



BLIV BEDRE TIL BÆRE- DYGTIGHED

– en guide til entreprenører
og håndværkere

Bliv bedre til bæredygtighed

er udgivet i januar 2020 med støtte fra Energifonden og er udviklet af:



PRIMETIME

Følgegruppe og medlæsere



Hvorfor blive bedre til bæredygtighed	04
Hvad er bæredygtighed?	07
Bæredygtighedskrav fra bygherrer	12
Spar på ressourcerne – i produktion, opførelse og drift	18
CO ₂ -udledning: Drift kontra opførelse	21
Hvad er indlejret energi?	23
Livscyklusvurdering	26
Miljøvaredeklarationer	27
Eksempel på brug af miljøvaredeklarationer	30
Nogle bygningsdele er vigtigere end andre	35
Eksempel: Hvilke bygningsdele er vigtigst?	36
Byggepladsen	38
Drift og vedligehold	41
Funktionsafprøvning	41
Commissioning	42
Tjekliste til at spare på ressourcerne	44
Skab godt indeklima – lyd, lys og luft	46
Lyd	47
Lys	50
Luft	53
Miljø- og sundhedsrisici ved nye byggematerialer	55
Miljø- og sundhedsrisici ved gamle byggematerialer	58
Tjekliste til at skabe et godt indeklima	61
Byg til ombyggelighed – anvend fleksible løsninger	62
Fleksibilitet og tilpasningsevne	65
Fleksibilitet i råhuset	66
Fleksible tekniske installationer	67
Fleksibilitet mindsker byggeaffald	68
Tjekliste til at bygge til ombyggelighed	69
Byg holdbart – vælg materialer til formålet	70
Holdbarhed afhænger af byggepladshåndtering	71
Stop overdimensionering	72
Levetider for materialer	73
Levetider og miljøpåvirkninger	74
Tjekliste til at bygge holdbart	77
Kig efter dokumentation – miljømærker og deklARATIONER	78
Find dokumentation	79
Håndtering af dokumentation	81
Tjekliste til dokumentation	82
Bilag: Dokumentation for byggeledere	83

Hvorfor blive bedre til bæredygtighed?

Bæredygtighed indgår oftere og oftere i kravene fra bygherrer til entreprenører og håndværkere. Det gælder i store projekter såvel som små og både i forbindelse med nybyggeri og renovering.

I store projekter tildeles projekterne som regel efter et udbud, og bæredygtighed optræder i stigende grad i udbudsmaterialerne. I mindre projekter stiller fx boligejere flere spørgsmål til, om det ene eller det andet byggemateriale er mest bæredygtigt.

Så hvad gør du, når en bygherre efterspørger bæredygtige løsninger – eller når du er involveret i et byggeri, hvor du skal dokumentere bæredygtige valg?

Som udgangspunkt er det vigtigt at forstå, at hvad der er en bæredygtig løsning, er situationsbestemt og afhænger af byggeprojektets karakter og formål – og det er det, som gør spørgsmål om bæredygtighed vanskelige at besvare på stående fod.

Ikke desto mindre er det væsentligt, at byggevirksomheder bliver bedre til at vejlede om og træffe bæredygtige valg i enhver konkret situation – ganske enkelt fordi markedet går den vej, og bæredygtighed bliver vigtigere og vigtigere i vores samfund.

Hvad får du med denne guide?

For at bygge mere bæredygtigt er det vigtigt at kunne stille de rette spørgsmål til kunder og leverandører, forstå de processer, man skal bidrage til, og finde svar. Denne guide hjælper de udførende aktører i byggebranchen med at gøre netop det – uanset om det er den mindre håndværksvirksomhed eller den større entreprenør.

Du får viden om en række værktøjer og metoder, der kan hjælpe dig til at blive bedre til de mange forskellige aspekter af bæredygtighed, både når du bygger nyt og renoverer. Formålet er at klæde dig og din virksomhed på til at imødekomme bygherrernes stigende krav til bæredygtighed og at gøre dig klar til den kommende frivillige bæredygtighedsklasse i Bygningsreglementet.

Dette er ikke en guide til certificering af bæredygtigt byggeri (fx efter DGNB eller Svanemærket), men der gives eksempler på, hvordan disse certificeringer vurderer bæredygtige tiltag – fordi certificeringerne indeholder de mest gennemarbejdede og praktisk håndterbare anvisninger til at træffe bæredygtige valg.

Guiden vil løbende give konkrete eksempler på, hvordan du som entreprenør og håndværker håndterer at dokumentere bæredygtigheden for dit projekt. Disse eksempler er baseret på resultatet af et samarbejde mellem bæredygtighedseksperter fra udviklingscentre og projekterende. Der har også været dialog med en følgegruppe, som repræsenterer byggebranchen bredt, og endelig har studerende fra Aarhus Universitet medvirket vedr. DGNB i byggeprocessen.

Fire dele

Materialet 'Bliv bedre til bæredygtighed' omfatter fire dele:

1. Denne guide, som introducerer bæredygtighedsbegrebet generelt og under fem overordnede principper. Guidens primære fokus er materialer, energi og indeklimate.
2. Et casehæfte med to eksempler på bæredygtigt byggeri. Herunder hvilke tiltag som har bidraget til bæredygtigheden, og hvilke dilemmaer der er opstået undervejs.
3. Undervisningsmateriale, som er målrettet erhvervsuddannelser og universiteter, hvor teori og praksis blandes.
4. Supplerende undervisningsmateriale med relevante danske kilder og litteratur om bæredygtighed.

Brug materialet til opkvalificering

Det samlede materiale kan bl.a. bruges til undervisning for at opkvalificere byggebranchen i forhold til bæredygtighed.

Fem overordnede principper

Denne guide bygger videre på et eksisterende vejledningsmateriale om bæredygtige materialevalg, som hedder "Vælg bæredygtigt" – et materiale, som giver tommelfingerregler og gode råd primært angående materialevalg. Du finder det på www.vaelgbæredygtigt.dk.

Helt overordnet beskriver det fem gode principper, når det handler specifikt om bæredygtige materialevalg:



Spar på ressourcerne

– i produktion, opførelse og drift



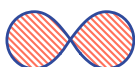
Skab godt indeklima

– lyd, lys og luft



Byg til ombyggelighed

– anvend fleksible løsninger



Byg holdbart

– vælg materialer til formålet



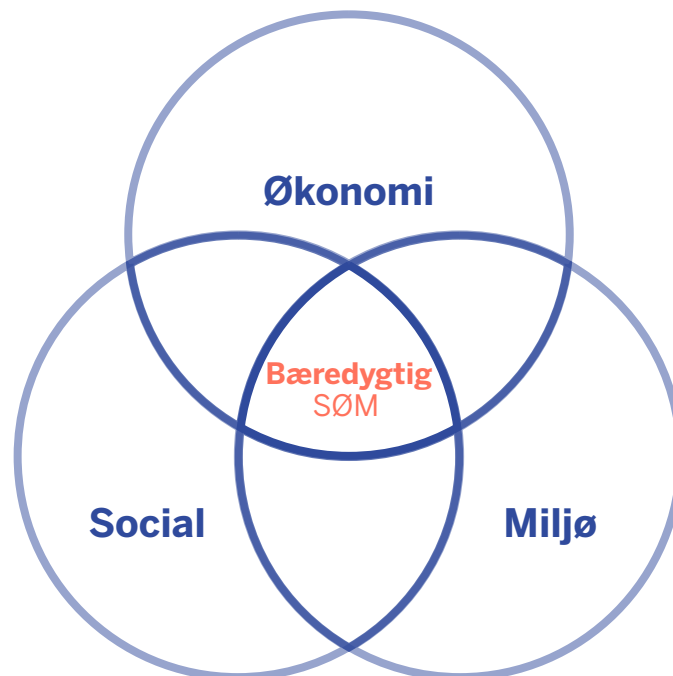
Kig efter dokumentation

– miljømærker og deklARATIONER

Nærværende guide gør brug af de fem principper, men går et spadestik dybere i nogle af de centrale områder og vil udbygge din viden om bæredygtighed og de fem principper. Temaet 'bæredygtigt materialevalg' vil blive uddybet og derudover behandles en række andre aspekter af begrebet bæredygtighed.

Hvad er bæredygtighed?

Bæredygtighed i byggeriet er at bygge og renovere uden at bringe fremtidige generationers muligheder for at opfylde deres behov i fare. Der er i dag ingen lovgivningsmæssige krav om bæredygtigt byggeri, men der er energikrav og forskellige miljøkrav, bl.a. om håndtering og genanvendelse af byggeaffald. Grundlæggende kræver bæredygtighed en balanceret tilgang i forhold til tre kvaliteter:



Figur 1: *Generelle bæredygtighedskvaliteter.*

En god huskeregel for de tre kvaliteter i bæredygtighed er, at de forkortes SØM.

Et projekt bliver ikke bæredygtigt alene af at blive bygget med de allermest miljørigtige materialer, hvis man gør det under dårlige arbejdsforhold og til en økonomi, der betyder, at ingen har råd til at bo i den berørte ejendom. Alle tre kvaliteter skal prioriteres for, at en løsning er bæredygtig. Der vil dog altid være valg og fravalg, da nogle parametre vil blive vægtet højere end andre af den enkelte bygherre.

Bæredygtighed af både hele bygninger og enkelte materialer kan dokumenteres ved hjælp af certificerings- og mærkningsordninger.

Yderligere områder i bæredygtigt byggeri

DGNB er i Danmark den mest anvendte bæredygtighedscertificering for bygninger. DGNB er en tysk ordning, som byggebranchen i Danmark har tilpasset til danske krav og standarder for byggeri. Indtil videre anvendes den for nybyggeri og renovering af store byggerier, og som noget nyt vil det i 2020 også blive muligt at DGNB-certificere enfamiliehuse. DGNB er en frivillig ordning, der har sat bæredygtighed på formel.

Certificeringsordningens kriterier er gode pejlemærker for bæredygtighed i alle bygninger, også selv om målet ikke er at certificere bygningen. DGNB arbejder med SØM kvaliteterne i byggeriet og dertil yderligere to kvaliteter: teknisk kvalitet og proceskvalitet, som vægtes på følgende måde:



Figur 2: DGNB's bæredygtighedskriterier.

Bygningens tekniske kvalitet indenfor brand, akustik, klimaskærm, installationer og rengøringsvenlighed er afgørende for, at byggeriet fungerer i almindelighed. Derfor vægter DGNB bygningens tekniske kvalitet på lige fod med social, økonomisk og miljømæssig kvalitet.

DGNB anser desuden processen omkring planlægning og udførelse af et byggeri – proceskvaliteten – som afgørende for den endelige kvalitet.

Indhold i DGNB-certificering

DGNB oversigten på næste side giver en ide om bredden i bæredygtighed. Denne guide kommer ikke ind på alle områderne, men fokuserer særligt på de områder, som hører under de fem principper på side 6.

Her ses de kriterier, man skal tage stilling til og dokumentere, for at en bygning kan opnå DGNB-certificering. De orange bokse er områder, som i særdeleshed vedrører entreprenørers og håndværkeres arbejde.

Proceskvalitet

PRO 1.1	Kvalitet i forberedelsen af projektet
PRO 1.2	Integreret designproces
PRO 1.3	Vurdering og optimering af kompleksitet i planlægningen
PRO 1.4	Bæredygtighedsaspekter i udbudsmateriale og ordretildeling
PRO 1.5	Vejledning om vedligehold og brug i bygningen
PRO 2.1	Byggeplads og byggeproces
PRO 2.2	Dokumentation af kvalitet i udførelsen

Miljøkvalitet

ENV 1.1	Livscyklusvurdering (LCA) – miljøpåvirkninger
ENV 1.2	Miljørisici relateret til byggevarer
ENV 1.3	Miljøpåvirkning ved indvinding af materialer
ENV 2.1	Livscyklusvurdering (LCA) – primærenergi
ENV 2.2	Drikkevandsforbrug og spildevandsudledning
ENV 2.3	Effektiv arealanvendelse

Økonomisk kvalitet

ECO 1.1	Bygningsrelaterede levetidsomkostninger
ECO 2.1	Fleksibilitet og tilpasningsevne
ECO 2.2	Robusthed

Social kvalitet

SOC 1.1	Termisk komfort
SOC 1.2	Indendørs luftkvalitet
SOC 1.4	Visuel komfort
SOC 1.5	Brugernes muligheder for styring af indeklimaet
SOC 1.6	Kvalitet af udearealer
SOC 1.7	Tryghed og sikkerhed
SOC 2.1	Tilgængelighed
SOC 2.2	Offentlig adgang
SOC 2.3	Forhold for cyklister
SOC 3.1	Arkitektonisk kvalitet
SOC 3.2	Bygningsintegreret kunst
SOC 3.3	Plandisponering

Teknisk udførelse

TEC 1.1	Brandsikring og sikkerhed
TEC 1.2	Akustik og lydisolering
TEC 1.3	Klimaskærmens kvalitet
TEC 1.4	De tekniske systemers tilpasningsevne
TEC 1.5	Bygningens vedligehold og rengøringsvenlighed
TEC 1.6	Egnethed med henblik på nedtagning og genanvendelse
TEC 1.7	Commissioning
TEC 1.8	Dokumentation med miljøvaredeklarationer (EPD)

Figur 3. Kilde: DGNB Manual 2016 Etageejendomme og Rækkehuse s. 4-5

Den lange liste af kriterier i DGNB understreger, at bæredygtighed er et meget bredt begreb og kræver helhedstænkning. Det varierer naturligvis meget, hvor mange kriterier og beslutninger entreprenører og håndværksvirksomheder kan påvirke i forhold til bæredygtige valg i en konkret byggesag. Det afhænger både af projektstørrelse og virksomhedens rolle i projektet.

Bæredygtighed i Bygningsreglementet

Der har længe været et ønske fra byggebranchen i Danmark om at få bæredygtighed med ind i Bygningsreglementet. Det er for at skabe fælles begreber og mål og derved fremme udviklingen af bæredygtighed inden for byggeriet – til gavn for byggebranchens muligheder for at levere bæredygtige produkter og løsninger til byggeriet og til eksport.

Derfor er det besluttet, at der kommer en frivillig bæredygtighedsklasse i Bygningsreglementet i 2020.

Ud fra den udvikling kan man også på sigt forvente egentlige krav til bæredygtighed, hvilket øger relevansen af at dygtiggøre sig inden for bæredygtigt byggeri.

Frivillig bæredygtighedsklasse i BR

Emnerne i den frivillige bæredygtighedsklasse, der kommer i Bygningsreglementet (BR) i 2020, ses nedenfor. Der kommer en vejledning om bæredygtighedsklassen fra Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen.

- Livscyklusvurdering (LCA)
- Dokumentation af farlige stoffer
- Dagslys
- Totaløkonomi (LCC)
- Måling af luftkvalitet
- Rumakustik
- Energi- og vandforbrug på byggepladsen
- Driftsstrategi for indeklima
- Støj fra ventilationsanlæg

[Læs mere om forslaget til den frivillige bæredygtighedsklasse bl.a. på InnoBYG.dk](#)

Figur 4. Forslag fra byggebranchen til emner i en evt. frivillig bæredygtighedsklasse.

Hvad er en livscyklusvurdering (LCA)?

En livscyklusvurdering (Life Cycle Assessment - LCA) er en beregning af miljøpåvirkningerne fra alle de materialer, som indgår i et byggeri, set over bygningens levetid (beregningstid sættes typisk i intervallet 50-120 år).

I en bygnings LCA medregnes som minimum:

- Produktion af byggematerialer (herunder udvinding af råstoffer og fremstilling af produkter)
- Energiforbrug til drift af bygningen
- Udskiftning af materialer i bygningens levetid
- Affaldsbehandling og bortskaffelse af byggematerialer

Læs mere om livscyklusvurderinger på side 26.

Hvad er totaløkonomi (LCC)?

Life Cycle Costs (LCC) er en beregning af en bygnings levetidsomkostninger set over en tidsperiode på 50 år. Disse udgifter medregnes i LCC:

- Konstruktioner og tekniske installationer (anlægsudgifter)
- Vedligeholds- og udskiftningsudgifter i bygningens levetid
- Udgifter til energiforbrug, vandforbrug og vandafledning i bygningens levetid
- Udgifter til rengøring i bygningens levetid. Rengøringsudgifterne udgør ofte en væsentlig del af de samlede omkostninger



Bæredygtigheds- krav fra bygherrer

Entreprenører og håndværksvirksomheder bliver i stigende grad mødt af bæredygtighedskrav fra bygherrer i udbudsmaterialer og kravspecifikationer – typisk i form af krav til sociale klausuler (som fx kan være en forpligtelse til at ansætte et vist antal lærlinge), krav om ordentlige ansættelses- og arbejdsforhold samt uafhængig og antikorrump praksis, krav til affaldshåndtering og til bæredygtige valg af byggematerialer m.m.

Start med at få en bæredygtighedspolitik

Til det formål er det et væsentligt første skridt, at din virksomhed udarbejder en bæredygtighedspolitik, som viser, hvordan I forholder jer til de forskellige aspekter af bæredygtighed. Det er eksempelvis en fordel at have en bæredygtighedspolitik, hvis man vil indgå i DGNB-certificeret byggeri eller renovering.

I en bæredygtighedspolitik beskriver man typisk, hvordan virksomheden internt og eksternt forholder sig til bæredygtighedsaspekter indenfor alle tre hovedområder i bæredygtighed (SØM).

Eksempler på bæredygtighedsaspekter, der kan inddrages i jeres bæredygtighedspolitik, fremgår af tabellen t.h.

Bæredygtighedsaspekter ved virksomheder

Ligeberettigelse: På områder som etnisk-religiøs, social og familiær status, politisk anskuelse, seksuel orientering, alder og køn, fysiske eller psykiske begrænsninger osv.

Personalepleje: Sundhed, faglig videreuddannelse osv.

Hensyntagen til klima og ressourcer: Øgning af energi-effektivitet, sænkning af klimarelevante emissioner, ressource-hensyn

Fremme af offentlig og miljøvenlig transport

Overholdelse af menneskerettigheder: FN's generelle menneskerettighedserklæring, konventioner i Den Internationale arbejdsorganisation ILO, som er FN's faglige organ for arbejdsmarkedsspørgsmål, og FN Global Compact

Aktiv indsats mod tvangsarbejde

Overenskomst: Aftaler med forståelige/gennemskuelige modeller for løn, fleksible arbejdstider og maksimale arbejdstider

Overholdelse af juridiske retningslinjer og forskrifter

Aktiv indsats mod bestikkelse og korrupsion

Figur 5. Kilde: *DGNB Manual 2016 Etageejendomme og Rækkehuse*

Hvis du vil have inspiration til de forskellige områder af en bæredygtighedspolitik, kan du bl.a. finde information hos Foreningen for Byggeriets Samfundsansvar på www.byggerietssamfundsansvar.dk.

Tjek bygherrens krav til bæredygtighed

Omfanget af udbudskrav varierer fra projekt til projekt, men flere og flere bygherrer begynder at inkludere krav relateret til bæredygtighed. Du kan læse mere om dette på [Bygherreforeningen.dk](https://www.bygherre.dk).

Nogle bygherrer har samlet deres udbudskrav omkring bæredygtighed i et overordnet dokument, evt. opdelt på typer af projekter fx nybyggeri og renovering.

Inden du går i gang, er det en god ide at undersøge, om bygherren har specifikke overvejelser eller krav til bæredygtighed, som du skal leve op til. Nogle bygherrer har holdninger og krav til materialevalg og er begyndt at forholde sig særligt til, hvad de ikke ønsker; det er som regel enklere at opstille en 'negativliste' for, hvilke materialer man ikke vil have, end at udforme begrundede retningslinjer for, hvilke specifikke materialer man gerne ser i sit byggeri.

Kommuner og regioner stiller krav

Nogle af de bygherrer, der har været først ude med bæredygtighedskrav, er kommuner og regioner. Nogle af dem har manualer, som et værktøj til at stille bæredygtighedskrav. De er udarbejdet med inspiration fra DGNB og tilpasset egne krav til byggeriet. Manualerne indeholder typisk en række krav til byggerier, bl.a. krav til materialer.

Find eksempler på større bygherrers bæredygtighedskrav her:

- **[Københavns Kommune på www.kk.dk](http://www.kk.dk)**
- **[Aarhus Kommune på www.aarhus.dk](http://www.aarhus.dk)**
- **[Region Midtjylland på www.rm.dk](http://www.rm.dk)**
- **[Roskilde Kommune på www.roskilde.dk](http://www.roskilde.dk)**
Stiller krav om DGNB certificering af alt større byggeri, hvor kommunen selv er bygherre
- **[Pension Danmark på www.pensiondanmark.com](http://www.pensiondanmark.com)**
Stiller krav om DGNB certificering af både nye bygninger og ved renovering

Eksempel på bygherrekrav til materialer

Aalborg Kommune har fire bæredygtighedsmanualer om: *Nybyggeri, tilbygning, ombygning og renovering samt vedligehold og renovering.*

Læs manualerne fra Aalborg Kommune i fuld længde her:
bit.ly/2vWXF2H

De indeholder en række krav til Aalborg Kommunes egne byggerier, herunder nedenstående krav til materialer. Det er altså krav, du som entreprenør og håndværker kan møde i konkrete projekter.

Materialer skal være ansvarligt fremskaffet

Dette kan bl.a. tjekkes og dokumenteres vha. forskellige mærkningsordninger, fx FSC og PEFC for træ, eller andre typer af fairtrade mærker.

Materialer skal have så lave miljøemissioner som muligt

Dette kan bl.a. dokumenteres ved hjælp af en livscyklusvurdering (LCA) som baseres på miljøvaredeklarationer (EPD).

Materialer skal have så lav afgangning og partikelafgivelse som muligt

Dette kan bl.a. dokumenteres ved hjælp af Dansk Indeklimamærkning.

Materialer skal produceres uden anvendelse af giftstoffer i produktionen

Dette kan bl.a. dokumenteres ved hjælp af miljøvaredeklarationer, der angiver, hvorvidt et produkt indeholder kemikalier fra REACH/LOUS*.

Materialer må ikke afgive gasser i tilfælde af brand

Fx skal overfladebehandling i form af maling være med mindst muligt indhold af MI (methylothiazolione).

Materialer skal være robuste og lette at renholde

Robusthed kan bl.a. imødekommes ved at vælge produkter med lange levetider. Aalborg Kommune stiller fx krav om, at facadeelementer og tagkonstruktioner har en minimum levetid på 45-60 år, og at vinduer og døre har en levetid på minimum 30-50 år.

Materialvalg og konstruktioner skal fremme muligheder for separering og genanvendelse af materialer

Dette kan bl.a. imødekommes ved at lave samlinger på en måde, der gør fremtidig adskillelse af byggeriet og de enkelte bygningsdele muligt.

*REACH = **R**egistration, **E**valuation, **A**uthorisation, **C**hemicals

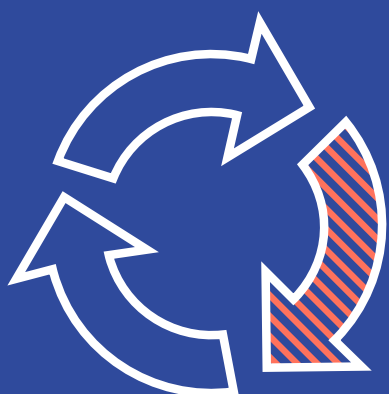
*LOUS = **L**isten **O**ver **U**ønskede **S**toffer

Specifikation af krav i udbud

Er du total- eller hovedentreprenør på et projekt, der skal certificeres eller på anden måde dokumentere sin bæredygtighed, er det vigtigt, at du starter med de rigtige forudsætninger.

Det gør du ved at lave udbudsmateriale og aftalegrundlag, der definerer, hvordan du forventer, at håndværkere og underentreprenører bidrager til den bæredygtige indsats. Udbudsmaterialet bør som minimum behandle emnerne: byggeplads, drift og vedligehold samt mængder. Det hele skal dokumenteres, særligt hvis byggeriet skal certificeres.

Se afsnittet om Struktur for dokumentation for byggeledere **fra side 83** for inspiration til, hvordan du kan håndtere dokumentationen af den bæredygtige indsats.



Spar på ressourcerne

– i produktion, opførelse og drift

Det er både god byggeskik og sund fornuft at tænke ressourcebesparende gennem hele byggeriets levetid – fra produktion til nedrivning. I denne guide får du viden om, hvordan du bedst kan spare på ressourcerne i forskellige dele af byggeriets faser: fra valg af materialer og på byggepladsen til drift og vedligehold af bygningen.

Hvorfor er det CO₂, vi går op i?

Der findes en lang række klima- og miljøbelastninger fra industriel produktion af byggematerialer, men det er ofte kun CO₂-belastningen, som omtales, når man taler om et materiales miljøpåvirkning.

Grunden til, at CO₂-udledningen får størst opmærksomhed er, at CO₂ er den primære årsag til klimakrisen – hvorimod påvirkninger som forsuring og næringssaltbelastning 'kun' har en negativ indflydelse på lokale skov- og vandområder. CO₂ er en menneskeskabt klimabelastning – derfor kan vi også reducere den. CO₂-udledning opgøres i noget man kalder CO₂-ækvivalenter. Det betyder at betegnelsen dækker over flere drivhusgasser end CO₂ – fx metangas og lattergas.

Hvad er CO₂-ækvivalenter?

Man bruger opgørelsen 'kg CO₂-ækvivalenter' for enkeltheds skyld, så man kan nøjes med ét tal for drivhusgasserne. Ækvivalent betyder, at noget er lig med noget andet.

Andelen af CO₂ i atmosfæren er væsentlig højere end koncentrationen af metan- og lattergas. Derfor er det særligt CO₂, man ønsker at reducere.

1 kg metan påvirker dog atmosfæren 25 gange hårdere end 1 kg CO₂. For lattergas er dette tal 298 gange. Dvs. 1 kg metan svarer til 25 kg CO₂-ækvivalenter, mens 1 kg lattergas svarer til 298 kg CO₂-ækvivalenter.

Udover effekt på global opvarmning opgøres et materiales miljøpåvirkninger i yderligere fire miljøeffekter og fire ressourceforbrug. Se grafiken på næste side.

For ressourceforbruget lægges der vægt på, om materialet er fremstillet af fornybare eller knappe ressourcer, og om der har været et stort forbrug af fossilt brændsel til at producere materialet.

Global Opvarmning (GWP)

Enhed

CO₂-ækvivalenter



Problem

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

Forsuring (AP)

Enhed

SO₂-ækvivalenter



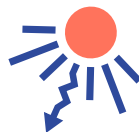
Problem

Reagerer med vand og falder som "sur regn", der bl.a. medvirker til at nedbryde rodsystemer og udvaske jordens næringsstoffer.

Ozonlagsnedbrydning (ODP)

Enhed

Ethen-ækvivalenter



Problem

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

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.

Fotokemisk ozondannelse (POCP)

Enhed

R11-ækvivalenter



Problem

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

Udtømmning af abiotiske ressourcer - grundstoffer (ADPe)

Enhed

Sb-ækvivalenter



Problem

Et højt forbrug af abiotiske ressourcer kan bidrage til udtømmning af tilgængelige grundstoffer i form af f.eks. metaller eller mineraler.

Udtømmning af abiotiske ressourcer – fossile brændsler (ADPf)

Enhed

MJ



Problem

Et højt forbrug af abiotiske ressourcer kan bidrage til udtømmning af tilgængelig energi i form af fossile brændsler.

Primærenergiforbrug (PEtot)

Enhed

MJ eller kWh



Problem

Et højt forbrug af ressourcer i primærenergiform fra fossile og fornybare kilder kan bidrage til udtømmning af naturlige ressourcer.

Forbrug af sekundære brændsler (Sek)

Enhed

MJ eller kWh



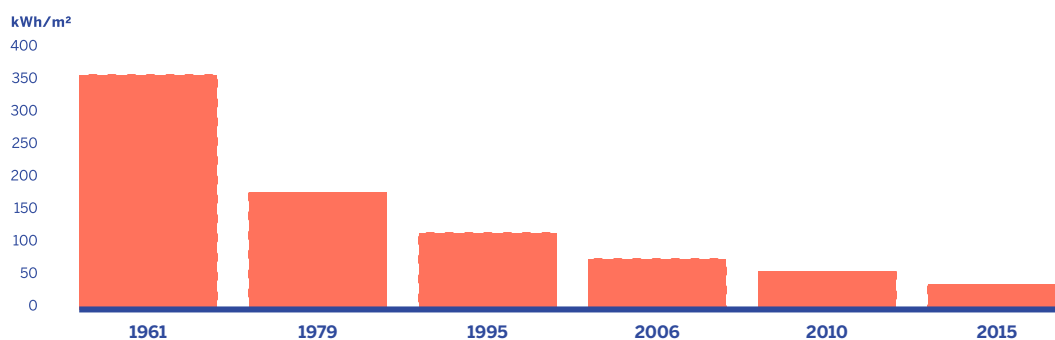
Problem

Sekundære brændsler (f.eks. affald) er i princippet en begrænset ressource, og derfor kan et højt forbrug af sekundære brændsler indirekte føre til ressourceknaphed.

Figur 6. Kilde: *Introduktion til LCA på bygninger, Energistyrelsen*

CO₂-udledning: Drift kontra opførelse

Stigende energikrav i Bygningsreglementet har gjort, at energiforbruget til drift af nye bygninger er faldet markant over en årrække.



Figur 7: Energiforbruget til opvarmning af nye bygninger i 1961 var 360 kWh pr. m² boligareal. I 2015 var dette reduceret til 40 kWh m² boligareal. Altså er energiforbruget til drift af en ny bygning takket være stigende energikrav i Bygningsreglementet blevet reduceret med næsten 90 %. Kilde: Energistyrelsen

Det betyder, at CO₂-belastningen ved fremstilling af byggematerialer til opførelse af nye bygninger eller renovering af eksisterende bygninger efterhånden kommer til at udgøre en stigende andel af CO₂-aftrykket fra bygninger.

Som en del af den grønne omstilling vil energi ydermere blive produceret grønnere i fremtiden. Det betyder, at man skal være opmærksom på ikke at anvende en unødigt stor mængde materialer for at spare driftsenergi, hvis materialerne i dag produceres med høj CO₂-udledning – mens driftsenergien i fremtiden sandsynligvis bliver CO₂-neutral.

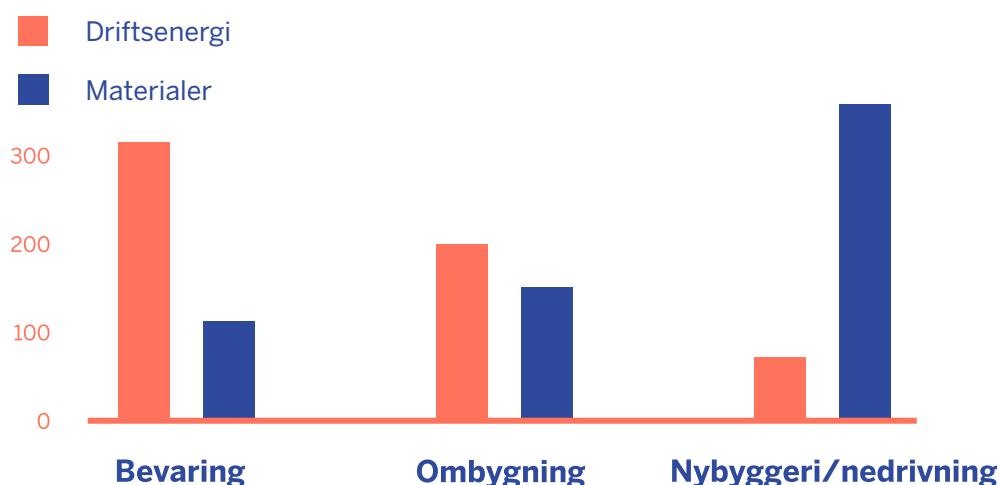
Dermed vil fokus på primært bygningers driftsenergi blive mindre. Både ved renovering og nybyggeri vil der i stigende grad komme fokus på at vælge materialer med lav miljø- og klimapåvirkning. Desuden vil renovering blive prioriteret frem for at bygge nyt.

I figur 8 ses CO₂-udledningen fordelt på driftsenergi og materialer i tre situationer: når man bevarer en ældre bygning, når man ombygger en bygning, og når man river ned og bygger nyt.

Hvis en ældre bygning bevares, og der kun foretages løbende, nødvendige udskiftninger af bygningsdele, udgør energiforbruget til drift den største CO₂-belastning. Ved større ombygninger belaster energi til drift og energi til at fremstille nye materialer omtrent lige meget. Ved nybyggeri udgør materialerne i dag en væsentlig større klimabelastning end driften på grund af de stramme energikrav i Bygningsreglementet.

Eksemplet gælder for en konventionel måde at bygge eller renovere på i en konkret skolebygning, men billedet, der tegnes, gælder generelt. Dog kan der være stor variation i klimabelastningen til materialer ved nybyg (kolonnen længst til højre)

Klimabelastning



*Enhed: kg CO₂-ækvivalenter pr. m² pr. 50 år

Figur 8: Kilde: *Circularity city – Dialogværktøj.*

Energiløsninger når du skal renovere

På hjemmesiden for Videncenter for Energibesparelser i Bygninger kan du finde energiløsninger for konstruktionsdele i enfamiliehuse, etageboligejendomme og kontorbygninger. De er en god hjælp, når du skal renovere bygninger, optimere energiforbruget til drift og efterleve Bygningsreglementets krav om at efterisolere og energiforbedre samtidig med renovering. Du kan også finde guides om dampspærre, indeklimateknik og varmepumper m.m.

Se ByggeriOgEnergi.dk



Hvad er indlejret energi?

Mange i byggebranchen bruger begreber som "indlejret energi", "indlejret carbon" eller "indlejrede påvirkninger", når de taler om byggematerialer.

Indlejret energi betegner det samlede primære energibehov forårsaget af et byggemateriale, inkl. fremstilling, deres vedligeholdelse gennem hele bygningens livscyklus og håndtering ved endt levetid (primært energibehov = bruttoenergi inkl. virkningsgrader ved energiproduktion). Indlejret energi for et byggemateriale inkluderer ikke transport, installation o.l. – men kan gøre det for en LCA af en bygning. Når man taler om 'indlejrede miljøpåvirkninger' for en byggevarer eller en bygning, omhandler dette en langt bredere vurdering af emissioner som fx CO₂-udledning og ressourceforbrug.

I en bæredygtighedsvurdering er det derfor værd at inddrage, hvordan byggematerialerne produceres, og hvor de kommer fra – er det lokalt produceret, eller importeret fra den anden side af jorden?

Dette har indflydelse på miljøpåvirkninger (fx fra transport), produktionsforhold (fx arbejdsforhold og miljøforhold på fabrikken), indhold i materialer (fx kemikalier, der er ulovlige i Danmark) og tilgængelig dokumentation for materialet.

En anden vigtig faktor er vurderingen af, om der er tale om en knap ressource. Der er materialer, fx visse typer af sten, træ og metaller, som er ved at slippe op – og derved vil disse ressourcer ikke være til rådighed for kommende generationer.

Det kan måske lyde som en uoverskuelig opgave at nedbringe miljøbelastninger og ressourceforbruget fra materialer. Men det kan lade sig gøre ved at sammenligne og udvælge byggematerialer på baggrund af deres miljømærkning eller ved at anvende guidelines fra Svanemærket eller fra DGNB manualens miljøkriterier.

Spar på ressourcer med Svanemærket: Krav om genanvendelse

Nogle mærkningsordninger har identificeret materialer, der helt bør undgås i byggeriet eller bør indeholde genanvendte materialer.

- Det nordiske Svanemærke stiller fx krav til vinduer og døre for andelen af genanvendte materialer. Den skal være min. 40 % genanvendt materiale, når man bruger aluminium i produktionen, 30 % ved brug af PVC og 20 % ved brug af stål.
- Rustfrit stål er ikke tilladt at anvende, hvis en producent vil Svanemærke sine vinduer og døre. Det samme gælder for gasarterne krypton og xenon i energiruder; produktionen af disse gasser er forbundet med et højt energiforbrug (indlejret energi).
- Svanemærket stiller krav til gipsplader. De skal indeholde minimum 20 vægtprocent, der er genanvendt affaldsgips og resten skal være industrigips som er et restprodukt fra kraftværker.
- Truede træsorter som mahogni og teak må ikke anvendes ifølge Svanemærket. Desuden skal 70 % af den totale mængde træ anvendt i et byggemateriale være certificeret træ, for at det pågældende byggemateriale kan blive Svanemærket. **[Læs om træ her: www.nordic-ecolabel.org/wood](http://www.nordic-ecolabel.org/wood)**

Spar på ressourcerne i dine materialevalg

DGNB-certificering omfatter flere forskellige krav, der handler om at spare på ressourcerne – bl.a. ved at fremme materialer, der indvindes og forarbejdes efter anerkendte miljømæssige og sociale standarder. Eksempler er træ og natursten.

Når man bruger træ, er det mest bæredygtigt at sikre, at mest muligt af træet er dokumenteret FSC- og/eller PEFC-certificeret og/eller er genbrugstræ. Derfor er der i DGNB tre kvalitetstrin, man kan opnå. Første trin opnår man ved, at 50 % af alt træ, der anvendes i selve bygningen og konstruktionsprocessen, er dokumenteret FSC-og/eller PEFC-certificeret og/eller er genbrugstræ. Andet trin når man ved 75 %, og tredje og bedste trin opnås ved 90 % af alt træ og træmateriale.

Der må i DGNB kun anvendes natursten, som dokumenteret er produceret uden brug af børne- og tvangsarbejde. Natursten fra lande i EØS og Schweiz er ikke underlagt nogen begrænsninger, idet minimumskravet er reguleret gennem den europæiske sociallovgivning. Dette dokumenteres ved hjælp af CE-mærkningen for det anvendte produkt.

Livscyklusvurdering (LCA)

En beregning af miljøpåvirkningerne fra alle de materialer, som indgår i et byggeri, kaldes en livscyklusvurdering (LCA) af bygningen og dens drift.

LCA kan derved bruges til at sammenligne miljøaftrykket af en konkret bygning med en anden. Men de kan også bruges til at sammenligne miljøaftrykket fra forskellige konstruktionsopbygninger eller enkelte byggematerialer.

Som entreprenør eller håndværker vil du normalt ikke blive bedt om at lave en LCA, men du kan blive bedt om at oplyse mængder af byggematerialer og finde produkter, som har miljøvaredeklarationer.

Mængdeopgørelserne omfatter alle materialer i byggeriet inkl. rør til tekniske anlæg. Dog undtages de mindste komponenter: skruer, søm, fittings o.l.

Hvordan laver man en LCA?

En LCA undersøger, hvordan en bygning og dens indbyggede materialer påvirker miljøet og klima i hele bygningens levetid – fra produktion og opførelse til drift og nedrivning.

Beregningen laves på baggrund af mængdeopgørelser og miljøvaredeklarationer.

Statens Byggeforskningsinstitut har udviklet et program, der hedder LCAbyg. Dette program hjælper med at lave en livscyklusvurdering af en ny bygning, tilbygning eller renoveringssag.

LCAbyg er gratis at bruge. Det vil oftest være en rådgiver, der udfører LCA på bygninger. Der udbydes løbende kurser i programmet fra forskellige udbydere, hvis jeres virksomhed ønsker at udbygge kompetencerne.

Find LCAbyg på www.LCAbyg.dk

[Læs også mere om LCA på VCOB.dk](http://VCOB.dk)



Miljøvaredeklarerationer

En miljøvaredeklaration hedder på engelsk Environmental Product Declaration, hvorfra den normalt anvendte forkortelse EPD kommer. En EPD dokumenterer en byggevares miljømæssige egenskaber og udvikles efter anerkendte europæiske og internationale standarder. Der findes EPD'er for et stigende antal byggevarer, og de kan bruges som beslutningsgrundlag til at vælge mellem forskellige byggevarer.

EPD'er dokumenterer alle miljøpåvirkningskategorier i den tidligere viste figur 6 på side 20, dvs. global opvarmning, forsurening, nærings-saltbelastning m.m. Desuden sætter de tal på forbruget af energiresourcer til produktion af det aktuelle produkt. Bl.a. opgøres forbrug af vedvarende og ikke-vedvarende energiresourcer samt affaldsstrømme fra produktionen – fx mængden af bortskaffet affald og materialer til energiuudnyttelse eller genanvendelse.

For at udarbejde en EPD for en byggevare skal dokumentationen indeholde en vugge-til-port vurdering af byggevarens miljøpåvirkning (A1-A3 Produktionsfase, se figur 9 på næste side). Ved at kigge i en EPD kan man altså finde ud af, hvad det 'koster' i CO₂-udledning, energiforbrug m.m. at producere et materiale fx per kg – fra råstofferne udvindes, til materialet køres ud af porten på fabrikken. I deklARATIONEN af et materiale inddrages altså både de påvirkninger, der forårsages af råstofudvinding, transport fra udvinding til produktionsstedet samt selve produktionen.

En EPD er ikke et kvalitetsstempel af byggevaren – modsat fx FSC eller Svanemærket. En EPD er en opgørelse over, hvor meget byggevaren har 'kostet' at producere, målt i klima- og miljøpåvirkning i stedet for økonomi.



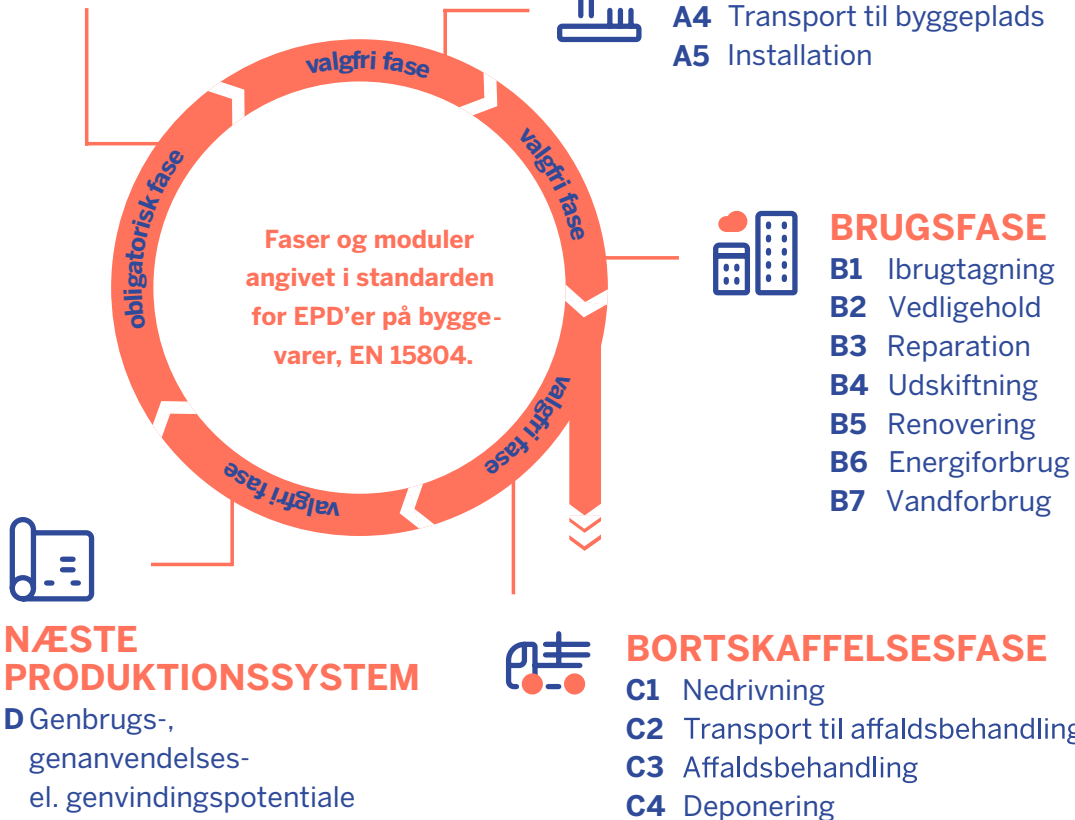
PRODUKTIONSFASE

- A1 Udvinning af råstoffer
- A2 Transport til fremstilling
- A3 Materialefremstilling



KONSTRUKTIONSFASE

- A4 Transport til byggeplads
- A5 Installation



NÆSTE PRODUKTIONSSYSTEM

- D Genbrugs-, genanvendelses- el. genvindingspotentiale



BORTSKAFFELSESFASE

- C1 Nedrivning
- C2 Transport til affaldsbehandling
- C3 Affaldsbehandling
- C4 Deponering

Figur 9
Kilde: EPD Danmark

Flere og flere projekter kigger på miljøpåvirkningen fra produktionen, men dette er ikke nødvendigvis et retvisende beslutningsgrundlag. Mange andre faktorer spiller ind på et materials bæredygtighed.

Fx har materialer ikke samme levetid og holdbarhed, hvilket kan føre til, at et produkt skal udskiftes flere gange i bygningens levetid. De har heller ikke samme funktion, fx styrke, isoleringsevne mv., hvilket kan betyde, at man skal bruge mere af ét materiale end et andet konkurrerende materiale.

Alle faser fra A4 til D er i dag valgfrie at inddrage i en EPD. Det er dog i disse faser, bl.a. levetider og funktion afspejles, hvorfor alle faser bør inddrages i en LCA af en bygning.

Programmet LCAbyg inddrager i dag følgende faser: A1-A3, B4 (levetid), B6 (energiforbrug beregnet med Be18) og C3-C4 (end of life).

Hvor finder jeg miljøvaredeklarationer?

I Danmark er det EPD Danmark, www.epddanmark.dk, der administrerer miljøvaredeklarationerne (EPD'erne). Du kan dog også finde EPD'er andre steder fx

- **EPD Norge**
- **The International EPD System, Sverige**
- **ECO Platform, Europæisk samarbejde**

Er EPD'en forsynet med et logo fra en af ovenstående, betyder det, at EPD'en er udført i henhold til korrekte standarder og verificeret af tredjepart – dvs. det udgør bevis for, at EPD'en er publiceret gennem en officiel EPD-administrator (et såkaldt EPD-program).

Producenter og leverandører kan på hjemmesiden BygDok.dk fra Danske Byggecentre uploade produkt-dokumentation – bl.a. EPD'er. Det betyder, at nogle EPD'er kan findes der.

Eksempel på brug af miljøvaredeklarationer

Eksemplet på en materialesammenligning på denne og de næste fire sider er baseret på miljøvaredeklarationer for en række forskellige typer af isoleringsprodukter. Eksemplet viser, at der er forskellige aspekter, man skal være opmærksom på ved valg af materialer, afhængigt af hvad bygherren efterspørger.

I eksemplet har en fiktiv bygherre ønsket at vælge isoleringsmateriale baseret på både CO₂-udledning og energiforbrug – og efterspurgt en løsning, hvor en bestemt isoleringsevne skal overholdes.

For forenklingens skyld ser eksemplet bort fra eventuelle andre krav til arealudnyttelse, brandegenskaber, levetider, arbejdsforhold ved montering, diffusionsåbenhed, pris, bortskaffelsesmetoder, mulighed for genanvendelse m.m.

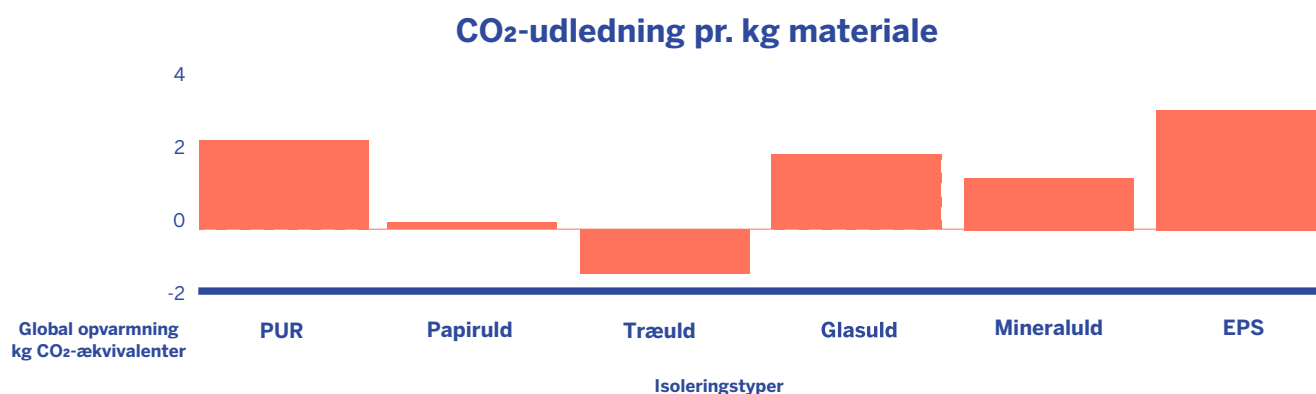
Simpel sammenligning på baggrund af CO₂-udledning

Global opvarmning måles i CO₂-ækvivalenter (se forklaring på side 19).

Hvis man vælger kun at vurdere materialevalget ud fra CO₂-udledning pr. kg materiale fra produktionen af produkterne, ses det i figur 10, at træuldsisolering klarer sig bedst. Udledningen er negativ, fordi træerne optog CO₂ fra luften, da de voksede i skoven. Den mængde CO₂, træerne har optaget, overstiger altså den mængde CO₂, der udledes ved bearbejdning af træet i produktionen.

Det ses også, at papiruld har en lav CO₂-udledning pr. kg materiale. Det skyldes, at det oftest fremstilles af gamle aviser. Når råmaterialer er genanvendte produkter eller "affald", skal der ifølge gængse LCA-regler ikke medregnes nogen belastning. Avispapirets CO₂-påvirkning bliver dermed lig med nul. Der er dog en påvirkning fra bearbejdning af aviserne til granulater og evt. behandling med tilsætningsstoffer.

De andre materialer har en relativt højere CO₂-udledning pr. kg materiale – typisk fra fossile brændsler og råstoffer brugt i produktionen.



Figur 10. Bemærk, at dette alene er ét vurderingsparameter af mange. Læs derfor hele eksemplet.

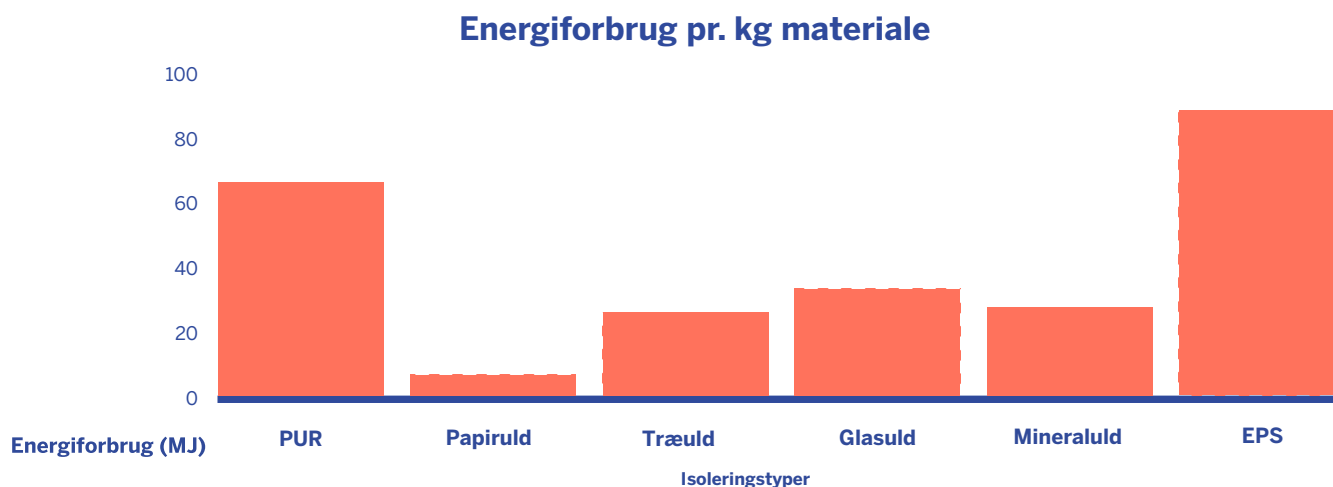
Simpel sammenligning på baggrund af energiforbrug

Energiforbrug måles i MJ (Megajoule), dvs. en anden enhed end den, der anvendes for global opvarmning.

Vælger man at benytte energi (indlejret energi pr. kg. materiale), når man skal beslutte, hvilket isoleringsmateriale man vil bruge, ses det, at billedet ændrer sig.

Umiddelbart har papiruld det laveste energiforbrug under bearbejdning og produktion. PUR og EPS er to relativt energitunge materialer, bl.a. fordi de er baseret på fossile brændsler (olie). De sidste tre typer isoleringsmateriale (træuld, glasuld og mineraluld) har nogenlunde samme indlejrde energimængde pr. kg materiale.

For glasuld og mineraluld er det især energiforbruget ved produktion, der trækker op – mens energiforbruget ved træuld skyldes, at råmaterialet i form af træ har suget energi til sig fra solen, da det stod i skoven. Denne indlejrde energi skal medregnes.



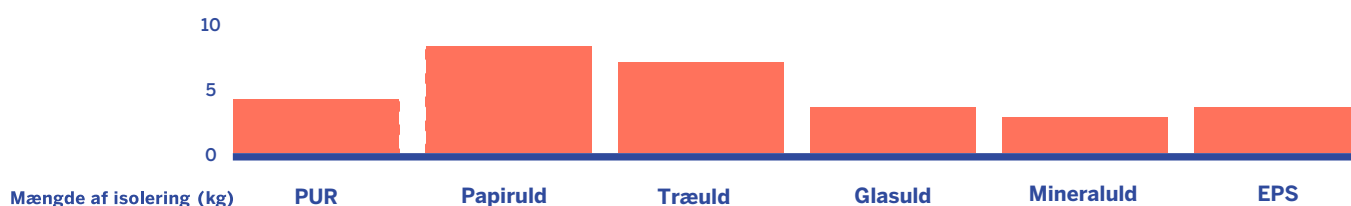
Figur 11. Bemærk, at dette alene er ét vurderingsparameter af mange. Læs derfor hele eksemplet.

Det er imidlertid ikke tilstrækkeligt at sammenligne 1 kg af et materiale med 1 kg af et andet. Det skyldes, at de forskellige materials varmeledningsevne varierer – og man derfor skal bruge forskellige tykkelser af de forskellige materialer for at opnå samme isoleringsevne (U-værdi). Læs videre herom på næste side.

Simpel sammenligning på baggrund af funktion

I dette diagram ses, at de materialer, der ligger lavt med hensyn til CO₂-udledning og energiforbrug pr. kg materiale, kræver større mængder materiale for at opnå samme isoleringsevne. En bestemt isoleringsevne kan opnås med 3 kg EPS pr. m² ydervæg, mens det samme kræver 8 kg papiruld.

Nødvendig mængde materiale for samme isoleringsevne



Figur 12. Bemærk, at dette alene er ét vurderingsparameter af mange. Læs derfor hele eksemplet.

Simpel sammenligning af isoleringsmaterialer ud fra et enkelt funktionskrav

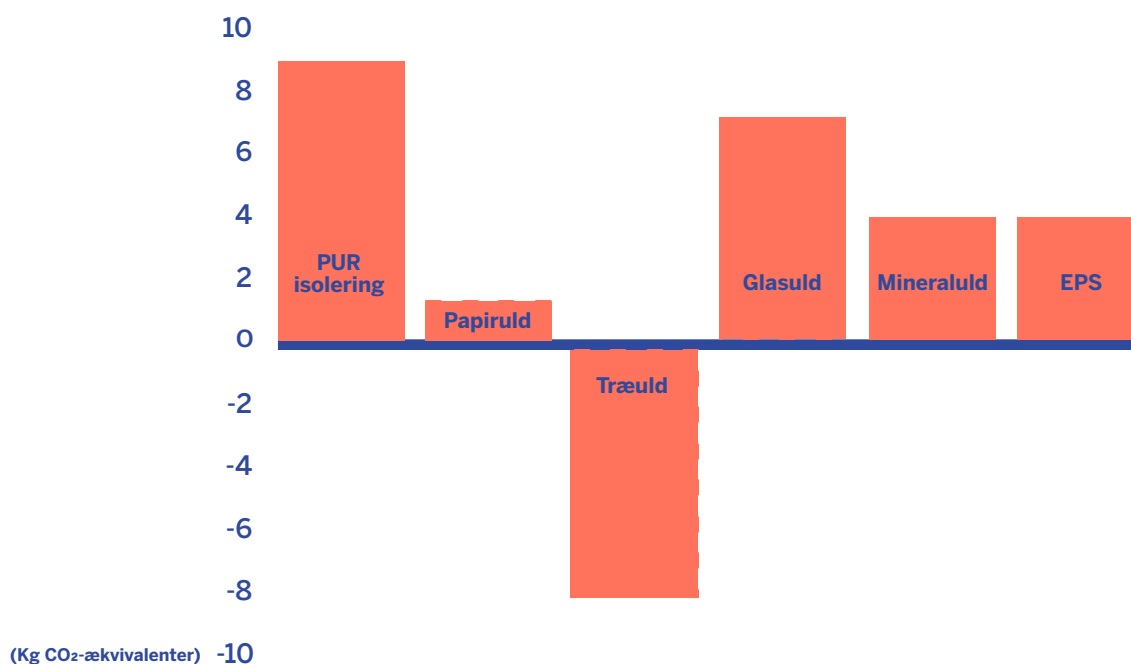
Eksemplet nedenfor er en situation, hvor en fiktiv bygherre har efterspurgt en løsning, hvor en tung ydervæg af letbeton skal efterisoleres. Det anses i Bygningsreglementet for en ombygning. Derfor skal bygherren overholde Bygningsreglementets mindstekrav for efterisolering af tunge ydervægge, hvilket er en U-værdi på 0,18 W/m²K efter efterisolering. Der skal kun efterisoleres op til det niveau, der er rentabelt og ikke medfører risiko for fugtskader, men for eksemplets skyld antages det her, at der kan efterisoleres op til mindstekravet. Dette svarer til isolering på ca. 200 mm mineraluld med lambdaværdi 0,037 W/mK.

CO₂-udledningen og den indlejrede energi pr. efterisoleret kvadratmeter tung ydervæg for forskellige typer af isoleringsmaterialer ses i figurerne nedenfor og på næste side. Det skal understreges, at det er et simpelt eksempel, hvor der alene er krav om en bestemt U-værdi. I situationer, hvor der også er andre krav – fx til holdbarhed og levetid – vil det muligvis se anderledes ud. Læs mere i afsnittet om, hvordan levetider kan have indflydelse på materialevalg på side 73.

Ikke alle de viste isoleringsmaterialer er nødvendigvis velegnede til at efterisolere en tung ydervæg udvendigt, men de er medtaget for eksemplets skyld.

Efterisolering af tung ydervæg til U-værdi 0,18 W/m²K

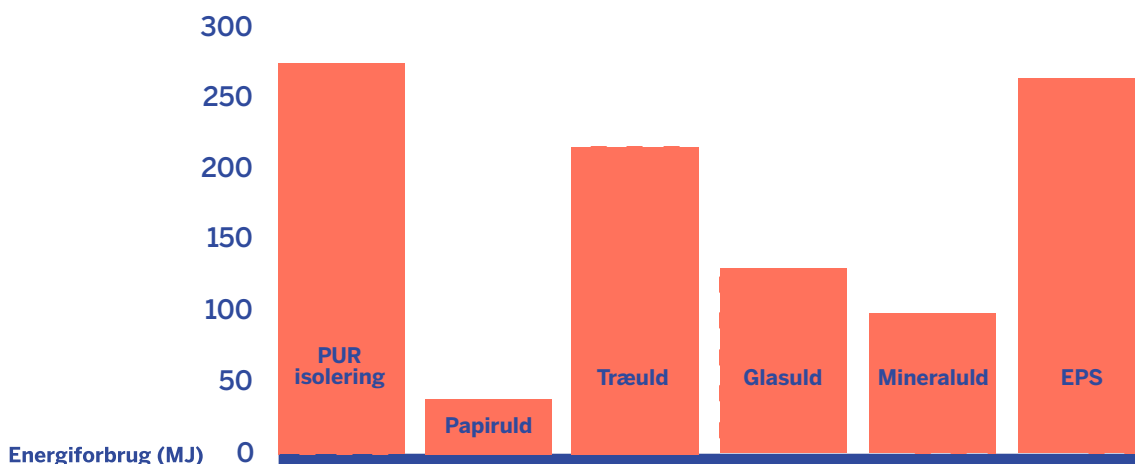
CO₂-udledning ved produktion af isoleringsmaterialet pr. m² ydervæg som eksempel (med forbehold)



Figur 13: Eksemplet er baseret på en række vilkårligt udvalgte EPD'er. Der kan forekomme betydelige variationer fra produkt til produkt indenfor samme materialetype. Husk at læse om andre forhold og forbehold på side 34.

Efterisolering af tung ydervæg til U-værdi 0,18 W/m²K

Energiforbrug (indlejret energi) ved produktion af isoleringsmaterialet – pr. m² ydervæg som eksempel (med forbehold)



Figur 14: Eksemplet er baseret på en række vilkårligt udvalgte EPD'er. Der kan forekomme betydelige variationer fra produkt til produkt indenfor samme materialetype. Husk at læse om andre forhold og forbehold nedenfor.

Andre forhold, som eksemplet ikke inddrager, men som også bør vurderes ved valg af materiale, omfatter bl.a.:

- Konstruktive restriktioner og opbygning (herunder om isoleringsmaterialet er teknisk egnet og kan overholde andre krav i Bygningsreglementet fx brandkrav)
- Indhold af uønskede stoffer fx i form af brandhæmmer
- Levetider af materialer
- Mulighed for genanvendelse eller genbrug
- Håndtering af gamle materialer og behov for udskiftning af andre materialer end isoleringen ved renovering
- Etageareal (ved evt. indvendig efterisolering vil etagearealet blive mindre. Her bliver valg af isoleringsmateriale ud fra tykkelse derfor væsentligt)

Konklusion

De forsimplede eksempler ovenfor understreger, at man for at få et retvisende billede ved vurdering af det mest miljørigtige materialevalg bliver nødt til at inddrage de forskellige produkters tekniske egenskaber og ikke kun se på tal for miljøpåvirkningstal pr. kg materiale.

Det kan altså reelt først konkluderes, hvilket materiale der bør bruges ved at opstille en bygnings LCA, fx ved hjælp af LCAbyg.

Nogle bygningsdele er vigtigere end andre

Miljøpåvirkningerne fra forskellige bygningsdele og deres indflydelse på bygningens totale miljøpåvirkning varierer afhængigt af fx typen af bygning.

På side 37 ses eksempler på beregninger fra Statens Byggeforskningsinstitut, SBI, for tre forskellige bygningstyper: et enfamiliehus, en kontorbygning og en etageejendom. Miljøpåvirkninger, fundet gennem LCA, varierer fra bygning til bygning, men LCA giver en indikation af, hvilke bygningsdele der er dominerende, og derfor bør grundighed i materialevalget være prioriteret her.

Eksemplerne er beregnet for global opvarmning i enheden kg CO₂-ækvivalenter per m² etageareal.

Beregningsperioden for nybyggeri i eksemplerne er 100 år, og reoveringen er beregnet over 50 år.

Du kan genfinde de tre eksempler i LCAByg version 3.2.

Eksempel: Hvilke bygningsdele er vigtigst?

Det er en tidskrævende opgave at skulle vurdere og optimere klimabelastningen fra alle materialer og konstruktioner i et bygge- eller renoveringsprojekt. Derfor er det vigtigt, at du starter med at udvælge de mest betydelige indsatsområder.

I nybyggeri er det som regel dæk, tag, ydervægge og vinduer, der står for den største del af klimabelastningen.

Nybyggeri af kontorbygning

Kontorbygningen, i eksemplet i figur 15, er på 4.157 m² fordelt på fire etager. Søjlen "dæk" indeholder værdier for både terræn- og etagedæk. Søjlen "konstruktion" dækker over søjler og bjælker.

Her udgør dæk, tag og vinduer 85 % af bygningens samlede CO₂-udledning. Dette synliggør, at visse materialegrupper er mere relevante at fokusere på end andre for at reducere CO₂-udledningen.

Nybyggeri af enfamiliehus

Det nybyggede enfamiliehus i figur 16 er et 1-plans længehus på 150 m². Her udgør terrændæk, vinduer og tag 66 % af bygningens CO₂-udledning. Desuden ses det, at CO₂-udledningen fra de tekniske installationer og fundamentet udgør en større andel end ved etagebyggeri.

Renovering af enfamiliehus

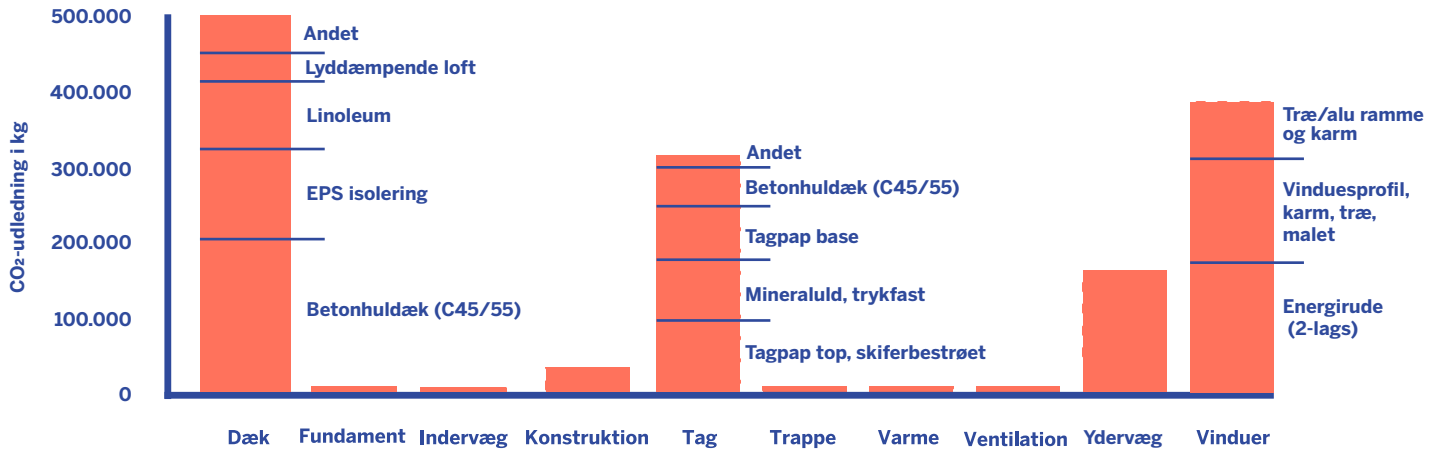
I eksemplet med renovering af et enfamiliehus i figur 17 er der tale om en typisk ældre murer mestervilla på 121 m². Søjlen "konstruktion" dækker over bortskaffelse af materialer i forbindelse med renoveringen.

I eksemplet udskiftes en række tekniske installationer, samtlige termoruder skiftes til 2-lags energiruder, og der efterisoleres i hulmur og på loft. Ved renovering vender billedet, da fundamenter, dæk og ydervægge er givet på forhånd. De tekniske installationer og vinduer udgør her 75,5 % af belastningen.

Det er altså vigtigt, at du først og fremmest forholder dig til bygningstypen (en eller flere etager) og situationen (renovering eller nybyg), og dernæst at du vælger de mest relevante indsatsområder.

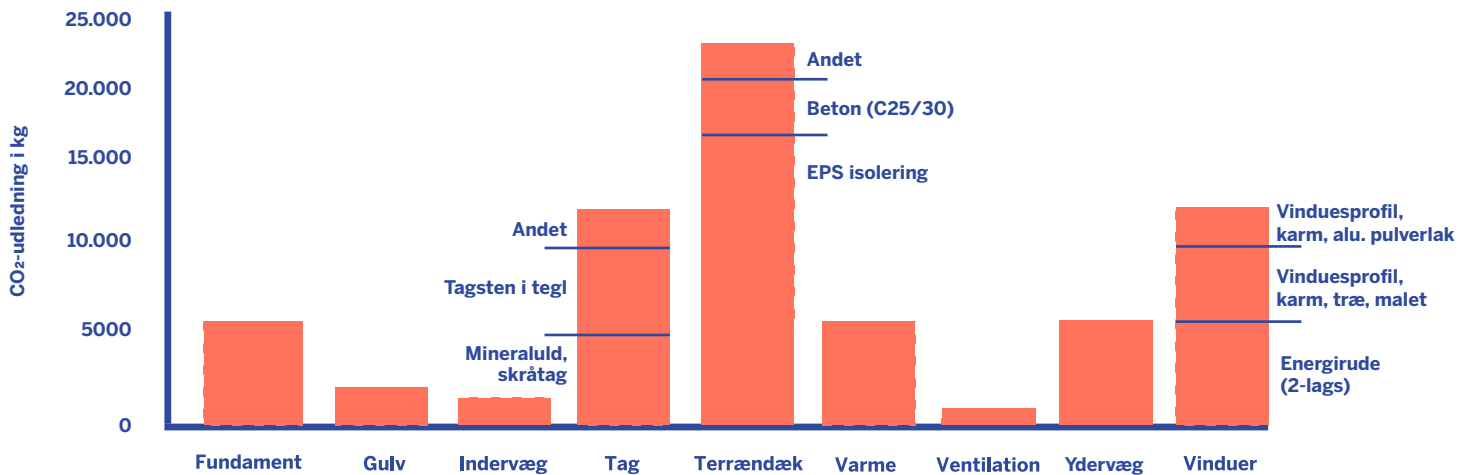
Det kunne fx være optimering af betonstyrker, se figur 22 på side 72.

Nybyggeri af kontorbygning - CO₂-udledning



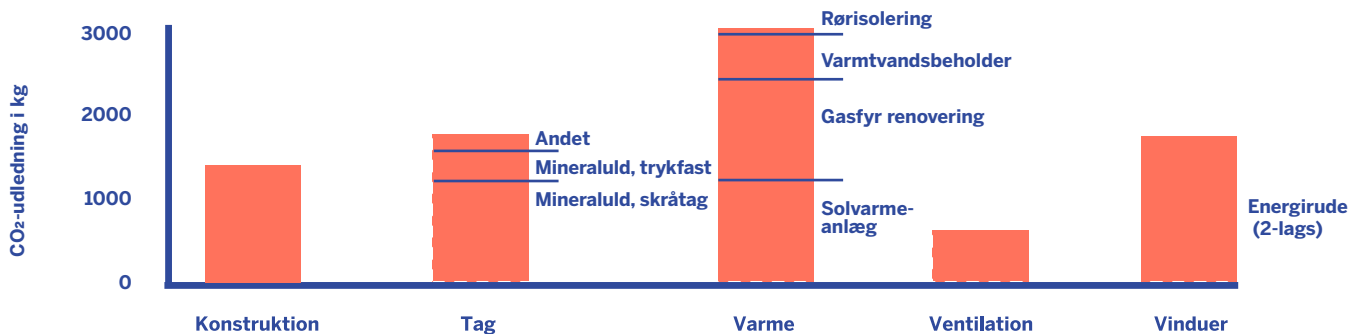
Figur 15. Dæk, tag og vinduer udgør de største CO₂-belastninger i nybyggeri af en kontorbygning.

Nybyggeri af enfamiliehus - CO₂-udledning



Figur 16. Tag, terrændæk og vinduer udgør de største CO₂-belastninger i nybyggeri af et enfamiliehus.

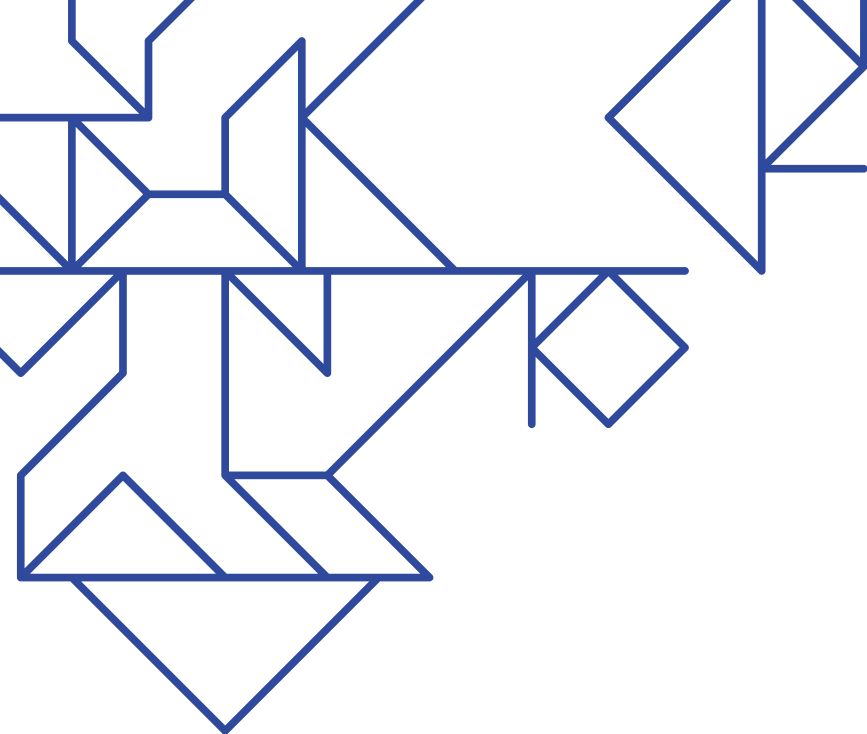
Renovering af enfamiliehus - CO₂-udledning



Figur 17. Konstruktion (= bortskaffelse af gamle materialer), tag og varmeanlæg udgør de største CO₂-belastninger i renovering af et enfamiliehus.

Kilde til alle tre eksempler: Værdierne i eksemplerne er fra programmet LCAbyg.

I ingen af beregningerne er energiforbrug til belysning, udstyr og maskiner inkluderet, da dette er meget individuelt.



Byggepladsen

Byggepladser og byggeprocesser belaster miljøet i lokalområdet med vibrationer, støj, støv og smuds. Desuden kan der forekomme stort spild af energi og ressourcer, hvis der ikke ydes en indsats på området.

Bæredygtighed på byggepladsen sker gennem en balanceret indsats for arbejdsforhold, energi- og resourcebesparelser og miljøbeskyttelse af byggegrunden samt selvfølgelig byggeteknisk kvalitet.

Hvordan du kan optimere arbejdet med bæredygtighed på byggepladsen og i byggeprocessen, kan du finde inspiration til flere steder – bl.a. i kravene ved DGNB-certificering. Der er krav om, at den ansvarlige entreprenør for den enkelte entreprise beskriver og løbende dokumenterer, hvordan man tilstræber at minimere energiforbrug, opnå god affaldssortering, reducere støv og støj samt sikre miljøbeskyttelse på byggepladsen.

Hvert punkt suppleres med en beskrivelse af, hvordan man har tænkt sig at føre punktet ud i livet.

Inspiration til, hvordan du kan opnå en mere bæredygtig byggeplads

Minimér og sortér affald på byggepladsen

- Der opsættes containere for materialer, der kan genbruges fremfor at blive deponeret eller brændt
- Der opsættes en tør container til gipsaffald til genanvendelse
- Der opsættes en tør container til overskydende mineraluldsisolering til genanvendelse
- Der opsættes en tør komprimerende container til rent pap-affald til genanvendelse
- Der opsættes containere til glas, plast og træ
- Der anvendes betonelementer med forudbestemte huller/åbninger – dette minimerer betonaffaldet fra boringer og udskæringer
- Der er fokus på at minimere og genanvende midlertidige konstruktioner
- Indkøb og opbevaring af materialer er tilrettelagt med henblik på at undgå spild, og at materialer ødelægges på grund af vind og vejr

Opnå et lavt støj- og vibrationsniveau

- Arbejdstiden er indenfor myndighedernes krav
- Der er ekstra fokus på arbejdstiderne ved særligt støjende- og vibrende arbejde, som fx spunsning og pilotering
- Der foretages målinger af vibrationsniveauer ved spunsning og pilotering
- Der skal altid bruges høreværn ved støjende arbejde
- Byggepladsen indrettes med en afskærmet arbejdsstation til støjende arbejde
- Byggelederen informeres om særligt støjende arbejde i kommende aktiviteter på sikkerhedsmøderne

Opnå et lavt støvniveau på byggepladsen

- Pladsen vandes dagligt i tørre perioder
- Indendørs rengøring af støvede områder foregår ved at anvende en egnet støvsuger
- Støvsugning skal altid gøres efter endt indendørs aktivitet
- Der anvendes hydraulisk klipning, hugning eller vådskæring (fremfor savning og fræsning)
- Byggepladsen indrettes med afskærmning til støvende arbejde
- Der anvendes støvsuger ved skæring i støvende materialer

Sådan opnår du god miljøbeskyttelse på byggepladsen

- Undgå brugen af unødvendige fuger, byggeskum og lim
- Undgå at anvende materialer eller produkter med faremærker og R-/H-sætninger
- Håndtér forurenede jord på pladsen med spildkit

Reducér energiforbruget på byggepladsen

- Husk at lukke døre og vinduer i skurvogn
- Bevægelsessensorer på belysningen i skurvogn
- Tidsstyret belysning på pladsen
- Udtørring med fjernvarme
- Opbevaring af materialer tørt og lunt
- Bimålere på alle materialecontainere

Iværksæt god naboinformation

- Kontinuerlig information af naboer

Husk god byggeteknisk udførelse

- Minimering af mangler

Find mere information i publikationen *Den bæredygtige byggeplads* udgivet af InnoBYG: bit.ly/3c4xkAci.

Drift og vedligehold

Korrekt og effektiv brug, drift og vedligehold af en bygning og dens enkelte dele spiller en stor rolle for en bygnings bæredygtighed, herunder dens energiforbrug og levetid af forskellige bygningsdele og installationer. Det gælder uanset bygningens størrelse – selv i parcelhuse spiller det en stor rolle.

Derfor er det vigtigt, at entreprenører og håndværksvirksomheder udformer og leverer en vejledning i, hvordan bygningsejeren og beboerne vedligeholder og bruger bygningsdele og installationer – herunder oplysninger om, hvor ofte vedligeholdet skal foretages. Det gælder også ved renovering, hvor enkelte dele af bygningen opgraderes.

Der findes forskellige metoder til at sikre den rette drift af bygningen. Uanset hvilken metode der følges, så er den generelle kvalitetssikring (KS) fra dig som entreprenør et afgørende element til at sikre god drift. Det typiske indhold af KS-aktiviteter er følgende:

- KS-plan
- Modtagekontrol med dokumentation via følgesedler
- Udførelseskontrol med fotodokumentation
- Afleveringskontrol med test og afprøvning
- Overdragelse til bruger med vejledning til Drift og Vedligehold samt instruktion

Kravene til Drift og Vedligehold-materiale (D&V) og KS-aktiviteter ændrer ikke karakter eller omfang, hvis et projekt skal bæredygtigheds-certificeres.

Funktionsafprøvning

Det er lovpligtigt ifølge Bygningsreglementet, at nyinstallerede tekniske anlæg skal funktionsafprøves – inkl. varmeanlæg og ventilationsanlæg i alle typer af bygninger, herunder enfamiliehuse, samt belysningsanlæg og elevatorer i øvrige bygninger. Dette er en kontrol af det afleverede projekt, som skal sikre, at bygningens basale installationer fungerer korrekt individuelt.

Du kan finde vejledninger i, hvordan man foretager funktionsafprøvnin-
ger hos Videncenter for Energibesparelser i Bygninger på
ByggeriOgEnergi.dk

Commissioning (Cx)

Commissioning – også kaldet Cx – er et kvalitetsstyringsværktøj, som omfatter alle tekniske installationer i bygningen. Derved er Cx relevant i forbindelse med både nybyg, større ombygninger og energirenoveringer. Cx-processen overtager ingen funktioner fra rådgivere eller entreprenører, men kører sideløbende med alle byggeriets faser.

Målet er at sikre bedst muligt samspil mellem de tekniske installationer, så fx køling og varmeanlæg ikke modarbejder hinanden. Dette sker gennem dialog mellem de involverede parter og ved driftsorienterede granskninger samt tværfaglige test (sådanne tværfaglige test afløser dog ikke funktionsafprøvninger).

Derudover har Cx til formål at sikre, at overdragelse og uddannelse af driftspersonalet bliver godt tilrettelagt for at opnå korrekt betjening og vedligeholdelse af de tekniske anlæg.

Cx-forløb

Fra idefase til hovedprojekt

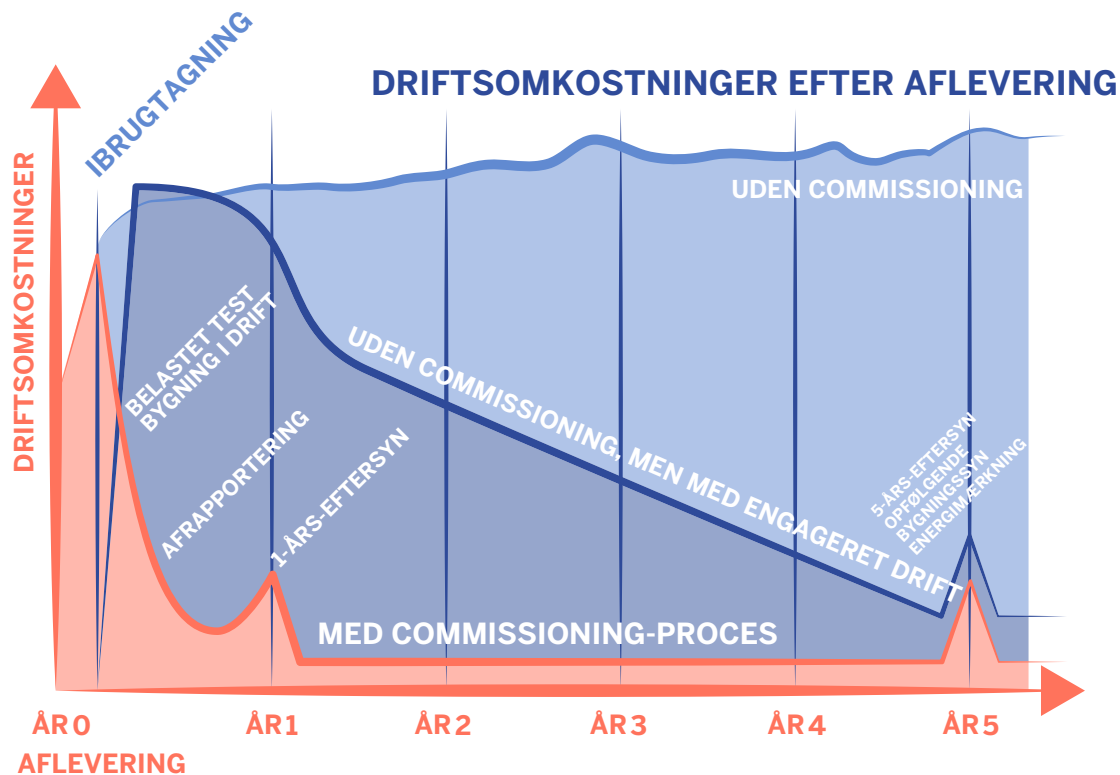
Bygherren nedsætter en Cx-gruppe til at granske projektet i alle byggefaser. Her planlægges det, hvordan entreprenører og leverandører involveres i projektet. Der opstilles krav til udførelse og kvalitetssikring, og en overordnet plan tilrettelægges for test af installationer og indledende planlægning af undervisning af driftspersonale.

Byggefase

Entreprenørerne i Cx-gruppen installerer, idriftsætter og tester anlæg og systemer efter en detaljeret plan, som udarbejdes med input fra alle fagligheder i Cx-organisationen. Teknikentreprenørerne har en afgørende rolle i at sikre, at forudsætningerne er til stede for Cx-test. KS- og D&V-materiale granskes derfor af Cx-organisationen, og der afsættes tid til dialog inden aflevering. Bygherrens driftsorganisation deltager i undervisningen, som varetages af entreprenøren i samarbejde med Cx-ledelsen.

Driftsfase

Bygningen skal testes under drift, bl.a. ved sæsonbetingede og belastningsbetingede tests. Cx-gruppen planlægger omfanget af testene, og entreprenører udfører dem. Derudover gennemfører Cx-gruppen 10-måneders gennemgang, som optakt til 1-årgennemgangen med entreprenøren. Du kan læse mere om [Commissioning på værdibyg.dk](https://www.vardibyg.dk) eller i DS 3090:2014.



Figur 18. Kilde: *Vejledning om Commissioning-processen, udgivet af Værdibyg.*

Figuren ovenfor viser, at man med commissioning opnår lave driftsomkostninger for en nyopført bygning allerede fra år 1 (det lyserøde felt), mens man uden commissioning ender med at have høje driftsomkostninger alle år (det lyseblå felt). I tilfælde af, at man ikke har brugt commissioning, er det dog muligt at reducere driftsomkostningerne over tid ved at engagere sig i driften (det mørkeblå felt).

Performancetest

Bygningsstyrelsen har udviklet performancetest-metoden, som gør betaling til entreprenører afhængig af den leverede kvalitet og funktion. Metoden er udviklet for at sikre bedre projektstyring, og at byggeriet performer som forventet fra dag ét. I praksis foregår det via verifikationer af de tekniske anlæg under byggeriets udførelse. Ved godkendelse af disse verifikationer frigives en del af entreprisesummen. Denne testform har et mindre indledende procesarbejde end Cx.

[Læs mere om performancetest på Bygningsstyrelsens hjemmeside på www.bygst.dk.](http://www.bygst.dk)

Tjekliste til at spare på ressourcerne

Kort opsummeret er disse punkter de vigtigste prioriteringer for at spare på ressourcerne:

- Hav særligt fokus på at reducere miljøbelastningerne fra materialer både i nybyggeri og ved renovering. Energiforbruget fra driften er naturligvis også vigtigt, men reguleres af kravene i bygningsreglementet.
- Brug miljøvaredeklarationer til at finde informationer. Men husk at en miljøvaredeklaration – en EPD – ikke er et miljømærke eller en certificering. En EPD opgør, hvordan et produkt er produceret, hvorved det er muligt at sammenligne forskellige produkters, konstruktioners og bygningers miljøbelastning.
- Prioritér bæredygtighed højest for de bygningsdele og konstruktioner, som forårsager den største belastning i den aktuelle situation.
- Hav fokus på bæredygtig adfærd på byggepladsen ved hjælp af en målrettet og balanceret indsats indenfor såvel arbejdsforhold som energiforbrug og miljøforhold.
- Inddrag driftsorganisationen, udfør god kvalitetssikring, lav grundige afprøvninger og instruér brugerne af bygningen ved aflevering – for at sikre optimal drift af bygningen.





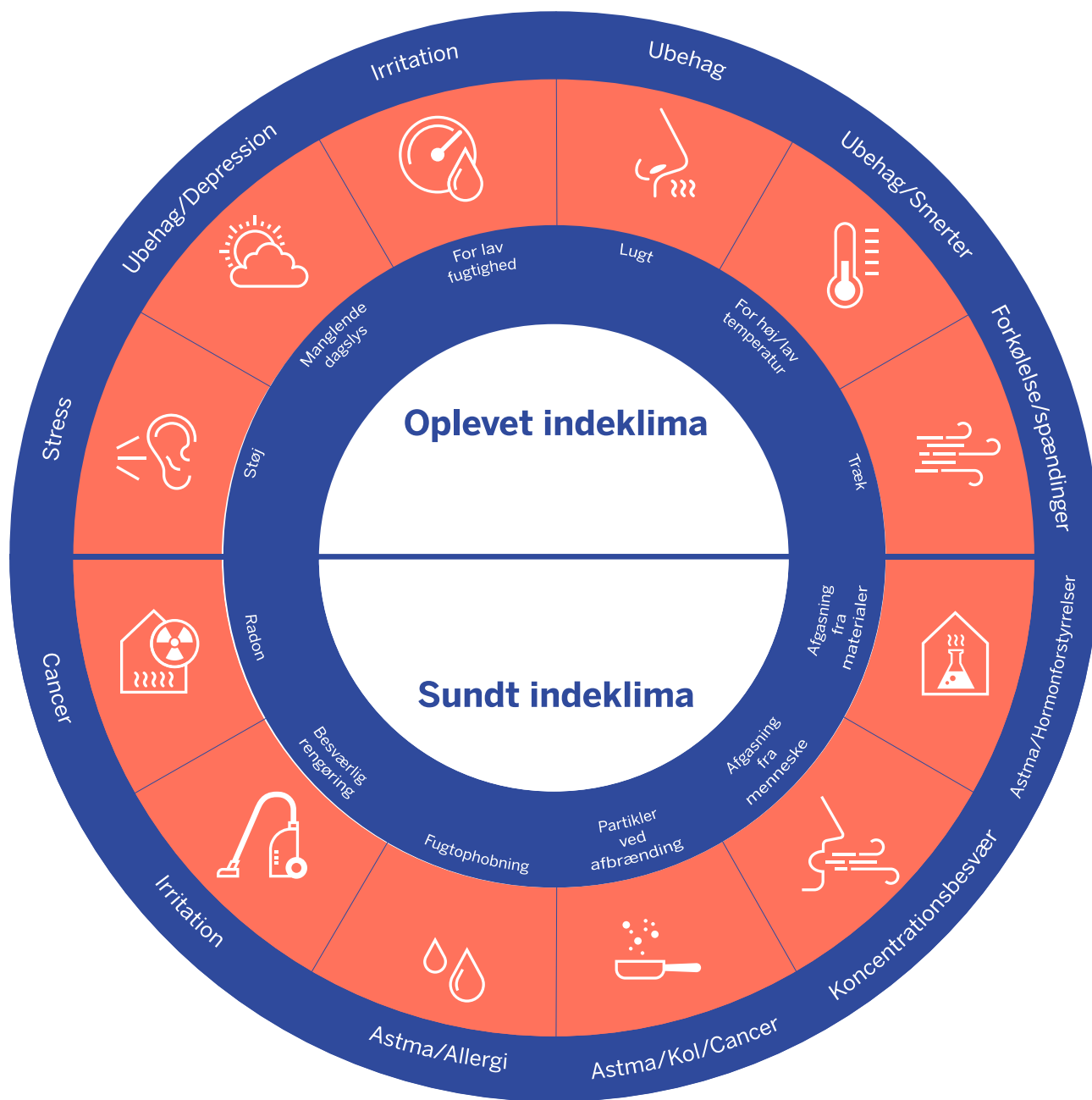
Skab godt indeklima

– lyd, lys og luft

I Danmark opholder vi os indendørs ca. 90 % af vores liv. Hvis indeklimaet er dårligt, forringes vores komfort og sundhed, og både indlæringssevne og produktivitet falder. Desuden har et stigende antal danskere astma og allergi.

Derfor er et godt indeklima en meget vigtig del af bæredygtigt byggeri.

Oplevelsen af indeklima er baseret på en lang række faktorer. På modsatte side ses Indeklimahjulet, som viser forskellige påvirkninger og oplevelser ved dårligt indeklima. Det er dog ikke alle faktorer, du som håndværker har indflydelse på, og de kommende sider kan du læse om faktorer, der kan være relevante for dig som entreprenør eller håndværker: lyd, lys og luft – herunder miljørisici ved både nye og gamle byggematerialer.



Figur 19

Kilde: *Indeklimahjulet er udviklet af Realdania og en række samarbejdspartnere i projektet Sunde Boliger.*

Lyd

Gode lydmæssige egenskaber i bygninger skabes ved at reducere støj-påvirkninger og regulere akustikken. Støj kommer mange steder fra, bl.a. trafik, tekniske installationer og tilstødende rum – men uanset kilden kan uønsket støj give helbredsproblemer og forringe livskvaliteten.

Støjkilder

Interne støjkilder er afhængige af bygningens anvendelse og brugerens adfærd, hvilket gør det vanskeligt at sikre gode lydforhold. Men afhængig af bygningskategori er der naturligt forskellige belastninger, og derfor stiller Bygningsreglementet en række krav til rummets dæmpning af lyd, herunder krav til efterklangstider og akustik.

Eksterne støjkilders påvirkning ved bygning og i skel er for nybyggeri også reguleret af Bygningsreglementet. Grundlæggende vil udskiftning af vinduer være en oplagt mulighed for at reducere støjen ved at vælge vinduer, der er gode til at reducere støj udefra.

Tekniske installationer er støjmæssigt også reguleret af regler i Bygningsreglementet. Det gælder fx for boliger, at lydniveauet ikke må overstige 30 dB i opholdsrum. I praksis er dette imidlertid ofte vanskeligt at sikre. Derfor kan du som entreprenør træffe ekstra foranstaltninger – fx mod ventilationsstøj – for at opnå en bæredygtig løsning. Ligeledes skal du sikre, at der ikke overføres lyd mellem rum via ventilationsanlægget (luftlydsisolation).

Som entreprenør eller håndværker skal du naturligvis kende kravene i Bygningsreglementet, og i øvrigt kan du med din personlige vurdering i det enkelte projekt afgøre de lydmæssige udfordringer og behovet for at afhjælpe problemer. Mange leverandører af akustisk rumregulering og ventilationsløsninger er behjælpelige med akustikberegninger. I komplekse tilfælde kan der rekvireres beregninger fra specialister hos fx en rådgivende ingeniør.

Regulering af rumakustik

Man kan komme langt ved at følge en række enkle råd fra Branche Fællesskab Arbejds miljø (BFA) på Arbejds miljøweb.dk. De er delvist gengivet i boksen til højre.

Tips til akustisk rumregulering

1. Start med loftet

Loftet er den største sammenhængende flade i rummet, og den letteste at gøre noget ved.

Hvis loftet er af træ, gips eller anden hård belægning, kan du opnå store forbedringer ved at montere akustikplader, enten helt eller delvist alt efter forholdene.

2. Sæt plader på væggene

Næst efter loftet er væggene det oplagte sted at forbedre akustikken. Der findes en bred vifte af akustiske plader, som kan monteres direkte på væggene.

Fordel pladerne på vægge, der støder op mod hinanden i et hjørne - ikke på to vægge over for hinanden. Så opnås den største effekt for den laveste pris.

Hvis du har en stor, hård flade som fx et vinduesparti, så sæt pladerne på den modstående væg.

3. Lyddæmpende indretning

Akustikplader på loft og vægge har klart den største effekt. Men du kan også forbedre akustikken med fx bogreoler, rumdelere og bløde møbler. Derimod har tynde gardiner og gulvtæpper stort set ingen effekt.

Lys

Gode lysforhold handler både om at skabe et godt dagslys i bygninger og sikre en god elektrisk belysning. Menneskers oplevelse af lysforholdene er meget afgørende for den samlede oplevelse af indeklimaet, og lysets betydning for vores helbred er veldokumenteret.

Bygningsreglementet indeholder visse krav, men de er som udgangspunkt en forenkling af komplekse forhold. Ved nybyggeri er det derfor hensigtsmæssigt at udføre simuleringer af lysforhold til at definere løsninger. I dit daglige arbejde som håndværker eller entreprenør kan du dog også være med til at sikre gode løsninger. Her følger nogle tips til det.

Dagslys

Bygningsreglementet stiller krav til dagslys ved nybyggeri, og ved renovering skal det sikres, at eksisterende dagslysforhold ikke forringes. Dagslysforholdene bestemmes ud fra vinduesstørrelse, typer af vinduer og deres placering samt skyggeforhold.

Når du vælger glassets type, er der tre vigtige forhold at tage stilling til:

- **Isoleringsevne for vinduer (U-værdi)**
U-værdien beskriver vinduets isoleringsevne. Jo lavere U-værdi, jo bedre isolerer det. Men en lav U-værdi påvirker også LT og g-værdien i nedadgående retning, hvilket kan påvirke både indeklima og energiforbrug.
- **Lystransmittans (LT)**
Lystransmittansen – eller LT – er et udtryk for, hvor meget lys der kommer ind gennem glasset. Jo højere værdi, jo mere lys kommer der ind i bygningen. En høj LT-værdi medfører normalt også en stor indstråling af solvarme, hvilket kan være en gene.
- **Solenergitransmittans (g-værdi)**
Solenergitransmittansen – eller g-værdien – er et udtryk for, hvor meget varme der kommer ind gennem glasset. Jo højere værdien er, jo mere varme kommer der ind i bygningen. Desuden er det sådan, at jo lavere g-værdi, jo mørkere vinduesglas.

Et vindues samlede energipreformance med hensyn til varmetab og solindstråling udtrykkes i en Eref værdi, hvilket også er den værdi, Bygningsreglementet bruger til at fastsætte krav. Vinduer i dag er så effektive, at der over året er et energitilskud gennem et vindue, hvis orienteringen ligger fra sydøst til sydvest.

For at skabe et godt indeklima skal der være en god balance mellem U-værdi, g-værdi og LT-værdi. Der er sammenhæng mellem værdierne, fx vil g-værdien reduceres (dvs. forringes), hvis LT-værdien sænkes (dvs. forringes) – eller LT-værdien sænkes (dvs. forbedres), når U-værdien sænkes (dvs. forbedres). Du bør før valg af vinduer undersøge, hvad byggherren prioriterer højest: bygningens energipræstation, dagslys eller sikring mod overophedning, og i dialog med vinduesleverandører finde den bedst mulige løsning til at opfylde behovene.

I nye bygninger, som er velisolerede og meget tætte, kan fx prioritering af ekstra dagslys ved ekstra stort vinduesareal eller høj LT-værdi resultere i problemer med overophedning om sommeren. Ved renovering af bygninger, der har et større varmebehov, kan det derimod være en fordel for bygningen, at der kommer et større varmetilskud udefra, hvorved det er en fordel med en højere LT-værdi.

DGNB's krav til vinduer

DGNB stiller høje krav til U-værdier for vinduer, yderdøre, porte og ovenlys:

- U-værdi = 1,4 (minimumsgrænse for at opnå point)
- U-værdi = 1,2 (giver point midt mellem minimum og maksimum)
- U-værdi = 1,0 (giver maksimalt antal point)

Elektrisk belysning

Et lavt energiforbrug i driften er af stor betydning for livscyklusvurderingen (LCA) og totaløkonomi (LCC) ved ældre og renoveret byggeri. Specielt elforbruget er interessant i større bygninger, da det i dag er ca. tre gange mere forurenende end fx fjernvarme (dette forhold vil dog blive justeret i fremtiden, efterhånden som elproduktion bliver mere grøn). Belysning er sammen med ventilation de væsentlige elforbrugende poster i etageejendomme, kontorbygninger o.l.

Bygningsreglementet stiller særlige krav til lyskilder og lysstyring. Der henvises direkte til belysningsstandarden DS/EN 12464-1 (2011), som forholder sig til belysningsstyrke (middellux), ensartethed (variation af lux), farvegengivelsen (Ra-værdi) og ubehagsblænding samt i særlige tilfælde anbefalinger til belysningstemperatur.

Når du skal vælge lyskilder til belysning, er der flere faktorer, som du bør overveje:

- I dag vælges stort set udelukkende LED belysning på grund af god totaløkonomi takket være lavere priser, lavt energiforbrug og lange levetider. Lyskvaliteten fra LED opleves i dag generelt som god, og der findes mange reguleringsmuligheder.
- Energieffektivitet bør ligge på mindst 100 lumen pr. watt.
- Krav til lys gælder i hele produktets levetid. Derfor skal du spørge efter en høj L-værdi, som udtrykker et lille tab af lys over tid.
- Du kan vælge belysning, der passer til de nuværende behov, men du kan også fremtidssikre belysningen ved at vælge armaturer med mange muligheder for lysstyring. At belysningsanlæg med lange levetider er fleksible, sikrer mod en for tidlig udskiftning og er dermed afgørende for bæredygtigheden.
- Der kommer flere og flere lamper på markedet med indbygget LED-pære, hvor pæren ikke kan skiftes. Tjek derfor altid energimærket og lyskvaliteten i butikken, inden du køber, så du ikke risikerer et fejkøb. Gå efter lamper med en indbygget pære med A+ eller bedre. Kilde: [SparEnergi.dk](https://www.sparenergi.dk).
- I lysstofrør er der farlige gasser (inkl. kviksølv), som man skal forholde sig til ved bortskaffelse. LED kan muligvis også – med fremtidens øjne – indeholde farlige stoffer. Så demontage skal kunne ske, uden lyskilden går i stykker.
- Farvegengivelse (Ra-værdi) er betydende for oplevelse af farver. Vælges lyskilder med lav Ra-værdi (<80), vil farverne i rummet blive matte og kedelige. Vælg om muligt en lyskilde med Ra \geq 90.
- Farvetemperatur (Kelvin) er betydende for oplevelse af stemningen i rummet og energiniveauet hos mennesker. Farvetemperatur er et udtryk for, om lyset virker varmt (rødt) eller koldt (blåt). Jo højere farvetemperatur, jo mere hvidt/blåt vil lyset i rummet være. Tidligere var der med glødepærer en lav farvetemperatur, men i fremtiden vil der sandsynligvis blive valgt højere farvetemperaturer. Vælg derfor en værdi, som passer til formålet – fx min. 2.700 i boliger og i kontorer min. 3.500. Eller allerbedst: Vælg lyskilder med variable farvetemperaturer, hvis pris/ydelsesforholdet vurderes passende.

De fleste af informationerne fremgår af produkternes datablade. Desuden kan yderligere oplysninger skaffes hos leverandøren, som også kan være behjælpelig med totaløkonomiske og miljømæssige beregninger.

DGNB's krav til elektrisk belysning

(gælder ikke boliger)

- Ingen blænding ved kunstigt lys i henhold til DS 700-serien/EN 12464-1
- Opfylder DS 700-serien. Yderligere point hvis: Kontorarbejdspladsen har individuel arbejdsbelysning og regulerbar almenbelysning/grundbelysning
- Ra i henhold til DS 703/DS 700. Yderligere point hvis: $Ra \geq 90$ i områder, hvor minimumskrav til Ra er mindre end 90

Luft

God luftkvalitet kan sikres med mekanisk eller naturlig ventilation – eller allerbedst med en kombination af disse i en hybridløsning. Den mekaniske ventilation sikrer luftkvaliteten i vinterhalvåret, og den naturlige ventilation forebygger overophedning i sommerhalvåret.

Menneskers oplevelse af luftkvalitet er afhængig af flere faktorer som fx CO₂-indhold, fugt, afgangninger og temperatur. Yderligere er luftens indhold af partikler meget afgørende for menneskers sundhed. Ventilation af lokaler er påvist afgørende for menneskers præstationsevne og indlæring, hvilket gør god ventilation betydende for både den sociale og økonomiske bæredygtighed.

Både i nye og renoverede bygninger er det afgørende, at ventilations-systemer er veldimensionerede og teknisk veludførte, samt at anlæggene serviceres. Ud over at sikre et godt indeklima giver dette også den bedste totaløkonomi og laveste miljøbelastning.

Bygningsreglementet stiller en række forskellige krav for både at sikre energieffektivitet og god luftkvalitet. Der er krav til minimum luftskifte i boliger og daginstitutioner, og for øvrige bygninger henvises til normer indenfor ventilation.

I forbindelse med renovering må eksisterende ventilationsforhold ifølge Bygningsreglementet ikke forringes. Det er derfor ofte nødvendigt at etablere mekanisk ventilation, særligt i større bygninger, fordi man efterisolere og derved tætnere bygningen. I enfamiliehuse kan det i mange tilfælde løses med udeluftventiler. I alle tilfælde skal det være muligt at lufte ud gennem vinduer.

Det er vigtigt, at ventilation spiller korrekt sammen med bygningens varmeanlæg og evt. køleanlæg og solafskærmning. I mange større bygninger vælges derfor bygningsautomatik, som kan kommunikere på tværs af installationsområder (CTS mv.).

Overophedning kan forebygges ved at kombinere Bygningsreglementets krav med solafskærmning og muligheder for god udluftning via vinduer mv. I nogle tilfælde kan der være behov for køling, men det bør minimeres. Dog er der kommet muligheder for bæredygtig køling via fjernkølingssystemer eller såkaldt 'fri-køling' via kulde fra jord, grundvand eller havvand.

Både leverandører og rådgivende ingeniører kan give information, som gør det muligt for dig at vælge en løsning, der skaber balance mellem økonomi, miljø og et godt indeklima.

Krav om indendørs luftkvalitet i DGNB

For DGNB er kravet om lufttilførsel højere end i Bygningsreglementet, hvis man vil opnå det maksimale antal point for luftskiftet ved certificering:

- 0,30 [l/s pr. m²] - Jævn indendørs luftkvalitet (Bygningsreglement krav)
- 0,35 [l/s pr. m²] - Middelgod indendørs luftkvalitet
- 0,45 [l/s pr. m²] - Høj indendørs luftkvalitet (maksimalt antal point)

Ovenstående gælder for boliger

Miljø- og sundhedsrisici ved nye byggematerialer

Entreprenører og håndværkere kan direkte påvirke arbejdsmiljøet og indeklimaet ved at vælge byggematerialer, som ikke indeholder skadelige stoffer.

Informationer om kemien i byggevarer findes i varens sikkerhedsblad, ofte under punkt 16. Informationer om, hvilke stoffer varen ikke må indeholde findes på den såkaldte REACH kandidatliste.

For at vide hvor man som håndværker eller entreprenør skal være særligt opmærksom, kan man lade sig inspirere af DGNB-certificeringen. Her kan entreprenører og håndværkere blive bedt om at levere dokumentation for, at følgende byggevarer ikke indeholder skadelige stoffer:

Kig særligt på disse byggevarer

Maling	Lak	Tætning (under fliser og ved vinduer)
Grunder	Olie	Gulvtæpper
Spartel	Voks	Vinyl
Puds	Montagelim og skum	Rustbeskyttelse
Tapet og tapetlim	Formolie	Brandimprægnering
Gummi	Slipmiddel	Epoxy
Kork	Filt og væv	Tagdækning
Linoleum	Gipsplader	Tagrender
Primer	Støvbindere	Faldstammer
Afretningslag	Betonforsegling	Kunststof
Termoplast	Skumisolering	Plastprodukter

Afgasning

Afgasning er, når kemiske stoffer, der indgår i et byggemateriale, langsomt frigives til omgivelserne. Afgasning kommer fra flygtige organiske stoffer (på engelsk Volatile Organic Compounds, derfor den daglige forkortelse VOC'er). Forskellige stoffer i kombination kan også medføre såkaldte cocktaileffekter; de kan reagere med hinanden og potentielt skabe nye, farlige enkeltstoffer.

I forbindelse med en DGNB-certificering skal der foretages målinger af VOC i indeklimaet. Er de målte værdier for høje (>3000 TVOC - dvs. totalt niveau af VOC) kan man ikke opnå en certificering. Dette er et af de få "knock-out" kriterier i certificeringen.

REACH kandidatlisten over særligt problematiske stoffer

Kandidatlisten er en EU-liste over kemikalier, der anses for at være problematiske. Listen benævnes i nogle sammenhænge også som REACH kandidatlisten eller Substances of Very High Concern (SVHC) stoffer.

Det er en række stoffer, som er kategoriseret til at være enten hormonforstyrrende, i stand til at ændre arveanlæg, kræftfremkaldende, skadelige for forplantningen eller særligt miljøskadelige.

Det anbefales derfor at undgå stofferne på listen fx brommerede flammehæmmere, flourstoffer, blyforbindelser, tungmetaller og chrom.

Producenter er forpligtet til at oplyse om indhold af sådanne stoffer. En miljøvaredeklaration, EPD, angiver eventuelle stoffer på kandidatlisten for det produkt, der deklareres.

[Se kandidatlisten her: echa.europa.eu/da/candidate-list-table.](https://echa.europa.eu/da/candidate-list-table)

Du kan lettest sikre dig, at der ikke forekommer skadelige stoffer i byggevarer, hvis du vælger produkter, som er mærkede med Svanen, EU-Blomsten, Indeklimamærket eller et andet anerkendt miljømærke. Derudover anbefales det at:

- Undgå trykimprægneret træ
- Vælg træ, der har FSC- eller PEFC-certifikat
- Vælg maling med intet eller lavt indhold af MI (methylisothiazolione), og med lavest mulig MAL-kode svarende til 00-1

I mange tilfælde har fx kommuner opstillet krav for at sikre mod brug af problematiske byggevarer eller kemiske stoffer. Nedenfor ses et eksempel på konkrete anvisninger.

Eksempel

Københavns Kommunes krav angående skadelig kemi

Københavns Kommune stiller krav i sine byggeprojekter om, at der ikke må benyttes produkter og materialer, som indeholder følgende stoffer:

- Undgå MDI (Methylendiphenyl-diisocyanat) og TDI (toluendiisocyanat)
- Undgå -styren: Ordet "styren" indgår i selve stofnavnet i sikkerhedsbladet (Material Safety Data Sheet - MSDS)
- Undgå visse ftlater eller phthlater: Ordet "phthlat" indgår i selve stofnavnet i sikkerhedsdatabladet (undgå materialer med indhold af forkortelserne DEP, DIPP, DPHP, DINP, DIDP)
- Undgå Bisphenol-A
- Undgå Chloroparaffiner (kort- og mellemkædede)
- Undgå Chloralkaner: findes i mange varianter med "chlor" i navnet, men kan være svære at genkende
- Undgå Bly og blyforbindelser. Ord som "lead", "bly" eller "plumbum" vil typisk indgå i stofnavnet
- Stil spørgsmål til producenten og grossisten, og gør dem opmærksomme på behovet for mere viden om byggevarens indhold

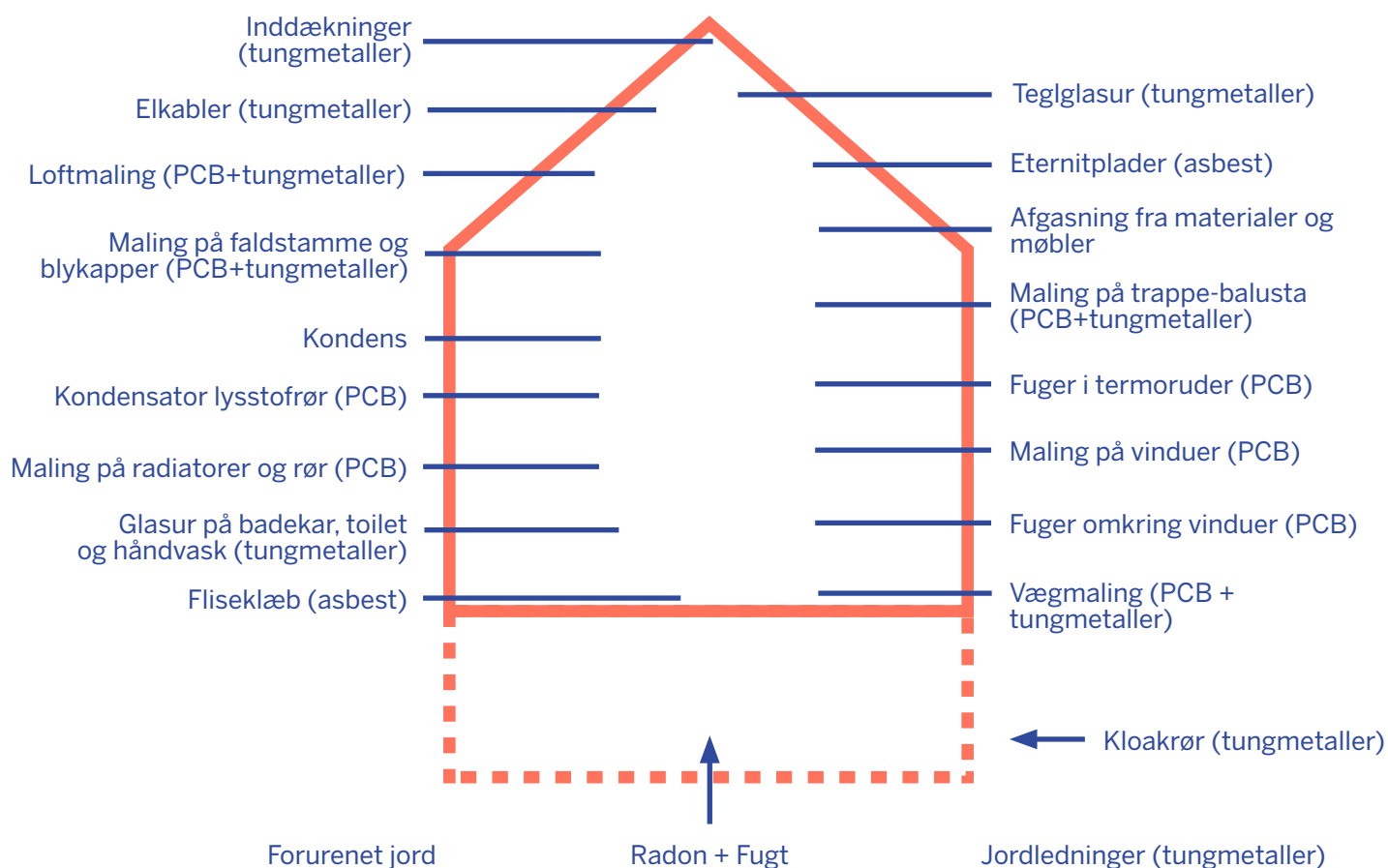
Kilde: *Miljø i byggeri og anlæg, 2016. Udgivet af Københavns Kommune.*

Miljø- og sundhedsrisici ved gamle byggematerialer

Det er ikke kun de nye materialer, som bygges ind i bygningerne, der skal tages hensyn til. Det ses desværre ofte i ældre byggerier, der skal renoveres eller nedrives, at man skal håndtere PCB, klorparaffiner, asbest, tungmetaller m.m. i de gamle byggematerialer. Disse stoffer kan være både til skade for sundhed i bygningen, i arbejdsmiljøet og for det ydre miljø. Samtidig har det også indflydelse på, hvilke gamle byggematerialer der kan genanvendes. Derfor er det vigtigt, at man starter med at kortlægge risikoen for disse stoffer, inden arbejdet med at fjerne eller nedrive de gamle byggematerialer begynder.

Nedenstående illustration viser, hvor problematiske stoffer i ældre bygninger oftest kan forekomme. Nogle giver risiko for negative påvirkninger af arbejdsmiljøet ved nedtagning, fx asbestholdige eternitplader, mens andre som fx maling også påvirker indeklimaet i bygningen.

Hvor kan der typisk være problematiske stoffer i ældre bygninger?



Figur 20

Krav om miljøkortlægning ved Svanemærket renovering

I en Svanemærket renovering skal bygherren få udført en miljøkortlægning, inden nedrivning og renovering påbegyndes. Her skal installationer, fast inventar og andre genstande, der mistænkes for at indeholde farligt affald eller uønskede stoffer, gennemgås.

Kortlægningen skal indeholde:

- Identifikation og angivelse af forekomst og placering i bygningen med beskrivelse, fotos og tegninger.
- En oversigt over farligt affald og uønskede stoffer med en beskrivelse af, hvordan materialer eller stoffer fjernes eller på anden måde håndteres.
- Hvis materialer, der indeholder farligt affald eller uønskede stoffer over grænseværdierne, skal forblive eller indkapsles i bygningen, skal dette klart fremgå af en beskrivelse af den tekniske løsning og en risikovurdering.
- En beskrivelse af, hvordan farligt affald og affald med uønskede stoffer, herunder affald fra fjernelsesprocesser (fx sandblæsning), skal opbevares, transporteres og bortskaffes.
- En beskrivelse af miljøbeskyttelse, eksponering for bygningsarbejde og risiko for skade og tyveri under saneringsprocessen.

Der kan hentes inspiration til kortlægning af skadelige stoffer i manualen "[Svanemærkning af bygningsrenovering](http://www.ecolabel.dk/-/criteriadoc/4403)" på www.ecolabel.dk/-/criteriadoc/4403.

I Danmark er der krav i lovgivningen om, at bygninger forud for renovering eller nedrivning skal screenes og kortlægges i forhold til skadelige stoffer.

Disse krav og hvilke miljøfarlige stoffer og byggematerialer du skal være særligt opmærksom på, kan du læse om på hjemmesiden for Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet, VCOB.dk.

Du kan på den hjemmeside også finde information om, hvad dine roller og pligter som entreprenør er i forhold til byggeaffald bl.a. i en kort film.

Spørg Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet

Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet, VCØB, samler, udvikler og formidler uvildig og konkret viden om cirkulær økonomi i byggebranchen.

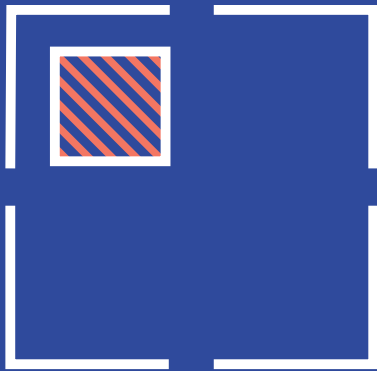
Hos VCØB kan alle få gratis vejledning om cirkulær økonomi i byggeriet – herunder om håndtering af bygge- og anlægsaffald, miljøfarlige stoffer og mulighederne for genbrug og genanvendelse.

Der er en [vejledning på VCOB.dk](http://VCOB.dk) særligt til entreprenører om, hvilke aspekter du bør være opmærksom på i forbindelse med byggeaffald.

Tjekliste til at skabe et godt indeklima

Kort opsummeret er disse punkter de vigtigste prioriteringer for at skabe et godt indeklima:

- Vær opmærksom på, at indeklima er en kombineret oplevelse af bl.a. lyd, lys og luft. Det skal inddrages i vurderingen, når du vælger løsninger.
- Forebyg generende lyd og støj med løsninger som fx støjdæmpende vinduer og akustiklofter.
- Glem ikke dagslyset ved renovering. For at fremtidssikre bygningen, så forsøg altid at forbedre dagslyset ved at etablere et større vinduesareal, samtidig med at du naturligvis overholder Bygningsreglementets energikrav.
- Gør belysningsanlægget fremtidssikret gennem valg af optimale lyskilder, armaturer og styring produceret til meget lang levetid.
- Forring aldrig ventilationen ved renovering og ombygning, men søg i stedet en fremtidssikret løsning. Vær opmærksom på, at mekanisk ventilation påvirker både økonomi og miljø og kan optimeres ved at kombinere det med naturlig ventilation.
- Overhold lovgivningen om screening og kortlægning i forhold til skadelige stoffer, inden renovering eller nedrivning.
- Undgå materialer med høj afgasning og miljøproblematiske stoffer. Det er i dag muligt at få mange oplysninger og gå i dialog med leverandører om bedre alternativer.
- Beskyt renoveringsprojekters indeklima og arbejdsmiljøet mod miljøproblematiske stoffer i gamle byggematerialer, der tages ud af bygningen i forbindelse med renovering.
- Tag dialogen med leverandører og teknikentreprenører, og konsultér efter behov en rådgivende ingeniør med en uvildig holdning til værdien af samlede løsninger.



Byg til ombyggelighed

– anvend fleksible løsninger

Materialevalg til ombyggelighed

Metoden til at bygge til ombyggelighed hedder Design for Adskillelse. Det handler kort fortalt om, at alle materialer i byggeriet skal kunne tages ned og genbruges eller genanvendes senere i en anden sammenhæng. Dette skal ske så let som muligt, og uden at byggevaren skades ved nedtagning.

Her spiller entreprenører og håndværkere en vigtig rolle, da ikke kun materialernes egenskaber, men også de anvendte byggeteknikker er afgørende for, om en bygning kan skilles ad igen for at kunne genbruges og genanvende mest muligt. Ved at anvende de fire metoder i figur 21 er du kommet et godt stykke af vejen.

Sådan bygger du med Design for Adskillelse

Brug primært skruer, møtriker og bolte, når du bygger
Brug kun søm, hvor det giver mening som fx til trægulve



Brug ensartede standard løsninger



Undgå helt at bruge skum!
Brug letopløselige bindemidler, hvor det giver mening



Brug produkter med kliksystem. Fx trægulve og gipsvægge med løsninger for adskillelse



Planlæg din byggeproces

Figur 21. Kilde: Håndværker – Toolkit (Byg Cirkulært – miniguide)

Du kan også bidrage yderligere til at muliggøre adskillelse ved at udarbejde beskrivelser til bygherren af, hvordan den konstruktion du bygger bedst muligt nedtages med anbefalinger om teknik, værktøj mv.

Design for Adskillelse

Design for Adskillelse (på engelsk Design for Disassembly, hvorfor det ofte forkortes DfD) forstås som designprincipper, der muliggør adskillelse af komponenter eller materialer i en bygning, så de kan genanvendes eller genbruges, hvorved affaldsmængden mindskes.

Læs mere om DfD i håndbog om affaldsforebyggelse i byggeriet udgivet af Teknologisk Institut

Det er vigtigt at være opmærksom på, at materialer har forskellige levetider. Det er oftest materialet med den korteste levetid, som bestemmer den samlede levetid for hele den konstruktion, det indgår i.

Ved at bygge med adskillelse for øje kan man sørge for, at det enkelte materiale kan udskiftes separat, og dermed er det muligt at øge den samlede levetid. Dette letter vedligeholdelsesarbejde og sparer tid, penge og ressourcer, når konstruktioner og bygningsdele skal udskiftes.

Det anses som en cirkulær tilgang til byggeri at følge principperne for Design for Adskillelse. Studier indikerer, at det mindsker klimabelastningerne fra byggeriet væsentligt at bygge cirkulært frem for at bygge konventionelt, hvor vi blot bygger og smider væk. Klimaforskellen er bl.a. vist **i en eksempelbygning på side 42-44 i Dialogværktøjet fra Circularity City, som du finder på circularitycity.dk.**

Fleksibilitet og tilpasningsevne

Selvom vi ikke kan forudsige, hvilke behov der vil være i bygninger om 50-100 år, er det relevant at tænke over, hvordan et byggeri kan bruges til forskellige løsninger og behov i fremtiden.

Bygningsstrukturens evne til at blive tilpasset til anden anvendelse – fx fra bolig til plejehjem – sørger for, at bygningen som helhed er fremtids-sikret mod nedrivning.

Du kan bl.a. øge facadens fleksibilitet i forhold til om- og udbygning ved at anvende:

- Mursten, som fuges med kalkmørtel
- Monteringssystemer med skruer
- Vinduer, der monteres uden brug af ekspanderende skum
- Isoleringsmateriale, der ikke klæbes til konstruktionen
- Materialer, der ikke patinerer over tid

Fleksibelt design af boliger

Kan man designe og bygge planløsningen med fleksible indervægge, fx med to værelser, hvor der er mulighed for at 'ombygge' til tre eller fire værelser? Det vil gøre en bolig nemmere at 'genanvende' og bruge af flere forskellige familiekonstellationer, der har vidt forskellige behov, fx:

- det ældre ægtepar, hvis børn er flyttet hjemmefra
- det unge par med deres første barn og behov for plads til flere børn, uden at de behøver flytte
- den sammenbragte familie med mange børn

Det vil med en fleksibel løsning være nemmere at have forskellige familiesammensætninger boende uden meget store reoveringer. Et eksempel på et byggeri opført efter disse principper er Toppen i Roskilde opført af Boligselskabet Sjælland.

[Se eksemplet her: bosj.dk.](http://bosj.dk)

Fleksibilitet i råhuset

Hvis du er med fra starten af et byggeri, kan du være med til at øge råhusets fleksibilitet og dermed muligheden for let at omdisponere rum ved at følge en eller flere guidelines fra DGNB. Det er ikke altid fysisk muligt eller økonomisk forsvarligt at opfylde alle punkterne. Derfor gives der maksimalt antal point i DGNB, hvis tre ud af de otte punkter er opfyldt.

1. Ikke-bærende facader
2. Indervægge er som oftest ikke-bærende
3. Stabiliserende vægge på maksimalt en side af teknikskakte
4. Brutto-rumhøjde (overside dæk til underside bærende bjælke/dæk: > 3,0 m)
5. Afstand mellem vertikale skakte for vvs-, el- og ventilation < 15 m
6. Etagedækkenes spændvidde svarer til bygningsdybden, og evt. facadesøjler er placeret integreret i ydervægskonstruktionen
7. Skillevægge kan installeres på alle grundmodulets facadeakser uden indgreb i gulv eller loft
8. Der er i den statiske beregning taget højde for og findes nyttelastreserver til en bred vifte af omstillingsmuligheder (fx flere etager)

Fleksible tekniske installationer

Tilpasningsevnen skal omfatte de tekniske installationer. Ved at skabe ekstra plads i teknikcentral og skakte i større bygninger lettes arbejdet ved renovering og eventuel overgang til anden anvendelse af bygningen. Der skal også være plads til at foretage service og løbende tilpasning.

Fleksibilitet i de tekniske installationer

DGNB giver konkrete bud på, hvordan du kan sikre tilpasningsevne for de tekniske installationer.

- For skakter til vvs, el- og it-forsyning er der pladsreserver inkl. udfletninger på mindst 10 % – gerne 20 % (areal)
- For ventilationsskakte er der i vertikale ventilationskanaler pladsreserver inkl. udfletninger, der giver en overkapacitet på mindst 10 % – gerne 15 % (kapacitet)
- Varmesystemet er dimensioneret til en fremløbstemperatur, som er 5 °C lavere end kravet i DS 469:2013 – gerne 10 °C lavere
- Centralkølesystemet er dimensioneret til en fremløbstemperatur, som er 3 °C højere end kravet i DS 469:2013 – gerne 6 °C højere
- Ved eksisterende netværk til kommunikation mellem systemer og forskellige BMS-systemer bruges der åbne og standardiserede protokoller (BACNET, KNX/LON e.l.)

Fleksibilitet mindsker byggeaffald

Når du renoverer, eller når hele bygninger rives ned, opstår der byggeaffald. Men byggeaffald er i virkeligheden en ressource frem for blot affald – især hvis principperne for Design for Adskillelse har været fulgt.

Det er lovpligtigt at håndtere de gamle byggematerialer korrekt og sikre størst mulig genbrug eller genanvendelse.

For at arbejde bæredygtigt med nedtagning af materialer bør du have fokus på disse områder:

- **Sørg for at nedrive eller fjerne byggematerialer fra eksisterende bygninger efter reglerne og på forsvarlig vis**

Når du skal i gang med en nedrivning eller renovering, skal du vide, at der kan være miljø- og sundhedsskadelige stoffer i de gamle byggematerialer fx asbest, PCB, bly m.v. Du risikerer at støde på dem, når du skal udskifte døre og vinduer, etablere nye gulve eller slibe de gamle, fjerne tapet eller maling, udskifte el-installationer og el-artikler, ombygge badeværelser og køkkener eller lave en tilbygning. Det kræver særlige foranstaltninger. På hjemmesiden for Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet – VCØB.dk – kan du få mere at vide om dette, herunder om reglerne på området. [Læs bl.a. om nogle af de stoffer, du skal være særligt opmærksom på VCOB.dk.](#)

- **Genanvend eller genbrug, når det er muligt**

Der kan også i stigende grad være krav om at genanvende byggematerialer for at reducere mængden af affald og spare ressourcer på nye materialer. Ved at kortlægge en bygning forud for nedrivning eller renovering kan værdifulde bygningsdele og materialer gemmes og genbruges direkte frem for at blive sendt til bearbejdning eller afbrænding. Men hvad kan egentlig genanvendes, og hvordan griber du det an? Det kan du også få mere at vide om på VCØB.dk. [Læs om kravene til genbrugte og genanvendte byggematerialer på VCOB.dk.](#)

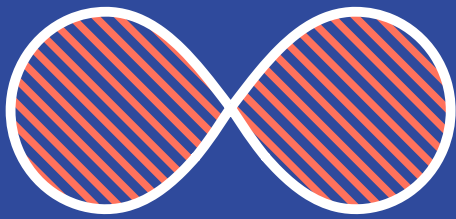
Genbrug eller genanvendelse?

Genbrug er, når en byggevare bruges igen til samme formål, mens genanvendelse er, når de gamle materialer bearbejdes og bruges til andre formål.

Tjekliste til at bygge til ombyggelighed

Kort opsummeret er disse punkter de vigtigste prioriteringer for at bygge til ombyggelighed:

- Tænk over alternative indretningsmuligheder
- Design for Adskillelse starter i råhuset
- Pladsreserver i teknikskakte fremtidssikrer til anden anvendelse
- Gamle byggematerialer skal håndteres korrekt ved nedrivning og reovering. Dette er nødvendigt for, at de kan genanvendes
- Tænk på byggeaffald som en ressource, der kan indgå som råmateriale i nye produkter eller genbruges



Byg holdbart

– vælg materialer til formålet

Man kan forlænge bygningers levetid ved at anvende materialer, der har en lang holdbarhed, er robuste og velegnede til formålet.

Robuste bygninger vil have lavere risiko for at stå tomme og større sandsynlighed for at blive anvendt over hele bygningens levetid – så bygningen vil alt andet lige have en større markedsværdi.

Gode principper for robusthed

Som entreprenør og håndværker har du direkte indflydelse på, hvordan bygningen samles, og at de enkelte detaljer udføres korrekt. Dermed har du stor indflydelse på bygningers robusthed. Du kan bl.a. øge robustheden ved at anvende principperne bag 'Konstruktiv træbeskyttelse' og ved at lave sikring mod vandindtrængen og anden potentiel vandskade.

Konstruktiv træbeskyttelse går ud på at bygge, sådan at træmaterialer udsættes mindst muligt for påvirkninger udefra. Konstruktioner skal udformes, så træet skærmes mod nedbrydning fra sol og opfugtning. Træet skal holdes tørt, så svampe og insekter ikke kan leve i det.

Der er flere steder, du kan læse om retningslinjerne for konstruktiv træbeskyttelse, fx her:

På Miljøstyrelsens hjemmeside på mst.dk og på Træ.dk

Ifølge Bygningsreglementet skal bygninger opføres og renoveres, så vand og fugt ikke medfører skader eller brugsmæssige gener, herunder forringet holdbarhed og utilfredsstillende sundhedsmæssige forhold.

Disse to anvisninger fra SBI beskriver, hvordan man sikrer mod fugt i bygninger: **SBI-anvisning 224, Fugt i bygninger og SBI-anvisning 252, Vådrum**. Begge kan købes på hjemmesiden anvisninger.dk.

Du kan øge robustheden af din bygning eksempelvis ved at have tunge vådrum og vælge robuste løsninger til særligt følsomme elementer fx mod solstråling.

Holdbarhed afhænger af byggepladshåndtering

Håndteringen af materialer på byggepladsen har stor indflydelse på bygningers holdbarhed. Der er vigtigt at have en strategi for, hvordan man undgår at bygge fugt ind i konstruktioner. Det gælder særligt i forhold til træmaterialer, men betonelementer kan også suge fugt, hvilket senere kan blive problematisk i relation til overfladebehandlingen eller den bagvedliggende isolering.

I byggepladsens fugtstrategi bør der være klare vejledninger for, hvordan:

- Materialeleverancer og -lagre sikres mod opfugtning
- Arbejdsgangen er planlagt med fokus på at minimere fugt
- Uafsluttede konstruktioner sikres mod opfugtning
- Udtørningsprocesser mindskes og udføres mest miljøvenligt

Stop overdimensionering

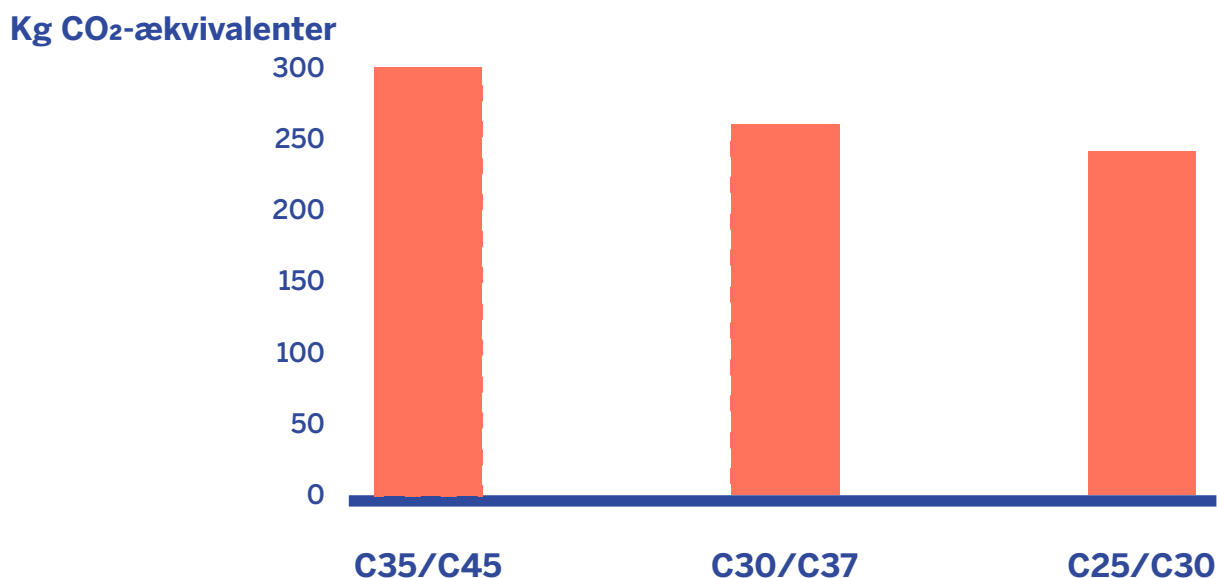
Der skal bygges sikkert, og reglerne i Bygningsreglementet skal naturligvis overholdes. Men selv indenfor disse rammer er det muligt at være mere ressourcebevidst, end mange er i dag.

Ofte overdimensionerer man konstruktioner for at være 'helt sikker', men også fordi det tit er lettere at bruge de samme styrker og dimensioner hele vejen igennem en bygning, selvom der ikke er samme behov i alle dele af bygningen. Overdimensionering sker også for at spare tid – da et højere cementindhold i betonen medfører kortere liggetid i formene.

Ved at være mere bevidst om dimensionering af bærende konstruktioner kan man altså reducere ressourceforbruget og miljøpåvirkninger væsentligt.

Som det fremgår af figur 22, er det muligt at reducere CO₂-udslippet fra 1 m³ beton med 20 %, hvis man anvender betonstyrkeklasse C25/C30 i stedet for C35/C45.

Påvirkning fra 1 m³ beton



Figur 22: LCAByg 3.2 beregning af CO₂-belastning ved anvendelse af forskellige betonstyrker. Beregningen er baseret på etablering af 1 m³ beton.

Kilde: *Ekolab*

Som entreprenør kan du via dialog med elementfabrikken sikre, at elementerne dimensioneres til formålet – og ikke overdimensioneres.

Levetider for materialer

Overordnet kan man sige, at levetiden af materialerne bør være længere, jo dybere du kommer i konstruktionen.

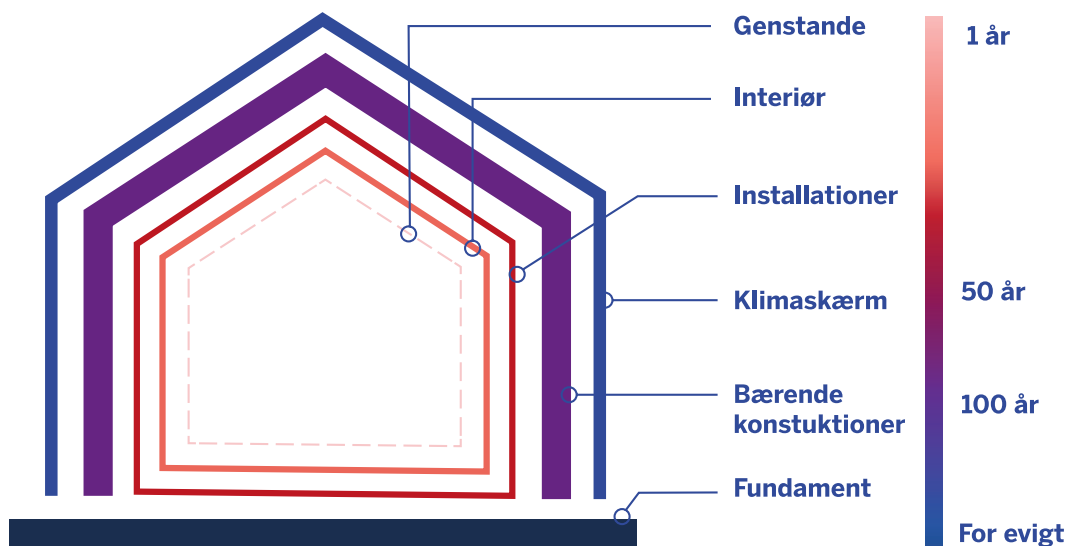
Fundamenter vil oftest være bestandige, og de bærende konstruktioner bør kunne holde gennem hele bygningens levetid.

Facade, tag og udvendig beklædning bliver ofte udskiftet i løbet af bygningens levetid på grund af nedbrydning, fysiske skader, manglende vedligehold eller ønsket om et andet æstetisk udtryk.

Installationer i bygninger er nogle af de indbyggede materialer, der udskiftes oftest i bygningens levetid. Det kan være på grund af slitage, utætheder, nye lovkrav til installationer, ønske om energioptimering eller ønsker i forhold til at modernisere ejendommen.

Indvendige overfladers levetider er kortere, da de slides meget, og der ofte er brug for at male og vedligeholde dem for at bibeholde et nutidigt og friskt udtryk.

Endelig bliver fast indretning som fx køkkener, indbyggede skabe og badeværelser udskiftet ofte, og i mange tilfælde før levetiden reelt er udløbet. Det sker på grund af æstetiske og personlige præferencer.



Figur 23: Elementer i en bygning og deres typiske levetid, før udskiftning er nødvendig
Kilde: World Green Building Council

Krav til levetider

DGNB's krav til levetider kan bruges som vejledning til at vurdere, om et materiale har lang eller kort levetid:

Facademateriale og tagkonstruktion

- 45 år (minimumsgrænse for at opnå point)
- 45 år \leq levetid < 60 år (giver point midt mellem minimum og maksimum)
- \geq 60 år (maksimalt antal point)

Vinduer og yderdøre

- 40 år (minimumsgrænse for at opnå point)
- 40 år \leq levetid < 50 år (giver point midt mellem minimum og maksimum)
- \geq 50 år (maksimalt antal point)

Du kan få oplysninger om byggematerialers levetider hos producenten eller i EPD'er. Derudover findes der generelle vurderinger af levetider for de fleste byggematerialer i DGNB manualerne.

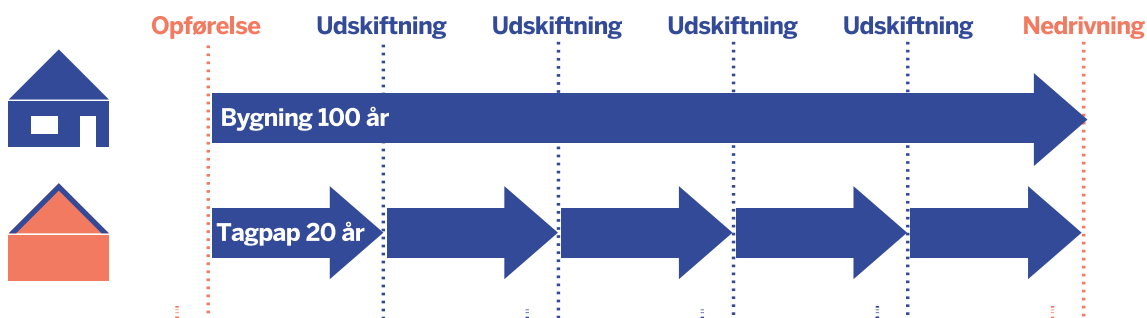
Levetider og miljøpåvirkninger

Levetider er en vigtig overvejelse, da de kan have stor indflydelse på bl.a. miljøpåvirkninger og omkostninger i løbet af bygningens levetid.

Eksempel

Nogle materialer skal udskiftes mere end en gang i løbet af bygningens levetid. For en bygning med en levetid på 100 år, hvor der anvendes tagpap med en levetid på 20 år, vil det altså være nødvendigt at skifte tagpappet fire gange i løbet af bygningens levetid.

Miljøpåvirkningerne fra tagpappet skal derfor medregnes fem gange (det originale tagpap + fire udskiftninger) i bygningens levetid.

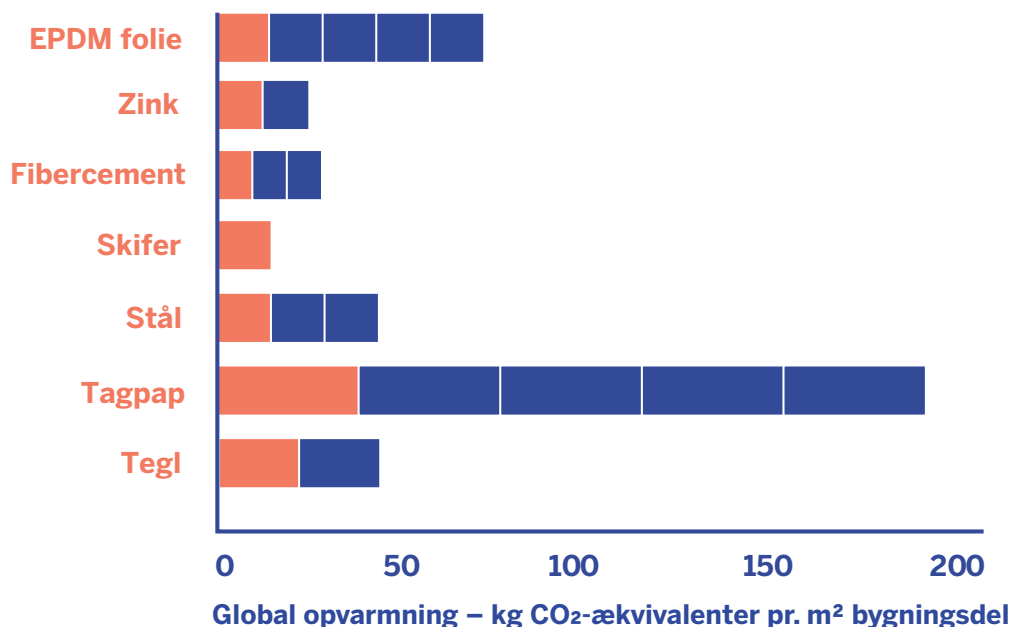


Figur 24. Kilde: *LCA i tidlig bygningsdesign*, udgivet af SBI.

Figur 25 viser et eksempel på levetidens betydning. De orange blokke er miljøpåvirkning fra tagdækningsmaterialet, når bygningen bygges, mens de blå blokke er miljøpåvirkning fra tagdækningsmaterialet hver gang, de skal udskiftes i bygningens levetid. I dette eksempel er den sat til 100 år.

Et materiale (fx fibercement), som umiddelbart har det laveste miljøaftryk, viser sig hermed ikke at være det materiale med lavest miljøaftryk i løbet af bygningens levetid, da det skal udskiftes to gange. Derimod skal skifer ikke udskiftes, hvilket medfører, at materialet ender med den laveste miljøpåvirkning, set over 100 år.

En LCA kan laves ud fra forskellige parametre og afgrænsninger, som er vigtige at sætte sig ind i, når man sammenligner resultaterne.



Figur 25. Kilde: *LCA i tidlig bygningsdesign*, udgivet af SBI.

Eksemplet i er forsimplet, da det ikke nødvendigvis forholder sig til, fx om skifer og fibercement kan erstatte hinanden én til én. Stål vil i dette tilfælde have omtrent samme miljøbelastning som tegl i bygningens samlede levetid, selvom tegl har en længere levetid. Ligeledes vil fx tegltaget have større miljøbelastning, hvis der vælges undertag af tagpap. Derfor er det vigtigt at være bevidst om både miljøbelastning og levetid.

Stråtag er ikke med figur 25, idet det ikke indgår i eksemplet fra SBI, som figuren er baseret på. Med det skal bemærkes, at stråtag er et materiale, som kan have en positiv klimapåvirkning, da stråene optager CO₂, når de vokser. Skalaen i figur 25 ville i så fald gå i minus fx i størrelsesordenen minus 20 kg CO₂-ækvivalenter. De relevante værdier for stråtag kan findes i en EPD for stråtag på epddanmark.dk. Der findes også en LCA for stråtag fra Tækkelaug - [find den på www.taekkelaug.dk](http://www.taekkelaug.dk).

For konstruktioner, der opbygges af forskellige materialer, er det materialet med den korteste levetid, som bestemmer den faktiske levetid for konstruktionen. Derfor er det vigtigt at være opmærksom på, at man ikke forringer levetiden af fx en tagkonstruktion ved at vælge et undertag, der skal skiftes før tagbelægningen.

Hvis et materiale, der kræver hyppig udskiftning, er let at komme til i konstruktionen, vil det ikke påvirke hele konstruktionens levetid. Er dette ikke tilfældet, bør man overveje et alternativ til materialet.

Levetiden for forskellige bygningsdele

Statens Byggeforskningsinstitut har givet et bud på levetider af bygningsdele i publikationen **Levetider af bygningsdele ved vurdering af bæredygtighed og totaløkonomi.**

Find den på sbi.dk. De skønnede levetider kan anvendes ved beregning af vedligehold og totaløkonomi ved mærkning af bygningers bæredygtighed.

Desuden indeholder hjemmesiden **www.levetider.dk** et værktøj til at sammenligne levetider mellem forskellige hyppigt forekomne løsninger inden for vinduer, tage, facader og vådrum.

Behov for vedligehold

Levetiden og kvaliteten af et materiale kan også have stor indflydelse på behovet for vedligehold. Udover potentielt øgede miljøpåvirkninger kan det på samme måde have indflydelse på økonomien for en bygning.

Når du vælger et materiale, er det derfor værd at overveje:

- Kræver materialet efterbehandling fx maling og rengøring for at kunne bibeholde sin kvalitet og funktion?
- Kan materialet udskiftes delvist og over flere omgange, eller vil det kræve en total udskiftning?

Tjekliste til at bygge holdbart

Kort opsummeret er disse punkter de vigtigste prioriteringer for at bygge holdbart:

- Følg principper for 'Konstruktiv træbeskyttelse'
- Lav en fugtstrategi for byggepladsen
- Undgå overdimensionering
- Vælg materialer med lang levetid
- Vær opmærksom på, hvilket materiale der bestemmer konstruktionens levetid



Kig efter dokumentation

– miljømærker og deklARATIONER

Der findes mange former for dokumentation i byggebranchen. Nogle af dem er lovpligtige, andre er valgfrie.

For byggematerialers bæredygtighed er der en række forskellige mærkningsordninger og deklARATIONER, som kan dokumentere bæredygtighed – dog endnu ingen lovpligtige.

Det er en god ide at vælge byggevarer med miljømærker, herunder certificeringer og miljødeklARATIONER – uanset om hele byggeriet skal certificeres eller ej. Certificerede byggematerialer og en deklARATION, fx EPD, er en sikkerhed for, at byggevarens miljøpåvirkninger er vurderet af en tredjepart. Desuden er det som håndværker og entreprenør dit redskab til at imødekomme dine kunders ønsker om dokumenteret bæredygtighed.

Imidlertid er det langt fra alle miljøvenlige byggematerialer og produkter, der har et miljømærke, da det er dyrt at dokumentere et produkts miljøaftryk. Findes der ikke en mærkning af byggevareren, så kan du spørge producenten eller leverandøren om en erklæring for, at byggevareren ikke indeholder skadelige stoffer.

Find dokumentation

På www.BygDok.dk fra Danske Byggecentre kan du finde dokumentation fra producenter og leverandører. Det er op til producenterne og leverandørerne selv at uploade dokumentationen.

Lovpligtige dokumenter

 CE-mærkning	REACH – artikler	RoHs	Montagevejledning og brugsanvisning
	Sikkerhedsdatablad		Godkendelser til drikkevand
	REACH – kemiske stoffer/blandinger		

Certificering af bæredygtigt byggeri



DGNB



Svanemærket



BREEAM



LEED

Certificering af byggematerialer



Cradle to Cradle



Blauer Engel



Certificeret træ:
PEFC



Certificeret træ:
FSC



Indeklimamærket



Svanemærket



EU Blomsten



Astma og Allergi
Danmark

Deklarationer af byggematerialer

Miljøvaredeklarationer (EPD)	Energimærkning
EUTR (EU Timber Regulation)	
Bortskaffelse/genanvendelse	Genanvendt indhold

Mærker og deklARATIONERS bidrag til bæredygtighed

Hvilke kvaliteter indenfor bæredygtighed bidrager de forskellige mærker og ordninger til?

Certificeringer af hele bygninger	Social	Økonomi	Miljø
DGNB	Lige vægtning mellem alle tre kvaliteter		
Svanemærket	X		X
BREEAM	X	(X) vægter 5%	X
LEED	X	(X) vægter 2%	X
Certificeringer af byggematerialer	Social	Økonomi	Miljø
Cradle to Cradle	X	X	X
Blauer Engel	X		X
PEFC FSC	X*	X	X
Indeklimamærket	X		X
Svanemærket og EU Blomsten	X		X
Astma og Allergi Danmark	X		X

* Kræver dokumenterede ordentlige arbejdsforhold for de skovdrivende

Miljøvaredeklarationer i DGNB

Indsamlingen af miljøvaredeklarationer (EPD'er) anses som en teknisk kvalitet i byggeriet i forbindelse med DGNB certificering. Det giver dermed point.

Håndtering af dokumentation

Det er altid hensigtsmæssigt at få dokumentation for, at byggevarer har et miljømærke eller en deklARATION – og strengt nødvendigt i forbindelse med byggeri, der skal certificeres med fx DGNB eller Svanemærket eller på anden måde skal dokumentere bæredygtighed.

Det er din opgave som entreprenør eller håndværker at aflevere dokumentationen til byggeledelsen eller certificeringskonsulenten.

Er du selv byggeleder, holder du bedst styr på dokumentationen ved at anvende et logisk opbygget system, som er tilpasset udbuds- og aftalekrav.

Ved at indarbejde en god mappestruktur i udbudsmaterialet og på online platformen for projektet er det lettere for din virksomhed, dine underentreprenører, alle håndværkere og evt. bæredygtighedskonsulenter at aflevere og tilgå dokumentationen.

På de bagerste sider kan du få en struktur for, hvordan du bedst opbygger din dokumentation.

Få mere at vide om miljømærkerne

Mange af de frivillige ordninger er kort beskrevet af **Danske Byggecentre på bygdok.dk**. Miljømærkerne er også beskrevet i materialet "**Vælg Bæredygtigt**" og mere dybdegående i en **publikationen om Miljøvurderinger i byggebranchen fra Teknologisk Institut**.

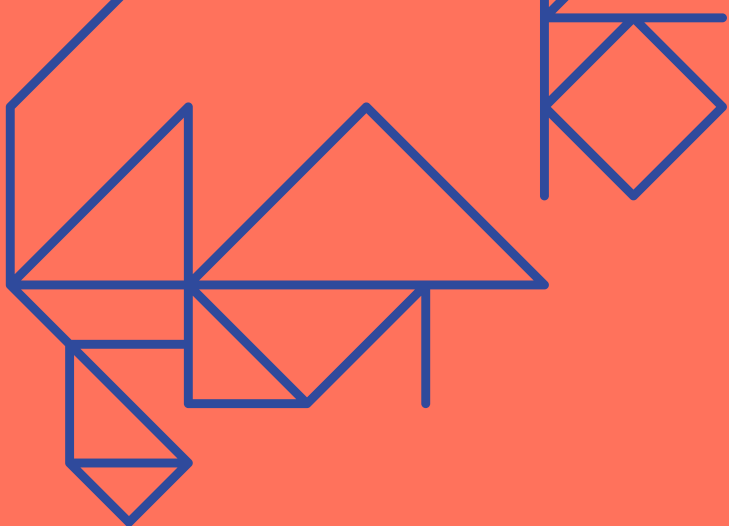
Du finder de forskellige mærkers hjemmesider her:

- **Cradle-to-Cradle: www.vuggetilvugge.dk**
- **Miljøvaredeklarationer: www.epddanmark.dk**
- **Blauer Engel: www.blauer-engel.de**
- **EUTR (European Timber Regulation): www.eutr.dk**
- **PEFC- og FSC-certificeret træ: www.trae.dk**
- **Energimærkning: <https://europa.eu>**
- **Indeklimamærket på www.indeklimamaerket.dk**
- **Det nordiske Svanemærke og EU-Blomsten: www.ecolabel.dk**
- **Genanvendt indhold, information fra Miljøstyrelsen: www.mst.dk**
- **Astma og Allergi Danmarks mærke: Den Blå Krans: www.denblaakrans.dk**

Tjekliste til at kigge efter dokumentation

Kort opsummeret er disse punkter de vigtigste prioriteringer for at kigge efter dokumentation og bruge den:

- Vælg miljøcertificerede produkter for at sikre byggevarens kvalitet
- Vælg produkter med EPD'er
- Dokumentér din indsats fra udbud til aflevering
- Opbyg en overskuelig mappestruktur på din online platform



Bilag

Struktur for dokumentation for byggeledere

Her får du en struktur for, hvordan du bedst opbygger din dokumentation i projekter, hvor der er krav til dokumentation. Det kan være projekter, som skal certificeres, men det kan også være andre projekter.

Opbygningen i figuren er inspireret af DGNB.

Byggeplads

Opret en byggepladsmappe med syv undermapper: fem til runderingsaktiviteter (blå) og to til anden relevant dokumentation (hvide).



Figur 26

Kilde: Aarhus Universitet.

De hvide mapper

Naboer

Som byggeleder bør du varetage løbende information til naboerne om byggeprojektet. Det anbefales, at du:

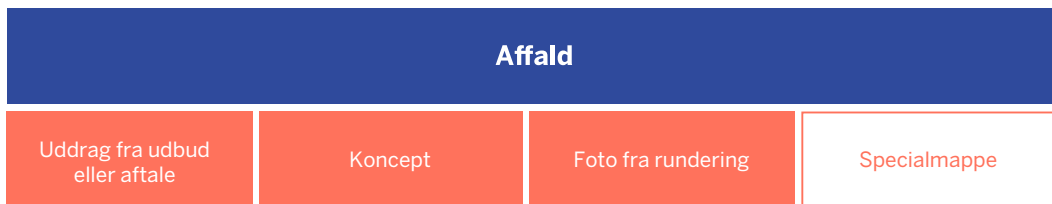
- Fungerer som kontaktperson til naboerne
- Udsender en hovedtidsplan for projektet i første informationsbrev
- Opdaterer naboerne pr. kvartal via et infomøde, informationsbrev e.l.
- Varsler ved særligt støjende arbejde som spunsning og pilotering
- Varsler ved større leverancer, som kan medføre midlertidig blokering af veje

Mangler

Ved aflevering af projektet skal der udarbejdes en samlet mangelliste. Ved større projekter kan der laves undermapper, som er entrepris opdelt.

De blå mapper

I hver af de fem runderingsmapper (blå) oprettes tre generelle mapper (orange) samt en specialmappe (hvid). Her bruges den blå mappe for affald som eksempel, men undermapperne gælder for alle de blå mapper.



Figur 27

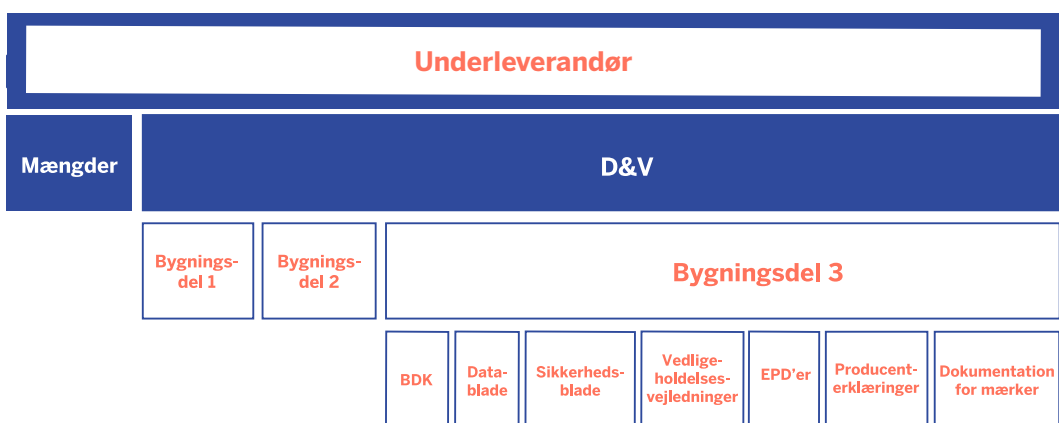
Kilde: Aarhus Universitet.

Disse mapper indeholder:

- Uddrag fra udbudsmateriale/aftalegrundlag, hvor kravene til aktiviteten er beskrevet
- Koncept/beskrivelse af, hvordan aktiviteten håndteres i praksis
- Fotos fra runderinger, som dokumenterer indsatsen på de forskellige aktiviteter. Det anbefales, at runderingen foretages hver anden uge
- Specialmappe
 - Affald: Affaldsregnskab og vejsesdler
 - Støj og vibrationer: Målinger ved spunsning og pilotering
 - Miljøbeskyttelse: Spildkit
 - Energiforbrug: Aflæsning af målere (bi- og hovedmålere)

Drift- og vedligeholdsmateriale

Drift & vedligehold forkortes D&V. Opret for D&V-materiale en mappe for hver underleverandør på projektet med det formål let at kunne aflevere dokumentation i form af mængdeopgørelser og D&V-materiale.



Figur 28

Kilde: Aarhus Universitet.

Bygningsdele udtages fra tilbudslisten til hver entreprise og oprettes som mapper. Eksempler på bygningsdele er indvendige overflader, trægulve, nedhængte lofter, belysning og ventilation.

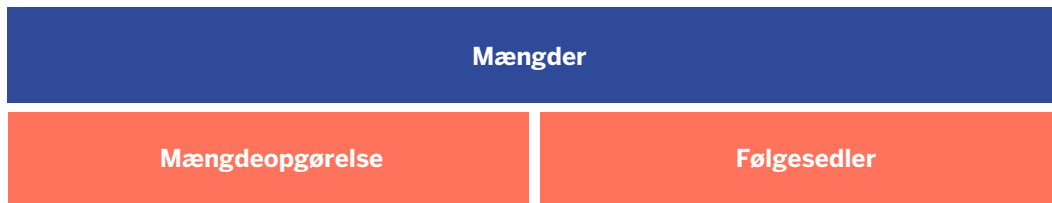
I figur 28 er bygningsdel 3 vist som eksempel. Hver bygningsdel dokumenteres med Bygningsdelskort (BDK), datablad, sikkerhedsblad og vedligeholdelsesvejledninger. Derudover uploades EPD'er, producenterklæringer og dokumentation for mærker.

Som byggeleder anbefales det, at du:

- Løbende følger op på det afleverede materiale
- Har D&V som et fast punkt på byggemøder
- Sætter en deadline for aflevering ved opstart af mestergennemgang

Mængder

Her er en mappestruktur for at holde styr på mængder:



Figur 29

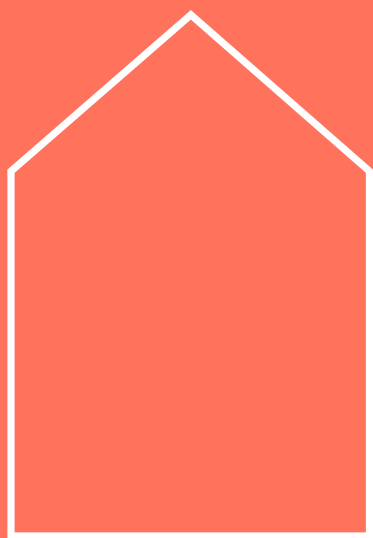
Kilde: Aarhus Universitet.

Det anbefales, at du opfordrer underleverandører til løbende at notere følgende for deres købte materialer:

- Nummer og dato for følgeseddel
- Produkt- og varebeskrivelse
- Mængde (antal, areal eller vægt)

Du kan lette arbejdet omkring mængdeopgørelse og indsamling ved at udarbejde en skabelon, som udleveres til alle underleverandører ved projektstart.

Følgesedlerne bruges af konsulenten, der foretager en evt. LCA-beregning til at verificere mængdeopgørelsen.



BLIV BEDRE TIL BÆREDYGTIGHED

– en guide til entreprenører og håndværkere

