

Notat vedr. Indlejret energi

.....
17.059 - Dansk Beton

den 21. december 2017

Indledende bemærkninger

Constructa A/S er blevet bestilt af Dansk Beton til at lave en sammenligning af CO₂ udledningen for råhuset til en etageejendom, der udføres med forskellige typer bagmure og etagedæk. Formålet er at sammenligne effekten af den termiske masse i byggeriet, hvorfor facademateriale ikke er medtaget. CO₂ udledningen betragtes over hele bygningens faktiske levetid som jf. SBI 2013:30, Levetider af bygningsdele ved vurdering af bæredygtighed og totaløkonomi, anslås til 120 år. Den faktiske levetid er den levetid, som en given bygning vurderes at være opført i, mens den tekniske middellevetid generelt er mere end dobbelt så lang for beton.

Der er i beregningerne set bort fra levetiderne på de bygningsdele som er ens, da disse blot vil give en parallelforskydning af grafen og dermed ikke vil ændre på forholdet de enkelte konstruktioner imellem.

Grundlæggende beregningsforudsætninger

Beregningerne tager udgangspunkt i en fuldstændig identisk bygning. Bygningen er en etagebolig på 3 etager med 12 boliger i alt. Etageboligen er projekteret efter BR2015 kravene og er forsynet med fjernvarme. Der er for etageboligen udarbejdet 3 forskellige opbygninger af konstruktionerne, som vurderes til at kunne udføres. Der er i beregningerne, som bemærket ovenfor set bort fra facadematerialet (regnskærmen), da der ønskes frihed til at kunne vælge facademateriale uafhængigt af bagmur og skillevægsmaterialet, og fordi fokus i sammenligningen er på effekten af termisk masse i råhuset.

1. Let byggeri i træ
2. Bærende konstruktioner og skillevægge i porebeton
3. Betonelementer i bagmur og skillevægge

Der er for de 3 modeller beregnet u-værdier af konstruktionsopbygningen. Der forudsættes at tag og terrændæk har samme U-værdi.

- | | |
|---|-----------------------------------|
| - Let træ bagvæg (195mm isolering kl. 37 i træskelet) | U-værdi = 0,22 W/m ² K |
| - Porebeton bagvæg (150 mm porebeton + 150 mm isolering kl. 37) | U-værdi = 0,20 W/m ² K |
| - Beton bagvæg (100 mm beton + 190 mm isolering kl. 37) | U-værdi = 0,19 W/m ² K |

Porebetonens statiske egenskaber nødvendiggør i denne beregning at bagvægstykkelsen er øget til 150 mm.

Beregning af varmekapacitet

Ud fra DS 418-2 er varmekapaciteten beregnet for hver konstruktionsdel, og summeret for hver af de forskellige bygninger.

Let konstruktion - i træ				
Konstruktionsdele	Overfladeareal i forhold til opvarmet etageareal	Materialetykkelse	Effektiv varmekapacitet pr. m ² overfladeareal	Effektiv varmekapacitet pr. m ² opvarmet etageareal
	m ² /m ²	m	Wh/(m ² K)	Wh/(m ² K)
Gulv, beton	0,28	0,100	66,67	18,9
Trægulv på isolering	0,57	0,022	4,89	4,2
loft, gipsplade	0,85	0,013	3,25	2,8
skillevægge, gips	0,67	0,026	6,50	4,3
ydevægge, gips	0,80	0,026	6,50	5,2
Inventar	1,00	0,020	10,00	10,0
Sum				44,0

Bærende konstruktioner og skillevægge i porebeton				
Konstruktionsdele	Overfladeareal i forhold til opvarmet etageareal	Materialetykkelse	Effektiv varmekapacitet pr. m ² overfladeareal	Effektiv varmekapacitet pr. m ² opvarmet etageareal
	m ² /m ²	m	Wh/(m ² K)	Wh/(m ² K)
Gulv, beton	0,28	0,100	66,67	18,9
Etagedæk, letbeton	0,57	0,100	55,56	31,5
loft, gipsplade	0,85	0,013	3,25	2,8
skillevægge, porebeton	0,67	0,050	7,43	4,9
ydevægge, porebeton	0,80	0,100	14,86	11,9
Inventar	1,00	0,020	10,00	10,0
Sum				79,9

Betonelementer i bagmur og skillevægge				
Konstruktionsdele	Overfladeareal i forhold til opvarmet etageareal	Materialetykkelse	Effektiv varmekapacitet pr. m ² overfladeareal	Effektiv varmekapacitet pr. m ² opvarmet etageareal
	m ² /m ²	m	Wh/(m ² K)	Wh/(m ² K)
Gulv, beton	0,28	0,100	66,67	18,9
Etagedæk, letbeton	0,57	0,100	55,56	31,5
loft, gipsplade	0,85	0,013	3,25	2,8
skillevægge, beton	0,67	0,050	33,33	22,2
ydevægge, beton	0,80	0,100	66,67	53,5

Inventar	1,00	0,020	10,00	10,0
Sum				138,7

Energiforbrug:

På baggrund af de beregnede u-værdier og varmekapaciteter er der lavet en energiberegning (Be15) for de 3 forskellige modeller, hvor de eneste variabler er U-værdien og varmekapaciteten. Alle andre forudsætninger forventes at være ens.

Resultaterne for beregningerne er følgende:

Let konstruktion (Let)	Energiforbrug BR15	29,5 [kWh/m ² år]
Porebeton (Mediumlet)	Energiforbrug BR15	28,6 [kWh/m ² år]
Beton (Tung)	Energiforbrug BR15	27,7 [kWh/m ² år]

CO₂ udledning over 120 år

CO₂ udledningen består af 2 dele. Del 1, udledningen ved produktionen af bygningsmaterialer (dvs. den indlejrede energi) og del 2, produktionen af energi til bygningens drift på baggrund af energiberegningen.

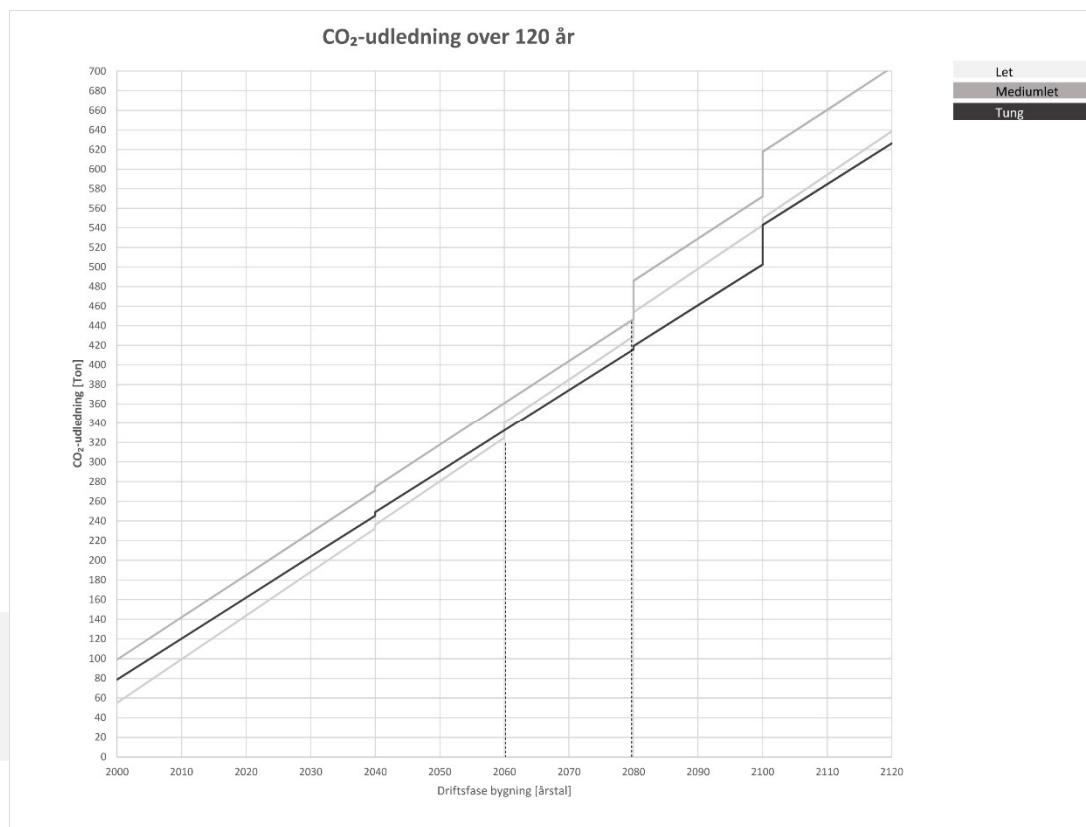
Del 1 beregnes af bygningsmaterialernes CO₂ udledning ud fra følgende konstruktioner (her er kun medtaget de konstruktioner, hvor der forskellige konstruktionstyper i de tre tilfælde):

- Ydervæggen minus regnskærmen
- Skillevægge
- Terrændæk
- Etagedæk
- Tagkonstruktion til OK. Isolering

De enkelte materials CO₂ udledning er fundet ud fra nøgletal fra "Arkitektur og miljø – form, konstruktion, materialer – og miljøpåvirkning. Marsh, Lauring og Holleris Petersen. 2005" og deres levetider ud fra "SBI 2013:30 - Levetider af bygningsdele ved vurdering af bæredygtighed og totaløkonomi". Den indlejrede energi til at producere materialerne er omregnet til CO₂ udledning og udgør startpunktet på grafen for hver konstruktionstype. De lodrette spring i grafen fremkommer, når et materiale når sin faktiske levetid og skal udskiftes jf. SBI 2013:30.

Del 2 beregnes ud fra energiforbruget og nøgletal fra 2008 fra Energistyrelsen som angiver en gennemsnitlig CO₂ udledning ved produktion af fjernvarme i Danmark. Da udledningen af CO₂ ved produktion af fjernvarme afviger meget mellem de forskellige fjernvarmeanlæg, vurderes det værende retvisende at se på en gennemsnitlig værdi.

CO₂ udledningen kan ud fra dette afbilledes i en graf, hvor del 1 er startpunktet på grafen, og del 2 er stigningen på grafen.



Af nedenstående tabel kan ses, hvilke konstruktioner, der udskiftes hvornår i bygningens levetid.

År	Bygningsdele, der udskiftes
40	Nedhængte lofter af gips og stål
60	Undergulv i dækkonstruktion af træ
80	Nedhængte lofter af gips og stål Gipsplader i inder og ydervægge Porebeton i ydervæg
100	Etagedæk af letklinker og konstruktionstræ Indervægge af træ, porebeton, og beton

Konklusion

I løbet af bygningernes 120-årige levetid er der en del bygningsdele, der bliver udskiftet

Det antages, at bygningsdele, der ikke skal udskiftes, kan genanvendes. Der er desuden set bort fra CO₂ udledning forbundet med udskiftningsarbejdet. Der er kun medregnet CO₂ udledning fra materialeproduktionen.

Som det ses af ovenstående graf, så har det lette byggeri det laveste udgangspunkt mht. CO₂ udslip. Det lette byggeri bliver overhalet af det tunge byggeri efter 60 år, hvilket delvist skyldes, at der er flere af de lette materialer, der skal udskiftes undervejs i bygningens levetid. Desuden har det tunge byggeri et energiforbrug, der er 6,5 % lavere end det lette byggeri, hvilket til dels skyldes en lavere u-værdi på ydervægsstrukturen, da træskeletvæggene har en højere u-værdi grundet træskelettets højere lambdaværdi, der trods samme tykkelse isolering giver en højere u-værdi, og til dels skyldes en lavere varmeakkumuleringsevne for den lette ydervægs konstruktion.

Det ses på grafen, at den mediumlette konstruktion har det højeste udgangspunkt og, at den i løbet af levetiden ikke når at indhente den lette konstruktion til trods for et lavere energiforbrug. Det højere udgangspunkt skyldes konstruktionens lavere varmeakkumuleringsevne samt porebetonens statiske egenskaber, der nødvendiggør en øget bagmurstykkelse og dermed mindre isolering og derfor en dårligere u-værdi. Efter 80 år laver kurven et spring, hvilket skyldes udskiftningen af porebetonen i ydervæggen. Denne udskiftning betyder en kraftig forøgelse af CO₂ udslippet fra den medium lette konstruktion.

Efter bygningens samlede faktiske levetid på 120 år, så har det tunge byggeri, det laveste samlede CO₂ udslip. Herefter det lette byggeri og det medium lette byggeri har det højeste CO₂ udslip.

/CK