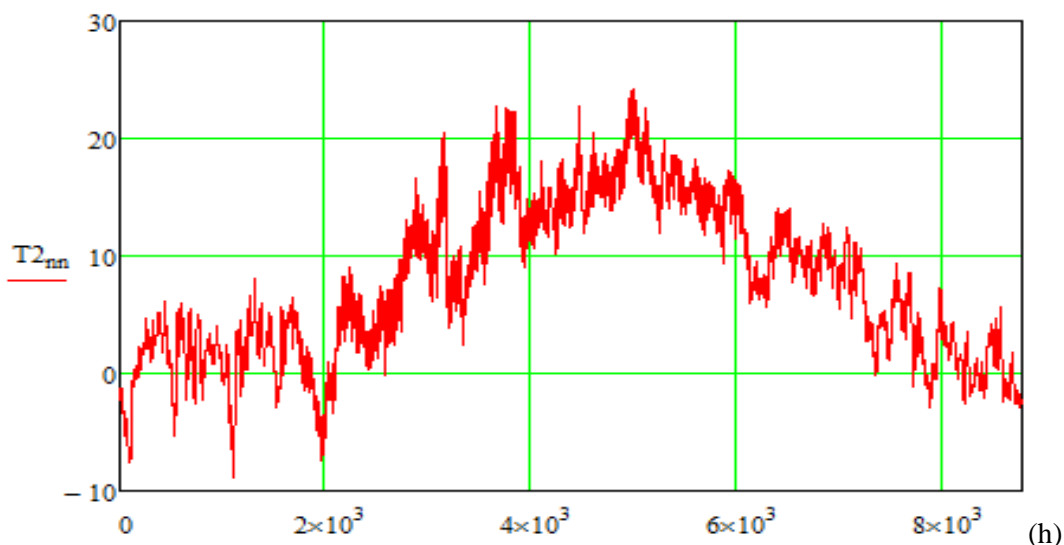
$$Koldioxid = K_{12} \cdot \int_0^{\infty} \kappa_{12}(\tau) \cdot I(\tau) d\tau \quad (4)$$

¹ Viktfunktionen är en unik funktion som går att räkna fram för varje byggnad. Funktionen beskriver byggnadens termiska beteende.

4 Beräkningar

Beräkningarna är utförda i Mathcad med en klimatdatafil från Göteborg. Figurerna 1-5 visar beräkningarna där uppvärmning under köldknäpparna (< -5 grader) orsakar 126 gånger så mycket CO_2 -utsläpp jämfört mot när det råder plus temperaturer utomhus. Beräkningarna är utförda för två typer av väggkonstruktioner, en lätt bestående av gips och mineralull och en tung med invändig betong och cellplast utvändigt. Båda väggkonstruktionerna har U-värde $0,189 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($K_{12}=0,189 \text{ W/ m}^2\text{K}$). Beräkningar har utförts för följande fall, resultat redovisas sist i stycket.

1. Samma CO_2 belastning hela tiden
2. CO_2 belastningen varierar beroende på utetemperatur enligt figur 2.



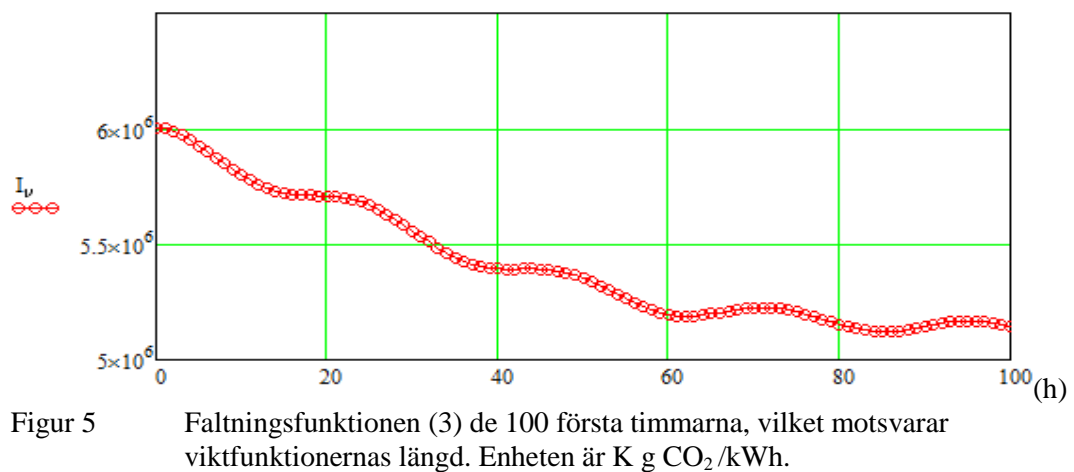
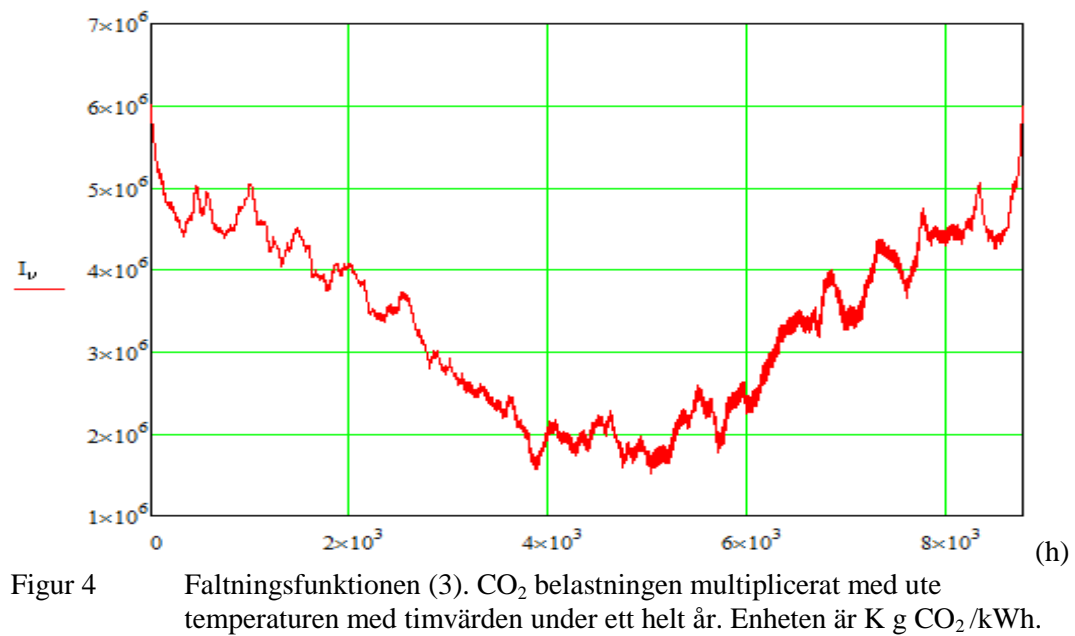
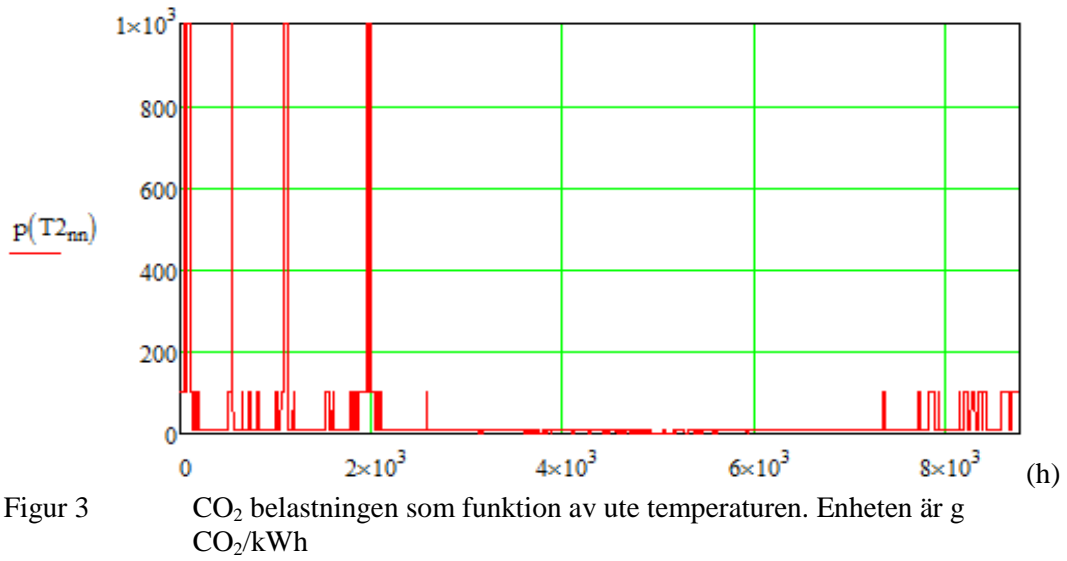
Figur 1 Ute temperatur i Göteborg under ett år, timvärden med start 1 januari. Enhet $^{\circ}\text{C}$.

$p(T)$ är CO_2 belastningen som funktion av ute temperaturen. Här är CO_2 belastningen 126 gånger så högt vid temperaturer under -5 grader jämfört mot om det är plus grader ute. Lägsta värdet är tänkt att motsvara en el-mix med hög andel förnyelsebar el. Mellanvärdet på $100 \text{ g CO}_2/\text{kWh}$ motsvarar nordisk el-mix och det högsta på $1000 \text{ g CO}_2/\text{kWh}$ är marginal el².

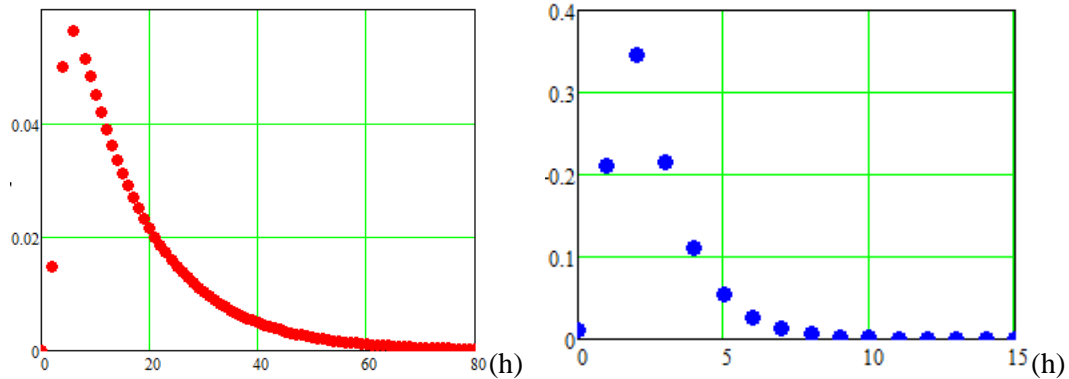
$$p(T) := \begin{cases} P \leftarrow 0 & \text{if } T \geq 17 \\ P \leftarrow 7.9 & \text{if } 10 \leq T < 17 \\ P \leftarrow 7.9 & \text{if } 0 \leq T < 10 \\ P \leftarrow 100 & \text{if } -5 \leq T < 0 \\ P \leftarrow 1000 & \text{if } -15 \leq T < -5 \end{cases}$$

Figur 2 CO_2 belastningen som funktion av utomhustemperaturen $p(T)$. Enheten är $\text{g CO}_2/\text{kWh}$.

² Källa www.energiradgivningen.se



Konstruktionernas viktfunktioner redovisas i figur 6. För att CO₂ belastningen ska bli så låg som möjligt bör viktfunktionen ha så låga värden som möjligt där faltningfunktionen har höga värden, se ekvation (4). Betong väggen har betydligt lägre värden än gips väggen, värdena är istället fler. Alla tunga konstruktioner kännetecknas av en viktfunktion som är låg och har många värden. Summan av viktfunktionens alla värden ska alltid bli ett.



Figur 6 Betongväggens viktningsfunktion, $\kappa_{12}(\tau)$ (röd, vänster) och gipsväggens viktningsfunktion, $\kappa_{12}(\tau)$ (blå, höger). Funktionerna är enhetslösa och visas här med ett värde varje timme.

5 Beräkningsresultat

Beräkningsresultat 1 med antagandet att CO₂ belastningen vid elproduktion är samma oavsett utetemperatur.

Konstruktionstyp	Årlig CO ₂ -belastning (kg/m ²)
Betong-cellplastvägg	161
Gips-mineralullsvägg	161

Skillnaden ska vara 0 eftersom innetemperaturen antas vara konstant

Beräkningsresultat 2 med antagandet att CO₂ belastningen varierar från 7,9 till 1000 g CO₂/kWh beroende på utetemperaturen.

Konstruktionstyp	Årlig CO ₂ -belastning (kg/m ²)
Betong-cellplastvägg	1 087
Gips-mineralullsvägg	1 132

Skillnad: 4 %

6 Slutsatser

Att använda en faltningsfunktion tillsammans med en konstruktions viktfunction för att optimera och beräkna CO₂-belastning vid uppvärmning visar sig vara enkelt och illustrativt. Det går snabbt och enkelt att byta ut olika parametrar och olika konstruktioners termiska beteende kan direkt jämföras mot faltningsfunktionen, vilket gör det enkelt att hitta det mest gynnsamma utseendet.

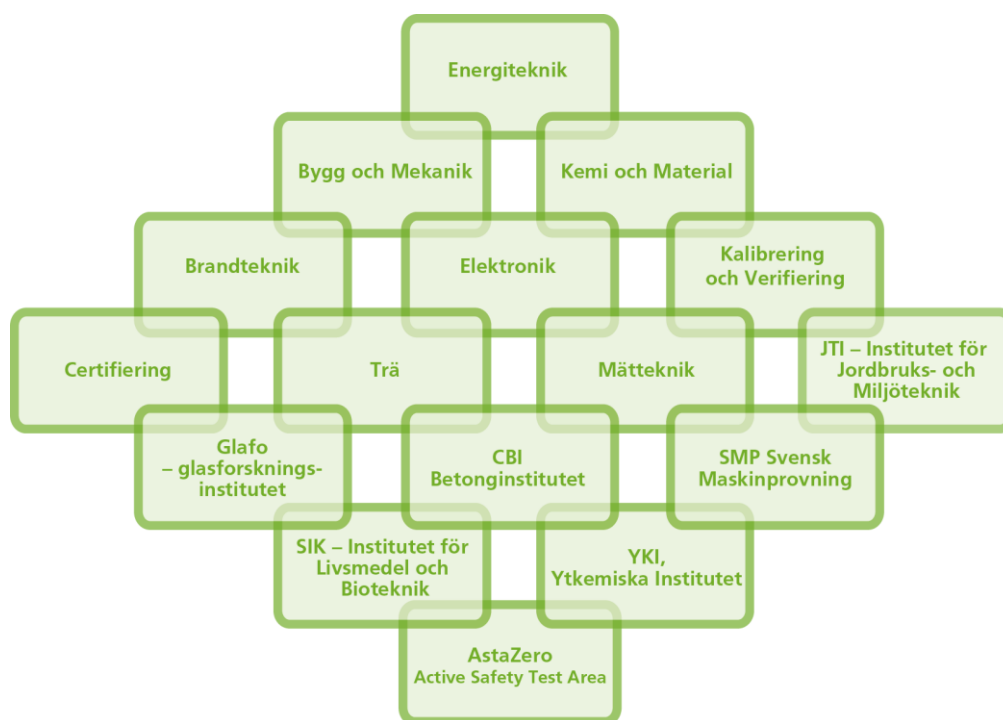
Det är tydligt att en konstruktion som har en låg viktfunction (=betongväggen) inte behöver värmas lika mycket under köldknäppar som en konstruktion med en högre viktfunction (=gipsväggen). I det här beräkningsfallet är skillnaden 4 %.

7 Referenser

Wentzel E-L. Claesson J. (2003). Heat Loss Dynamics of Walls. Analysis and Optimizing Based on the Theory of Dynamic Thermal Networks. Proceedings of the 2nd International Conference on Research in Building Physics, Leuven, Belgium, p. 397-405. ISBN 90 5809 565 7

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Vi arbetar med innovation och värdeskapande teknikutveckling. Genom att vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling har vi stor betydelse för näringslivets konkurrenskraft och hållbara utveckling. Vår forskning sker i nära samarbete med universitet och högskolor och bland våra cirka 10000 kunder finns allt från nytänkande småföretag till internationella koncerner.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

www.sp.se

Mer information om SP:s publikationer: www.sp.se/publ

Energiteknik

SP Rapport 2012:13

ISBN

ISSN 0284-5172