



# Carbon footprint analyse af udvalgte byggematerialer.

Handicapbyggeri  
Seden Syd, Odense Kommune

15. oktober 2009

## Rapport

Allerød	4810 4200
Århus	8732 3232
Aalborg	9630 6400
Odense	6312 1581

[www.niras.dk](http://www.niras.dk)

**NIRAS**  
-råd du kan regne med

Denne carbon footprint analyse er udført af NIRAS A/S på vegne af Odense Kommune.

Denne rapport er udgivet 15. oktober 2009

Involverede aktører:

Henrik Max: Ældre- og Handicapforvaltningen, Odense Kommune

Martin Thomsen: Odense Kommune, Natur, Miljø og Trafik

Frantz Leitner, TKT Arkitekter, Odense

Lars Holm, Miljøforum Fyn, Odense

Involverede leverandører:

Gamle Mursten, leverandør af genbrugsmursten ved Claus Juul Nielsen

Hotpaper, leverandør af papiruld, ved Peter Hansen

Carbon footprint analytiker

Det rådgivende ingeniørfirma NIRAS har stået for udførelsen af Carbon Footprint analysen. Arbejdet er udført af konsulenterne Lui Vium og Louise Laumann Kjær, i samarbejde med Klimachef Torben Chrintz.

## Resume.

Carbon footprint analysen af udvalgte byggematerialer der indgår i handicapbyggeriet i Seden Syd, er udført med henblik på at vise at det er muligt at opfører et mere klimavenligt byggeri, i forhold til hvis der var valgt traditionelle byggematerialer.

Byggeriet adskiller sig fra den traditionelle byggeform ved at der er valgt:

- Genbrugsmursten frem for nye mursten
- Papiruld til loftisolering frem for mineraluld
- Linoleum som gulvbelægning frem for vinyl

Brugen af de valgte byggematerialer har i alt sparet atmosfæren for udledningen af 64 tons CO<sub>2</sub> i forhold til hvis der var valgt traditionelle byggematerialer.

## Indholdsfortegnelse

1	BAGGRUND FOR CARBON FOOTPRINT ANALYSEN.....	1
2	FACADER.....	2
2.1	MURSTEN, NYE VS GENBRUGTE .....	2
2.2	CO <sub>2</sub> -BESPARELSE VED GENBRUGSSTEN: .....	3
3	LOFTI SOLERING.....	5
3.1	ROCKWOOL VS PAPIRULD => MINERALSKE VS CELLULOSE MATERIALER .....	5
4	GULVBELÆGNING .....	6
4.1	GULVBELÆGNING, VINYL VS LINOLEUM .....	6
4.2	GULVBELÆGNING, VINYL VS KLINKER .....	6
5	CO <sub>2</sub> -BESPARELSEN RELATERET TIL DET DANSKE SAMFUND.....	7
5.1	KØRSEL .....	7
5.2	ELFORBRUG.....	7
6	REFERENCER .....	8

## 1 Baggrund for carbon footprint analysen.

Siden 2005 har Odense Kommunen ønsket at bygge med fokus på blandt andet energieffektivisering og minimering af brugen af uønskede kemikalier i byggeriet. Da kommunes Ældre- og Handicapforvaltning derfor gik i gang med at planlægge et nyt byggeri af 40 nye boliger til unge handicappede i Seden Syd, blev der nedsat en miljøstyregruppe i samarbejde med MiljøForum Fyn – Byggeri. Gruppen fik til opgave at koordinere miljøindsatsen i hele planlægnings- og udførelsesfasen, så byggeriet af den nye institution lever op til kommunens politik om miljørigtigt byggeri. Byggeriets miljøprogram lå derfor klar fra starten og indgik i udbudsmaterialet. Derved fik alle de bydende firmaer kendskab til bygherrens ønsker til miljø- og energihensyn.

Boligerne i Seden Syd er et lavenergiklasse-2 byggeri - det vil sige en energiklasse bedre, end loven kræver. Dels er der isoleret mere end normalt, dels er et solvarmeanlæg på taget med til at reducere energiforbruget.

Ved opførelsen af bebyggelsen er der udført følgende tiltag:

- Genbrugsmursten i facademurerne.
- Papiruld som loftsisolering.
- Linoleum på gulvene.
- Solvarmeanlæg til varmt brugsvand.
- LED-belysning af de belysningstunge steder i bygningerne.
- Kemikaliestyling - byggematerialerne vurderes for uønskede kemikalier, inden de anvendes i byggeriet. Der anvendes fx PVC-fri kloakrør

I denne rapport vil der være fokus på de 3 førstnævnte tiltag, og der vil blive redegjort for forskellen i CO<sub>2</sub>-udledningen fra de pågældende byggematerialer.

Til analysen benyttes beregningsprogrammet SimaPro 7.1, der henter data fra forskellige internationale klimadatabaser. For at sikre at dataene er de korrekte at bruge i det konkrete tilfælde er dokumentationen herfor i form af LCA-studier (livscyklus vurderinger), gennemlæst og medtaget i referencerne.

## 2 Facader

Genbrugsmurstenene til facaden på byggeriet i Seden Syd, er leveret af firmaet Gamle Mursten. Murstenene stammer fra nedrevne bygninger på Fyn med meget forskellig alder, hvoraf de ældste er fra 1600-tallet. Stenene bliver håndnedtaget - sten for sten - fra bygninger, der nedrives.

Firmaet har specialiseret sig i at afrense brugte mursten for mørtel med en patenteret rensemetode. Afrensningen foregår maskinelt og kapaciteten er 5-6.000 mursten i timen. Der kan både leveres mursten og tagsten.



Figur 1: Afrensede mursten klar til opmuring

### 2.1 Mursten, nye vs genbrugte

Ved produktion af teglmursten, er det brændingen af teglet, der står for langt størstedelen af udledningen af CO<sub>2</sub>. Det er fortrinsvis naturgas, der forsyner teglværkerne med energien, men blandt teglværkerne imellem kan der være forskellige brændingsteknikker, hvor brændingen på enkelte værker blandt andet suppleres med kul for at give stenen en rustik overflade.

Dernæst er der forskel i hvor "hårdt" teglet brændes, afhængigt af om der er tale om mursten til indervægge eller facade, og deraf stor forskel i udledningen af CO<sub>2</sub>.

Udledningens størrelse er direkte sammenhængende med hvor hårdt murstenene brændes. Denne undersøgelse har vist at den europæiske murstensproduktion udleder mellem 0,180 til 0,520 kg CO<sub>2</sub>/kg mursten.

Miljøstyrelsens rapport fra 2000 viser at gennemsnitsudledning fra de danske teglværker udgør (MST, 2000):

MST:	Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> muret væg	Kg CO <sub>2</sub> /kg mursten	<b>Kg CO<sub>2</sub>/ Mursten</b>
Gule mursten udleder totalt:	41	<b>0,310</b>	<b>0,651</b>
Røde mursten udleder totalt:	31	<b>0,234</b>	<b>0,492</b>

Tabel 1: Til omregningen fra kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> muret væg til kg CO<sub>2</sub>/mursten er det antaget at der går 63 mursten pr m<sup>2</sup> mur og at 1 mursten vejer 2,1 kg.

I MST rapporten er der ikke redegjort for forskellen i CO<sub>2</sub>-udledning fra henholdsvis letbrændte bagsten og hårdtbrændte facadesten, og CO<sub>2</sub>-udledningstallet antages at være en gennemsnitsudledning for hele produktionen. CO<sub>2</sub>-udledningen for den danske gennemsnitsmurstensproduktion falder dermed lige i midten af intervallet for den europæiske produktion, så der er god overensstemmelse med undersøgelsesresultatet fra MST.

## 2.2 CO<sub>2</sub>-besparelse ved genbrugssten:

Ved benyttelse af genbrugssten frem for nyproducerede mursten, kan der ses bort fra den meget energitunge teglproduktion. Tilbage er der energien, der benyttes til nedrivningen og afrensningen.

Ifølge miljøstyrelsens rapport udgør CO<sub>2</sub>-udledningen for nedrivning ca. 3 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> mursten, svarende til henholdsvis 0,048 kg CO<sub>2</sub>/kg mursten og 0,023 kg CO<sub>2</sub>/mursten.

Ifølge leverandøren af genbrugssten, virksomheden Gamle Mursten, så er det elektriske forbrug til rensningen af 1 million mursten målt til 17.000 kWh. Hvis der regnes med at den gennemsnitlige udledning fra det danske elforbrug udgør 0,500 kg CO<sub>2</sub>/kWh, så svarer det til henholdsvis 0,008 kg CO<sub>2</sub>/kg mursten og 0,004 kg CO<sub>2</sub>/mursten. *Samlet bidrager de 2 processer med 0,027 kg CO<sub>2</sub>/kg mursten.*

I en carbon footprint analyse bør transporten normalt også indgå, men da både genbrugsmursten og nyproducerede mursten begge kan afhentes på Fyn, så vil udledningen fra transporten stort set være ens, og derfor antages det rimeligt at se bort fra transportbidraget i denne sammenligning.

Ifølge leverandøren så spares atmosfæren for udledningen af 1.000 kg CO<sub>2</sub> ved at benytte 2.000 genbrugssten frem for nyproducerede sten. Det svarer til 0,238 kg CO<sub>2</sub>/kg mursten eller 0,500 kg CO<sub>2</sub>/mursten.

For byggeriet i Seden Huse var alternativet at benyttet klassiske gule mursten, som ifølge MST rapporten udleder 0,310 kg CO<sub>2</sub>/kg mursten. For at finde CO<sub>2</sub>-besparelsen ved at bruge genbrugsmursten, skal forskellen mellem de 2 alternativer beregnes:

CO<sub>2</sub>-udledningen fra nedrivning og rensning af de brugte mursten, fratrækkes fra de gule sten, bliver: (0,310 – 0,027) = 0,283 CO<sub>2</sub>/kg mursten.

Leverandøren hævder at besparelsen udgør 0,500 kg CO<sub>2</sub>/mursten eller 0,238 kg CO<sub>2</sub>/kg mursten, og det vurderes at være en rimelig opgørelse, da den ligger under det beregnede besparelspotentiale på 0,283 CO<sub>2</sub>/kg mursten.

Bemærk at besparelsen kan være større endnu, da er tale om facadesten, men energiforbruget til brænding af facadesten er ikke opgjort i MST-rapporten. En præcisering af besparelsen kræver et detaljeret LCA-studie, med fokus alene på teglværkernes facadesten. Til denne analyse vurderes leverandørens udledningsdata pr mursten derfor at være præcise nok til beregningen af den samlede udledning fra byggeriet i Seden Syd.

For byggeriet i Seden Syd er CO<sub>2</sub>-besparelsen alene ved brug af genbrugssten:

$$76.000 \text{ mursten} * 0,500 \text{ kg CO}_2/\text{kg mursten} = 38.000 \text{ kg CO}_2$$



Figur 2: Genbrugssten i facademuren.

### 3 Loftisolering

Udledningen fra papirulden stammer primært fra produktionen af de aviser, som er basismaterialet for papirulden. Dertil kommer så energiforbruget til den mekaniske forarbejdning og udledningen fra de hjælpestoffer, som benyttes til give papirulden de rette egenskaber. Hjælpestoffet udgøres af borsalte og aluminiumhydroxid, der giver papirulden en beskyttelse mod brand og insektangreb.

For mineraluldens vedkommende er det primært opsmeltningen af bjergarterne ved brug af koks i smelteovne, som står for den største del af udledningen. Sekundært kommer udledningen fra minedriften.

#### 3.1 Rockwool vs Papiruld => mineralske vs cellulose materialer

Papirulden er produceret af firmaet Thermofloc, beliggende i Østrig. Til byggeriet i Seden Syd har firmaet Hotpaper stået for leverance og udlægningen.

På loftet er der udlagt 470 mm papiruld. Til sammenligningen er det antaget at samme isoleringsbehov kan løses med 415 mm rockwool bats.

Resultat af undersøgelsen viser at papirulden har den laveste CO<sub>2</sub>-udledning/kg isoleringsmateriale.

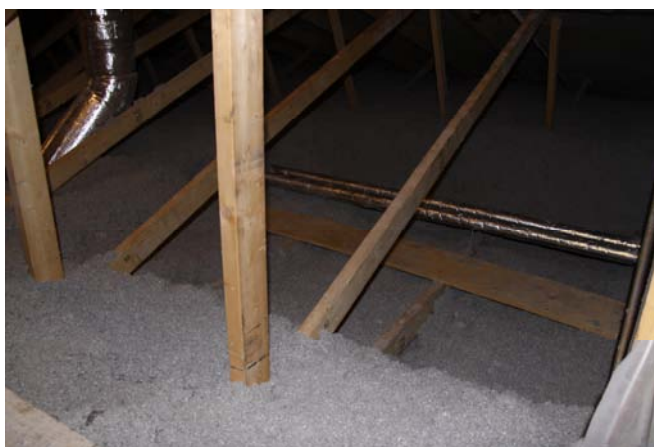
	Loftareal i m <sup>2</sup>	Materiale forbrug kg/m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> -udledning per kg materiale	Total CO <sub>2</sub> -udledning i kg
Papiruld	1897	13,284*	0,325**	8.193
Mineraluld	1897	13,280***	1,223	30.810
Besparelse				22.616

Tabel 2:

\*Forbruget af papiruld er oplyst af leverandør til 1.800 sække af 14 kg.

\*\*Til produktionen af papiruld er der tillagt transport fra Østrig til Odense.

\*\*\*Bats tykkelse 415 mm. Til beregningen af vægten af rockwool bats er der benyttet en densitet på 32 kg/m<sup>3</sup>, som benyttes i LCA-studiet hvor dataene stammer fra.



Figur 3: Papiruld udlagt på loft.



## 4 Gulvbelægning

Vinyl- og linoleumsgulve har en meget forskellig fremstillingsform og materiale sammensætning.

Vinyl er et PVC produkt, og produceres i den kemiske industri af mineralske olieprodukter. Linoleum er derimod et naturprodukt, der fremstilles af linolie, kork, træ, jutevæv og forskellige organiske hjælpemidler.

### 4.1 Gulvbelægning, vinyl vs linoleum

I sammenligningen er det antaget at begge produkter importeres fra udlandet med lige stor transportafstand, og derfor er sammenligningen kun udført på produktionsniveau.

	Gulvareal	CO <sub>2</sub> -udledning kg/m <sup>2</sup> materiale	Total CO <sub>2</sub> - udledning i kg
Linoleum	1497	1,600	2.395
Vinyl (PVC)	1497	4,140	6.198
Besparelse			3.802

Tabel 3: Data er hentet i LCA-undersøgelsen Å. Jönsson et al. 1997

### 4.2 Gulvbelægning, vinyl vs klinker

Badeværelserne er lavet traditionelt med keramiske gulvklinter på gulvet. Alternativt kunne der som efter klassisk svensk model, udføres gulvbelægning med vinyl i stedet.

Sammenligningen er kun udført på overfladematerialet. For de enkelte gulvtyper er der en vidt forskellig opbygning af underlaget afhængigt af design, og det vil være for omfattende at medtage her. De meste udbredte gulvklinter i Danmark er typisk keramiske klinter. Produktionsformen minder om den for mursten, men udledningen fra produktionen er væsentlig højere.

	Gulvareal	CO <sub>2</sub> -udledning kg/m <sup>2</sup> materiale	Total CO <sub>2</sub> - udledning i kg
Klinker	259,6	20,560	5.337
Vinyl (PVC)	259,6	4,140	1.074
Forskel			4.754

Tabel 4: Data for vinyl er hentet i LCA-undersøgelsen Å. Jönsson et al. 1997 og data for klinker er hentet i D. Kellenberger, 2007 (econinvent).

Der er altså en væsentlig forskel i udledningen, men som nævnt i ovenstående, så bør hele byggeprocessen undersøges for et retvisende billede.

## 5 CO<sub>2</sub>-besparelsen relateret til det danske samfund

For byggeriet i Seden Syd udgør den samlede besparelse i CO<sub>2</sub> godt 64 tons.

Byggemateriale	CO <sub>2</sub> -besparelse
Mursten vs Genbrugsmursten	38.000 kg
Rockwool vs Papiruld	22.616 kg
Vinyl vs Linolium	3.802 kg
	64.419 kg

Og hvad svarer det så til, sammenlignet med dagligdags eksempler?

### 5.1 Kørsel

En moderne økonomisk bil udleder mindre end 120 g CO<sub>2</sub>/km, og som eksempel kan nævnes de meget solgte søskendebilmodeller Citroen C1, Peugeot 107 og Toyota Aygo, der udleder 106 CO<sub>2</sub>/km. En sådan bil vil have kørt 602.047 km før end den har udledt 64 tons CO<sub>2</sub>. Hvis en dansker kører ca. 16.000 km årligt, så svarer tallet altså til totaludledningen fra godt 38 biler.

### 5.2 Elforbrug

Udledningen fra det danske elforbrug udgør 0,500 kg CO<sub>2</sub>/kWh. De sparede 64 tons CO<sub>2</sub> svarer således til en elproduktion på 128.838 kWh.

I Danmark bruger en gennemsnitsbolig uden elvarme 1.000 kWh/år til belysning og husholdningsinstallationer, hvilket betyder at den sparede CO<sub>2</sub>-udledning altså svarer til det årlige elforbrug fra knapt 129 gennemsnitsboliger.

## 6 Referencer

Å. Jönsson et al. 1997: "LCA of Flooring Materials: Case Study". Building and Environment, vol 32. No. 3 pp 245-255.

D. Kellenberger et al. 2007: Ecoinvent report No. 7. "Life Cycle Inventories of Building Products".

Miljøstyrelsen (MST), "Renere teknologi i tegl- og mørtelbranchen". Miljøprojekt nr. 499, 2000.

A. C. Schmidt et al. 2004: "A comparative Life Cycle Assessment of Building Insulation Products of Stone Wool, Paper Wool and Flax". International Journal of LCA 9 (1) p53-66 & (2) p122-129