

LCA-processen







Denne analyse er udarbejdet og udgivet af brancheinitiativet Værdibyg med støtte fra Realdania.

Følgende interviewpersoner har bidraget til vejledningen:

Amalie Nyholm (Molio/LCA Collect)
Anita Bech Nielsen (Pihl & Søn A/S)
Hans Rosenberg (Vilhelm Lauritzen Arkitekter)
Jens Kristian Nielsen Rønnest (Aalborg Kommune)
Kasper Benjamin Reimer Bjørkskov (Effekt)
Kirstine Brøgger Jensen (Danske Arkitektvirksomheder)
Mette Jensen (Aalborg Kommune)
Morten Buus (BUUS CONSULT)
Nel Jan Schipull (Vandkunsten)
Ninette M. Alto (Pihl & Søn A/S)
Simone Kongsbak (Smith Innovation)
Thilde Fruergaard Astrup (Videncenter om Bygningers Klimapåvirkninger)
Thomas West (Aalborg Kommune)

Følgende kompetencegruppe har været involveret i udarbejdelsen af vejledningen gennem workshops:

Adriana Nitu (Taasinge Elementer)
Amdi Worm (Arkitema)
Anders Brønden (Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma)
Anders Strange Sørensen (Enemærke & Petersen A/S)
Andreas Sørensen (Rambøll)
Ann-Britt Vejlgård (GXN)
Birte Møller Andersen (BMA konsulentrådgivning)
Bjørn Hove (TEKNIQ Arbejdsgiverne)
Carsten Wraae Jensen (BJERG Arkitektur A/S)
Christian Kofod (ROCKWOOL Danmark A/S)
Christine Collin (Sweco)
Christine Damlund (Cornelius Vøge)
David Eltang (Aarhus Kommune)
Dorota Beres (Bygningsstyrelsen)
Dzhanan Osman (Spangenberg og Madsen)
Emil Nielsen (EG A/S)
Emil Skaarup Schmidt (Danielsen Architecture)
Erling Maidstone (OL Gulve ApS)
Esther Bernhard Clemmensen (Schmidt Hammer Lassen architects)
Helen Glindvad Kristensen (Gladsaxe Kommune)
Helga Mathiassen (3F)
Ib Kjær Rodil (Nordstern)
Izabelle Laviny Lima Dantas (Wissenberg A/S)
Jacob Jawad (HK Byg Entreprise A/S)
Janni Holmquist (KEA – Københavns Erhvervsakademi)
Jens W. Ø. Larsen (DTU CAS Bygherre)
Jesper Salling Nielsen (Træsektionen / DI Byggeri)
Johan Rooijackers (SHL)
Jonas Duus Olsen (TRE)
Josephine Fürst (Nordstern)
Jaap Aanhaanen (COWI A/S)
Karolina Bäckman (GXN)
Kenneth Sigurdsson (Niras)
Kirstine Bendtsen (AKF)
Kristian Sørensen (Barfoed Group)

Lars Kyhl (Greve Kommune)
Liv Lyskjær (Emcon)
Louise Jakobsen (AFRY ApS)
Mads Worm (NEXT Uddannelse København)
Magnus Therkildsen (Sigma Estimates A/S)
Malene Holmsgaard (RUM)
Martin Bo Andersen (Jeudan Projekt & Service A/S)
Martin Oddershede (JJW Arkitekter)
Martin Rathjen (Cornelius Vøge)
Morten Lehmann (3F)
Morten Nielsen (James Hardie)
Naeema Kamal (Greve Kommune)
Nadia Sander Strange (Byggeriets Samfundsansvar)
Nicolai Mai Jørgensen (Arkitema)
Niels Toft (Sweco Architects)
Pernille Ohms (Rambøll)
Peter Noyé (NIRAS)
René Keller (Wexøe A/S)
Rikke Dahlgård (Solstra Development)
Sara Føns Steffen (Rambøll)
Sofie Thanning (NIRAS)
Steen Uldall (DK ROOF)
Thomas Kolenda (EG A/S)

Faglig konsulent

Leonora Charlotte Malabi Eberhardt (COWI A/S)

Redaktion

Stephan P. Sander, Morten Skaarup Jensen
og Nina Koch-Ørvad (Værdibyg)

Foto

Forside, s. 2, s. 18-19: Jonathan Grevsen
S. 11: Kontraframe
S. 5: Henning Larsen Architects, Rasmus Hjortshøj
Visualisering s. 26: Home.Earth, Vandkunsten og Effekt
Visualisering s. 36: Kjær & Richter

Layout

BGRAPHIC

København, 2023

Mere end bare et tal

Byggebranchen har længe efterspurgt lovgivning og incitamenter, der understøtter byggeri med lavere CO₂-aftryk. Med krav til byggeriers klimapåvirkning i bygningsreglementet er der sat en bevægelse i gang i byggeriet, hvor CO₂ bliver et væsentligt parameter i byggeprocessen.

Dette kræver, at livscyklusvurderinger (LCA) bliver en integreret del af byggeprocessen, så afgørende beslutninger løbende bliver truffet med afsæt i viden om designoptimering, materialevalg og andre løsningers tilknyttede CO₂-udledning.

Denne vejledning har til formål at optegne den proces, hvor LCA indgår som beslutnings- og designværktøj gennem hele byggeprojektets forløb. Vejledningen beskæftiger sig med byggeprojekter, der skal overholde bygningsreglementets krav til CO₂-aftryk, eller hvor der er endnu mere ambitiøse krav til CO₂-grænseværdien, end bygningsreglementet foreskriver.

Hensigten er at klæde byggebranchens praktikere på til at udnytte LCA-beregningernes potentiale, så det bliver en gængs del af byggeprocessen at inkludere CO₂-udledning som beslutningsparameter på lige fod med pris, tid og kvalitet.

Vejledningen fokuserer derfor på, hvordan resultater fra LCA-beregninger giver værdi i projektet – frem for hvordan selve beregningerne udføres. Målgruppen er alle de praktikere – bygherrer, rådgivere, entreprenører og underentreprenører – som har en rolle at spille i at gennemføre eller bidrage til LCA-processen. Leverandører og producenter, der bidrager til LCA-processen med vigtige data, kan også have glæde af at læse vejledningen.

Værdibyg, 2023



Hvad er LCA?	4
Introduktion til LCA-processen	6
Opgaver og roller i LCA-processen	8
Beregnings- og analysetyper	12
LCA-processen fase for fase	17
Programfasen	21
Case: 6 gode råd til at komme under 6 kg	26
Forslagsfasen	28
Projekteringsfasen	31
Udførelsesfasen	34
Case: Dagtilbud på 8,5 kg CO ₂	36
Næste skridt: opsamling af erfaring og viden	38

Hvad er LCA?

En livscyklusvurdering – eller Life Cycle Assessment (LCA) – er en metode til at vurdere den potentielle miljø- og klimapåvirkning af f.eks. en hel bygning, enkelte komponenter eller specifikke materialer. Klimapåvirkning opgøres ifølge bygningsreglementet i enheden ”kg CO₂-ækvivalenter/m²/år” (herefter forsimplet kaldet kg CO₂)¹, og er et udtryk for f.eks. en bygningens potentiale for at bidrage til den globale opvarmning.

Krav om LCA-beregninger og grænseværdier

Fra 1. januar 2023 stiller bygningsreglementet² krav om, at nybyggeris klimapåvirkning dokumenteres og evt. holder sig under en fastlagt grænseværdi. Kort fortalt gælder kravene for opvarmede bygninger og omfatter to nye bestemmelser i bygningsreglementet:

- BR18 § 297: Alt nybyggeris klimapåvirkninger skal dokumenteres med en livscyklusvurdering (LCA)
- BR18 § 298: Nybyggeri over 1.000 m² skal overholde en grænseværdi på under 12 kg CO₂

Det forventes, at der fra 2025 vil være én grænseværdi for alt nybyggeris klimapåvirkning uanset størrelse. Grænseværdien skærpes løbende, så man i 2029 regner med, at alt nybyggeri skal overholde en grænseværdi på 7,5 kg CO₂. Dette er dog ikke endeligt fastlagt³.

Hvis klimakravene ikke efterleves, kan der ikke udstedes en ibrugtagningstilladelse.

Denne vejledning fokuserer på byggerier, der som minimum skal leve op til bygningsreglementets grænseværdi, hvor bygherren har stillet et yderligere skærpet krav til byggeriets CO₂-aftryk, eller hvor parterne ønsker at optimere eller reducere byggeriets klimapåvirkning.

Eksisterende viden

Der findes megen nyttig baggrundsviden om, hvad de nye klimakrav omfatter, hvordan de efterleves, hvordan LCA kan beregnes m.v.

Som et supplement hertil fokuserer denne vejledning på at sætte den eksisterende viden i spil i praksis og gennem hele byggeprocessen. Målet er at få LCA-beregninger integreret i de eksisterende praksisser i byggeriet, så vurdering af bygningens CO₂-aftryk bliver en naturlig del af en byggeproces. Herved bliver CO₂ en central beslutningsfaktor gennem alle byggeriets faser og ikke bare en beregning til allersidst, hvor man kun kan krydse fingre for, at resultatet holder sig under den gældende grænseværdi.

EKSISTERENDE VIDEN OM LCA

- [Videncenter om Bygningers Klimapåvirkning](#): byggeriogklima.dk. Her findes guides, cases, oversigt over relevante værktøjer og meget mere.
- [Tillæg til ydelsesbeskrivelserne om bæredygtighedsydelse \(særligt vedr. enkelttydelserne B.2. LCA og A.4. Variantsammenligninger\)](#): frinet.dk/vaerktoejer/ydelsesbeskrivelser
- [AAU BUILD publikationer om analyser, cases, LCAbyg m.v.:](#) lcabyg.dk/da/publikationer
- [4til1planet.dk](#) – cases, viden og værktøjer med fokus på at nedbringe klimaaftrykket fra boligbyggeri.

¹ Denne forenkling, som forhåbentlig bidrager til en bred forståelse af et komplekst emne, afspejles også i, at vejledningen fokuserer på bygningers CO₂-aftryk, som en forenklet betegnelse af bygningers klimapåvirkning, og at vejledningen ikke går i detaljer med bygningsreglementets bestemmelser vedr. LCA-beregninger.

² Find bygningsreglementets krav om klimapåvirkning på [bygningreglementet.dk](#)

³ Se det foreløbige tidsplan for udviklingen af grænseværdier på [byggeriogklima.dk/klimakrav/tidsplan](#). Strateginettetværket for Bæredygtigt Byggeri har desuden udgivet et "Roadmap for udvikling af metode til beregning af bygningers klimabelastning".



Introduktion til LCA-processen

Indtil videre er kravet i lovgivningen, at LCA-beregninger skal finde sted én gang i løbet af byggeprocessen; nemlig ifm. færdigmeldingen. Det er hér, det endelige resultat kan findes, fordi det er hér, CO₂-udledningen fra alle de benyttede materialer kan fastlægges og dokumenteres.

Men potentialet for at bygge mere CO₂-besparende udnyttes langt bedre, hvis LCA-beregninger og -analyser udføres løbende og derved danner grundlag for centrale beslutninger undervejs i byggeprocessen. Det kan bl.a. være optimering af den overordnede udformning, valg af konstruktionsprincipper, optimering af vinduesarealer, valg af materialer, optimering af energieffektivitet m.m.

Det er dét, denne vejledning betegner som ”LCA-processen” – altså den løbende, strukturerede anvendelse af LCA som beslutningsparameter gennem alle byggeriets faser, der kan sikre et så lavt CO₂-aftryk, som byggeriets rammer muliggør.

CO₂-budget og -regnskab

Byggeriets CO₂-aftryk minder på mange måder om byggeriets samlede pris; hvor meget ”koster” byggeriet målt i hhv. CO₂ og kroner? Som for økonomi, er der for CO₂ også et samlet budget – enten dét, bygningsreglementet opstiller, eller en lavere grænseværdi, som en mere ambitiøs byggherre opstiller. For at holde byggeriet inden for det aktuelle CO₂-budget er det vigtigt løbende at føre CO₂-regnskab for sit projekt og særligt ifm. væsentlige beslutninger – hvad ”koster” den ene løsning ift. den anden, og hvad har vi råd til i budgettet? At sammenholde CO₂-udledning og pris kan også være en vigtig faktor ift. prioritering af, hvilke beslutninger der skal træffes hvornår.

Man kan sammenligne CO₂-regnskabet med den måde, man laver successive kalkulationer i økonomiske budgetter. Indledningsvis må man leve med en relativt stor usikkerhed i data og forudsætninger. Men usikkerheden falder og estimater bliver mere præcise i takt med, at projektet udvikles og viden om mængder, byggesystem, materialer m.v. specificeres.

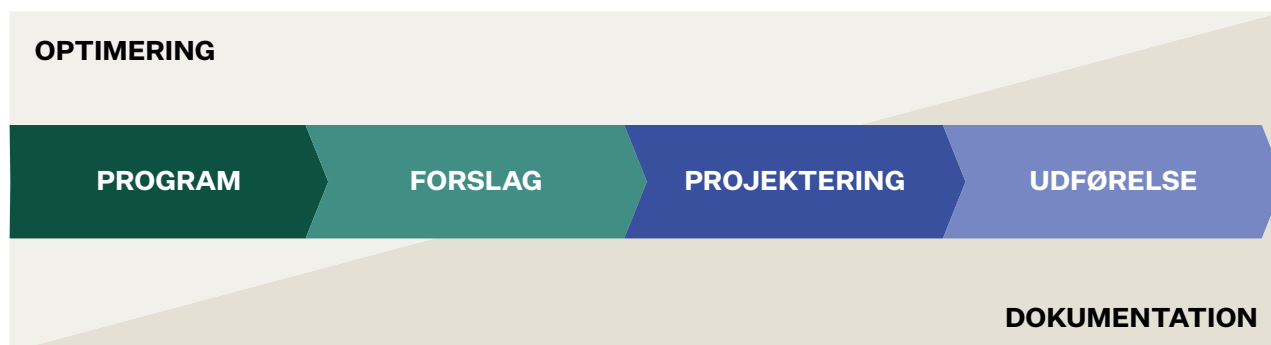
DU KAN FINDE LISTER OVER AKTUELLE LCA-VÆRKTØJER HER:

- Videncenter om Bygningers Klimapåvirkning har lavet en oversigt over forskellige typer af LCA-værktøjer. Find den på byggeriogklima.dk/viden/lca-vaerktoejer
- ConTech Lab og Værdibyg har i samarbejde med byggebranchen skabt en oversigt over digitale værktøjer, som understøtter mere bæredygtige byggeprocesser. Find den på molio.dk

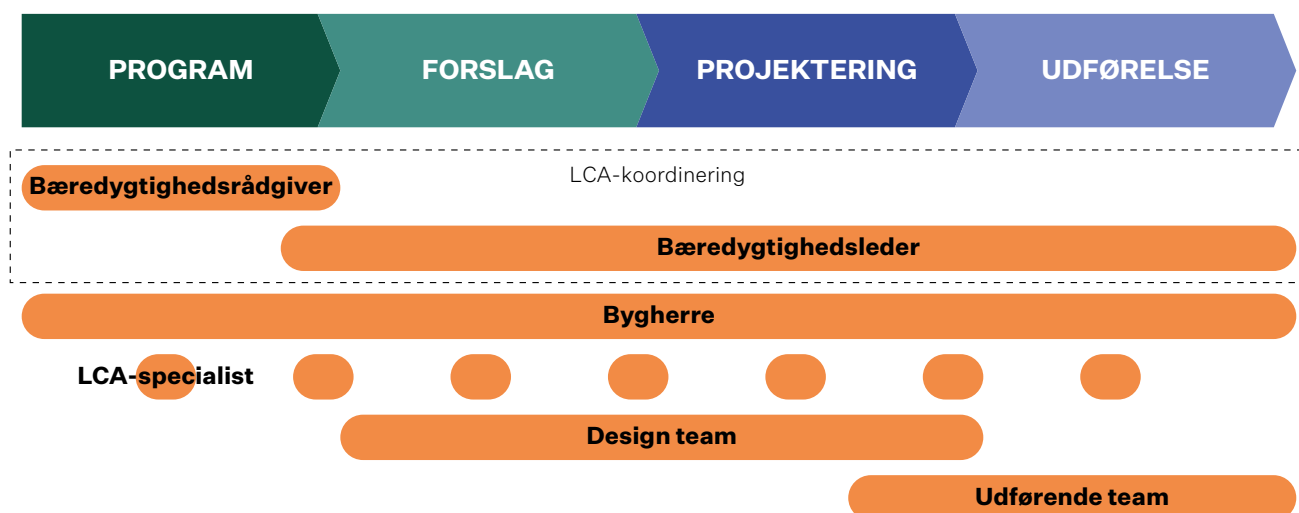
En todelt proces: optimering og dokumentation

Som udviklingen af CO₂-regnskabet indikerer, ændrer LCA-processen fokus og karakter i løbet af byggeprocessen. Indledningsvis, hvor byggeriet stadig er under udvikling, og hvor løsninger og design ikke er låst fast endnu, handler LCA-processen om at identificere de optimale løsninger i byggeriet, som giver det lavest mulige CO₂-aftryk inden for projektets rammer. Allerede helt tidligt, hvor bygherren former sit projekt, træffes der valg, der kan have afgørende betydning for byggeriets endelige CO₂-aftryk, og der er altså allerede her brug for LCA-beregninger eller -analyser til at guide beslutninger.

I takt med at projektet udvikles, konkretiseres og projekteres, bliver flere og flere løsninger lagt fast, og råderummet for at optimere reduceres. Til gengæld bliver LCA-beregningerne mere og mere præcise og den reelle klimapåvirkning kan dokumenteres. I slutningen af udførelsesperioden går LCA-processen således primært ud på at dokumentere de valgte og indbyggede løsninger og materialers CO₂-udledning, så den endelige as-built LCA-beregning kan laves, og det endelige CO₂-regnskab kan gøres op.



Opgaver og roller i LCA-processen



LCA-koordinering

LCA-koordinering omfatter i korte træk at planlægge, koordinere og drive LCA-processen. Opgaverne er bl.a. at få defineret grænseværdier, sikret at valg og løsningsdesign optimeres med afsæt i viden om CO₂-udledning og at få indhentet og struktureret den relevante dokumentation. Dette skal naturligvis koordineres med den øvrige planlægning, koordinering m.v., som understøtter de projekterende og udførende i at nå de stillede mål og krav om bæredygtighed i byggeprojektet.

I Tillægget til Ydelsesbeskrivelserne om Bæredygtighedsydelser⁴ skelnes der mellem bæredygtighedsrådgivning i de indledende faser og indtil bygge- eller bæredygtighedsprogrammet⁵ er udført, og bæredygtighedsledelse fra dispositionsforslag og frem til aflevering. LCA-koordinering finder typisk sted både i de tidlige faser, dvs. som en del af bæredygtighedsrådgivning, og efterfølgende som en del af bæredygtighedsledelse⁶.

I nogle projekter vil det være én og samme person, der udfører bæredygtighedsrådgivning og bæredygtighedsledelse, men der kan også være projekter, hvor der er en specifik bæredygtighedsrådgiver og en specifik bæredygtighedsleder tilknyttet. Og i nogle (mindre) sager, vil rollen som bæredygtighedsleder blive varetaget af en projekteringsleder, som således også står for LCA-koordineringen.

Uanset organisering er det vigtigt, at LCA-processen koordineres og integreres med de øvrige ydelser i byggeprojektet. Samtidig skal det understreges, at LCA-koordinering er en selvstændig opgave, som skal prioriteres og allokeres specifikt til en aktør i byggeprocessen, så projektet får glæde af LCA-beregningernes potentiale for optimering af byggeriets CO₂-aftryk.

TILLÆGGET TIL YDELSESBESKRIVELSERNE OM BÆREDYGTIGHEDSYDELSERNE:

- **Bæredygtighedsrådgivning** omfatter bistand til bygherren i at tilvejebringe og specificere intentioner, ambitionsniveau, krav og målsætninger vedrørende bæredygtighed i projektet.
- **Bæredygtighedsledelse** omfatter planlægning og koordinering af projektteamets ydelser og leverancer på tværs af fag og aktører, så projektet udvikles og gennemføres i henhold til de opstillede mål for bæredygtighed.

⁴ Læs mere om bæredygtighedsrådgivning, bæredygtighedsledelse og LCA som enkeltstående i "Tillægget til Ydelsesbeskrivelserne om Bæredygtighedsydelser" på frinet.dk/vaerktoejer/ydelsesbeskrivelser

⁵ Læs mere i Værdibygs vejledning "Bæredygtighedsprogram" på vaerdibyg.dk/vejledning/baeredygtighedsprogram

⁶ Læs mere i Værdibygs vejledning "Bæredygtighedsledelse" på vaerdibyg.dk/vejledning/baeredygtighedsledelse

EKSEMPLER PÅ LCA-KOORDINERINGSOPGAVER:

Under program og forslag:

- Bistå bygherren i at fastlægge en ambitiøs og realistisk grænseværdi for byggeriets CO₂-aftryk
- Planlægge og igangsætte hvilke analyser, der skal udføres hvornår og med hvilke formål
- Styre det løbende CO₂-budget
- Bære resultater fra LCA-analyser og -beregninger ind i projektets beslutningsrum
- Koordinere og planlægge LCA-processen sammen med projekteringsleder
- Understøtte at digitale modeller bliver udarbejdet på en måde, så det er nemt for de involverede parter at angive mængder – også under udførelsen.
- Sørge for, at den nødvendige forståelse for informationen i en LCA er til stede hos projektholdet
- Informere projekteringsleder og bygherre om status på overholdelse af målsætninger

Under projektering og udførelse:

- Sikre at de projekterende implementerer krav vedr. LCA (f.eks. krav til dokumentation) i projekt-materialet, så dette fremgår entydigt for de udførende
- Yde sparring til de projekterende og de udførende om anvendelse af specifikke materialer og energikoncepter
- Koordinere dokumentationsprocessen, f.eks. et onboardingmøde om mængdeindsamlingsmetoden for dem, der skal levere input til LCA-beregninger
- Koordinere LCA-processen med underentreprenører
- Videreformidle til underentreprenører om særlige valg i projektet ang. CO₂-udledning

Bygherren

Bygherren skal sikre, at den påkrævede dokumentation sendes til kommunen ifm. færdigmelding af byggeriet. Derudover er det bygherren, der sætter ambitionsniveauet for grænseværdierne (evt. i samarbejde med en rådgiver).

Jf. Tillægget til Ydelsesbeskrivelserne skal bygherren desuden godkende metodevalg, krav til LCA-beregninger og grænseværdier, plan for LCA-beregninger og løbende afrapportering fra LCA-beregningerne – herunder den endelige LCA-beregning i forbindelse med aflevering.

LCA-specialist

LCA-beregninger kræver viden og kompetencer inden for LCA-metoden, datahåndtering, beregningsprogrammer m.v. Flere virksomheder har en LCA-specialist ansat, som udfører selve LCA-beregningerne og diverse analyser. LCA-beregningerne kan også udføres af den person, der er ansvarlig for LCA-koordineringen, f.eks. bæredygtighedslederen.

Designteam

Designteamet indbefatter en række fagdiscipliner (MEK, KON, EL, ARK, ENT m.fl.), som de projekterende har vigtig viden inden for – herunder hvordan konkrete løsninger har indflydelse på bygningens CO₂-aftryk.

Beslutninger om design, løsninger, materialer m.v., som er baseret på viden om CO₂-udledning, træffes i et koordineret samspil mellem designteamets forskellige fagdiscipliner. Tilrettelæggelsen af dette samspil er en del af LCA-koordineringen, men det er designteamets ansvar at byde ind med deres respektive viden og opdatere projektet på baggrund af de beslutninger, der træffes. Designteamet skal desuden indlevere retvisende og ajourført data til brug i LCA-beregningerne.

Udførende team

Entreprenører og underentreprenører spiller en vigtig rolle ift. at sikre, at projektet realiseres inden for den aktuelle grænseværdi for CO₂-aftryk. De udførende skal i udgangspunktet blot udføre det, de udførende er blevet bedt om. Men det udførende team besidder nyttig praktisk viden og kan foreslå alternative materialer eller byggemetoder, der opfylder de tekniske krav, men som samtidig reducerer CO₂-udledningen. Denne viden er vigtig at få integreret i projektet – enten ifm. udførelsesprojektet eller tidligere (f.eks. ved totalentrepriser eller tidlig involvering af entreprenører).

Derudover har det udførende team en vigtig opgave i at levere dokumentation af de materialer og løsninger, der anvendes i det endelige byggeri, så der afslutningsvist kan udarbejdes en retvisende as-built LCA-beregning.

ANSVARSFORDELING I LCA-PROCESSEN

Bygherren er i udgangspunktet ansvarlig for, at byggeriet er lovligt – herunder at CO₂-grænseværdien overholdes. I praksis sker det ofte, at bygherren indgår aftale med rådgiver og entreprenør, hvor ansvaret uddelegeres iht. entrepriseform og tilhørende aftalegrundlag⁷:

- **Ved hoved- eller fagentreprise (AB 18 § 20):** Bygherren er ansvarlig for godkendelse af byggeriet. Ofte vil bygherre her indgå en aftale med en rådgiver om ansvaret for byggeriets godkendelse. Ifølge YBL 18⁸ vil det således være projekteringslederen, der er ansvarlig for byggeriets godkendelse – herunder at en eventuel CO₂-grænseværdi overholdes.
- **Ved totalentreprise (ABT 18 § 20):** Totalentreprenøren er ansvarlig for godkendelse af byggeriet – herunder at en eventuel CO₂-grænseværdi overholdes.

Det anbefales uanset entrepriseform, at ansvar placeres entydigt i aftaler. I praksis kan ansvarsforhold i begge scenarier blive påvirket af bygherrevalg undervejs i projektet. I så fald skal rådgiver eller totalentreprenør gøre bygherre opmærksom herpå.

I Bilag 1 kan ses et eksempel på et bilag til totalentreprenørs rådgiveraftale vedr. LCA og ansvarsfordeling. Find bilag på vaerdibyg.dk/vejledning/lca-processen

”I den ideelle LCA-proces kan hver fagdisciplin CO₂-optimere deres arbejde lige så vel som de i dag kan prisoptimere.”

– Rådgiver

⁷ Find AB 18 og ABT 18 på www.danskindustri.dk

⁸ Find YBL 18 på www.frinet.dk



B.P. → D.F.

ROS+HAF
▲ UFFE } DPA
▲ SØREN }
▲ LONE }
SUS:
* BEIT
* JENS
JAV:
* RUNE
* SIMON
TRK:
SØREN
KIT:
SIMON

BLÅ:
JULIAN
FREDERIK
KATRINE

SUL:
MARIO
JENS
MIKKEL

MFS:
GEBER
JENS
LONE

TING:
★ ANNE
JAKOB

MFS:
UFFE
TRINE
MADS SVAR
RUNE
MAGNA
SIMON

HAN:
KENNETH
CASPER
MADS SVAR
SØREN

⊗ OLGA

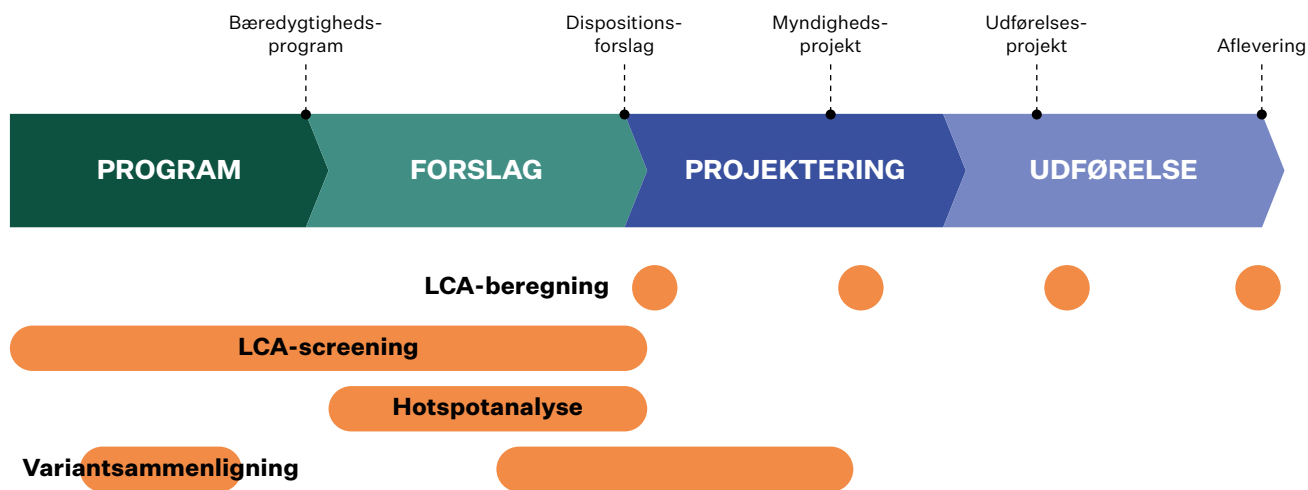


MOLIO

To DO:
HAN-Ombyg Tagdebaser
23991699 •

HAN-ATR ombygget med
HAN-ATR

Beregnings- og analysetyper



Figuren herover viser et bud på, hvornår en LCA-beregning typisk gennemføres i løbet af byggeprocessen, og hvornår forskellige typer analyser kan anvendes til at understøtte centrale beslutninger med afsæt i viden om CO₂-udledning. I det følgende beskrives indhold og formål med de forskellige typer beregninger og analyser.

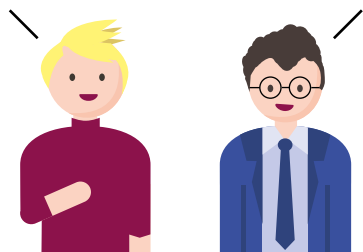
Gad vide hvor meget CO₂ vores byggeri udleder, som det ser ud lige nu?

Lad os lave en **LCA-screening**



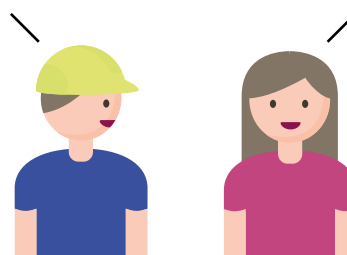
Vi skal spare noget CO₂. Gad vide hvilke bygningsdele, vi bør fokusere på?

Lad os lave en **Hotspotanalyse**



Gad vide hvilken facadeløsning, der giver mindst CO₂ for pegene?

Lad os lave en **Variantsammenligning**



LCA-beregning

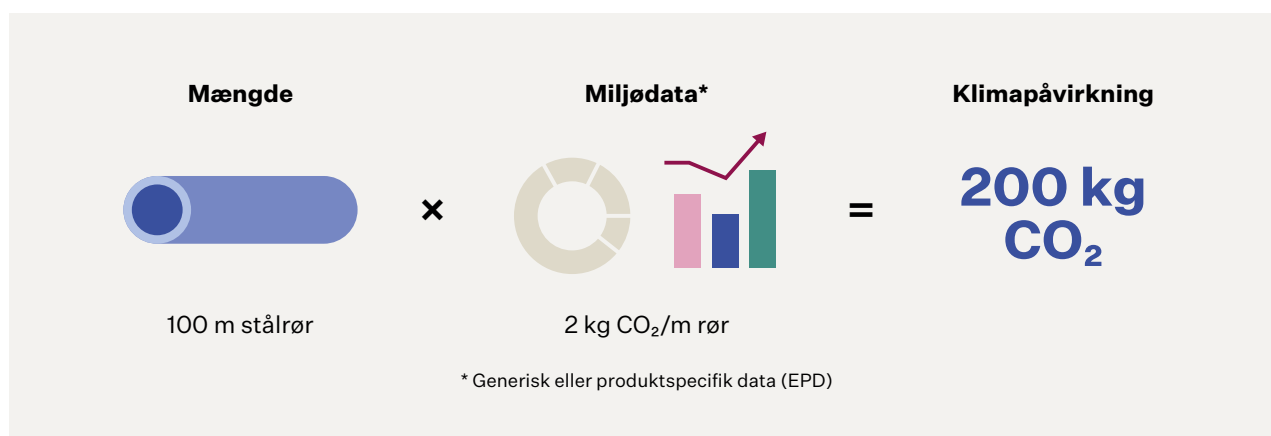
En LCA-beregning er den udregning, hvormed det kan dokumenteres, at byggeriet holder sig under bygningsreglementets – eller bygherrens – grænseværdi for CO₂-aftryk. Det anbefales at udarbejde LCA-beregninger løbende i byggeprocessen ifm. (udvalgte) faseskift. Hermed kan der gøres status på projektets CO₂-aftryk på det konkrete stade og med afsæt i de beslutninger, der er truffet i projektet indtil videre.

Forsimplet beskrevet går en LCA-beregning ud på:

1. Kortlæg, hvilke materialetyper, der findes i byggeriet, og i hvilke mængder
2. Identificér, hvor meget CO₂ samtlige materialetyper udleder ift. mængde – f.eks. via EPD'er (Environmental Product Declarations) eller anden miljødata
3. Gang materialetypers mængde og CO₂-data sammen og summér op for samtlige materialer

Dette foregår typisk i et LCA-program såsom LCAByg, GaBi, Real-Time LCA m.fl., hvor materialetyper og mængder indtastes eller importeres fra en digital bygningsmodel, hvorefter programmet udregner det samlede CO₂-aftryk. En LCA-beregning tager således afsæt i projektets aktuelle stade og forudsætter, at der er truffet en række beslutninger om konkrete løsninger, som er mulige på det aktuelle tidspunkt – f.eks. at bygningens generelle udformning er fastlagt ved den første LCA-beregning, og at materialer er fastlagt ved en af de sidste beregninger.

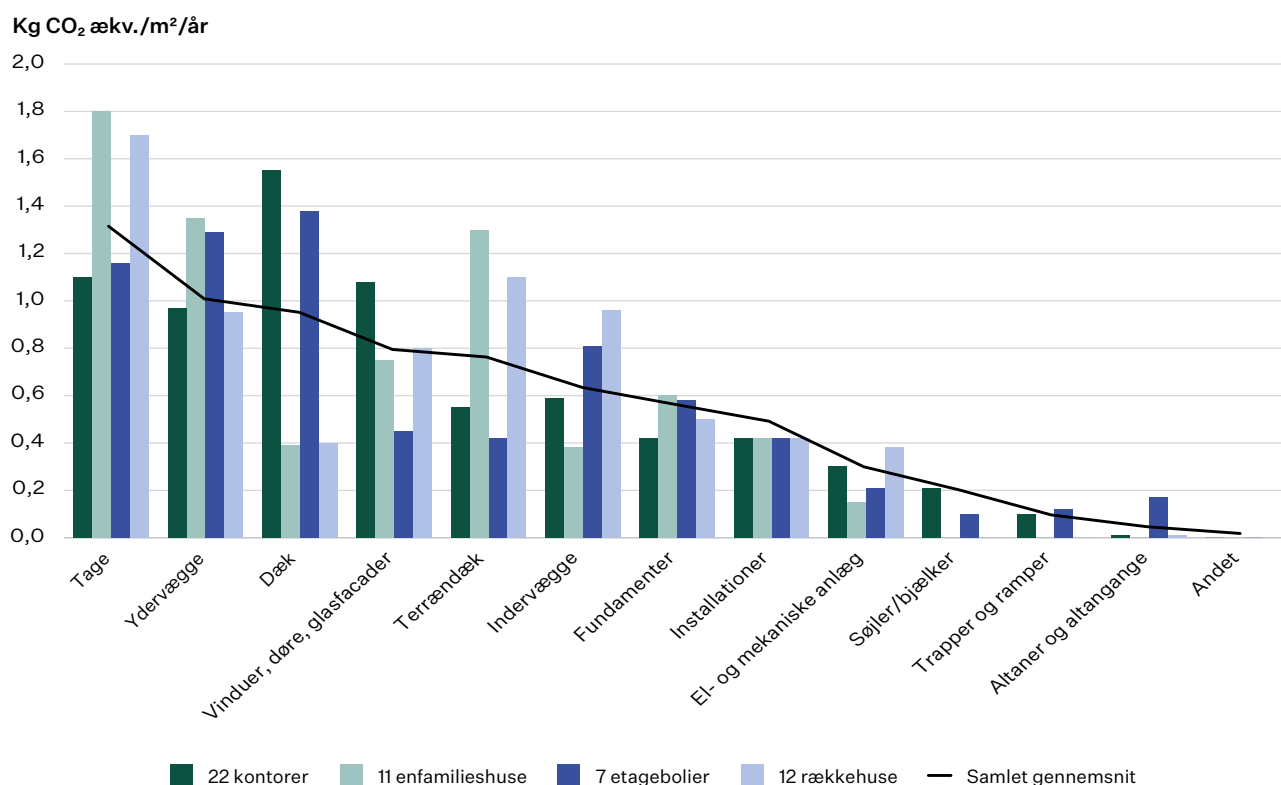
Læs meget mere om LCA-beregninger hos Videncenter om Bygningers Klimapåvirkning på byggeriogklima.dk



LCA-Screening

En LCA-screening er en overslagsberegning, der kan udføres løbende i projektet – ofte i de indledende faser – for at give et indtryk af projektets omtrentlige samlede CO₂-aftryk. En LCA-screening er på den måde en form for undersøgende arbejdsredskab og er altså mindre omfattende og mindre præcis end en LCA-beregning.

LCA-screeningen udarbejdes med afsæt i det projektmateriale, der er på plads på det aktuelle tidspunkt. Ofte vil der være meget, der endnu ikke ligger fast i de tidlige faser af et projekt, og der vil derfor være manglende informationer om forskellige dele af bygningen, som der skal tages højde for i LCA-screeningen. Manglende informationer erstattes i givet fald med estimater eller generiske data. Der findes forskellige programmer til at foretage estimater⁹, eller man kan tage udgangspunkt i erfarings- eller referencetal fra lignende projekter. Desuden kan man lægge en ekstra procentsats på CO₂-udledningen, så der tages hensyn til usikkerhed pga. beregningens tidlige stadie.



Eksempel fra COWI på hvordan data fra Builds rapport "Klimapåvirkning fra 60 bygninger" kan bearbejdes og bruges som vejledende referencetal.

HER KAN DU FINDE ERFARINGS- OG REFERENCETAL

- Videncenter om Bygningers Klimapåvirknings casebibliotek på byggeriogklima.dk/casebibliotek.
- Boligbyggeri fra 4 til 1 planet's inspirationshjemmeside med data på forskellige materialer og produkter, herunder data om CO₂-udledning på 4til1planet.dk.
- AAU BUILD's rapporter "Klimapåvirkning fra 60 bygninger" og "Klimapåvirkning fra: 45 Træbyggerier" på build.aau.dk/til-byggebranchen
- Sweco's LCA-database med data fra mere end 100 beregnede byggeprojekter på sweco.dk.
- For installationer, f.eks. ventilation, vand, afløb, varme og køling, hvor dimensioner typisk først fastlægges sent i projektet, kan der anvendes standardinstallationsværdierne fra BR18 Bilag 2 Tabel 7 på bygningsreglementet.dk.
- Materialepyramiden fra Det Kongelige Akademi, som gør det muligt at sammenligne CO₂-udledning fra forskellige kategorier af materialer eller materialer typer inden for samme kategori på materialepyramiden.dk.

Vær opmærksom på, hvilke livscyklusfaser, data-grundlag, beregningsmetoder m.v., der er anvendt i de forskellige eksempler og databaser – og vurder, hvordan de kan anvendes i det konkrete projekt. Husk også at udskifte referencetal med faktiske tal, når dimensioner, materialer m.m. er fastlagt.

Hotspotanalyse

Hvis f.eks. en LCA-screening viser, at byggeriet er udfordret ift. at holde sig under den gældende CO₂-grænseværdi, kan en hotspotanalyse være et nyttigt værktøj til at identificere, hvor de største udfordringer – og dermed de største optimeringspotentialer – findes i projektet.

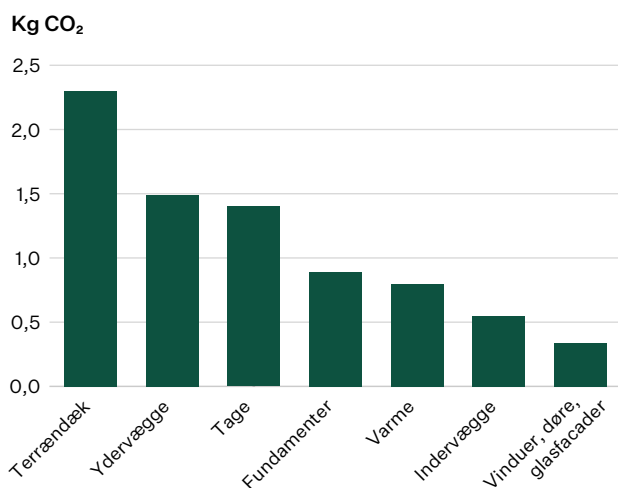
En hotspotanalyse tager typisk afsæt i en LCA-screening eller -beregning, hvor resultaterne sorteres efter størrelsen af CO₂-udledning. Dette kan gøres med fokus på bygningsdele, materialer eller livscyklusfaser.

Efterfølgende kan resultaterne evt. sammenlignes med referencetal for lignende bygninger. Det kan give et billede af, om fordelingen af CO₂-udledningen på de forskellige bygningsdele, materialer eller livscyklusfaser er normal for bygningstypen, eller om de kræver optimering.

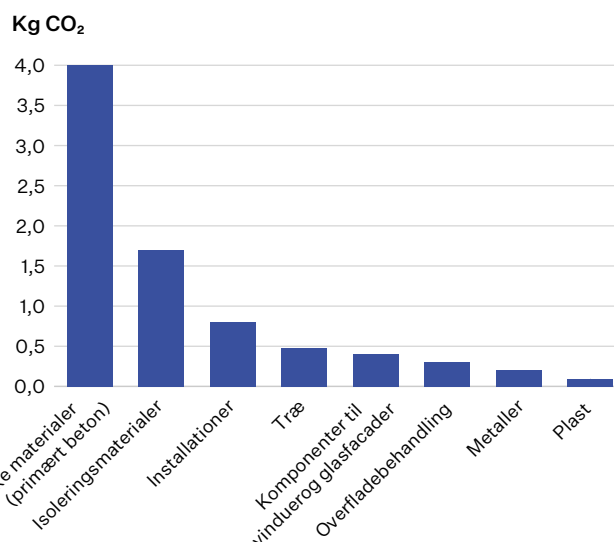
Med afsæt i en hotspotanalyse kan projektet CO₂-optimeres på forskellige parametre:

- Er der nogle indlysende lavthængende frugter? Det kan f.eks. være overfladematerialer (gulve, facadebeklædninger m.m.), der nemt kan skiftes uden de store økonomiske konsekvenser og uden indflydelse på øvrige bygningsdele.
- Hvilke livscyklusfaser har størst CO₂-udledning? Hvis det f.eks. er energiforbruget til drift, kan det undersøges, om der findes relevante energi- eller installationskoncepter, der er mere energi-effektive, og som er mulige inden for projektets rammer. Man kan også overveje, om en helt anden forsyningskilde er en mulighed – f.eks. en varmepumpe.
- Hvilke materialer eller bygningsdele udleder mest CO₂? Hvis det er de bærende konstruktioner i f.eks. beton eller stål, kan man overveje at skifte konstruktionsprincip, undersøge om mængden af materiale kan optimeres, eller om der kan anvendes alternative versioner af materialet med reduceret CO₂-udledning – f.eks. slaggebeton eller cementfri beton.

BYGNINGSDELE



MATERIALER



Variantsammenligninger

En variantsammenligning undersøger CO₂-udledningen fra forskellige variationer af den samme bygningsdel. Hvor en hotspotanalyse fokuserer på f.eks. byggeriets primære bygningsdele og kortlægger deres CO₂-udledning, fokuserer variantsammenligninger typisk på et mindre udsnit af bygningen eller en enkelt bygningsdel. Her udføres der altså LCA-beregninger for en række varianter af f.eks. 1 m² ydervæg, hvorefter resultaterne kan sammenlignes.

Variantsammenligninger fokuserer typisk på facadematerialer, konstruktionsprincipper, typer af ydervægge, tage og terrændæk. Men det kan også omfatte undersøgelser af byggeriet i sin helhed, f.eks. variantsammenligninger af hele bygningsvolumener tidligt i designprocessen for at optimere bygningsudformninger eller -geometrier.

BYGHERREN BØR STILLE TYDELIGE KRAV TIL VARIANTSAMMENLIGNINGER

Ifm. aftaleindgåelse med såvel rådgiver som entreprenør, bør bygherren være særligt opmærksom på at fastsætte krav til variantsammenligninger, herunder anslå antal, omfang og art. Hvis behovet for variantsammenligninger ændrer sig undervejs i projektet, kan yderligere eller andre variantsammenligninger afregnes efter ændringsreglerne i AB-systemet. Afregning kan ske i regning eller efter allerede aftale timepriser.

Resultaterne af en variantsammenligning er ofte en liste eller katalog over potentielle løsninger med opgørelse over løsningernes respektive CO₂-udledning og prisoverslag. Det kan være en god idé at involvere forskellige projekterende kompetencer heri, så variantsammenligningerne tager højde for tilhørende konsekvenser. En variantsammenligning omhandlende facadematerialer kan f.eks. have indflydelse på de bagvedliggende konstruktioner, hvilket også skal medtages i både CO₂- og prisberegninger.

MARKEDSUNDERSØGELSER

Ifm. variantsammenligninger i løbet af projekteringen vil det være en god ide også at udføre markedsundersøgelser¹⁰. Her kan man afdække og sammenligne forskellige materialeleverandører og deres produkters CO₂-performance – f.eks. i form af EPD'er – og pris. På den måde kan en markedsundersøgelse ligge til grund for realistiske og ambitiøse krav til materialers CO₂-udledning i udbuddet og dermed bidrage til, at projektet i sidste ende når CO₂ målsætningen i udførelsen.

¹⁰ Læs mere i Værdibygs vejledning "Dialog i udbudsprocessen" på vaerdibyg.dk/vejledning/dialog-i-udbudsprocessen. Desuden er en Værdibyg-vejledning om "Bæredygtighed i udbud" under udarbejdelse.

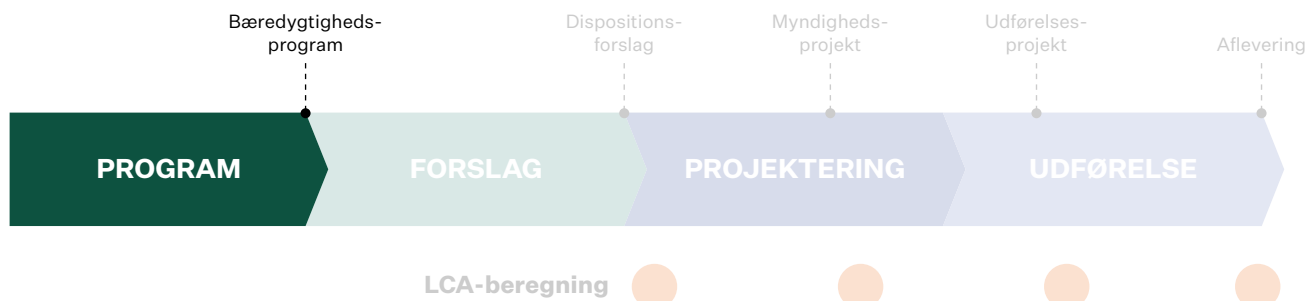




I det følgende beskrives de konkrete aktiviteter, der finder sted i de enkelte faser som en del af LCA-processen.

Hvor de foregående kapitler mere generelt har beskrevet de forskellige elementer, der spiller ind i LCA-processen, fokuserer den følgende del på anbefalinger og gode råd til, hvordan LCA-processen gennemføres i praksis. Der kan således forekomme gentagelser fra tidligere og mellem de enkelte faser.

Programfasen



- I bæredygtighedsprogrammet opstiller bygherren krav til LCA-processen (herunder krav til dokumentation og dataindsamling)
- Er der en grænseværdi for byggeriets CO₂-aftryk udover bygningsreglementets, opstilles denne ligeledes af bygherren i bæredygtighedsprogrammet
- Referencedata, screeninger og variantsammenligninger kan bruges til at kvalificere krav mht. volumen, geometri, materialer m.v. – og til at vurdere, om renovering eller nybyg er mest hensigtsmæssigt

Erfaringer har vist, at op mod 80% af et byggeris CO₂-aftryk stammer fra beslutninger truffet i de tidlige faser – altså inden byggeprogrammet eller bæredygtighedsprogrammet¹¹ er formuleret. I den tidlige visions- og idéoplægsproces bør bygherren altså nøje overveje sine beslutningers indflydelse på byggeriets CO₂-aftryk. F.eks.:

- Er der eksisterende bygninger på grunden, som det kan betale sig at renovere frem for at rive ned og bygge nyt, når man tager CO₂-aftryk med i betragtningen?¹²
- Kræver jordbundsforholdene en særlig form for fundament med høj CO₂-udledning f.eks. pælefundering, tyk bundplade m.m.?
- Lægger bygningens anvendelse op til en særlig bygningsudformning, byggeteknik eller specifikke materialer? Hvad betyder det for forholdet mellem f.eks. areal og facadeareal – og forholdet mellem areal og fundament/tag? Hvilke byggesystemer kan komme på tale?

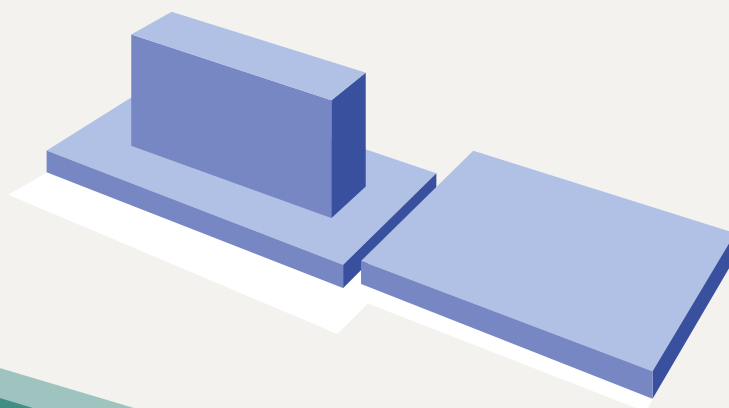
- Er der dele af lokalplanen, der dikterer en særlig bygningsudformning, byggeteknik eller materialer f.eks. brug af murstens- eller aluminiumsfacader? Er der brug for en forhåndsdialo¹³ med kommunen om en evt. dispensationsansøgning?
- Findes der erfaringstal for, hvad de bygnings-typer, der overvejes til projektet, typisk udleder af CO₂?

Disse overvejelser skal føre til, at bygherren fastlægger en både ambitiøs og realistisk grænseværdi for byggeriets CO₂-aftryk, og at projektets overordnede idé matcher denne grænseværdi. Det kan være en god idé at gennemføre en tidlig variantsammenligning på konceptniveau, så grundlæggende beslutninger om bygningen træffes på et oplyst grundlag.

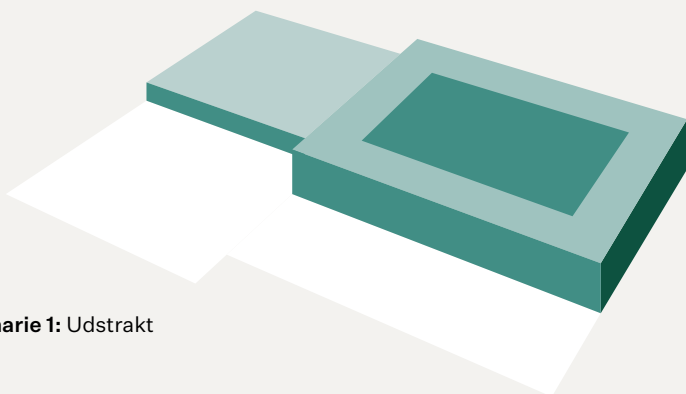
¹¹ Læs mere i Værdibyggs vejledning "Bæredygtighedsprogram" på vaerdibyg.dk/vejledning/baeredygtighedsprogram

¹² Læs mere i AAU BUILD's rapport "Klimapåvirkning fra renovering" på build.aau.dk/til-byggebranchen

¹³ Læs mere i Bygherreforeningens "Guide til den gode forhåndsdialo" på bygherreforeningen.dk



Scenarie 2: Kompakt



Scenarie 1: Udstrakt

EKSEMPEL: KONKLUSION FRA TIDLIG VARIANT-SAMMENLIGNING PÅ KONCEPTNIVEAU

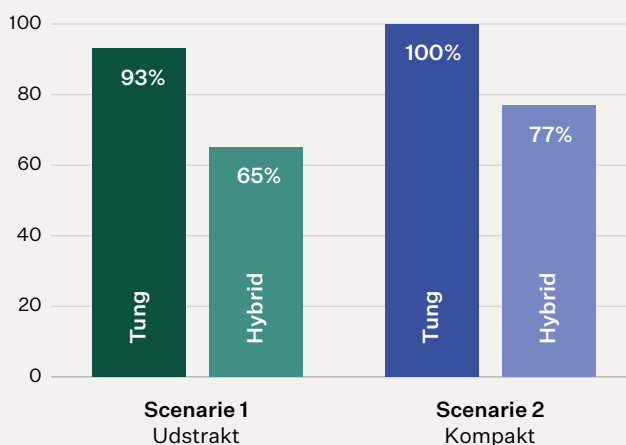
I eksemplet er sammenlignet to forskellige typer bygninger, der skal huse den samme funktion. Variantsammenligningen er lavet for de to typer bygninger med både en tung konstruktion og en lettere hybridkonstruktion.

Scenarie 1: Det udstrakte hus med minimal kælder vil sandsynligvis kunne opnå den største reduktion af CO₂-aftryk fra de udvalgte bygningsdele. Bygningens udstrækning kan til gengæld medføre et øget energiforbrug og mere udvendigt vedligehold grundet større facader. Dette er ikke medregnet her.

Scenarie 2: Det kompakte hus med maksimeret kælder udleder mere CO₂ end det første scenarie. Dette vil dog kunne nedbringes, hvis en større del af parkeringen i stedet flyttes til flere etager i en let konstruktion over terræn.

Variantanalyserne viser desuden, at der kan hentes en relativ reduktion af CO₂-udledningen fra de udvalgte bygningsdele på mere end 30% alene ved at anvende lette konstruktioner, hvor der ikke er særlige sikringskrav (hybrid).

Se desuden Bilag 2 "Eksempel på variantsammenligning af bygningsgeometri". Find bilag på vaerdibyg.dk/vejledning/LCA-processen.



Husk buffer når CO₂-grænseværdien fastlægges

Projektets CO₂-grænseværdi fastlægges af bygherren i bæredygtighedsprogrammet. Her er det vigtigt at tage hensyn til den store usikkerhed, der er i projektet på dette tidlige tidspunkt vedr. funktionalitet, konstruktioner, brand, materialer m.m. Praktikere oplever ofte, at selvom f.eks. 9 kg CO₂ er et realistisk mål til at starte med, så kan det øges betragteligt, efterhånden som projektet skrider frem og bliver detaljeret.

Det anbefales, at bygherren gennemfører en risikovurdering og afsætter en buffer i sit CO₂-regnskab – ligesom man ville gøre med projektøkonomien.

Fase	Idéoplæg	Program	Projekt-forslag	Udførelses-projekt	Udførelse	Som-udført
Metode	Overordnet CO ₂ -aftryk pba. typer og arealer	Overslag baseret på oplyste arealer og materialekategorier	Fuldstændig beregning af arealer, kendte bygningsdele og kendte materialer. Resten skønnet.	Fuldstændig beregning	Løbende beregning pba. udførelsesprojekt	Fuldstændig beregning
Risikopulje	25 %	20 %	15 %	10 %	10 % -> 1 %	0
Mål (kg CO₂)	9	9,6	10,2	10,8	10,8 -> 11,9	12
Mål Lavemissionsklasse (kg CO₂)	6	6,4	6,8	7,2	7,2 -> 7,9	8

Eksempel på risikostyring ift. CO₂-aftryk

I tabellen herunder fastlægges grænseværdien ved "Som-udført" (f.eks. 12 kg CO₂), hvorefter de forudgående faser risikovurderes og et indledende overslag (9 kg CO₂) fastlægges. Den nederste række i skemaet viser et eksempel på en tilsvarende risikovurdering, hvor grænseværdien er 8 kg CO₂ (som ved lavemissionsklasse i BR18).

Stil krav til LCA-processen i bæredygtighedsprogrammet

LCA-processen stiller krav om løbende iterationer af beregninger, dialog og beslutninger for at byggeriet kan overholde et givent krav til CO₂-aftryk. Det kræver et tæt samarbejde mellem de involverede parter – både de projekterende, udførende, bygherren selv og ikke mindst den aktør, der varetager LCA-koordineringen (f.eks. bæredygtighedslederen). Derfor bør bygherren i bæredygtighedsprogrammet beskrive og stille krav til roller og opgaver – herunder samarbejdet – i LCA-processen. Hvis der opstår behov for yderligere eller andre ydelser – f.eks. flere variantsammenligninger – undervejs i processen, kan bygherren bestille disse hos rådgiver eller entreprenør efter ændringsreglerne i AB-systemet, dvs. i regning eller efter allerede aftalte timepriser.

Det anbefales, at bæredygtighedsprogrammet indeholder følgende beskrivelser af LCA-processen:

- Bygherres ambition og formål med LCA-beregninger i projektet, herunder anvendelse og afgrænsning.
- Projektets overordnede grænseværdi for CO₂-aftryk. Dette krav kan evt. differentieres i de forskellige faser, jf. den tidligere viste risikovurdering.
- Der kan også stilles direkte CO₂-krav til enkelte bygningsdele og materialer eller indirekte CO₂-krav. Det kan f.eks. være krav til genbrug eller genanvendelse, kompakthed, bygningshøjde, bebyggelsesprocent, beplantning, selvforsyning med VE, opkobling til andre systemer i området m.v.
- Krav til hvornår der skal gennemføres LCA-beregninger og krav til udfaldet af disse.
- Skitsering af hvilke og hvor mange analyser, der forventes gennemført i projektet og hvornår.
- Skitsering af processen for LCA-beregningernes anvendelse, herunder hvordan resultater skal være en del af beslutningsgrundlaget i projektet.
- Hvilken involvering parterne i projektet må forvente – f.eks. aktiv deltagelse i møder, levering af data m.v.

Husk altid at koordinere og integrere krav til LCA-processen med projektets øvrige proces, budget og tidsplan.

IKT spiller en særlig rolle i LCA-processen

Data om mængder og materialers egenskaber er afgørende for de fleste analyser igennem LCA-processen. Det er vigtigt, at det defineres, hvordan og hvornår dette gøres tilgængeligt i projektet. F.eks. kan mængder og egenskaber gøres tilgængelige ved struktureret anvendelse af digitale bygningsmodeller.

I de tidlige faser kan man få grove estimater fra tidlige volumenmodeller, og i de senere faser kan man få mere detaljeret viden fra digitale bygningsmodeller. Det er derfor vigtigt, at bygherren i byggeprogrammet specificerer og stiller krav til data vedr. LCA-beregninger samt til samarbejdet mellem f.eks. bæredygtighedslederen og IKT-lederen¹⁴.

F.eks. er det vigtigt at få specificeret, hvilket format data (såsom mængder og egenskaber) skal leveres i¹⁵. Og med hvilken detaljeringsgrad? Er det nok at oplyse om ”100m² ydervæg”, eller skal lagopdeling, tykkelsen af lagene, betonstyrken og armeringsgraden i kg/m² også oplyses? Her kan LCA-specialisten, der kender til databehovet ift. at kunne udføre beregninger, komme med gode input.

Endelig er det vigtigt at få beskrevet processen for, hvornår der skal foretages LCA-beregninger. Ifm. LCA-beregninger er det nødvendigt at ”låse” den digitale model for at få et entydigt datagrundlag for LCA-beregningsen. På den måde bliver beregningen et udtryk for det konkrete projekts CO₂-aftryk, som projektet ser ud på det aktuelle tidspunkt.

Den aktive bygherre

Bygherren skal indstille sig på at være aktiv i processen og være en deltagende sparringspartner. Når der stilles nye krav og ønsker, som har stor indflydelse på både projekteringen og udførelsen, vil der være et behov for løbende afklaringer og justeringer. Det kræver en tæt dialog mellem bygherren og de involverede parter for at sikre, at alle forstår årsagen til de valg, der træffes i projektet, og at der er opbakning til de fastlagte mål og strategier.

¹⁴ Læs mere om bygherres kravstillelse til LCA i Molios udgivelse A323 LCA-kravstillelse (under udarbejdelse)

¹⁵ Læs evt. mere i DiKons ”Vejledning til Formålsbeskrivelser vedr. LCA-analyser” på dikon.info

Case: 6 gode råd til at komme under 6 kg

Ejendomsselskabet Home.Earth opfører 158 boliger i Nærheden ved Hedehusene. Byggeriet forventes færdigt i september 2024 og er projekteret til at have en klimapåvirkning på under 6 kg CO₂. Tegnestuen Vandkunsten og EFFEKT har været arkitekter på projektet, og ifølge arkitekt Nel Jan Schipull, kræver det en særlig proces at opnå så lav en klimapåvirkning.

”CO₂ bliver et nyt parameter, og man skal forholde sig til det på linje med tid, kvalitet og økonomi allerede fra starten af projektet. Hvis man for alvor vil reducere sin klimapåvirkning, så påvirker det mange dele af projektet. Man er nødt til arbejde anderledes, og det kræver noget særligt af alle parter,” fortæller Nel Jan Schipull, arkitekt og partner i Tegnestuen Vandkunsten.

Klare krav fra bygherre

Tegnestuen Vandkunsten vil på længere sigt gerne være endnu mere ambitiøse og forsøge at bygge inden for rammerne af absolut bæredygtighed, men her og nu mener de, at 6 kg CO₂ er et ambitiøst mål. Og ifølge Nel Jan Schipull, var det helt afgørende for dette projekt, at bygherren fra starten af projektet havde et meget klart krav om at komme under 6 kg CO₂.

Erfaringer fra andre projekter har givet Tegnestuen Vandkunsten viden om, hvad der fungerer i praksis. Den erfaring pegede hurtigt i retning af boksbyggeri som en mulighed for både at styre CO₂ budgettet og overholde en økonomisk ramme.

Vandkunsten gennemførte et mindre forprojekt, for at undersøge hvilke dele af bygningen, der gemte på de største udfordringer i forhold til CO₂. Til undersøgelserne blev der anvendt simple beregninger:

”I starten af projektet må man ikke blive kvalt i komplekse metoder og krav om præcision. Generiske data og grove overslag er nok til, at de vigtige emner bliver tydelige”, fortæller Nel Jan Schipull, og fortsætter: ”Vi kiggede f.eks. på leverandører med det samme, fordi vi vidste, at tage og fundamenter ville blive en udfordring.”



Bygherren var åben for anderledes proces

Men processen krævede også, at bygherren var åben for alternative forslag: ”Bygherre var klar på at gå nye veje og tage en risiko og var indforstået med, at det kræver en anderledes proces at nå ned på under 6 kg CO₂. Det var et projekt, der undersøgte mange forskellige muligheder allerede fra starten, og det blev forudsætningen for resten af processen,” fortæller Nel Jan Schipull.

I projekteringsfasen overtog den rådgivende ingeniør ansvaret for at udføre mere detaljerede LCA-beregninger, som blev lavet på baggrund af en fælles BIM-model. De blev brugt både til at kvalificere valg i projektet hos arkitekter og ingeniører, og til at holde øje med, at projektet holdt sig inden for kravet. Beregningerne blev således et omdrejningspunkt for dialogen mellem arkitekt, ingeniør og bygherre igennem hele projekteringen – en dialog der blev koordineret og styret af projektets projekteringsleder. Og netop koordineringen på tværs fremhæver Nel Jan Schipull som vigtig for projektets resultater.

”De personer, der laver LCA-beregningen, skal kunne deres kram – men de deltager ikke i den kreative proces eller finder løsningerne. Til gengæld er det vigtigt at have dem ved hånden, så man hurtigt kan få feedback på alternative forslag og kreative tanker. Det var en hjælp, at bygherren havde deres eget værktøj til at lave LCA og derfor var meget aktiv i samarbejdet om LCA.”

Lokalplanen gav udfordringer og muligheder

De indledende analyser i forprojektet pegede også i retning af lokalplanen som en udfordring. Lokalplanen i området beskrev tunge materialer i facaden på grund af støj fra nærliggende jernbanespor.

På samme vis blev brand hurtigt et tema i projektet: ”Vi gik også tidligt i gang med at diskutere brand. Løsningerne krævede en del iterationer og simulationer hos ingeniøren, men det lykkedes at vælge noget, som var mere hensigtsmæssigt for klimapåvirkningen end de præ-accepterede løsninger,” fortæller Nel Jan Schipull. Selve løsninger til facaden blev nøje beskrevet i områdets lokalplan, og dermed blev de tidlige overvejelser bindende for resten af projektet og blev en forudsætning for at nå i mål med den samlede klimapåvirkning.

Muligheder for at komme endnu længere ned

Nel Jan Schipull ser flere muligheder for at komme endnu længere ned i klimapåvirkning – men gør opmærksom på, at der ligger et stort arbejde og udgifter til rådgivning, hvis man vil nå et ambitiøst krav om lav CO₂-aftryk: ”Der hvor vi er i udviklingen, er man nødt til at være ærlig omkring, at der er et større behov for rådgivning, hvis man vil ned på 6 kg CO₂ isf. lovkravet på 12 kg CO₂. Hvis vi skal længere ned, så tror jeg, at vi skal blive endnu bedre til at starte en innovationsproces med leverandører og entreprenører tidligere i projektet. Det betyder, at alle parter i projektet skal være indstillet på den innovation og de mange iterationer, det kræver. Man skal tænke over det, allerede når man sætter sit hold, for det kan gøre en stor forskel.”

”Desuden skal vi løse de udfordringer, der er med lokalplaner og lovkrav til brand, akustik ventilationer m.m. Lige nu bruger vi for mange rådgivertimer på at bevise, at vi lever op til kravene. Vi har brug for at kunne anvende de timer på innovation, hvis vi skal lykkes med endnu lavere klimapåvirkning,” afslutter Nel Jan Schipull.

Projektteamet er Vandkunsten/Effekt (arkitekt), Sjælsø Management (projekteringsledelse), SWECO Aalborg (ing), Home.Earth (bygherre).

6 GODE RÅD TIL AT KOMME UNDER 6 KG

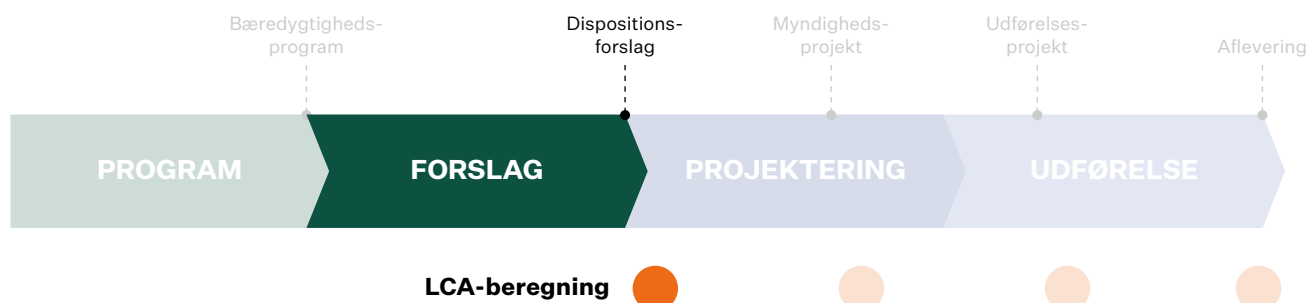
Med afsæt i Vandkunstens erfaringer fra Nærheden giver Nel Jan Schipull følgende gode råd:

1. Bygherren skal stille et klart krav
2. Start med simple beregninger og overslag
3. Accepter og understøt at processen er anderledes
4. Brug LCA-screening og estimater som centralt dialogværktøj
5. Identificer og tag hånd om centrale udfordringer tidligt
6. Jo tidligere involvering af alle parter, jo bedre



Nel Jan Schipull
Arkitekt MAA, ph.d., partner
Tegnestuen Vandkunsten

Forslagsfasen



- Den ansvarlige for LCA-koordinering – f.eks. bæredygtighedslederen – udarbejder en plan for LCA-processen og orienterer de involverede parter om deres opgaver og roller
- Screeninger kan bruges til at lave løbende overslag på, om byggeriet fortsat holder sig inden for grænseværdien for CO₂-aftryk
- Hotspot-analyser kan bruges til at lokalisere områder med afgørende høj CO₂-udledning. Det kan f.eks. være specifikke bygningsdele
- Variantsammenligninger af forskellige løsninger kan understøtte valg af komponenter, materialer m.v.

I forslagsfasen konkretiseres byggeriet, og mange afgørende designbeslutninger træffes, som har stor indflydelse på projektets samlede CO₂-aftryk. Samtidig involveres flere og flere faggrupper i projektet, som kan byde ind med viden om CO₂-reducerende løsninger inden for deres fagområde. Her bliver det gode samarbejde vigtigt for at kunne minimere byggeriets CO₂-aftryk.

Opstartsmøde med de projekterende

For at komme godt fra start i forslagsfasen, anbefales det, at f.eks. bæredygtighedslederen med ansvar for LCA-koordineringen afholder et opstartsmøde, evt. som en del af et bygherremøde eller som en selvstændig workshop med projekteringsteamet.

Her skal projektets målsætninger vedr. CO₂-aftryk og planen for LCA-processen introduceres sammen med projektets øvrige bæredygtighedstiltag. Det er også en god idé her at få kortlagt, hvilken viden der er – eller bør være – hos de forskellige parter, hvad der forventes af de forskellige parter ift. at levere input til LCA-processen og hvornår og hvem der er kontaktperson fra hver af parterne ift. disse leverancer.

LCA er fortsat en ny disciplin i byggeriet, og det er ikke alle, der har erfaring med og fuld indsigt i metoden bag. Derfor kan det være nødvendigt – enten her eller på et selvstændigt møde – at introducere udvalgte parter til LCA-metoden, -begreberne osv.

Løbende koordinering af grænseflader og løsninger

Efter opstartsmødet bør LCA være et fast punkt på de ugentlige projekteringsmøder på lige fod med andre fagdiscipliner såsom landskab, konstruktioner, el m.m. Dette er også en måde at sikre, at alle er orienteret og kan byde ind, hvis der opstår grænseflader, der skal adresseres eller koordineres. Det kan være nødvendigt at supplere projekteringsmøderne med specifikke LCA-arbejds møder, hvor de relevante aktører mødes og løser de identificerede udfordringer i fællesskab. Spørgsmål, der typisk overvejes og analyseres, og som kræver at flere parter involveres, er f.eks.:

- Hvordan påvirker den generelle udformning af byggeriet sammenhængen mellem m² og areal af fundament og tag? Og hvordan påvirker udformningen valg af konstruktionssystem og materialer? Hvilke konstruktionstyper er hhv. mest og mindst CO₂-belastende?
- Er der oplagte alternative materialer med lavere CO₂-udledning til f.eks. facade og indvendige overflader? Er det f.eks. relevant at anvende genbrugte eller genanvendte materialer?
- Kan det samlede antal af byggede m² reduceres? Er der f.eks. mulighed for delte funktioner og fællesrum?

- Hvordan kan arealet af vinduer, som ofte udleder mere CO₂ end facaden, minimeres uden at gå på kompromis med dagslys og indeklimakvalitet?

I forslagsfasen benyttes analysemetoder som screeninger, hotspotanalyse og variantanalyser til at belyse konsekvenserne af de valg, der bliver truffet i projektet og holde styr på projektets overordnede CO₂-regnskab.

Belys CO₂ og økonomi samtidig

Det er vigtigt, at man med hotspot- og variantanalyser sammenholder beregninger af CO₂-udledning med økonomi. Der kan også være andre faktorer, der er vigtige for bygherren, f.eks. biodiversitet eller arbejdsmiljø, men økonomi er ofte den tungestvejende faktor.

Det er klart, at det gør beslutningsprocessen mere kompleks, og det kræver muligvis, at flere parter end vanligt skal levere information tidligere til de forskellige analyser og beregninger. Men det handler i bund og grund om at identificere, hvilke løsninger der er fordyrende både ift. pris og CO₂ i det konkrete projekt.

Der findes forskellige tilgange til dette. Nogle projekterende arbejder f.eks. med at sammensætte ”pakker”, der anskueliggør forskellige løsnings-scenarier ud fra både et CO₂-mæssigt og et økonomisk perspektiv.

”Folk der arbejder med LCA, får hurtigt en generel forståelse for, hvad der skal til, for at komme ned i CO₂-aftryk. Det er ikke alle, der har den forståelse.”

– Rådgiver

TOMMELFINGERREGLER OM CO₂-UDLEDNING

Vi har spurgt praktikere, der arbejder med LCA-beregninger og optimering af byggeriers CO₂-aftryk til dagligt, hvad deres erfaring er – hvad er de umiddelbare tommelfingerregler, når man skal træffe valg, der leder til mindre CO₂-aftryk?¹⁶

Listen her er altså ikke videnskabeligt verificeret, men et udtryk for personlige erfaringer fra praksis anno 2023. Pointerne skal altid vurderes ift. det konkrete projekt og den aktuelle kontekst. Meget kan ændre sig i takt med at viden, lovgivning og teknologier udvikler sig, der sker ændringer i energimix osv.

Areal- og volumenuddyttelse

- Små, selvstændige boligenheder giver ofte højere CO₂-udledning end sammenhængende byggeri, da der typisk er flere facader i små enheder.
- Kompakte bygninger har ofte lavere CO₂-udledning end forgrenede bygninger med samme etageareal.
- Et-etages byggeri har ofte højere CO₂-udledning per m² etageareal sammenlignet med et fleretagers byggeri. Det skyldes at tag og terrændæk typisk har en større CO₂-udledning end øvrige dele af klimaskærmen. Jo flere etager desto mindre fylder tag og terrændæk ift. den samlede bygning og etagearealet.
- Dobbelt høje rum giver ofte en højere CO₂-udledning pr. m².

Konstruktioner og fundamenter

- Tungt byggeri har ofte højere CO₂-udledning end let byggeri
- Byggesystemer med huldæk og stålbjælker har ofte højere CO₂-udledning end byggesystemer med pladsstøbt beton
- Direkte genbrug har ofte lavere CO₂-aftryk end nye materialer
- EPS-isoleringen udgør ofte ca. 50% af CO₂-udledningen for et traditionelt pladsstøbt terrændæk
- Byggeri i vådområder har ofte større CO₂-udledning fra fundamentet end andre byggerier

Installationer, facader og vinduer

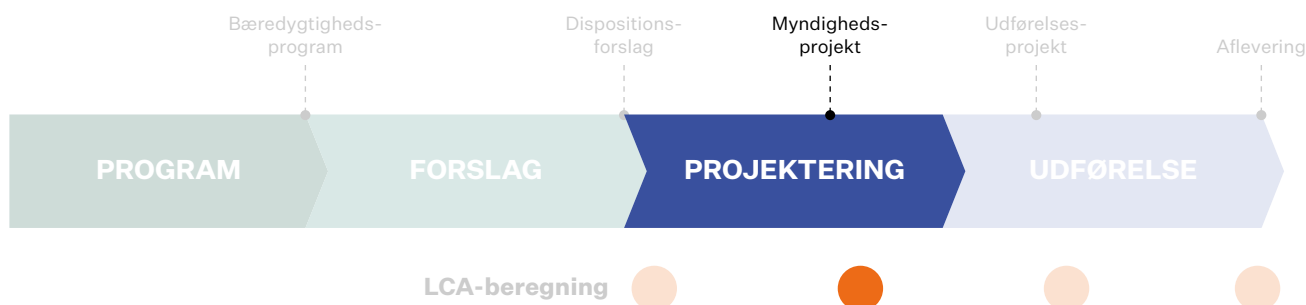
- Ventilationsløsning har ofte betydning for f.eks. facadehøjde og dermed materialemængden og dermed for CO₂-udledningen
- Aluminiumsfacader har ofte højere CO₂-udledning end andre facadebeklædninger som f.eks. skærmtegl og træ
- Vinduer har ofte større CO₂-udledning end ydermur

Data

- Generisk data for biogene materialer er ofte mere konservativt end generisk data for beton, tegl og stål og vil derfor i tidlige LCA-analyser give et skævt billede.

¹⁶ Find flere gode overvejelser i AAU Build's publikation fra 2019 LCA i tidlig bygningsdesign på build.aau.dk/til-byggebranchen og hos 4tilplanet.dk

Projekteringsfasen



- Variantsammenligninger kan bruges til at understøtte valg mellem forskellige løsninger ifm. projekteringen
- Bygherren fastlægger krav til LCA-dokumentation i udbudsprojektet
- Markedsundersøgelser kan bruges til at specificere realistiske funktionskrav til produkter m.v.

Under projekteringen konkretiseres og detaljeres projektet af en række forskellige parter og specialister såsom arkitekt, konstruktionsingeniør, brandrådgiver, indeklimaingeniør, totalentreprenør m.m. Variantsammenligninger for udvalgte bygningsdele er et godt værktøj ifm. projekteringen til at undersøge og vurdere forskellige løsninger.

Her er det vigtigt at acceptere, at det sjældent kan lade sig gøre at projektere flere varianter af alle dele af projektet. I stedet må bæredygtighedslederen i dialog med f.eks. konstruktionsingeniøren vurdere og specificere, hvordan retvisende analyser kan udføres, og hvad der skal til for at byggeriet kan holde sig inden for de stillede CO₂-krav.

Ifm. myndighedsprojektet udføres der typisk en LCA-beregning, så det kan dokumenteres, at projektet, som det er projekteret indtil videre, kan overholde det gældende krav til CO₂-aftryk.

INVOLVER MARKEDET IFM. UDBUDSPROJEKTET

Det kan være en god idé at involvere de udførendes kompetencer ifm. et udbudsprojekt. Bygherren kan gennemføre markedsundersøgelser¹⁷ og gå i dialog med forskellige aktører for at få kvalificeret CO₂-potentialer og -udfordringer ved konkrete løsninger.

”Indtil alle parter har fået erfaring nok til at have tommelfingerregler at arbejde efter, vil det kræve en ekstra indsats at projektere med lavt CO₂-aftryk for øje.”

– Totalentreprenør

¹⁷ Læs mere i Værdibygs vejledning ”Dialog i udbudsprocessen” på vaerdibyg.dk/vejledning/dialog-i-udbudsprocessen

Data, data, data

Data til LCA-beregninger under udførelsen skal indtænkes i IKT-specifikationen med entreprenøren og i kontrolplaner. Hvis der er særlige bygningsdele, der er kritiske for det samlede CO₂-regnskab, kan bygherren bede om særligt tilsyn med disse. Endelig er det vigtigt, at der i udbudstidsplanen og budgettet afsættes ressourcer til de ønskede LCA-aktiviteter, f.eks. timer til at fagdisciplinerne og LCA-specialisten kan opgøre mængder.

I praksis er det ofte svært på forhånd at beskrive præcist, hvordan digitale modeller skal opbygges korrekt ift. mængdeudtræk til LCA – særligt når der er mange forskellige parter involveret, som alle har deres egen model. Der kan anvendes forskellige programmer¹⁸ til at strukturere indsamlingen af mængder og materialespecifikationer fra entreprenøren og underentreprenørerne, så data kan kobles i en samlet LCA-beregning.

Det kan også anbefales at anvende en bæredygtigheds- eller LCA-log til at registrere udviklingen i LCA-processen, herunder udfordringer, resultater og beslutninger truffet på baggrund af LCA-analyser og -beregninger. På den måde opsamles erfaringer systematisk, og læring fra det ene projekt kan anvendes på det næste.

”Jeg kommer som bygherre til at stille krav om at få data retur. Jeg skal jo vide, hvad et laboratorium har kostet, og på samme måde skal jeg vide, hvad der er i en LCA – så jeg ved, hvad CO₂-aftrykket er på en bestemt type laboratorium fremadrettet.”

– Bygherre

LCA i udbuddet

LCA-processen varierer naturligvis efter både entreprise- og udbudsform. I nogle projekter giver det mening at udbyde på grundlag af et meget detaljeret udbudsprojekt, hvor der er specifikke krav til materialer, løsninger m.v. I andre projekter kan der udbydes med krav til byggeriets CO₂-aftryk som en overordnet ramme¹⁹.

Det kan altså være svært at give konkrete anbefalinger her, men der er dog en række opmærksomhedspunkter og gode råd fra praktikere til inspiration og overvejelse:

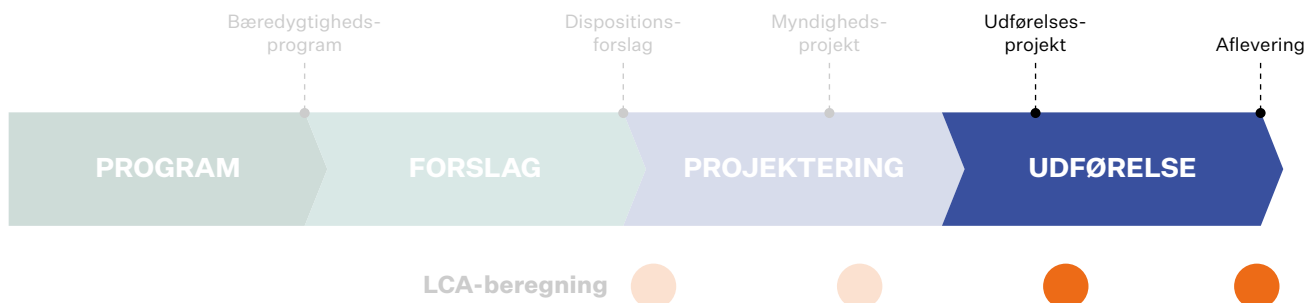
- Hvis der er skærpede krav til CO₂-udledning på byggepladsen og ifm. transport, skal det angives tydeligt i udbudsmaterialet.
- Det skal også tydeligt beskrives, hvis der er specifikke krav til særlige bygningsdele som er kritiske ift. CO₂-regnskabet, f.eks. de tungeste bygningsdele eller udvalgte materialegrupper.
- Udbudsmaterialet skal specificere bygherrens krav til LCA-beregningsmetode, herunder hvis der er krav til anvendelse af specifikke programmer eller formater til dataindsamling.
- Nogle valg vedr. produkter vil blive truffet på byggepladsen. Udbudsmaterialet bør tydeligt specificere en proces herfor – f.eks. at bæredygtighedslederen eller LCA-specialisten skal orienteres, når uspecificerede produkter fastlægges, eller hvis der vælges alternative løsninger, end hvad projektmaterialet foreskriver.

Sæt tid af til tilbudsprocessen

LCA-processen er ny for mange – også for rådgivere og entreprenører. Det anbefales derfor, at bygherren afsætter god tid til at entreprenøren kan udarbejde sit tilbud – det kommer bygherren selv til gode, hvis tilbuddene er gennemarbejdede og retvisende.

¹⁹ En Værdibyg-vejledning om "Bæredygtighed i udbud" er under udarbejdelse

Udførelsesfasen



- LCA-beregningen opdateres på baggrund af det tilrettede udførelsesprojekt
- Valg og ændringer foretaget på byggepladsen koordineres med den ansvarlige for LCA-koordinering, f.eks. bæredygtighedslederen
- Dokumentation og dataopsamling fra entreprenør og underentreprenører planlægges og koordineres i god tid

I udførelsesfasen er fokus i høj grad på indsamling af data og dokumentation af de endelige, indbyggede løsninger og materialer, så de generiske data kan udskiftes med produktspecifikke data, og så der kan udarbejdes en afsluttende as-built LCA-beregning.

Hold tråd i ændringer i udførelsesprojektet

Ifm. udførelsesprojektet kan der opstå ændringer og tilretninger af projektet, som har indflydelse på det samlede CO₂-aftryk. Der bør laves en opdateret LCA-beregning på baggrund af det endelige udførelsesprojekt, så det kan dokumenteres, at projektet fortsat overholder CO₂-kravet, og så det efterfølgende kan sammenlignes, om as-built-projektet ligger over eller under det projekterede.

Planlæg dataopsamling tidligt

Hvis der træffes valg på byggepladsen vedr. konkrete produkter, skal bæredygtighedslederen orienteres. Denne proces bør være beskrevet i udbudsmaterialet. Ellers handler LCA-processen under udførelsen primært om, at entreprenør og underentreprenører leverer data og dokumentation til den endelige LCA-beregning. Her er det vigtigt, at der er planlagt en struktureret proces for, hvordan data indsamles og deles. Det kan godt tage tid, og for mange (især under-)entreprenører er det en helt ny praksis at indhente data om CO₂-udledning.

Det er også vigtigt at have fokus på afleveringen af den endelige LCA-beregning, da bygherren ikke får sin ibrugtagningstilladelse før denne er afleveret. Dette kræver, at alle aktører afleverer mængder i god tid – i nogle projekter to-tre måneder før aflevering – så LCA-beregningen kan nå at blive udarbejdet inden ansøgning om ibrugtagningstilladelse. Det anbefales, at tidspunkt, omfang, format m.v. for dataaflevering vedr. LCA-beregninger indskrives tydeligt og præcist i de relevante aftaler.

ENTREPRENØRENS INPUT TIL LCA-BEREGNINGERNE

DI Byggeri har udarbejdet et notat²⁰, der giver svar og anbefalinger til nogle af de typiske spørgsmål vedr. entreprenørens input til brug for LCA-beregninger – her gengivet i kort form:

1. Skal entreprenøren indsamle og levere oplysninger om, hvilke materialer der er anvendt?
– Ja!
2. Skal entreprenøren indsamle og levere relevante EPD'er for de anvendte materialer?
– Det skal aftales konkret, hvis bygherren vil basere sine LCA-beregninger på EPD'er, og entreprenøren skal indsamle og levere disse.
3. Skal entreprenøren indsamle og levere mængdeudtræk i forhold til det faktiske omfang af anvendte materialer?
– Ifølge BR 18 kan LCA-beregninger for et projekt baseres på enten faktiske mængder eller mere teoretiske – og retvisende – materialemængder, f.eks. hentet fra tegninger eller tekniske modeller. Det skal derfor aftales specifikt, hvordan entreprenøren skal levere materialemængder.

En struktureret proces

Bæredygtighedslederen skal koordinere med IKT-lederen, at der er struktur på data og formater som forudsætning for en god proces for indsamling og aflevering af dokumentation. Det er vigtigt, at alle parter er enige om strukturen, f.eks. klassifikation og typekodning. Dette kan f.eks. indarbejdes i en IKT-procesmanual.

MODEL PROGRESSION SPECIFICATION (MPS) FORLØB OG LCA

Inden udførelsen starter, skal det være afklaret, hvordan data skal være struktureret, så det kan bruges i LCA-beregningerne. Dette kan f.eks. ske gennem en MPS-workshop²¹ i begyndelsen af projekteringen. På workshoppen byder de forskellige parter i projektet ind med deres databehov under projektførelsen – herunder hvilken datastruktur, datakvalitet og hvilke datatyper der er nødvendige for LCA-processen. Desuden aftales det, hvilken software der anvendes i projekteringen, hvem der er ansvarlig for strukturering og klassifikation af modellen. Totalentreprenørens ansvarlige for dokumentationen bør være til stede på workshoppen, og de aftaler, man laver på MPS workshoppen, bør nedfældes i IKT-specifikationen.

”Man må ikke undervurdere kompleksiteten af dataindsamling!”

– LCA-specialist

²⁰ Se DI Byggeris NOTAT ”BR 18 og klimaberegning” og FAQ om BR 18 og klimaberegning på danskindustri.dk

²¹ Læs mere i Værdibygs vejledning ”MPS-forløb” på vaerdibyg.dk/vejledning/mps-forloeb

Case: Dagtilbud på 8,5 kg CO₂

– om at genere læring på tværs af projekter

Aarhus Kommune skal bygge en ny dagtilbudsafdeling på Høiriisgårdsvej 2 i Brabrand, der omfatter ca. 518 m² nybygning, 173 m² ombygning og 50 m² sekundære bygninger samt anlægs- og landskabsarkitektarbejder. Projektet er tilmeldt ”Den Frivillige Bæredygtighedsklasse”, og det færdige projekt skal derudover overholde et krav på 8,5 kg CO₂.

For at generere viden om, hvordan man nedbringer bygnings samlede CO₂-aftryk, skal kommunens arbejde med LCA i projektet, herunder den endelige dokumentation, indgå i en tværgående bæredygtighedsanalyse. Analysen laves på tværs af tre nye dagtilbud i Aarhus Kommune og skal indsamle viden til fremtidigt bæredygtigt byggeri.

”For os handlede det på det tidspunkt mest om at generere en masse viden og erfaring til vores egen organisation og samarbejdspartnere,” udtaler David Eltang, projektleder i Aarhus Kommune.

Udfordringer til et lavt LCA-resultat

Igennem de indledende faser blev Aarhus Kommune opmærksom på, at der for det konkrete institutionsbyggeri var nogle overordnede rammer, som udfordrede LCA-beregningerne. Rammer som bygherren havde svært ved selv at ændre på.

”Det at skulle opfylde den brandmæssige anvendelseskategori gør det svært at indfri vores klimaintentioner. Det samme gør kravene til luftskifte i en daginstitution samt de store overfladearealer, når man f.eks. skal bygge i ét plan”, fortæller David Eltang og peger samtidig på et par andre faktorer, som har udfordret klimaambitionerne for kommunen:

”Den gældende lokalplan giver nogle stramme bånd, og vi endte f.eks. med at skulle tvinge en bestemt facade ned over projektet. I bæredygtighedens tegn besluttede vi desuden at genindbygge en gammel mandskabsbygning i projektet, som vi kunne have valgt at rive ned. Det har ligeledes udfordret vores LCA-beregninger, da genanvendte materialer tæller fuldt ud, selvom de jo i teorien har talt med mindst én gang tidligere.”



Læring: husk CO₂ budget og buffer

Ifølge David Eltang har det ikke været svært eller besværligt at stille krav vedr. LCA og designfasen har givet mange gode erfaringer til kommunens kommende byggeprojekter.

”Processen har vist os, at der er mange ukendte faktorer i LCA-processen, og vi har ikke arbejdet med en ”risikobuffer” i dette projekt. Det har derfor været vanskeligt at fastholde de gode intentioner og fremover vil vi givetvis arbejde med et budget for CO₂ – inkl. en risiko. Desuden vil vi bestræbe os på at få inddraget entreprenørens viden og kompetencer tidligere i processen,” afslutter projektlederen.

FRA PROJEKTETS YDELSESBEKRIVELSE:

Totalrådgiverens ydelser i relation til den frivillige bæredygtighedsklasse, herunder krav vedr. LCA, er oplyst i byggesagens ydelsesbeskrivelse, afsnit 9.33. Herunder er angivet enkelte afsnit:

”Der skal som udgangspunkt anvendes produkt-specifikke og branche-EPD’er til den endelige beregning. Hvor dette ikke er muligt, kan generisk materialedata dog benyttes. Gennem processen skal der indarbejdes usikkerhedsfaktorer afhængig af anvendt datakvalitet. Der kan eksempelvis tillægges 20 % ved brug af generisk materialedata. Der skal afleveres en LCA ved hvert faseskift foruden de afleveringer, som skal uploades til FBK.”

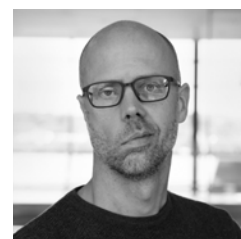
”I de indledende faser skal minimum 4 betydende konstruktionsdele varieres”.

”Bæredygtighed skal behandles som et selvstændigt punkt på hvert bygherremøde.”

Se projektets ydelsesbeskrivelse i bilag 3 på www.vaerdibyg.dk/vejledning/LCA-processen

Hent inspiration og gode råd

På aarhus.dk er samlet en række af de erfaringer, krav og anbefalinger, der er kommet ud af Aarhus Kommunes tværgående bæredygtighedsanalyse. F.eks. kan du finde publikationen ”LCA i processen”, der bl.a. oplister aktiviteter og opmærksomhedspunkter gennem de forskellige faser, herunder hvor meget buffer, der bør afsættes som sikkerhedsmargin til håndtering af uforudsete klimabelastninger gennem byggeriets faser.



David Eltang

Proces- og projektleder
Aarhus Kommune, Børn og Unge

Næste skridt: opsamling af erfaring og viden

Lige nu mangler vi erfaring for, hvordan vores valg undervejs i byggeprocessen påvirker projekternes endelige CO₂-aftryk. De fleste har en ide om, at der er stor forskel på udledningen ved beton og træ. Men når man taler designvalg som f.eks. bygningsudformning, vinduesarealer og konstruktionsprincippers konsekvenser for det endelige CO₂-regnskab, kommer de fleste nok til kort uden en grundigere analyse.

For at blive rigtigt effektive i vores valg undervejs i et projekt, er der behov for, at vi udvikler tommelfingerregler og får de rigtige værktøjer, så vi kan lave hurtige overslag for CO₂-udledning og træffe informerede beslutninger, selvom vi har travlt.

Det er vigtigt for den gode LCA-proces, at alle parter og virksomheder arbejder målrettet med at få opsamlet referencer og opbygget et bibliotek af viden og mulige løsninger, så vi i sidste ende kan håndtere CO₂-udledning, som vi håndterer økonomi. Et godt råd til alle er at etablere en intern struktur for erfaringsopsamling fra de byggeprojekter, der har krav om LCA-beregninger.

Et andet råd er at dele sine erfaringer og ikke mindst data til resten af branchen. Det kan være at bidrage til de case-biblioteker, der findes f.eks. hos VCBK.dk. Det handler om at gøre sig selv og branchen stærkere til at gennemføre en LCA-proces, der hjælper med at sænke byggeriets CO₂-aftryk.

”Vi skal uddanne os selv med raketfart!”

– Entreprenør

Værdibyg er et samarbejde mellem byggeriets toneangivende organisationer. Værdibyg udvikler en ny fælles praksis for byggeprocessen på tværs af byggeriets aktører.

Denne vejledning beskriver, hvordan LCA-beregninger kan anvendes som beslutningsværktøj gennem hele byggeprocessen. Med afsæt i praktikeres gode råd og anbefalinger, udfoldes LCA-processens indhold, begreber, aktiviteter m.m. for at understøtte et så lavt CO₂-aftryk, som et byggeprojekts rammer muliggør.