

Bæredygtigt byggeri

April 2015

Forord

Vores samfund har både ud fra en miljømæssig, social og økonomisk synsvinkel behov for en ambitiøs indsats omkring det bæredygtige byggeri. Byggeriet er ansvarlig for en stor del af vores samlede energi- og ressourceforbrug. Derfor er det afgørende, at vi sikrer en bæredygtig udvikling af byggeriet i Danmark for at imødekomme de klima- og miljøudfordringer, vi står overfor.

Kvaliteten af vores bygninger og det byggede miljø er vigtig for samfundet i et bredt perspektiv og afgørende for menneskers sociale og sundhedsmæssige velbefindende. Samtidig har bygninger ofte en levetid, der overgår alle andre produkter, vi omgiver os med. Og konsekvenserne af de valg, vi træffer i dag, er derfor langtrækkende. Derfor er en styrket og koordineret indsats nødvendig nu.

Bæredygtigt byggeri er fremtiden. Med denne publikation ønsker jeg at sikre, at vi i Danmark har et fælles grundlag for arbejdet med bæredygtigt byggeri. Det er helt nødvendigt, når vi skal fremme og udvikle nye bæredygtige løsninger i dansk byggeri, der på afgørende vis kan bidrage til fremtidens globale, bæredygtige samfund. Dermed banes vejen for, at den danske byggebranche kan opbygge en global styrkeposition inden for bæredygtigt og ressourceeffektivt byggeri.

Rasmus Helveg Petersen



I den vestlige verden

opholder mennesker sig:

90%

af tiden i bygninger

I Europa

står byggeriet for ca.:

8%

af arbejdsstyrken

20-35%

af de væsentligste skader på miljøet

33%

af vandforbruget

40%

af materialeforbruget

40%

af energiforbruget

I Danmark

står byggeriet for ca.:

30%

af den samlede affaldsmængde

5%

af bruttonationalproduktet

Derfor er en bæredygtig omstilling nødvendig.

Indhold

Introduktion	3
Bæredygtigt byggeri	4
Miljømæssig kvalitet	8
Social kvalitet	16
Økonomisk kvalitet	20
Cases	26

Introduktion

Bæredygtighed er relevant for al slags byggeri og favner både enfamiliehuse og store domicilbyggerier, samt nybyggeri og renovering. Formålet med denne publikation er at give en forståelse og definition af begrebet bæredygtigt byggeri og de forhold, der knytter sig her til. Begreberne beskrives både i tekst og gennem konkrete eksempler, der repræsenterer den brede målgruppe; nybyggeri, renovering ved erhvervsbyggeri og boliger. Denne publikation henvender sig primært til byggeriets professionelle interessenter som bygherrer, entreprenører og rådgivere.

I relation til denne publikation findes en række andre udgivelser som vist nedenfor. Disse kan findes på www.ens.dk/byggeri/bæredygtighed

Udgivelser

- Værktøj og Introduktion til LCC på bygninger
- Værktøj og Introduktion til LCA på bygninger
- Bygningens livscyklus
- Kortlægning af bæredygtigt byggeri

Bæredygtigt byggeri

Bæredygtigt byggeri består af en miljømæssig, en social og en økonomisk dimension. I det bæredygtige byggeri ses disse tre dimensioner som grundkvaliteter, der skal vægtes afbalanceret ud fra et livscyklusperspektiv og for byggeriet i sin helhed.

De tre kvaliteter, som tilsammen kendetegner et bæredygtigt byggeri, dækker over en række forskellige forhold som skal indgå i planlægningen af bæredygtigt byggeri. Disse forhold er beskrevet i de følgende kapitler.

I det bæredygtige byggeri er der balance mellem:

Miljømæssig kvalitet

som har påvirkning på natur, miljø, klima og ressourcer.



Side 8

Social kvalitet

som i et bredt perspektiv vedrører menneskers sundhed og trivsel.



Side 16

Økonomisk kvalitet

som indebærer, at der er balance mellem de samlede udgifter og byggeriets kvalitet.



Side 20

I hele byggeriets værdikæde er det nødvendigt at arbejde ud fra nogle ambitiøse og langsigtede visioner. Kun på den måde kan vi fremskynde udviklingen og opnå den nødvendige omstilling af byggesektoren.

Arbejdet med bæredygtighed kan sammenfattes i to grundlæggende paradigmer, der kan give en overordnet forståelse af begrebet og benyttes som fælles vision og afsæt i konkrete projekter. Bæredygtighed i byggeriet skal sikres ved at:

- **Tænke langsigtet**

Benyt et livscyklusperspektiv og iagttage hele bygningens livscyklus - ikke kun se på opførelse og brug her og nu.

- **Tænke bredt**

Benyt et helhedsperspektiv og iagttage bygningen som helhed og som en del af den større kontekst den indgår i med lokale, regionale og globale konsekvenser – ikke kun de bygningsmæssige.

Det betyder, at der ved projekteringen og planlægningen af byggerier og renoveringer, skal tænkes bredt og langsigtet med balance mellem kvaliteterne. Bæredygtighedsindsatsen skal rette sig mod hele byggeriets værdikæde, og de bæredygtige løsninger skal komme alle aktører til gode på kortere eller længere sigt.

I de følgende afsnit uddybes helheds- og livscyklusperspektivet, og i de efterfølgende kapitler udfoldes den miljømæssige -, sociale - og økonomiske kvalitet i relation til byggeriet.



Definition af begrebet bæredygtighed stammer fra rapporten 'Vores fælles fremtid' fra 1987, som også er kendt under navnet 'Brundtland-rapporten'. I rapporten blev der sat fokus på global bæredygtighed, hvor bæredygtighed blev defineret som en udvikling, hvor opfyldelsen af de nulevende generationers behov ikke sker på bekostning af fremtidige generationers

muligheder for at opfylde deres behov. Definitionen blev suppleret med et krav om, at alle skal have deres basale behov opfyldt, og at bæredygtig udvikling indebærer tre aspekter: det miljømæssige, det økonomiske og det sociale, hvor der skal tilstræbes et afbalanceret hensyn til alle tre aspekter (Forenede nationer, 1987).

Livscyklusperspektiv – tænke langsigtet

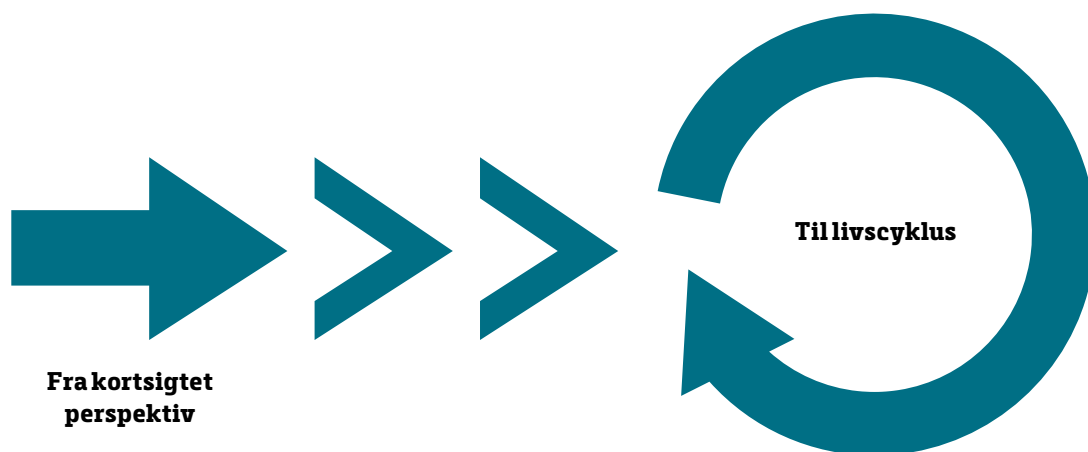
Livscyklusperspektivet er en essentiel del af forståelsen af bæredygtigt byggeri. Da bygninger ofte har en lang levetid og forskellige bæredygtighedsudfordringer i dets forskellige faser, er det afgørende, at alle tre kvaliteter betragtes for hele byggeriets livscyklus.

For den miljømæssige kvalitet handler livscyklusperspektivet om at betragte miljøpåvirkninger og ressourceforbrug gennem hele byggeriets levetid – fra opførelse til drift,

nedrivning og genanvendelse. I den sociale del handler det om at sikre rammerne for sundhed og trivsel for alle i berøring med byggeriet. For den økonomiske kvalitet handler det om at betragte de økonomiske forhold forbundet med opførelse, drift og vedligehold gennem hele bygningens levetid, og om at betragte bygningens muligheder for at fastholde sin økonomiske værdi på trods af ændrede behov og samfundsændringer.

Figur 1

I det bæredygtige byggeri foretages beslutninger ud fra langsigtede og livscyklusbaserede betragtninger.



Helhedsperspektiv – tænke bredt

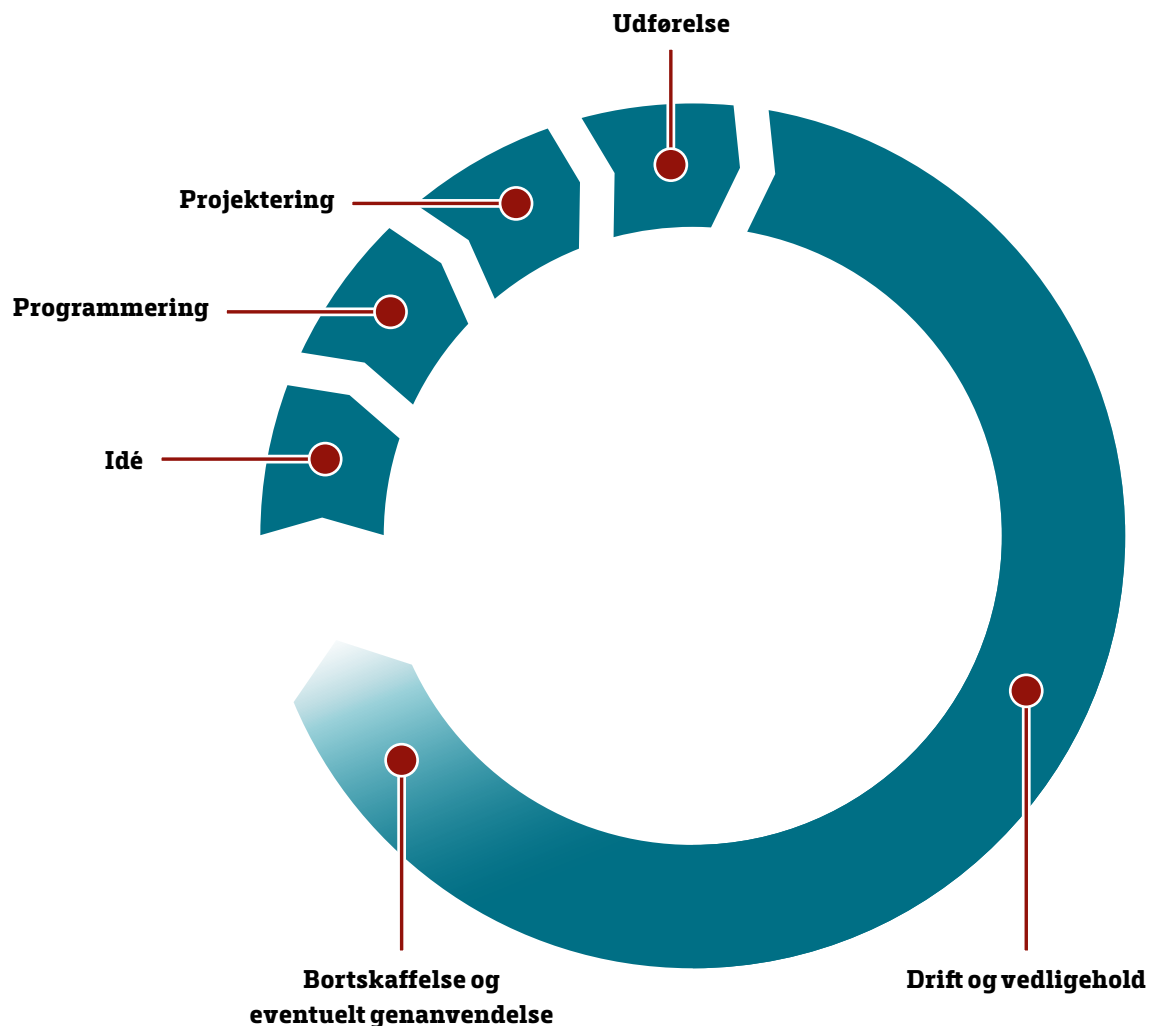
Bæredygtighed er en overordnet vision om at skabe kvalitet i alle dele af byggeriet og skabe en helhed, både i selve byggeriet, hvor der skal sikres en passende balance mellem de miljømæssige, sociale og økonomiske hensyn, men også med den sammenhæng som bygningen indgår i - byen og samfundet.

I jagten på de bæredygtige løsninger er der mange eksempler på valg og løsninger, der umiddelbart kan fremstå bæredygtige, men som i det fulde perspektiv ikke kan betragtes som bæredygtige. Eksempelvis kan et ensidigt fokus på energibesparelser uden hensyntagen til indeklimaet resultere i ubalance mellem den miljømæssige og den sociale kvalitet, og dermed samlet set resultere i en ikke bæredygtig løsning. Et andet eksempel er et unuanceret krav om at anvende lokalt producerede materialer for at minimere transporten uden at se på den energi, der bruges til produktion af materialerne.

Der har været en tendens til, at bæredygtighed i byggeriet opfattes og indføres som enkelttiltag, der kan gøre byggeriet bæredygtigt. Men bæredygtigt byggeri indebærer imidlertid, at der planlægges og beslutes ud fra et helhedsperspektiv, hvilket ikke kan sikres ved enkelttiltag. I det bæredygtige byggeri skal der planlægges og beslutes ud fra et helhedsperspektiv, hvor der ikke kun stræbes efter eksempelvis et lavt energiforbrug, en god økonomi eller et godt indeklima. Der skal i stedet sigtes efter, at byggeriet som helhed er bæredygtigt og bidrager til at løse de miljø- og samfundsmæssige udfordringer, som vi står overfor.

Figur 2

Den tid hvor bygningen er i drift overgår de øvrige faser i en bygnings livscyklus. Derfor er det afgørende, at det langsigtede perspektiv indgår i alle betragtninger.



Miljømæssig kvalitet



Miljømæssig kvalitet i byggeriet omfatter

- **Minimering af lokale, regionale og globale miljøpåvirkninger samt forbrug af energi, ressourcer og vand i hele bygningens livscyklus.**
 - At byggeriets ressourceudnyttelse er optimeret for bl.a. at minimere dannelse af bygningsaffald og optimere genbrug og genanvendelse i alle byggeriets faser.
 - Reduceret eller så vidt muligt ingen brug af problematiske stoffer.
 - Effektiv arealudnyttelse og bevaring eller forbedring af områdets biodiversitet.
-



Bygninger, produktion af byggematerialer og bortskaffelse af materialer efter eventuel nedrivning påvirker miljøet, både lokalt, regionalt og globalt. Miljømæssig kvalitet for et byggeri kan opnås ved at reducere udledning af problematiske stoffer forbundet med byggeriet og optimere ressourcenednyttelsen. Der skal være fokus på dette i alle bygningens livscyklus faser.

Under den miljømæssige kvalitet fokuseres på at designe en bygning, som både inkluderer lavt ressourceforbrug og valg af miljømæssigt fornuftige materialer. I bæredygtige bygninger undgås så vidt muligt brug af problematiske stoffer, som både kan skade miljø og sundhed. Det jordareal, som anvendes til bebyggelse, betragtes også som en vigtig ressource, der bør udnyttes med omhu og så effektivt som

muligt. Her bør der fokuseres på, om områdets miljøforhold kan forbedres, biodiversiteten bevares eller forøges, og hvorledes grundens vandafledning tilrettelægges bedst muligt.

Den miljømæssige del af bæredygtigheden er traditionelt set blevet tillagt størst værdi. Ydermere har der i mange tilfælde hos både bygherrer og rådgivere været sat lighedstegn mellem lavenergibyggeri og miljøvenligt byggeri. Energiforbruget i driften er medvirkende til en betydelig del af et byggeris miljøbelastning, og det er derfor relevant at fokusere på dette, men den miljømæssige bæredygtighed er bredere end det og handler om at fokusere på miljøpåvirkninger, brug af problematiske stoffer samt brug af ressourcer som helhed. Eksempelvis vil et ensidigt fokus på at gøre en bygning selvforsynende med energi kunne resultere i, at både den økonomiske investering samt ressourceforbruget og miljøbelastninger samlet set overgår gevinsten ved energibesparelsen, og det samlede resultat vil således ikke kunne betegnes som bæredygtigt. Dette kan eksempelvis være tilfældet, hvis en bygning isoleres med så store isoleringstykkelser, at energiforbruget til produktion af den sidste mængde isolering ikke tjener sig hjem igennem besparelser på bygningens varmekonsum.





Livscyklusvurdering

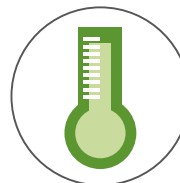
En livscyklusvurdering (LCA) kan give et billede af et byggeris potentielle miljøpåvirkninger. De miljøpåvirkninger, der indgår i LCAer opstår i hovedtræk i forbindelse med fremskaffelse af råvarer, produktion af byggematerialer, energi- og ressourceforgbrug ved drift og vedligehold samt ved bortskaffelse og genanvendelse af bygningsdele og byggematerialer. Miljøpåvirkningerne sker primært i form af udledninger til vand, jord og luft samt forbrug af ressourcer. Dette har potentielle negative følgevirkninger for det lokale, regionale og globale miljø.

LCA er et godt redskab til at vurdere miljømæssige forhold, men det er samtidig vigtigt at have for øje, at det ikke er alle miljøforhold som indgår i sådanne vurderinger, eksempelvis indhold af problematiske stoffer så som PCB, mv.

Du kan læse mere om LCA i Energistyrelsens publikation: Introduktion til LCA på bygninger.

Eksempler på miljøpåvirkninger som kan indgå i en LCA:

- **Kategori**
Global opvarmningspotentiale (GWP)



- **Enhed**
CO₂-ækvivalenter

- **Problem**
Når mængden af drivhusgasser i atmosfæren øges, opvarmes de jordnære luftlag med klimaændringer til følge.

- **Kategori**
Fotokemisk ozondannelse (smog) (POCP)



- **Enhed**
Ethen-ækvivalenter

- **Problem**
Bidrager i forbindelse med UV-stråler til at danne jordnær ozon (sommersmog), som bl.a. er skadelig for luftvejene.

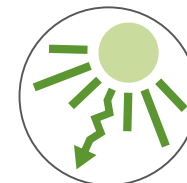
- **Kategori**
Forsuring (AP)



- **Enhed**
SO₂-ækvivalenter

- **Problem**
Reagerer med vand og falder som "sur regn", der bl.a. medvirker til at nedbryde rodstystemer og udvaske planternes næringsstoffer.

- **Kategori**
Ozonlagsnedbrydning (ODP)



- **Enhed**
R11-ækvivalenter

- **Problem**
Nedbrydning af det stratosfæriske ozonlag, som beskytter flora og fauna mod solens skadelige UV-A og UV-B-stråler.

- **Kategori**
Nærings saltbelastning (EP)



- **Enhed**
PO₄-ækvivalenter

- **Problem**
For høje tilførsler af næringsstoffer fremmer uønsket plantevækst i sarte økosystemer, f.eks. algevækst med fiskedød til følge.

- **Kategori**
Primærenergiforbrug (PEtot)



- **Enhed**
MJ eller kWh

- **Problem**
Et højt forbrug af ressourcer i primær energiform fra fossile og ufornybare kilder kan bidrage til udtømming af naturlige ressourcer.

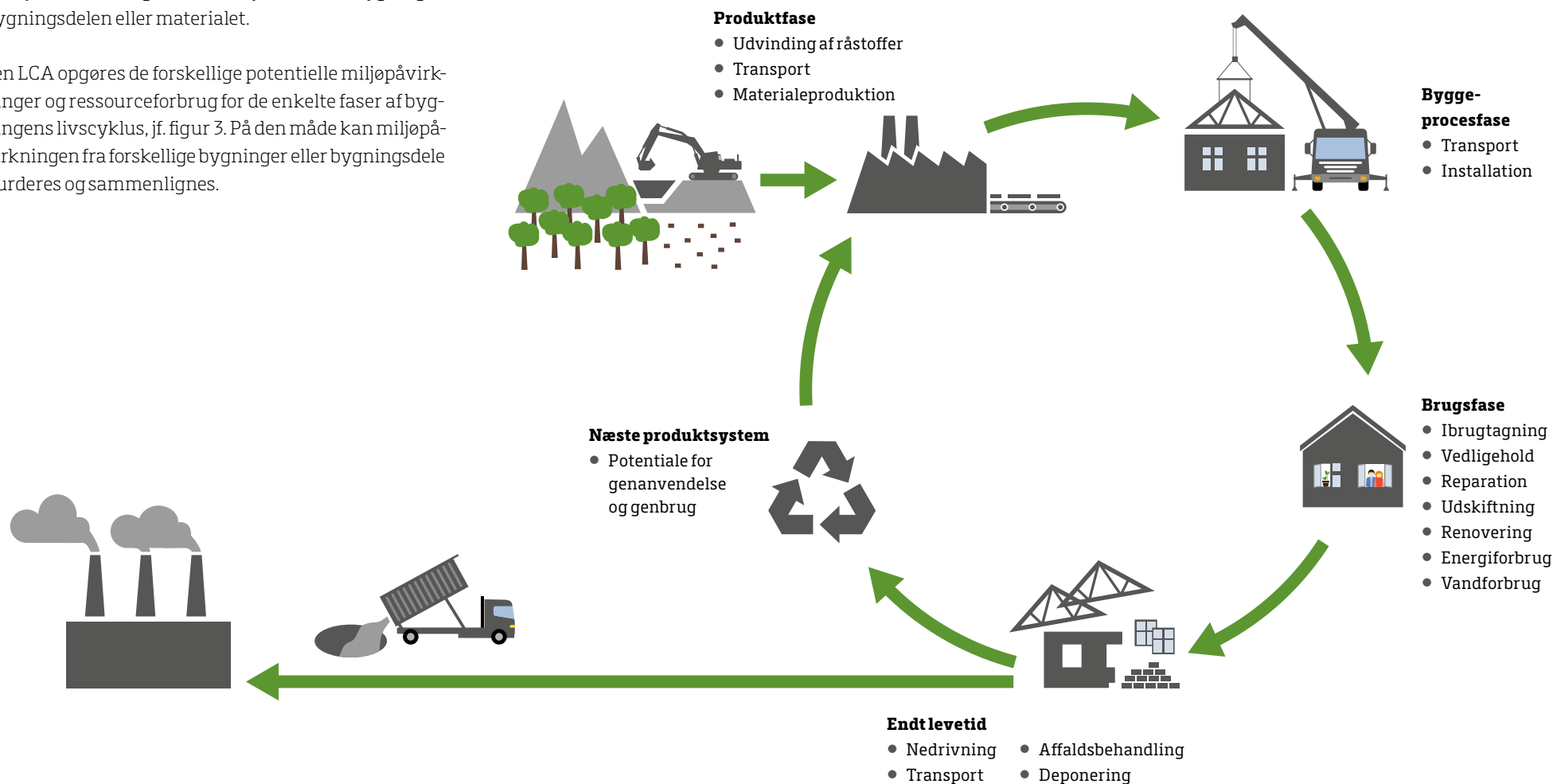


LCA er en metode, som kan anvendes til at vurdere og analysere de potentielle miljøpåvirkninger og forbrug af ressourcer for processer og materialer. For byggeområdet kan en LCA bruges til at vurdere såvel byggevarer, bygningsdele og hele bygninger. Metoden indebærer en detaljeret vurdering af hele livscyklussen for bygningen, bygningsdelen eller materialet.

I en LCA opgøres de forskellige potentielle miljøpåvirkninger og ressourceforbrug for de enkelte faser af bygningens livscyklus, jf. figur 3. På den måde kan miljøpåvirkningen fra forskellige bygninger eller bygningsdele vurderes og sammenlignes.

Figur 3

Typiske faser i bygningers livscyklus: Produktionsfase, byggefase, brugs- og driftsfase og nedrivningsfase. For et bæredygtigt byggeri vil det være målet, at en stor del af materialerne vil kunne indgå som ressourcer i en ny cyklus.



EKSEMPEL



Eksempler på anvendelse af livscyklusvurdering

En LCA kan bruges til at give et samlet billede af miljøpåvirkningerne fra forskellige byggematerialer eller faser i byggeriet.

For at eksemplificere hvilke resultater en LCA kan give, er der i figur 4 og 5 vist et eksempel, der illustrerer, hvordan det globale opvarmningspotentiale (GWP) varierer for et parcelhus opført i henhold til tre forskellige bygningsreglementets energikrav. Eksemplerne skal ikke betragtes som udtryk for de mest bæredygtige løsninger, de er alene eksempler på, hvilke forhold LCAer kan belyse.

De her viste eksempler illustrerer kun resultater for det globale opvarmning potentiale, men ved anvendelse af LCA er det vigtigt, at miljøpåvirkningerne indgår i en samlet betragtning.

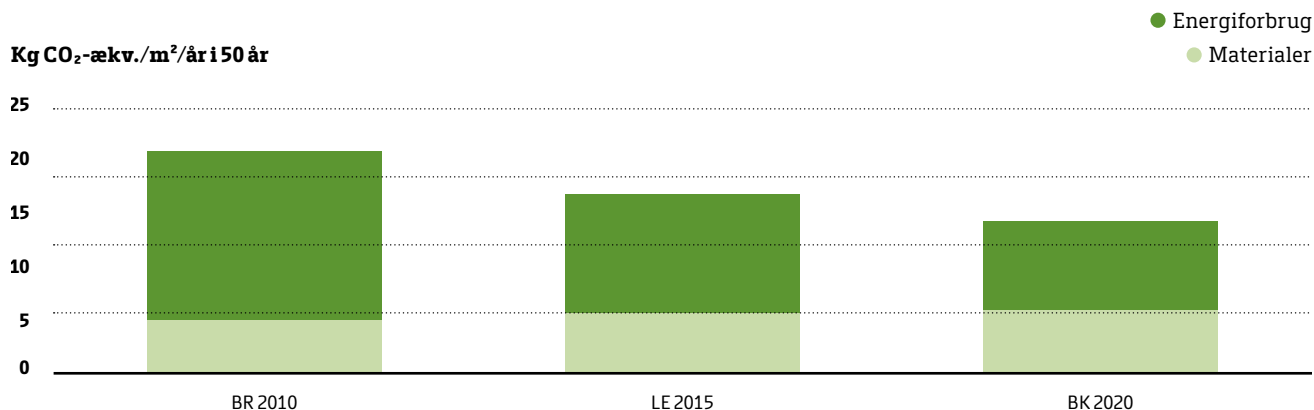
Opførelse og drift

Nedenfor ses et eksempel på en sammenligning af det globale opvarmningspotentiale for bygningsenergiforbrug og energiforbrug til produktion af byggematerialerne for et typisk parcelhus efter hhv. gældende lovkrav, lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020. Med en

anden beregningsperiode vil den relative fordeling mellem energiforbrug og materialer være anderledes. Af figuren ses, hvordan det samlede globale opvarmningspotentiale falder på grund af mindre energiforbrug til drift, og dermed også at byggematerialernes betydning bliver mere væsentlig under de kommende energikrav, bygningsklasse 2020.

Figur 4

Eksempel på miljøbelastningen global opvarmning for et typisk parcelhus fordelt på materialer og driftsenergiforbrug opført efter gældende bygningsreglements krav (BR 2010), lavenergiklasse 2015 (LE 2015) og bygningsklasse 2020 (BK 2020) beregnet for en periode på 50 år.



Kilde Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet



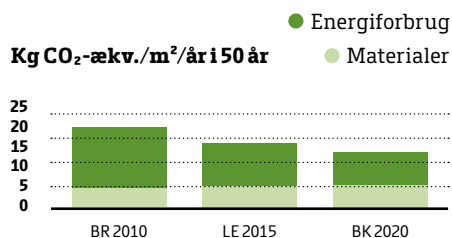
EKSEMPEL



Byggematerialer

Til højre sammenlignes byggematerialernes indbyrdes betydning, og der ses hvordan, dette udvikler sig for de kommende energikrav. De væsentligste materialer for de beregnede parcelhuse er cementbaserede såsom beton og mursten, isoleringsmaterialer samt fliser og tegl. Det ses, hvordan merforbruget af isoleringsmaterialer ved de kommende lovkrav influerer på det samlede billede. Sådanne beregninger kan således bruges til at afklare, hvilke materialer eller bygningsdele, der er årsag til den største miljøpåvirkning. Det skal bemærkes, at påvirkningerne vil fordele sig forskelligt alt efter, hvilken type byggeri, der betragtes.

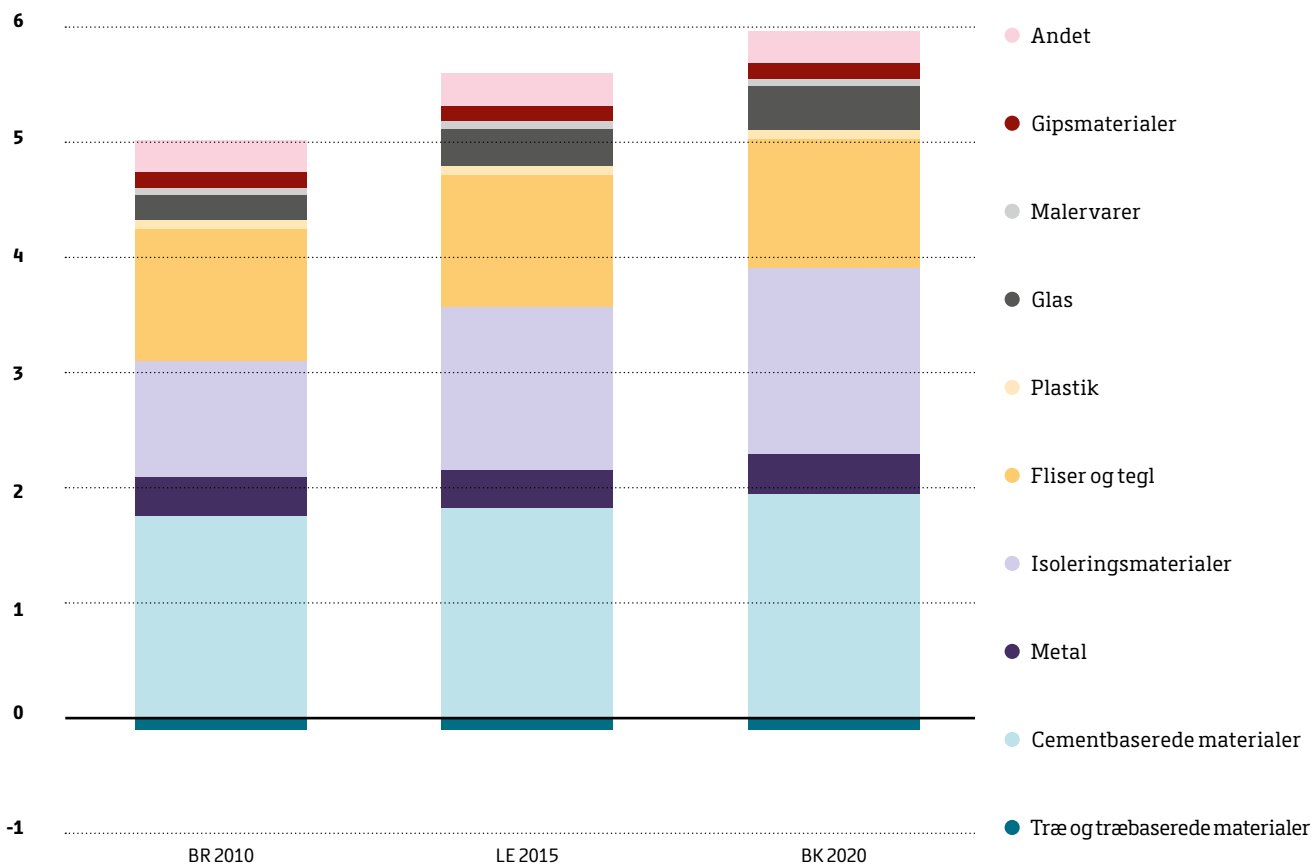
Figur 4, gentaget



Figur 5

Eksemplet illustrerer det globale opvarmingspotentiale fordelt på de enkelte typer byggematerialer i et typisk parcelhus opført efter gældende bygningsreglements krav (BR 2010), lavenergiklasse 2015 (LE 2015) og bygningsklasse 2020 (BK 2020). Materialerne relaterer sig til materialedelen fra figur 4.

Kg CO₂-ækv./m²/år i 50 år



Kilde Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet



Problematiske stoffer

I byggeriet anvendes forskellige byggematerialer, som indeholder kemiske stoffer, der kan have negativ indflydelse på indeklima og miljø. Det er ikke normal praksis, at anvendelsen af disse opgøres, hverken mængder eller typer af produkter. Det er vigtigt, både med hensyn til miljø og sundhed, at der i byggeriet indføres en praksis for øget opmærksomhed på anvendelsen af problematiske stoffer i byggeriet med henblik på at etablere et sundt indeklima samt at give mulighed for genbrug og genanvendelse efter renoivering, ombygning eller nedrivning. Et led i dette arbejde er, at der i konkrete projekter laves en kortlægning over forbruget af denne type byggematerialer, samt at der f.eks. i udbudsmaterialet stilles krav om at undgå udvalgte problematiske stoffer.

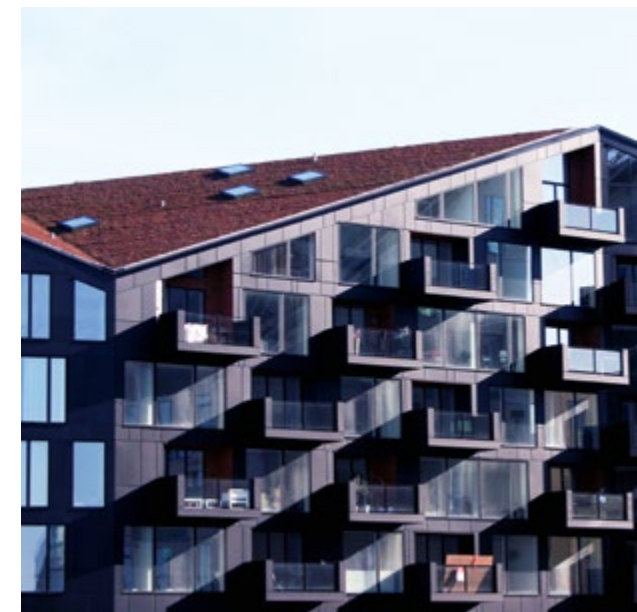
Arealanvendelse, forurening og biodiversitet

Jordarealer kan være en værdifuld ressource, og inddragelsen af nye ubebyggede arealer til bebyggelse bør begrænses mest muligt. I forbindelse med nybyggeri bør det overvejes at:

- mindske inddragelsen af nye arealer til bebyggelse
- øge genanvendelsen af eksisterende byområder
- lade byggerierne bidrage til en øget biodiversitet
- lave miljømæssige forbedringer af grundene ved at oprense eventuel forurening
- tage hensyn til miljø og natur ved transport til og fra byggepladsen

Dette skal bevare naturområder, modvirke spredning i byvæksten, give bedre muligheder for kollektive infrastrukturanlæg og forbedre miljøforholdene for de inddragede arealer.

I den forbindelse er det vigtigt, at der evalueres på, hvor effektivt bygningen benytter arealet, og hvordan det medvirker til at forbedre den miljømæssige kvalitet af grunden. Uforurenede grunde, der ikke tidligere har været brugt til bebyggelse, skal så vidt muligt bevares uberørte. Grunde, der allerede er byggemodnet, skal anvendes så effektivt som muligt og forbedres med hensyn til jordforurening og biodiversitet.





Ressourcer og genanvendelighed

Bedre udnyttelse af vores ressourcer skal bl.a. sikres ved at genbruge og genanvende byggeaffald fra nedrivninger og renoveringer, samt ved at optimere bygningens ressourceforbrug under drift f.eks. energi og vand. Med hensyn til materialeforbruget bør der allerede i den tidlige planlægningsfase træffes bevidste materialevalg ud fra en betragtning af bygningsdeles og materials livscyklus. Desuden skal der i forbindelse med vedligehold og renovering fokuseres på at undgå brugen af problematiske stoffer og materialer.

For at kunne genbruge og genanvende byggematerialer skal byggeaffaldet sorteres i forbindelse med nedrivning og renovering af eksisterende bygninger. For at få renere affaldsfraktioner er det nødvendigt at have viden om,



hvorvidt der er problematiske kemikalier i byggeaffaldet, hvilke stoffer det drejer sig om, og hvor de er, så de kan sorteres fra og håndteres særskilt.

Det handler om at anvende genbrugsmaterialer og anvende materialesammensætninger og løsninger, som senere giver mulighed for at materialerne kan genanvendes i et nyt produkt, eller at produktet kan genbruges direkte i en anden sammenhæng.

For at muliggøre og sandsynliggøre genanvendelse må der i planlægningen af byggeriet tænkes i den praktiske udførelse og demontering. Det vil sige, at det skal overvejes, hvordan det byggeri, der opføres i dag efter endt levetid, vil kunne nedtages og adskilles med størst mulig genanvendelsesgrad af materialerne. Jo nemmere og billigere det er at adskille bygningsdelene, jo større vil graden af genanvendelse naturligt blive. Og jo mere rene fraktioner det er muligt at sortere materialerne i, desto større materialekvalitet kan bevares. Da den mulige genbrug eller genanvendelse først finder sted efter en årrække, er det vigtigt, at der i projektarbejdet og i udførelsen udføres as-built dokumentation. Ligeledes kan fotodokumentation være en hjælp til både at optimere vedligehold og lette eventuel demontering. At tænke i genanvendelighed af materialer og bygningsdele har en positiv afsmittende effekt på mange af parametrene for bæredygtighed i et byggeri, som ressourceforbrug, miljøbelastning og samfundsøkonomi.

Udover at optimere brugen af ressourcerne og forberede for genbrug og genanvendelse er det også vigtigt at undgå eller minimere brugen af knappe naturressourcer. Et eksempel på en knap ressource, der anvendes i byggeriet, er kobber.

Den miljømæssige kvalitet sikres ved at



- Vurdere og optimere byggeriets samlede ressourceforbrug og miljøpåvirkninger ved LCA.
- Optimere bygningens energiforbrug, herunder også det der ikke vedrører bygningsdriften.
- Optimere bygningens vandforbrug og afledning af regnvand og spildevand.
- Undgå brugen af farlige stoffer.
- Minimere eller undgå brugen af knappe ressourcer.
- Forberede bygningsdele og materialer for adskillelse og genbrug eller genanvendelse.
- Optimere bygningens arealudnyttelse og fokusere på optimering af områdets biodiversitet.

Social kvalitet



Social kvalitet i byggeriet omfatter

- Sundhed, komfort og godt indeklima
 - Sikkerhed, tryghed og tilgængelighed for alle
 - At oplevelse og brug er understøttet af god arkitektur og funktionalitet, gode udendørs faciliteter og godt nærmiljø, alt sammen udført med henblik på at skabe et positivt bidrag til både bygningens brugere og nærmiljøet
 - Brugen af bæredygtige transportformer er understøttet af bygningens placering og særlige faciliteter
 - Ansvarlige indkøb og sporbarhed for byggematerialer og tjenesteydelser
-



Social kvalitet handler om at skabe sikre rammer for alle menneskers sundhed og trivsel i bygninger, omkring bygninger i den by- eller samfundsmæssige kontekst. Og samtidig, at der skabes gode rammer for sociale interaktioner mennesker imellem. Dette indebærer i høj grad fokus på bl.a. indeklima, arbejdsmiljø, arkitektur, funktionalitet, tilgængelighed og tilpasning til nærmiljøet, tillige med sikkerhed og sundhed.

Den sociale kvalitet dækker en bred vifte af emner, hvor det ikke er muligt at opstille målbare parametre for dem alle. Derfor er den sociale del af bæredygtighedsbegrebet ofte blevet opfattet som lidt uklar og uhåndgribelig. Alligevel er de sociale kvaliteter traditionelt set godt integreret i byggeriet i Danmark, hvor bl.a. indeklima og tilgængelighed er reguleret i lovgivningen og velbeskrevet i diverse standarder, mens forhold som hensyn til den arkitektoniske sammenhæng og beskyttelse af nærmiljøet typisk prioriteres højt og er dækket af planlovgivningen.

I det følgende er den sociale kvalitet uddybet ved at beskrive og eksemplificere social kvalitet på flere niveauer; i bygningen, omkring bygningen og for bygningen i et større samfundsperspektiv. For det sande bæredygtige byggeri handler det om at tilstræbe disse sociale kvaliteter for alle og at sikre rammerne for, at disse kvaliteter også kan oprettholdes i et langsigtet perspektiv.





Social kvalitet i bygningen

En meget afgørende del af den sociale kvalitet vedrører trivsel hos bygningens daglige brugere. Denne trivsel forudsætter, at den fysiske komfort er til stede. For bygningens vedkommende afhænger denne komfort i høj grad af indeklimaforhold som temperatur, luftkvalitet, akustik og støj, samt belysning og dagslysforhold. Alle disse parametre er målbare, og der kan opstilles konkrete krav her til. Andre oplevelsesorienterede parametre som god arkitektur og indretning, rumlig kvalitet, udsynsmuligheder, mulighed for brugerstyring og funktionalitet er ligeledes afgørende for trivsel i bygningen og dermed bygningens sociale kvalitet. Den øgede komfort og trivsel som følge af et bedre indeklima, vil ofte kunne have afsmittende positive økonomiske effekter.

En bæredygtig bygning skal tilgodese alle og give lige muligheder for alle. Derfor er tilgængelighed også en væsentlig del af den sociale kvalitet.

Muligheden for at tilskynde til en mere sundhedsfremmende brugeradfærd i bygningen inddrages ofte som en del af den sociale kvalitet. Dette kan bl.a. være ved at skabe gode forhold for cyklister, dvs. gode cykelparkeringsmuligheder, omklædning og badefaciliteter. Ligeledes kan det handle om at motivere til at tage trappen i stedet for elevatoren.

Yderligere et aspekt af den sociale kvalitet er brugernes sikkerhed, hvilket både handler om den bygningsmæssige sikkerhed og den oplevede tryghed, så som sikkerhedsprocedurer og -foranstaltninger i tilfælde af brand eller andre alvorlige hændelser.





Social kvalitet omkring bygningen

Adgang til attraktive uderum er en væsentlig kvalitet for bygningens brugere. Muligheden for at komme ud øger trivsel og sundhed og er med til at skabe en højere grad af brugertilfredshed. Det kan være terrasser, grønne områder, taghaver og lignende. Kan sådanne attraktive uderum samtidig benyttes af andre i området, vil det være endnu en styrkelse af den sociale kvalitet og samtidig medvirke til en positiv opfattelse af bygningen. Eksempelvis for kontorbygninger vil det kunne være med til at skabe liv omkring bygninger, der ellers ofte ligger øde hen uden for normal arbejdstid.



For bygningens uderum og adgangsforhold spiller sikkerheden ligeledes en væsentlig rolle i den samlede kvalitet. Eksempelvis at adgangsforhold for biler, fodgængere og cyklister er sammentænkt, så cyklister ikke skal krydse tilkørselsvejene for eks. varelevering. Den oplevede sikkerhed og tryghedsfølelse omkring bygningen er ligeledes vigtig for den samlede kvalitet.

Social kvalitet i forhold til samfundet

Bygninger indgår altid i en større samfundsmæssig sammenhæng, hvad enten det er en bygning i den tæt bebyggede by eller en bygning i det åbne land. I alle tilfælde skal omgivelserne indgå som en væsentlig parameter i hele planlægningen af byggeriet. Det handler om fra start at overveje, på hvilken måde bygningen kan bidrage til det nærliggende miljø i stedet for at betragte bygningen som en isoleret enhed. Det drejer sig om arkitektoniske overvejelser og bl.a. om at tage hensyn til den omkringliggende arkitektur og historiske sammenhæng, respektere den natur bygningen placeres i, arbejde med om bygningen åbner sig mod byen eller lukker sig til, og hvordan bygningen spiller sammen med de trafikale forhold i området.

I det korte perspektiv skal byggeprocessen overvejes nøje og tage hensyn til naboer og øvrige interessenter med hensyn til støj, støv, vibrationer, tung trafik til byggepladsen og besværliggørelse af den omliggende trafik. Meget kan vindes ved en tidlig interessentinddragelse, og i det hele taget kan inddragelse, information og tidlig forventningsafstemning være med til at skabe en positiv stemning i samfundet omkring bygge- eller renoveringsprojektet.

Den sociale kvalitet sikres ved at



- Sætte klare og ambitiøse mål for indeklimaet og indarbejde dette fra de tidligste projektfaser.
- Skabe sunde og attraktive rammer for både bygningens brugere og byen som helhed, bl.a. gennem en tidlig bruger- og interessentinddragelse.
- Skabe attraktive uderum omkring bygningen for både brugere og naboer.
- Sikre tilgængelighed for alle.
- Tilpasse byggeriets og landskabets arkitektur til nærmiljøet, inddrage lokale interessenter i det tidlige forløb og generelt fokusere på at skabe et positivt bidrag til nærmiljøet.
- Tilpasse byggeriets funktion til den bymæssige kontekst.
- Fokusere på arbejdsmiljø og hensyn til nærmiljøet i byggefasen.
- Prioritere ansvarlige indkøb og sikre, at byggematerialer og -produkter er fremskaffet og produceret under ansvarlige forhold.

Økonomisk kvalitet



Økonomisk kvalitet i byggeriet omfatter

- Balancering af totaløkonomi og bygningens samlede kvalitet.
 - Værdistabilitet over tid sikret af høj kvalitet, funktionalitet og stor fleksibilitet.
 - Effektiv udnyttelse af bygningens arealer.
-



Økonomisk kvalitet forudsætter, at der er skabt balance mellem omkostninger og opnået kvalitet over byggeriets levetid, samt at der er fokus på den værdiskabelse, som generes i bygge- og driftsfaserne. Ydermere betragtes det som en del af den økonomiske kvalitet, at der i planlægningen af byggeriet er givet muligheder for tilpasning til anden brug eller andre behov, så bygningen er forberedt til at kunne fastholde sin værdi over tid.

Økonomisk kvalitet sikres ved at anvende beregning af totaløkonomi for opførelse og/eller renovering, drift og vedligehold og benytte dette som et velfunderet beslutningsværktøj fra de allertidligste faser. Dermed kan de langsigtede økonomiske konsekvenser af eksempelvis en investering i en højere kvalitet synliggøres.

I dag er den styrende parameter i de fleste byggeprojekter den kortsigtede anlægsøkonomi, og bæredygtighed bliver ofte opfattet som en række fordyrende tiltag. Ved at beregne totaløkonomi kan der imidlertid skabes et bedre beslutningsgrundlag, idet mer værdien af mere langsigtede investeringer kan synliggøres. Samtidig er det nødvendigt at rette fokus på værdiskabelse i et bredere og mere langsigtet perspektiv og at lade dette forhold indgå som en del af beslutningsgrundlaget.

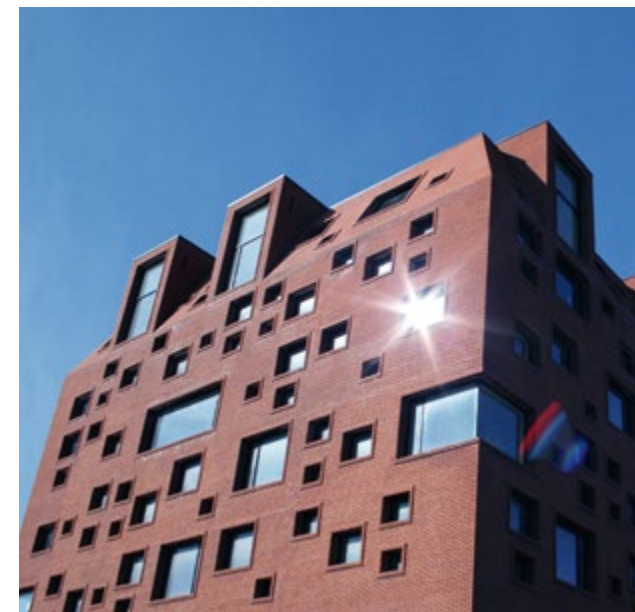
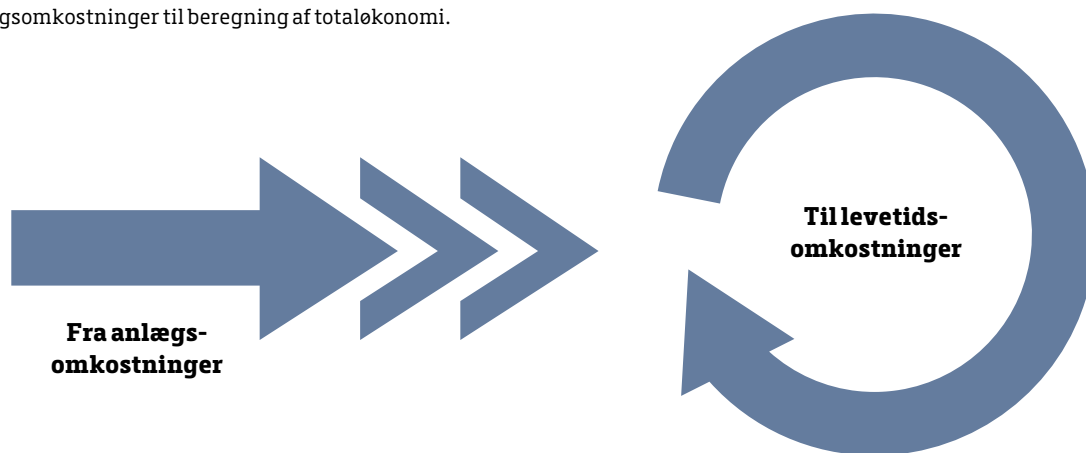
Der kan ofte være betydelige økonomiske fordele forbundet med at investere lidt mere i anlægsomkostningerne for at opnå et byggeri, der eksempelvis kræver mindre vedligehold, er let tilgængeligt for udskiftning af installationer og hvor der er færre omkostninger til rengøring.

Disse forhold synliggøres og kan vurderes ved beregning af totaløkonomi.

Økonomisk kvalitet handler således ikke om at vælge de billigste løsninger på kort sigte, men de løsninger, som i det langsigtede og helhedsorienterede perspektiv har den bedste balance mellem investering og kvalitet. Eksempelvis kan en lidt højere investering i kvalitet medføre mindre behov for vedligehold og dermed samlet set give færre omkostninger i et længere perspektiv. I det følgende beskrives de afledte økonomiske effekter som et mere bæredygtigt byggeri kan have.

Figur 6

For at skabe et bedre beslutningsgrundlag og synliggøre værdien af mere langsigtede investeringer er der behov for et skifte fra beregning af anlægsomkostninger til beregning af totaløkonomi.





Totaløkonomi

Bygninger har for det meste en lang levetid og kræver løbende omkostninger til vedligehold og drift. Anlægsomkostningerne er den største enkeltomkostning, men betragtet over en periode på måske 30, 40 eller 50 år bliver udgifterne til drift, vedligehold og forsyning af bygningen ganske betydelige og vil ofte overgå anlægsomkostningerne. For installations- og tekniktunge bygninger som kontor-, uddannelses- og sundhedsbygninger vil de løbende udgifter meget ofte endda overstige anlægsomkostningerne på grund af udskiftning af kostbare komponenter som ventilation, belysning og el. For eksempelvis enfamiliehus vil det derimod forholde sig anderledes.

Ved beregning af totaløkonomi tages der udover anlægsomkostningerne også højde for de efterfølgende omkostninger over en given levetid eller kalkulationsperiode. For at kunne anvende totaløkonomi som et solidt beslutningsgrundlag og for at kunne sammenligne forskellige løsninger og måske endda forskellige bygninger, er det afgørende at have rammerne for beregningen klart defineret. I den konkrete beregning må der således defineres en kalkulationsperiode, og det må klart defineres hvilke typer omkostninger, der indgår i beregningen. Ydermere må der defineres en forventet prisudvikling og en kalkulationsrente.

For samtidig at kunne sammenligne løsninger, hvor udgifterne falder på forskellige tidspunkter, eksempelvis ved sammenligning af konsekvenserne af to bygningsdele med forskellig levetid, omregnes alle omkostninger til en nutidsværdi. I beregningen af nutidsværdien tages der højde for den forventede prisudvikling og renter.

Figur 7

Der er mange økonomiske aspekter i et byggeri og driften af det. Allerede fra den tidlige planlægningsfase er det vigtigt at overveje både omkostninger og potentielle afledte økonomiske effekter. Herigennem kan der sikres den rette balance mellem totaløkonomi, kvalitet og afledte gevinster. Denne figur giver eksempler på generelle bygningsrelaterede omkostninger, samt potentielle afledte gevinster ved at bygge bæredygtigt.





Afledte økonomiske effekter

I forbindelse med byggeriet er der en lang række afledte økonomiske effekter, som kan stimuleres ved at investere i de førnævnte kvaliteter i det bæredygtige byggeri. Der kan både være tale om gevinster af værdi for bygningens direkte interessenter, det vil sige ejer eller lejer, og gevinster af værdi for samfundet. Der er givet eksempler på disse forskellige gevinster i Figur 7.

Betragter vi eksempelvis en kontorbygning og udover bygningens totaløkonomi også ser på lønomkostningerne til de ansatte, vil lønomkostningerne klart overgå både bygge- og driftsomkostninger. En investering i god kvalitet, trivsel og sundhed for brugerne med selv små forbedringer i produktiviteten eller reduktion i sygefraværet til følge vil således relativt hurtigt kunne betale sig hjem

for bygningens ejer eller lejer. Værdien af en investering i et godt indeklima for bygningens daglige brugere bør derfor forsøges synliggjort.

På et samfundsmæssigt plan vil eksempelvis en forbedret produktivitet og et lavere sygefravær have positive afledte effekter i form af forbedret konkurrenceevne og færre udgifter i sundhedssystemet.

De afledte effekter vil hos de forskellige parter blive betragtet som incitamenter til at bygge bæredygtigt og bør indgå som en del af den indledende diskussion om byggeriets niveau for bæredygtighed. Ligeledes kan disse effekter, eller afledte økonomiske kvaliteter, tages med i overvejelserne om, hvor den rette balance mellem kvalitet og investering findes.



Den økonomiske kvalitet sikres ved at



- Beregne og optimere byggeriets totaløkonomi for opførelse, drift og vedligehold, og afveje totaløkonomi med byggeriets samlede kvalitet.
- Bruge totaløkonomi som et kvalificeret beslutningsværktøj for valg af løsninger.
- Tilstræbe et værdistabil byggeri ved god kvalitet og høj grad af fleksibilitet.
- Optimere bygningens indretning, så arealudnyttelsen er så høj som mulig.
- Synliggøre og inddrage de afledte økonomiske effekter, der kan påvirkes ved et mere bæredygtigt byggeri i beslutningsgrundlaget.

EKSEMPEL

Eksempel på beregning af totaløkonomi



Ved beregning af totaløkonomi anbefales det som minimum at medtage følgende hovedomkostninger:

- Byggeomkostninger.
- Drift og vedligeholdelseskostninger til inspektion, løbende drift og vedligehold af bygningsdele.
- Forvaltningsomkostninger til administration, skatter og forsikring mv.
- Forsyningsomkostninger til el, vand, varme mv.
- Omkostninger til renhold.

En væsentlig del af totaløkonomi er udskiftning af bygningsdele og installationer, som eks. vinduer, tag og ventilation. Levetiden af de forskellige bygningsdele defineres forud for beregningen så forudsætningerne er ensartede og veldefinerede. Ved indregning af disse for ventede levetider kan der skabes overblik over udgiftsforløbet. Der er vist et eksempel på et sådant forløb nedenfor. I arbejdet med bæredygtigt byggeri bør disse omkostninger sammenholdes med byggeriets øvrige kvaliteter og de potentielle afledte gevinster.

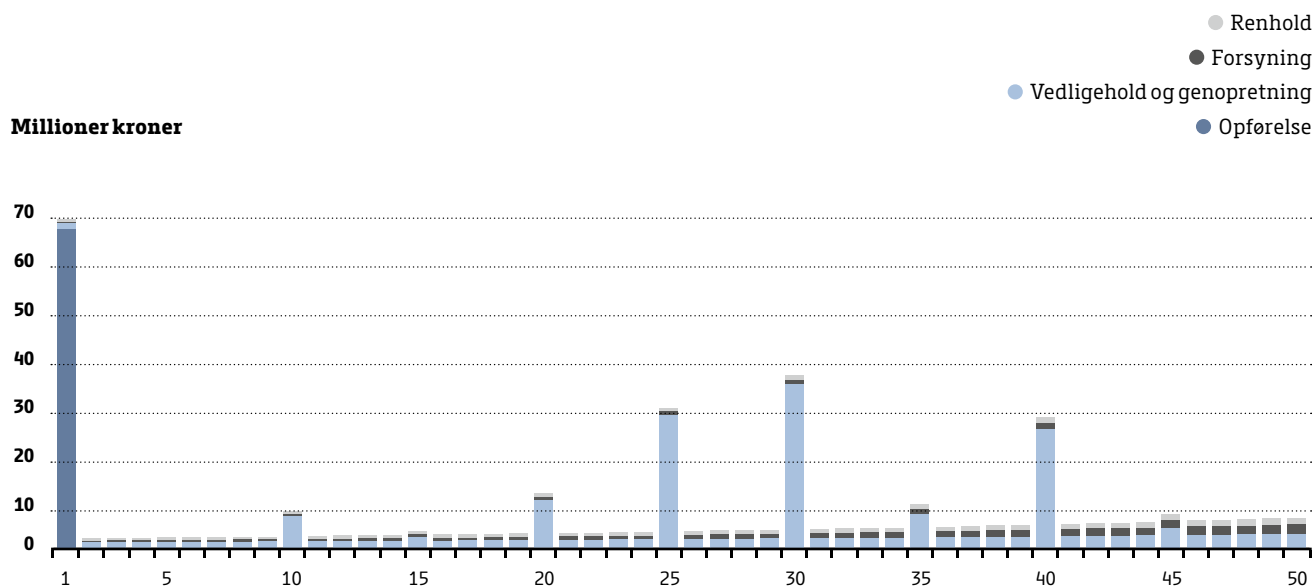
EKSEMPEL



For at kunne sammenligne totaløkonomi for forskellige løsninger med forskellige udgiftforløb skal alle forbundne udgifter omregnes til en nutidsværdi, det vil sige, at alle udgifter over levetiden tilbageføres til samme tidspunkt (nutidsværdi).

Figur 8

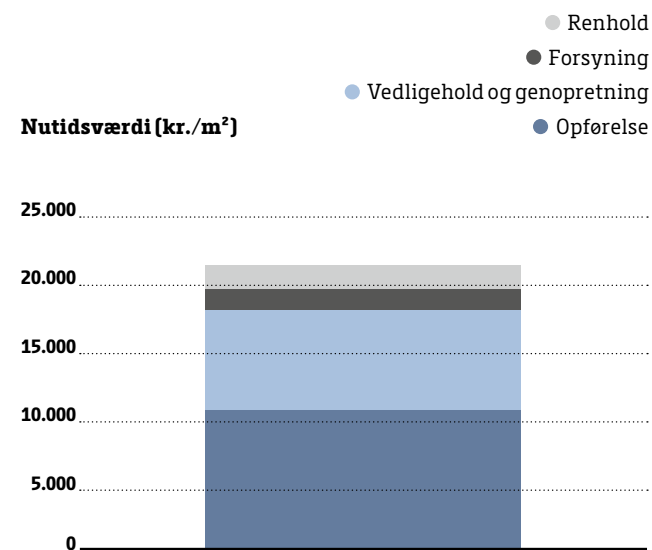
Eksempel på totaløkonomi som løbende årlige udgifter (NCC Company House, DGNB certificering). De store fremspring skyldes udskiftninger af væsentlige bygningsdele baseret på forudsatte levetider på henholdsvis 10, 20, 25, 30, 35 og 40 år.



Kilde NCC

Figur 9

Eksempel på beregnet nutidsværdi af totaløkonomi (NCC Company House, DGNB certificering). Kalkulationsperioden er 50 år.



Kilde NCC

CASE

Renovering og udbygning, konferencecenter

Green Solution House er et moderne konferencecenter og resultatet af en renovering og udbygning af et hotel, hvor der er taget højde for miljømæssige-, sociale kvaliteter som dermed danner grundlag for langsigtede økonomiske kvaliteter.

Byggeriet er inspireret af Cradle to Cradle principperne, således at der er taget højde for hvordan byggeriet efter endt levetid, vil kunne nedtages og adskilles med størst mulig genanvendelsesgrad af materialerne. Byggeriet certificeres både efter DGNB og Active House system.

Green Solution House, Rønne Bornholm

- **Konferencecenter** 45.000 m²
- **Bygherre** Hotel Ryttergården
- **Arkitekt** 3XN
- **Ingeniør** Esbensen Rådgivende Ingeniører

Der er stilet efter at skabe en bygning, der ikke genererer affald. Hverken under byggeprocessen eller i driften. For at undgå affald, skal alt i bygningen være en del af et kredsløb. Derfor er bygningen designet til at kunne skilles ad, og materialerne kan bruges igen.

Projektet er et udviklingsprojekt som indeholder forskellige innovative elementer, såsom et energilager der opvarmes af solfangere, integrerede solceller, lokal spildevandsrensning og en plantevæg. Bygningen er udviklet med fokus på et optimalt indeklima og indeholder udover mødelokaler, værelser og restauranter også integrerede væksthuse, hvor der kan produceres økologisk frugt og grønt til gæsterne.

Byggematerialerne i det nybyggede konferencecenter er så vidt muligt certificerede efter mærkningsordninger, og mødelokaler er der stort fokus på dagslys. Varmt vand og elektricitet er i vid udstrækning produceret via solfangere og solceller, som er integreret i altanværn, i taget og i naturen. Regnvand opsamles og alt vand genbruges, ligesom affald enten komposteres eller genanvendes på anden vis.

Energiforbrug, vandforbrug og indeklima visualiseres for gæsterne med henblik på at inspirere til bæredygtig adfærd – via specialudviklet software, infoskærme og et unikt belyningskoncept.



CASE

Renovering, boligbyggeri

Sorgenfrivang II er et alment boligbyggeri, der består af tre godt 50 år gamle betonhøjhuse. Højhusene står overfor en gennemgribende renovering. I renoveringsprojektet har både bygherre og beboere været med til at vælge en bæredygtig tilgang til opgaven. Projektet er planlagt ud fra en vision om at Sorgenfrivang II kan blive et nutidigt bæredygtigt byggeri.

Visionen for renoveringen tager udgangspunkt i en bæredygtig strategi, hvor der ønskes at skabe balance mellem de tre kvaliteter af bæredygtigheden, herunder med fokus på:

Sorgenfrivang II

- **Almen boligbebyggelse** 45.000 m²
- **Bygherre** Lyngby Almennyttige Boligselskab
- **Arkitekt** DOMUS Arkitekter
- **Ingeniør** DOMINIA

Miljømæssige kvaliteter

- Reduceret varmemeforbrug
- Nyt ventilationsanlæg med varmegenvinding
- Solceller på taget
- Regnvandsopsamling til vaskeri

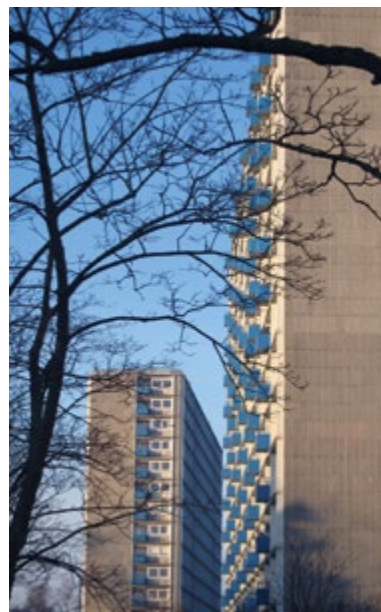
Social kvaliteter

- Lydisolering
- Mangfoldighed, tilgængelighed & fællesskab
- Mere lyse og venlige boliger
- Holdbar og flot patinerende facade
- Bevarelse af arkitektonisk kvalitet
- Forbedret adgangsforhold

Økonomisk kvaliteter

- Høj byggeteknisk kvalitet
- Lavt vedligeholdelsesbehov
- Rentabilitet
- Reduceret energiforbrug

Endvidere er det målet, at forbedre bygningernes kvalitet generelt og ikke blot foretage pletvis renovering, som på sigt bliver dyrere. I projektet foretages de nødvendige udskiftninger af udtjente installationer og bygningsdele, men samtidig tilføjes en række helt nye kvaliteter til boligerne, som langt større altaner som også er beskyttede for vind og vejr, bedre dagslysforhold, nye badeværelser og nye køkkener. Projektet er præ-certificeret efter DGNB.



CASE

Nybyggeri, parcelhuse

Realdania Byg har som et demonstrationsprojekt opført seks enfamiliehuse, der alle fokuserer på at nedbringe byggeriets CO₂-belastning. De fem første skulle på hver deres måde vise nye veje for et mere CO₂ venligt parcelhus.



Det sjette hus 'fremtidens parcelhus' er opført på baggrund af erfaringerne fra de fem første. Der blev lavet livscyklusvurdering (LCA) på alle 6 huse og resultaterne er sammenlignet med et traditionelt typehus.

Udover at fokusere på nedbringelse af CO₂-belastningen har det været en forudsætning, at husene skulle kunne opføres inden for en normal økonomi, sådan at de efterfølgende kunne blive solgt til almindelige familier. Husene blev solgt efter projektets afslutning.

Hus 1 Upcycle House er opført af genanvendte materialer, med fokus på genanvendelse til nye byggematerialer af højere brugsværdi, end de oprindeligt var tænkt. LCA-en viste et CO₂-besparelsespotentiale på hele 86% sammenlignet med et traditionelt typehus.

Hus 2 og 3 De vedligeholdelsesfrie huse er opført ud fra to mål: At være vedligeholdelsesfri i en periode på mindst 50 år, samt at opnå en levetid på 150 år. Det ene projekt - Tradition - har samlet og anvendt kendte og klassiske byggematerialer og metoder, mens det andet - Fornyelse - har anvendt ny viden og teknik. LCA-en viste et CO₂-besparelsespotentiale på hhv. 45% og 57% for hele bygningens forventede levetid sammenlignet med et traditionelt typehus.

MiniCO₂-husene, Nyborg

- **6 enfamiliehuse** 135 - 150 m²
- **Byggeår** 2012 - 2014
- **Arkitekt/bygherre** Lendager Arkitekter, Leth & Gori, Arkitema, Henning Larsen og GXN, Pluskontoret / Realdania Byg

Hus 4 Det foranderlige hus er opført, således at der er en høj grad af fleksibilitet. Det er gjort mulig ved hjælp af byggekomponenter, som er demonterbare og udskiftelige, uden brug af værktøj, og uden materialetab og byggerod til følge. Huset er desuden gjort så rummeligt, at der er plads nok til at integrere fremtidige teknologier, som endnu ikke er standard i dag. LCA-en viste et CO₂-besparelsespotentiale på 21% for hele bygningens forventede levetid sammenlignet med traditionelt typehus.

Hus 5 Kvotehuset er opført med en intention om at begrænse CO₂-udledningen mest muligt i forbindelse med beboernes løbende energiforbrug, dvs. finde måder, hvor på beboernes adfærd kan reguleres fornuftigt og på en måde, der matcher en normal hverdag. I beregningerne er også inddraget den el, der bruges i husholdningen, hvilket normalt ikke indgår i traditionelle bygningsberegninger. Vurderingerne tyder på at der kan opnås et CO₂-besparelsespotentiale på 26% når der tages højde for både bygning og brugerens forventede energiforbrug.

Hus 6 Mini-CO₂ typehuset er opført på baggrund af resultaterne fra de fem første huse og en afvejning af de opnåede CO₂-besparelser i forhold til effekt, pris og øvrige gevinster. Det er i typehuset lykkedes at opnå et CO₂-besparelsespotentiale på 45%, - set i forhold til et traditionelt typehus.

Bæredygtigt byggeri

1. udgave, 2015

Udgiver

Energistyrelsen
Amaliegade 44
1256 København K
Tlf.: 33 92 67 00
Fax: 33 11 47 43
E-mail: ens@ens.dk
www.ens.dk

ISBN

978-87-93071-94-0

Redaktion

Publikationen er udarbejdet i samarbejde mellem Energistyrelsen og Statens Byggeforskningsinstitut (SBI) ved Harpa Birgisdóttir.

Foto

Energistyrelsen
Colourbox
Realdania Byg
Jesper Ray s. 15 og 28.
DOMUS arkitekter s. 27

Design

e-Types & e-Types Daily

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven.