



Transportministeriet

Manual for klimaopgørelser af anlægsprojekter i Transportministeriets koncern

Version 1.1

Senest opdateret: december 2025

Indhold

1	Indledning	4
2	Den grundlæggende metode til klimaopgørelser til beslutningsgrundlag	5
3	Afgrænsning	7
3.1	Inkluderede livscyklusmoduler	8
3.2	Datakilder og opgørelse	11
4	Emissionsfaktorer	12
4.1	Beregning af basisemissionsfaktorer	13
5	Opgørelse af mængder	15
6	Opdeling af udledninger – geografi og kvotesystem	16
6.1	Opdeling i Danmark og udland	17
6.2	Opdeling inden for og uden for kvotesystemet	18
6.3	Samlet beregning af opdelinger	19
7	Fremskrivning og analyseperiode	20
7.1	Analyseperiode	21
7.2	Fremskrivning	21
8	Afrapportering	25
	Bilag: Klimaopgørelser til andre anvendelser	27
B.1	Klimaopgørelse gennem projektfaser	27
B.1.1	Indledende projektfaser	27
B.1.2	Design-, udbuds- og anlægsskemaer	27
B.1.3	Evalueringer (as-built)	28
B.2	Anvendelse af centrale standarder	28
B.3	LCA-tilgang	28
B.3.1	Valg mellem konsekvens-LCA eller attributionel-LCA	29
B.4	Fastlæggelse af systemgrænser og funktionel enhed	30
B.5	Mængdeopgørelse	31
B.5.1	Korrektionstillæg	32
B.6	Inkludere yderligere livscyklusmoduler	32
B.7	Korrektion af analyseperiode og funktionel levetid	34
B.8	Fremskrivning ved anden anvendelse	35
B.9	Offentliggørelse og forbehold ved sammenligning	35
B.9.1	Usikkerheder forbundet med resultaterne	36
B.9.2	CO ₂ -log	36

1 Indledning

Anlæg og vedligehold af infrastruktur udleder drivhusgasser bl.a. fra udvinding, forarbejdning, transport og anvendelse af materialer og energi. De største bidrag kommer typisk fra produktion af beton, stål og asfalt samt fra jordarbejde og materialetransport.

Transportministeriets departement, Banedanmark, By & Havn, Metroselskabet, Sund & Bælt og Vejdirektoratet har udarbejdet denne manual som en fælles metode til at opgøre klimaeffekter ved anlægsprojekter og den efterfølgende udskiftning af materialer og produkter. Formålet er, at klimaopgørelser udføres efter en ensartet metode, der sikrer sammenlignelighed og transparens.

En klimaopgørelse dækker udledning af drivhusgasser fra et konkret anlægsprojekt. Drivhusgasser omfatter fx CO₂, metan og lattergas, og deres effekt måles som globalopvarmningspotentiale (GWP) i CO₂-ækvivalenter, hvor CO₂ er reference.¹ For enkelhed omtales CO₂-ækvivalenter som CO₂ eller udledninger i manualen.

I klimaopgørelsen opgøres anlægsprojektets bruttoudledninger, og der tages ikke højde for, at anlægsprojektet kan fortrænge CO₂-udledning fra en alternativ anvendelse af anlægsmidlerne enten i den private eller den offentlige sektor.

Alle klimaopgørelser, der indgår i politiske beslutningsoplæg om anlægsprojekter i Transportministeriets concern, skal følge manualen. Det inkluderer miljøkonsekvensvurderinger, forundersøgelser, strategiske analyser og andre analyser, hvor der indgår en samfundsøkonomisk analyse af projektet.

Såfremt en klimaopgørelse afviger fra manualen, skal det fremgå af opgørelsen, hvilke afvigelser det drejer sig om og en begrundelse for afvigelserne.

Manualen bygger på en livscyklustilgang (LCA), hvor udledning i anlæggets livscyklus skal opgøres fra udvinding af råstoffer til den efterfølgende udskiftning af materialer og produkter i 50 år efter åbning. Manualen angiver, hvordan udledninger skal fremskrives, så der tages højde for forventet teknologisk udvikling. Den angiver også, hvordan udledninger opdeles efter, om de sker inden eller uden for Danmarks grænser og om de sker inden eller uden for kvotesektoren. Manualen forholder sig ikke til udledningen fra drift af infrastrukturanlæg, herunder fra den trafik, der benytter anlægget efter åbningen. Disse udledninger opgøres særskilt og skal altid medtages i beslutningsgrundlaget for at vise projektets samlede klimaftryk.

Ud over manualen er der udarbejdet et "Katalog over nøgletal til Klimaopgørelser". Seneste udgave af nøgletalskataloget skal anvendes til klimaopgørelser, der følger denne manual.

Tak til Harpa Birgisdóttir (AAU), Niels Buus Kristensen (Transportøkonomisk Institut i Oslo) og Henrik Gudmundsson (Concito), der har bidraget med kommentarer og sparring på et udkast til manualen.

Manualen er opbygget, så den første del (kapitel 2 – 5) beskriver den grundlæggende LCA-tilgang. Kapitel 6 og 7 beskriver principperne for opdeling og fremskrivning af udledningerne, og kapitel 8 redegør for, hvordan klimaopgørelsen skal afrapporteres. Manualen indeholder et bilag, som primært beskriver hvordan metoden kan anvendes til klimaopgørelser i faserne efter den politiske beslutning.

¹ Dette omfatter både fossile og biogene emissioner samt emissioner fra ændringer i arealanvendelse og skovbrugsrelaterede emissioner (LULUCF). Opgørelsen skal ske i overensstemmelse med EN 15804+A2-standard, der anvender karakteriseringsfaktorer fra IPCC 2013 (AR5) med en tidshorisont på 100 år.

2 Den grundlæggende metode til klimaopgørelser til beslutningsgrundlag

Den grundlæggende beregningsmetode til klimaopgørelser består af syv trin:

Beregning af CO₂-udledning fra:

1. Produktion af materialer og produkter (fx stål, beton, plast mv.)
2. Transport af materialer eller produkter (fx med lastbil, tog, skib til byggeplads)
3. Installation/montering af materialer og produkter i anlæg (fx betonstøbning, montering af stål, udlægning af asfalt mv.)
4. Reinvestering/udskiftning af komponenter² (fx udskiftning af asfaltslidlag, autoværn eller pumper mv.)

Opdeling og fremskrivning:

5. Hvor udledningerne forventes at finde sted (i Danmark eller udlandet)
6. Om udledningerne forventes at være omfattet af kvotesystemet (ETS) eller ej
7. Fremskrivning af udledningerne til anlægsperioden og de år, hvor komponenter skal udskiftes

Beregning af CO₂-udledning i et anlægsprojekt

Den samlede CO₂-udledning for et anlægsprojekt består af summen af trin 1-4. Beregningen af disse trin tager udgangspunkt i en livscyklustilgang.

Livscyklustilgang og standarder for beregning af CO₂-udledning

Manualen anvender den aggregerede LCA-metode, også kendt som emissionsfaktorbaseret LCA. Der skal anvendes en attributionel, og ikke konsekvensbaseret, LCA-tilgang. Dette er nærmere beskrevet i bilaget.

Vejledning for LCA af anlæg og infrastruktur findes i standarden EN 17472 samt de overordnede standarder EN 15804 og ISO 14040/14044. Nærværende manual bygger på en praktisk fortolkning af disse standarder suppleret med yderligere analyser. For elementer, der ikke er beskrevet i manualen, kan der søges vejledning i de nævnte standarder.

For at kunne beregne CO₂-udledningen er det nødvendigt at opgøre materialemængder, transportafstande og energiforbrug til installation. Disse ganges med emissionsfaktorer, der angiver CO₂-udledning pr. enhed.

² Komponenter kan både være materialer, produkter eller dele af disse.

Beregning af CO₂-udledning

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. Produktion af materialer | $\text{materiale} \times \text{mængde} \times \text{emissionsfaktor}$ |
| 2. Transport af materialer | $\text{materiale} \times \text{mængde} \times \text{distance} \times \text{transportemissionsfaktor}$ |
| 3. Indbygning i anlæg | $\text{aktivitet} \times \text{forbrug pr. enhed} \times \text{emissionsfaktor}$ |
| 4. Udskiftning af materialer | $\text{CO}_2 \text{ fra materialer} + \text{transport} + \text{indbygning} + \text{bortskaffelse}$ |

CO₂-udledningen fra produktion af materialer og produkter beregnes ved at gange mængden med emissionsfaktoren for det relevante materiale eller produkt.

CO₂-udledningen fra transport af produkter eller materialer beregnes ved at gange mængden af materialet/produktet med transportdistancen og emissionsfaktoren for den relevante transportform.

CO₂-udledningen fra installation/montering af materialer og produkter beregnes ved at gange mængden af en aktivitet med forbruget af det drivmiddel pr. enhed, som bruges til aktiviteten, og med emissionsfaktoren for maskinens drivmiddel.

Til beregning af transport internt på byggepladsen benyttes formelen i trin 2. For midlertidige konstruktioner benyttes formelen i trin 1. For midlertidige konstruktioner som anvendes i flere anlægsprojekter nedskrives emissionsfaktoren i trin 1 forholdsmæssigt efter forventet antal anvendelser.

CO₂-udledning fra udskiftning af materialer beregnes som summen af udledningen i trin 1-3 for de komponenter, der udskiftes. Hertil skal lægges CO₂-udledningen fra affaldshåndtering af den udskiftede komponent.

Eksempel 2.1: Udledning fra beton til et anlæg

I et stilistisk anlægsprojekt skal der i 2025 anvendes 1.000 ton beton og 200 ton asfaltslidlag, som begge skal transporteres 100 km, støbearbejdet forbruger 0,5 liter diesel pr. ton beton og asfaldudlægningen 0,3 liter pr. ton asfalt. Beton har en emissionsfaktor på 100 kg CO₂ pr. ton, asfalt 70 kg CO₂ pr. ton (se metode for beregning i kapitel 4), transport 0,1 kg CO₂ pr. tkm og diesel 3,6 kg CO₂ pr. liter (opdaterede tal kan findes i nøgletalskataloget).

CO₂-udledningen opgøres på følgende måde:

$$\begin{array}{ll}
 \text{Produktion:} & 1.000 \text{ ton} \times 100 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{ton}} + 200 \text{ ton} \times 70 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{ton}} = 114.000 \text{ kg CO}_2 \\
 \text{Transport:} & (1.000 \text{ ton} + 200) \times 100 \text{ km} \times 0,1 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{tkm}} = 12.000 \text{ kg CO}_2 \\
 \text{Støbearbejde:} & 1.000 \text{ ton} \times 0,5 \frac{\text{liter}}{\text{ton}} \times 3,6 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{liter}} = 1.800 \text{ kg CO}_2 \\
 \text{Asfaltarbejde:} & 200 \text{ ton} \times 0,3 \frac{\text{liter}}{\text{ton}} \times 3,6 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{liter}} = 216 \text{ kg CO}_2 \\
 \\
 \text{I alt} & \underline{\underline{128.016 \text{ kg CO}_2}}
 \end{array}$$

Dertil kommer udledning fra den efterfølgende udskiftning af materialer og produkter. Dette beregnes som summen af udledningen i trin 1-3 for de komponenter, der udskiftes. Hertil skal lægges CO₂-udledningen fra affaldshåndtering af den udskiftede komponent.

Opdeling og fremskrivning af CO₂-beregning

Danmark har vedtaget mål for vores nationale CO₂-udledning. Derfor er det relevant at opdele CO₂-udledningen i, om den forventes at ske i Danmark eller i udlandet. Denne opdeling skal foretages ud fra data fra Danmarks Statistik om værdien af import og eksport af de materialer, der typisk indgår i et anlægsprojekt.

Dele af CO₂-udledningen er ligeledes omfattet af et kvotesystem, hvor udledninger i udgangspunktet skal modvirkes af tilsvarende reduktioner andre steder i kvotesektoren. Derfor er det ligeledes relevant at foretage en opdeling af, om udledningen sker inden eller uden for kvotesektoren.

Herefter fremskrives udledningen til de år, hvor udledningerne forventes at ske. Dette er baseret på en forventning om, at teknologisk udvikling fører til CO₂-reduktioner på grund af fx forbedrede fremstillingsprocesser, ændrede drivmidler eller nye materialer.

3 Afgrænsning

Dette kapitel beskriver, hvilke dele af et anlægsprojekts livscyklus, der skal indgå i CO₂-beregningen – og hvilke dele, der ikke skal.

Et anlægsprojekts livscyklus opdeles i forskellige faser, også kaldet livscyklusmoduler. Standarderne anvender ensartede kodenavne for disse moduler.

I klimaopgørelsen skal drivhusgasudledninger kun medtages for følgende livscyklusmoduler:

- Produktion af materialer (A1-A3)
- Transport af materialer (A4)
- Indbygning i anlæg (A5)
- Reinvestering/udskiftning af komponenter (B4)



3.1 Inkluderede livscyklusmoduler

Nedenfor gennemgås de livscyklusmoduler, der skal indgå i en klimaopgørelse. Der indgår ikke yderligere livscyklusmoduler.

Under de enkelte moduler er det nævnt, hvilke aktiviteter der skal inkluderes, og hvilke der skal udelades. Aktiviteter, der skal udelades, er vurderet til at have marginal betydning for den samlede CO₂-udledning og er samtidig vanskelige at opgøre ensartet.

3.1.1 Produktion af materialer (A1-A3)

Omfatter udvinding af råmaterialer (A1), transport til produktion (A2) og selve fremstillingen af byggematerialer (A3). Dette inkluderer ressourcer, energiforbrug, emissioner og affald fra produktionen af for eksempel beton, stål og asfalt.

Skal inkluderes:

- Produktionsprocesserne indtil produktet forlader fabrikken for alle materialer, der anvendes i anlægskonstruktionen.

3.1.2 Transport til anlægspladsen (A4)

Omfatter transporten af materialer fra producent til anlægsplads. Kendes de konkrete transportafstande, anvendes disse i opgørelsen. Hvis det ikke er tilfældet, skal transportafstandene i nøgletalskataloget anvendes.

Skal inkluderes:

- Transport af materialer og produkter fra fabriksporten til anlægspladsen.

Skal ikke inkluderes:

- Mellempbevaring, effekter af skader og materialetab under transport.

3.1.3 Indbygning på anlægsplads (A5)

Dækker aktiviteter på anlægspladsen, herunder midlertidige konstruktioner og energiforbrug (fx i arbejdsmaskiner).

Skal inkluderes:

- Jordarbejde og landskabsarbejde
- Processer der opstår pga. arealforandring fx omlægning af skov til bebygget areal
- Arbejde med midlertidige konstruktioner inden og uden for anlægspladsen
- Produktion og transformation af produkter på anlægspladsen
- Installation af produkter i anlægget inklusive andre supplerende materialer
- Intern transport af materialer som produkter, udstyr og affald
- Køling, opvarmning, ventilation og fugtregulering under anlægsarbejdet
- Affaldshåndtering af andet affald genereret på sitet

Skal ikke inkluderes:

- Mellempbevaring af produkter inklusive klima- og fugtregulering uden for anlægspladsen
- Transport af personer, maskiner og anlægsudstyr til/fra byggepladsen
- Vand til køling af maskineri eller rengøring
- Produktion, transport og affaldshåndtering af produkter ødelagt eller tabt under anlægsarbejdet

3.1.4 Udskiftning (B4)

Omfatter udskiftning af materialer eller komponenter i brugsfasen. For eksempel slidlag eller autoværn.

En komponents forventede levetid sammenholdt med analyseperioden afgør, hvor mange gange den skal udskiftes. Analyseperioden er fastsat til 50 år efter åbningen (se også kapitel 7). Komponenter med forventet levetid på over 50 år medregnes derfor ikke under udskiftning.

For hver udskiftning opgøres:

- Produktion af de udskiftede komponenter (som i A1-A3)
- Transport af de udskiftede komponenter (som i A4)
- Udskiftningsprocessen (som i A5)
- Affaldshåndtering af de udskiftede komponenter (som i C1-C4, se næste afsnit)

Eksempel 3.1: Udskiftning af komponenter

I et stilistisk anlægsprojekt indgår to komponenter:

- **Betonkomponent** med en levetid på 40 år
- **Asfaltslidlag** med levetid på 16 år

Komponent	Levetid (år)	Forventede udskiftningsår	Antal udskiftninger på 50 år
Betonkomponent	40	40	1
Asfaltslidlag	16	16, 32, 48	3

Beregning af B4-bidrag:

- For *betonkomponenten* beregnes B4 som summen af dens moduler (A1, A2, A3, A4, A5 og C1-C4) x 1 udskiftning.
- For *asfaltslidlaget* beregnes B4 som summen af de samme moduler x 3 udskiftninger.

Det vil sige, at hver gang en komponent skal udskiftes inden for dens funktionelle levetid, gentages dens fulde livscyklus (produktion, transport, indbygning og bortskaffelse).

3.1.5 Bortskaffelse (C1 – C4)

Bortskaffelse dækker det arbejde, der udføres, når anlæggets funktionelle levetid er slut. For mange anlæg ligger det ofte langt ude i fremtiden. Derfor indgår CO₂-udledning fra projektets endelige bortskaffelse ikke i klimaopgørelsen. Bortskaffelse inkluderes udelukkende i manualen, fordi det skal bruges til at beregne CO₂-udledninger for komponenter, der udskiftes i løbet af analyseperioden (B4).

Nedrivning (C1)

Omfatter energi- og ressourceforbrug forbundet med demontering og nedrivning ved levetidens afslutning.

Skal inkluderes:

- Arbejde inden og uden for byggepladsen
- Midlertidigt arbejde ved komponentens endte levetid, såsom sortering, dekonstruktion, adskillelse og nedrivning.

Transport (C2)

Dækker transport af de nedrevne materialer til genanvendelse, deponi eller anden affaldsbehandling.

Skal inkluderes:

- Transport af materiale frem til end-of-life-fasen, inklusiv eventuelle mellemtransporter, fx transport til mellemdepoter og opsamlingspladser.

Affaldsbehandling (C3)

Omfatter forberedende processer før endelig bortskaffelse, for eksempel sortering, knusning og anden mekanisk eller kemisk behandling.

Skal inkluderes:

- Affaldssortering og forberedende behandling til genbrug.
- Processer til energigenvinding (for eksempel varmeudvinding).

Bortskaffelse (C4)

Dækker den sidste behandling af affald, herunder emissioner fra deponi og forbrænding.

Skal inkluderes:

- Neutralisering.
- Forbrænding (med eller uden energiproduktion).
- Deponi (med eller uden opsamling af gas).

3.2 Datakilder og opgørelse

I opgørelsen af livscyklusmodulerne skal alle kendte CO₂-udledninger, som beskrevet ovenfor, medtages, når der foreligger data.

I nedenstående tabel beskrives hvilke datakilder og opgørelsesmetoder, der er relevante for hvilke livscyklusmoduler og beregningsdele.

Beregningsdel	Datakilder og opgørelse
Emissionsfaktorer	Kapitel 4 beskriver de datakilder, som skal anvendes for at fastlægge emissionsfaktorer.
Mængdeopgørelse	Kapitel 5 beskriver de datakilder, som skal anvendes til at opgøre mængderne, der anvendes i projektet
Aktiviteter på byggepladsen og forbrug pr. enhed	Energiforbruget på anlægspladsen (A5) opgøres efter en af følgende metoder i prioriteret rækkefølge: 1. Projektdata om emissioner fra maskintype og aktivitet fra tidligere sammenlignelige projekter, der kan skaleres ud fra mængder. 2. Specifikke maskindata eller udvalgte projektdata selv hvis de ikke er fuldt sammenlignelige. 3. Standardværdier fra databaser. 4. Gennemsnitlige emissionsfaktorer pr. investeret krone eller pr. ton byggemateriale, baseret på referenceprojekter eller nationale databaser.
Transportafstande	Hvis den konkrete afstand ikke kendes, anvendes standardafstandene i nøgletalskataloget
Levetid for komponenter	En komponents levetid (B4) fastsættes i prioriteret rækkefølge ud fra følgende kilder: 1. kendt praksis eller erfaring 2. designkrav 3. produktets tekniske dokumentation.

CO₂-udledningen fra en aktivitet kan udelades (cut-off), hvis følgende kriterier er opfyldt:

- Udledningen vurderes at udgøre højst 1 pct. af den samlede CO₂-udledning for hele anlægsprojektet.
- De samlede udeladelser inden for ét livscyklusmodul må maksimalt udgøre 5 pct. af modulets samlede udledning.

4 Emissionsfaktorer

Emissionsfaktorer bruges til at omregne forbrug af materialer, transport og energi til udledning af CO₂.

En emissionsfaktor er en værdi for CO₂-udledningen pr. enhed af et materiale, et produkt eller en energitipe.

Ved klimaopgørelser skal der anvendes basisemissionsfaktorer, forstået som emissionsfaktorer udarbejdet efter en standardiseret metode. Kun hvis det kan dokumenteres, at et produkt kommer fra en specifik

leverandør, som har tredjepartsverificerede specifikke emissionsfaktorer for det konkrete produkt, kan disse anvendes.

For energiforbrug, transport og arealomlægning findes de relevante basisemissionsfaktorer i nøgletalskataloget.

4.1 Beregning af basisemissionsfaktorer

Metoden til beregning af basisemissionsfaktorer benyttes i livscyklusmodulerne A1-A3 samt C1-C4.

Basisemissionsfaktoren skal give et retvisende billede af gennemsnitsudledningen for et produkt på det danske marked. Basisemissionsfaktorer skal beregnes som gennemsnit af dokumenterede og repræsentative datakilder.

Datakilder skal prioriteres i denne rækkefølge:

1. Tredjepartsverificerede, repræsentative EPD'er³ fra tidligere anlægsprojekter (internt i organisationen eller på tværs af branchen).
2. Tredjepartsverificerede, offentligt tilgængelige, repræsentative EPD'er.
3. Generiske data fra anerkendte LCA-databaser (fx Ökobaumat).

Foreligger der fem eller flere datakilder fra den højest prioriterede datakilde (punkt 1), anvendes disse som grundlag for beregningen. Hvis der ikke findes fem fra denne kategori, suppleres med den næste datakilde på prioriteringslisten (punkt 2) og derefter punkt 3, indtil der samlet indgår fem datakilder. Det er således acceptabelt at kombinere datakilder fra lavere niveauer, hvis tilstrækkeligt antal ikke foreligger fra et højere.

Hvis der er færre end fem datakilder for et materiale, skal det tydeligt fremgå hvilke EPD'er, der er brugt, samt om de er vægtet forskelligt, eller der på anden måde er foretaget korrektioner.

Der skal kun indgå de nyeste data fra en producent. I det omfang der foreligger data af ældre dato, skal der foretages en konkret vurdering af, hvorvidt de stadig er aktuelle.

Der skal knyttes et basisår til basisemissionsfaktoren, der viser, hvilket år den gælder for. Basisåret beregnes som gennemsnittet af datakildernes udgivelsesår.

Hvis der i et projekt udføres analyser og samarbejder, som ændrer en emissionsfaktor (for eksempel produktoptimeringer), skal dette behandles som en følsomhedsanalyse.

4.1.1 Basisemissionsfaktor for materialer og produkter (A1-A3)

Her opgøres basisemissionsfaktoren ved at beregne et gennemsnit af de relevante datakilder.

³ EPD står for Environmental Product Declaration, som på dansk oversættes til Miljøvaredeklaration. En EPD er et dokument, der dokumenterer et produkts miljøpåvirkning, fx klimapåvirkning, gennem hele dets livscyklus, fra råmateriale til bortskaffelse.

Hvis der foreligger viden, som gør, at der i det konkrete projekt forventes at være afvigelser fra et nationalt gennemsnit, skal der korrigeres for dette. Det kan være historiske erfaringer, markedsandele, geografisk specifikke forsyningsbegrænsninger eller lignende.⁴

4.1.2 Basisemissionsfaktor for affaldshåndtering og nyttiggørelse (C1-C4)

Emissionsfaktoren beregnes på samme måde som for A1-A3, men kun med danske scenarier. En udenlandsk EPD kan derfor kun bruges, hvis den indeholder bortskaffelsesscenarier for Danmark.

Eksempel 4.1: Basisemissionsfaktor for produktion (A1-A3)

I dette eksempel beregnes udledningen ved produktion af asfalt (SMA 11 mm slidlag). Der findes mere end fem EPD'er, som alle indgår i beregningen.

EPD	CO ₂ -udledning (kg CO ₂ /ton)
1	52,1
2	80,8
3	91,3
4	48,9
5	20,7
6	32,5
7	52,8

Gennemsnit = $(52,1 + 80,8 + 91,3 + 48,9 + 20,7 + 32,5 + 52,8) / 7 = 54,2$ kg CO₂/ton.

Det vil sige basisemissionsfaktor for A1 – A3 fastsættes til 54,2 kg CO₂ /ton svarende til gennemsnittet af de syv EPD'er.

Basisår:

EPD'erne er modtaget som dokumentation i en periode mellem 2023 og 2025 fra forskellige projekter. Gennemsnittet af årstal for udgivelse af EPD'erne er 2023,5. Derfor afrundes og sættes basisår til 2024.

⁴ Der kan fx være særlig viden om, at råmaterialer i et givent geografisk område typisk fremskaffes eller produceres på en anden måde end i resten af landet. Her er det relevant at inddrage denne viden i en specifik basisemissionsfaktor for området.

Eksempel 4.2: Basisemissionsfaktor for bortskaffelse (C3)

I eksemplet beregnes udledningen ved bortskaffelse af stålbjælker. Der findes mere end fem repræsentative EPD'er, som alle indgår i beregningen.

EPD	CO ₂ -udledning (kg CO ₂ /ton)	Scenarie
1	2,1	Dansk
2	1,8	Spansk (<i>ekskluderes</i>)
3	2,0	Dansk
4	2,9	Dansk
5	2,8	Dansk
6	1,8	Dansk
7	3,5	Tysk (<i>ekskluderes</i>)

EPD nr. 2 og 7 ekskluderes, da de ikke omfatter et dansk bortskaffelsesscenarie for C3.

Beregning:

Gennemsnit = $(2,1 + 2,0 + 2,9 + 2,8 + 1,8) / 5 = 2,32$ kg CO₂/ton.

Det vil sige basisemissionsfaktor for C3 fastsættes til 2,32 kg CO₂/ton, beregnet som gennemsnittet af de fem danske EPD'er.

4.1.3 Basisemissionsfaktorer for el, transport og drivmidler

Basisemissionsfaktorer fra nøgletalskataloget for alle energikilder og transportformer skal anvendes, medmindre der foreligger dokumenteret, projektspecifikke data.

Der skal som minimum anvendes basisemissionsfaktorer fra nøgletalskataloget for:

- Elforbrug
- Materialetransport på vej
- Materialetransport på vand
- Materialetransport på bane
- Drivmidler (for eksempel diesel, benzin, biodiesel)

5 Opgørelse af mængder

Klimaopgørelsen skal baseres på samme mængdeopgørelser, som anvendes i det økonomiske anlægs-overslag.

Mængderne skal være opgjort på et tilstrækkeligt detaljeret niveau til, at de kan knyttes til en basisemissionsfaktor på baggrund af EPD'er eller tilsvarende datakilder. Er mængdeopgørelsen i et anlægsoverslag

opgjort på et meget overordnet niveau, fx km tunnel, vil det være nødvendigt at omregne dette til fx kubikmeter beton, ton stål mv. Det er ikke nødvendigt at opdele sammensatte produkter, hvis der findes en tilhørende sammensat EPD med de relevante emissioner.

Omregning mellem volumen, vægt eller andre enheder sker med branchens standardværdier eller for specifikke produkter ud fra produktdata.⁵

Hvis klimaopgørelserne baserer sig på erstatningsprodukter med et lavere klimaaftryk end standardprodukterne, er det nødvendigt at gøre sig overvejelser om erstatningsproduktet er en begrænset ressource, der alternativt ville være anvendt andre steder i samfundet.⁶

Mængdeopgørelser til anlægsoverslag undervurderer ofte de faktiske materialemængder, fordi ikke alle detaljer i et projekt er kendt eller kortlagt. Det er en af årsagerne til, at der i anlægsoverslag skal anvendes et korrektionstillæg. Tilsvarende skal der i klimaopgørelser anvendes et korrektionstillæg på det samlede resultat.

De gældende korrektionstillæg⁷ fremgår af nøgletalskataloget.

Eksempel 5.1: Korrektionsfaktor på samlet resultat

Et anlægsprojekts CO₂-udledning er i en miljøkonsekvensvurdering opgjort til 95.000 kg CO₂. I den specifikke projektfase indregnes et korrektionstillæg på 30 pct. Dermed beregnes den samlede udledning som

$$95.000 \text{ kg CO}_2 \times (1 + 30 \%) = 118.750 \text{ kg CO}_2$$

Hovedresultat inkl. 30 pct. korrektionstillæg er altså 118.750 kg CO₂.

6 Opdeling af udledninger – geografi og kvotesystem

Dette kapitel viser, hvordan projektets samlede CO₂-udledning fordeles efter om udledningen forventes at finde sted:

1. i Danmark eller i udlandet, og
2. inden eller uden for EU's kvotesystem (ETS).

I klimaopgørelsen skal projektets samlede CO₂-udledning præsenteres i en tabel svarende til nedenstående:

⁵ Værdier kan fx findes i vejreglernes faglige vejledninger, vejregler.dk.

⁶ For eksempel er slaggegrus et genanvendt alternativ til stabilgrus, men da det er en begrænset ressource, kan der sættes spørgsmålstegn ved om den CO₂-reducerende effekt ved brug af slaggegrus reelt kan opnås.

⁷ Ny Anlægsbudgettering (NAB) er den fælles statslige metode til at udarbejde og vurdere budgetter for store anlægsprojekter. Den standardiserede metode skal sikre, at anlægsprojekter vurderes ensartet og realistisk gennem hele beslutningsprocessen. NAB er opdelt i to faser, hvor detaljeringsgraden og sikkerheden i beregningerne gradvist øges. Derfor anvendes forskellige korrektionstillæg i de to faser.

Tabel 6.1: Forventet fordeling af de samlede udledninger

	Indland	Udland	I alt
Ikke-kvote			
Kvote			
I alt			

6.1 Opdeling i Danmark og udland

Beregningen af om CO₂-udledningen fra et materiale eller produkt sker i Danmark eller udlandet skal foretages efter følgende principper.

- **Produktion af materialer (A1-A3)** kan både ske i Danmark og udlandet. Den danske andel beregnes ud fra data fra Danmarks Statistik om værdien af dansk produktion, import og eksport for den relevante varegruppe.
- **Transport af materialer (A4)** foregår som udgangspunkt i Danmark. Hvis en del af transporten foregår i udlandet, korrigeres der ved at anvende en faktor, der afspejler andelen af transport i Danmark.
- **Indbygning i anlæg (A5)** foregår som udgangspunkt i Danmark. Hvis en del af indbygningen foregår i udlandet, korrigeres der ved at anvende en faktor, der afspejler andelen af indbygning i Danmark.
- **Reinvestering/udskiftning af komponenter (B4)** opgøres på samme måde som for ovenstående.
- **Bortskaffelse (C1-C4)** antages altid at have deres udledning i Danmark.

De beregnede andele for produktion af typiske materialer i anlægsprojekter, findes i nøgletalskataloget. Andele for yderligere materialer kan beregnes efter følgende formel⁸:

Beregning af dansk andel af CO₂-udledningen fra produktion af materialer

$$\frac{\text{Værdi af dansk produktion} - \text{Værdi af eksport}}{\text{Værdi af dansk produktion} - \text{Værdi af eksport} + \text{Værdi af import}}$$

⁸ Den danske andel estimeres som den del af den samlede tilførsel til det danske marked, der er produceret i Danmark. Beregningen tager udgangspunkt i værdien af dansk produktion, import og eksport på detaljeret varegruppeniveau. Det antages, at varestatistikken er så detaljeret, at dansk produktion og import kan betragtes som tilnærmelsesvis substituerbare – det vil sige at varer produceret i Danmark kan erstattes af importerede varer og omvendt. Data er baseret på økonomisk værdi, og det er groft antaget, at denne afspejler, i hvilket omfang produktionen finder sted i Danmark eller i udlandet. Relevante data kan findes i Danmarks Statistiks Input/Output-tabeller, fx Statistikbanken tabel NAI04

Eksempel 6.1: Udledninger opdelt på Danmark/udland

Et stilistisk anlægsprojekt bruger 50 ton stål.

Basisemissionsfaktor for produktion af stål er 1.900 kg CO₂ pr. ton.

Stål	Værdi (mia. kr.)
Dansk produktion	4
Eksport	2
Import	3

Beregning af dansk andel:

$$P_{DK} = \frac{4 - 2}{4 - 2 + 3} = 0,4$$

Det vil sige, at 40 pct. af stålet vurderes at være produceret i Danmark.

Så beregnes følgende:

- Samlet global udledning: $50 \text{ ton} \times 1900 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{ton}} = 95.000 \text{ kg CO}_2$
- National udledning: $50 \text{ ton} \times 1900 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{ton}} \times 40 \% = 38.000 \text{ kg CO}_2$
- Udenlandsk udledning: $50 \text{ ton} \times 1900 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{ton}} \times (1 - 40 \%) = 57.000 \text{ kg CO}_2$

Hvis der findes oplysninger om geografiske udledninger for et specifikt produkt, bør disse anvendes frem for økonomiske data.

6.2 Opdeling inden for og uden for kvotesystemet

I dette trin opdeles CO₂-udledningen efter, om den forventes at finde sted inden for eller uden for EU's kvotesystem (ETS1)⁹. Energistyrelsen udgiver et kortlægningsnotat, der angiver hvor stor en del af udledningen fra en given branche, der sker inden for kvotesystemet.¹⁰ I nøgletalskataloget er disse oplysninger oversat til at gælde for materialegrupper.

Fremgangsmåden er:

⁹ Fra 2027 indføres et nyt kvotesystem, ETS2, der bl.a. dækker brændstof. Denne udgave af manualen forholder sig alene til det eksisterende kvotesystem ETS1.

¹⁰ Kortlægningsnotaterne indeholder fordelingen af energiforbrug i danske brancher på tværs af kvoteomfattede og ikke-kvoteomfattede virksomheder. Notaterne opdateres løbende og er tilgængelige på Energistyrelsens hjemmeside.

1. Identificer hvilken materialegruppe materialet eller processen hører til (for eksempel beton, skinner kabler osv.).
2. Find kvoteandelen for den pågældende materialegruppe i nøgletalskataloget.
3. Udledningen i kvotesektoren beregnes ved at gange kvoteandelen med den samlede udledning fra produktionen af materialet eller processen.

For udenlandsk produktion antages kvoteandelen at svare til den danske branche, medmindre andet dokumenteres.

Eksempel 6.2: Udledninger inden og uden for kvotesystemet

Fortsat fra forrige eksempel med stål, hvor den globale udledning blev opgjort til 95.000 kg CO₂.

Stålet vurderes til at være under materialegruppen jern/stål, som har en kvoteandel på 45 pct.:

Så beregnes:

- Inden for kvotesystemet: $95.000 \text{ kg CO}_2 \times 45 \% = 42.750 \text{ kg CO}_2$
- Uden for kvotesystemet: $95.000 \text{ kg CO}_2 \times (1 - 45 \%) = 52.250 \text{ kg CO}_2$

Det vil sige: 42.750 kg CO₂ vurderes at være reguleret under kvotesystemet.

6.3 Samlet beregning af opdelinger

Når udledningen for et materiale er opdelt efter Danmark/udland samt inden og uden for kvotesystemet, kan resultaterne samles i én oversigt svarende til Tabel 6.3. Eksemplet nedenfor viser, hvordan det gøres for en mængde stål i et givent projekt.

Den endelige tabel udfyldes ved at summere udledningen for alle materialer og processer i projektet. Det vil sige fremgangsmåden er således:

1. Opdel udledning for hvert materiale i: Produktion (A1-A3), Transport (A4), Indbygning (A5) og eventuelle udskiftninger (B4).
2. Anvend beregnede andele for dansk/udenlandsk produktion og kvote/ikke-kvote.
3. Summer alle bidrag i firfeltstabellen for at få projektets samlede udledning.

Eksempel 6.3: Udledninger opdelt på både Danmark/udland og kvote/ikke-kvote

I Eksempel 6.1 blev den globale CO₂-udledning fra stålet beregnet til 95.000 kg, hvoraf 40 pct. forventedes at ske i Danmark. Stål hører til under materialegruppen jern/stål, hvor 45 pct. af energiforbruget sker i kvoteomfattede virksomheder.

CO₂-udledningen ved brug af stål i anlægsprojektet kan derfor opdeles på følgende måde:

- National udledning inden for kvotesystemet:
 $95.000 \text{ kg CO}_2 \times 40 \% \times 45 \% = 17.100 \text{ kg CO}_2$
- National udledning uden for kvotesystemet:
 $95.000 \text{ kg CO}_2 \times 40 \% \times (1 - 45 \%) = 20.900 \text{ kg CO}_2$
- Udenlandsk udledning inden for kvotesystemet:
 $95.000 \text{ kg CO}_2 \times (1 - 40 \%) \times 45 \% = 25.650 \text{ kg CO}_2$
- Udenlandsk udledning uden for kvotesystemet:
 $95.000 \text{ kg CO}_2 \times (1 - 40 \%) \times (1 - 45 \%) = 31.350 \text{ kg CO}_2$

Hvis stålproduktionen er det eneste CO₂-bidrag fra projektet, rapporteres det i nedenstående *tabel*

<i>Kg CO₂</i>	Indland	Udland	I alt
Ikke-kvote	20.900	31.350	52.250
Kvote	17.100	25.650	42.750
I alt	38.000	57.000	95.000

7 Fremskrivning og analyseperiode

For at sikre sammenlignelighed på tværs af anlægsprojekter eller mellem varianter af samme anlægsprojekt skal alle klimaopgørelser anvende den samme analyseperiode og samme tilgang til fremskrivning af klimaeffekterne.

7.1 Analyseperiode

Analyseperioden afgrænser det tidsrum, hvor anlægsprojektets klimapåvirkninger opgøres. Analyseperioden skal dække perioden fra anlægsbyggeriet påbegyndes og frem til 50 år efter åbningen. Dette svarer til den analyseperiode, der typisk anvendes i samfundsøkonomiske analyser.¹¹

Analyseperioden kan afvige fra den funktionelle levetid, som er den periode, hvor anlægget forventes at være i brug, før det udskiftes eller udfases. I opgørelsen skal der kun medtages de aktiviteter, der finder sted inden for analyseperioden. Aktiviteter, der forekommer efter denne periode, udelades.

7.2 Fremskrivning

Emissionsfaktorerne er udarbejdet for et givet basisår og viser, hvad udledningen ville være, hvis materialet blev produceret i dette år. Der er derfor behov for at fremskrive udledningerne, så klimaopgørelsen afspejler forventede forbedringer i teknologi og den grønne omstilling frem mod det tidspunkt, hvor materialet bruges i anlægsprojektet, hvad enten det er ved anlæg eller udskiftning. Nøgletalskataloget indeholder indeks til fremskrivningen, der baserer sig på Klima-, Energi- og Forsyningsministeriets klimafremskrivning og ENVI¹².

Det er aktuelt kun de danske udledninger, der fremskrives.¹³

7.2.1 Anlægsperiode

Fremskrivningen udføres ved at koble emissionskilder til de relevante sektorer i nøgletalskataloget.

Livscyklusmodul	Kilde til fremskrivning
Produktion af materialer og produkter (A1-A3)	CO ₂ -intensiteter i fremstillingserhverv (Klimafremskrivningen)
Materialetransport (A4, C2)	Gennemsnitlige udledninger fra transport (ENVI)
Aktiviteter på byggepladsen (A5, C1)	CO ₂ -intensiteter i bygge- og anlægssektoren (Klimafremskrivningen)
Affaldsforbrænding og deponi (C3, C4) samt arealomlægning (A5)	Fremskrives ikke ¹⁴

¹¹ Har anlægget en levetid på under 50 år, kan en kortere analyseperiode benyttes.

¹² ENVI er Vejdirektoratets model til beregning af eksterne effekter, herunder CO₂-udledning fra transporten. Modellen fremskriver den forventede udledning fra transport baseret på bl.a. Klimafremskrivningen.

¹³ Der arbejdes på at fastlægge et koncernfælles fremskrivningsindeks for udledninger i udlandet. Dette arbejde forventes færdiggjort medio 2026.

¹⁴ I Klimafremskrivningen afhænger CO₂-intensiteten alene af mængden og sammensætningen af affald. Der tages ikke højde for eventuelle effektiviseringer. Da sammensætningen af affald forventes at være forholdsmæssigt uændret over tid, forventes CO₂-intensiteten fra affaldsforbrænding derfor at forblive uændret.

Som det fremgår af tabellen, fremskrives alle materialer efter samme prognoser for produktion, transport og indbygning.¹⁵ Basisåret for materialerne vil dog variere.

Fremskrivningen skal foretages til det år, hvor udledningen forventes at finde sted. Ved flerårige anlægsprojekter fordeles udledningen over anlægsperiodens år. Hvis der foreligger oplysninger om projektets forventede økonomisk afløb, anvendes de som fordelingsnøgle. I mangel af disse oplysninger må CO₂-udledningen fordeles jævnt over anlægsårene.

¹⁵ I kommende versioner af manualen arbejdes der på at udarbejde forskellige fremskrivninger for forskellige materialegrupper, så der fx er en specifik fremskrivning for beton, stål osv.

Eksempel 7.1: Fremskrivning af udledninger i anlægsperioden

Et anlægsprojekt gennemføres fra 2025 til 2029.

Udledningen i Danmark fra produktionen af 50 ton stål (beregnet eksempel 6.1) udgør 38.000 kg CO₂ beregnet med en emissionsfaktor, der har basisåret 2024.

Produktion af stål skal fremskrives efter indekset for *fremstillingserhverv* i nøgletalskataloget.

Projektets økonomiske afløb forventes fordelt over anlægsårene som 10, 20, 29, 24 og 17 pct. (i alt 100 pct.).

Til dette eksempel anvendes et fiktivt fremskrivningsindeks for fremstillingserhverv er som følger:

År	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Fremskrivningsindeks	100	97	95	90	85	80	75

Da basisemissionsfaktorens basisår er 2024, korrigeres for forskellen mellem basisår (2024 = 97) og året for de forventede udledninger.

De samlede fremskrevne udledninger beregnes således:

$$2025: 38.000 \text{ kg CO}_2 \times 10 \% \times \frac{95}{97} = 3.722 \text{ kg CO}_2$$

$$2026: 38.000 \text{ kg CO}_2 \times 20 \% \times \frac{90}{97} = 7.052 \text{ kg CO}_2$$

$$2027: 38.000 \text{ kg CO}_2 \times 29 \% \times \frac{85}{97} = 9.657 \text{ kg CO}_2$$

$$2028: 38.000 \text{ kg CO}_2 \times 24 \% \times \frac{80}{97} = 7.522 \text{ kg CO}_2$$

$$2029: 38.000 \text{ kg CO}_2 \times 17 \% \times \frac{75}{97} = 4.995 \text{ kg CO}_2$$

Den samlede fremskrevne indenlandske udledning udgør dermed **32.946 kg CO₂**, svarende til 86 pct. af den ikke-fremskrevne udledning.

7.2.2 Efterfølgende udskiftning (B4)

Den efterfølgende udskiftning fremskrives på samme måde, som for anlægsperioden, hvor der for hver udskiftning skal fremskrives individuelt på modulernes udledning, som kobles til de relevante sektorer i nøgletalskataloget. Eksempel 7.2 uddyber tilgangen.

Eksempel 7.2: Fremskrivning af udledninger fra udskiftning

Der arbejdes videre med Eksempel 3.1 vedrørende beton og asfaltslidlag.

Betonelementet og asfaltslidlaget har opgjort følgende udledninger for livscyklusmodulerne i basisåret:

I nøgletalskataloget findes fordelingen af udledning i Danmark og uden for Danmarks grænser til 90 pct. og 86 pct. for de to produkter

CO₂-udledning indenfor Danmarks grænser i basisåret, kg.

	A1-A3	A4	A5	C1	C2	C3 + C4
Betonelement	90.000	10.000	1.800	500	12.000	100
Asfaltslidlag	12.000	2.000	216	600	3.000	200

CO₂-udledning udenfor Danmarks grænser i basisåret, kg.

	A1-A3	A4	A5	C1	C2	C3 + C4
Betonelement	10.000	0	0	0	0	0
Asfaltslidlag	2.000	0	0	0	0	0

Betonelementet har en levetid på 40 år og asfaltslidlaget på 16 år.

I nøgletalskataloget findes følgende indeks til fremskrivning. Basismissionsfaktorerens basisår er 2025 og fremskrivningsindeksene har indeks 100 i 2025.

Fremskrivningsindeks (2025 = indeks 100)

År efter åbning af anlæg	16	32	40	48
Produktion af materialer og produkter (A1-A3)	82	70	68	35
Materialetransport (A4) (C2)	80	70	60	35
Aktiviteter på byggepladsen (A5) (C1)	90	95	81	80
Affaldsforbrænding og deponi (C3 og C4)	100	100	100	100

De samlede CO₂-udledninger for udskiftning kan derfor opgøres på følgende måde

Udskiftning af betonelement år 40:

$$90.000 \text{ kg} \times \frac{68}{100} + 10.000 \text{ kg} \times \frac{60}{100} + 1800 \text{ kg} \times \frac{81}{100} + 500 \text{ kg} \times \frac{81}{100} + 12000 \text{ kg} \times \frac{60}{100} + 100 \text{ kg} \times \frac{100}{100} = 76.363 \text{ kg}$$

Udskiftning af asfaltslidlag år 16:

$$12.000 \text{ kg} \times \frac{82}{100} + 2.000 \text{ kg} \times \frac{80}{100} + 216 \text{ kg} \times \frac{90}{100} + 600 \text{ kg} \times \frac{90}{100} + 3.000 \text{ kg} \times \frac{80}{100} + 200 \text{ kg} \times \frac{100}{100} = 14.774,4 \text{ kg}$$

Udskiftning af asfaltslidlag år 32:

$$12.000 \text{ kg} \times \frac{70}{100} + 2.000 \text{ kg} \times \frac{70}{100} + 216 \text{ kg} \times \frac{95}{100} + 600 \text{ kg} \times \frac{95}{100} + 3.000 \text{ kg} \times \frac{70}{100} + 200 \text{ kg} \times \frac{100}{100} = 12.875,2 \text{ kg}$$

(fortsat)

$$\begin{aligned} &\text{Udskiftning af asfaltslidlag år 48:} \\ &12.000 \text{ kg} \times \frac{35}{100} + 2.000 \text{ kg} \times \frac{35}{100} + 216 \text{ kg} \times \frac{80}{100} + 600 \text{ kg} \times \frac{80}{100} + 3.000 \text{ kg} \times \frac{35}{100} + 200 \text{ kg} \times \frac{100}{100} \\ &= 6.802,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Den samlede forventede CO₂-udledning inden for Danmarks grænser er derfor 110.815,4 kg

Samlet inden for og uden for Danmarks grænser (hvor udenlandsk CO₂ ikke fremskrives):

$$110.815,4 \text{ kg} + 10.000 \text{ kg} + 2.000 \text{ kg}$$

Derfor opgøres den samlede forventede CO₂-udledning til 122.815,4 kg for B4 i den 50-årige analyseperiode.

8 Afrapportering

I selve beslutningsoplægget skal resultaterne fra klimaopgørelsen præsenteres som den samlede udledning fra projektet med fremskrivning og opdelt som vist i Tabel 8.1 nedenfor.

Tabel 8.1: Samlet udledning fra projektet fremskrevet, ton CO₂-ækvivalenter

	Indland	Udland	I alt
Ikke-kvote			
Kvote			
I alt			Hovedresultat

Anm.: Alle tal i tabellen skal opgøres inkl. korrektionstillæg, jf. eksempel 5.1.

Er det nødvendigt kun præsentere ét enkelt tal fra klimaopgørelsen, bør det være den samlede udledning med fremskrivninger.

Ved flere projektsценарier præsenteres resultaterne for hvert scenarie, enten ved en justering af Tabel 8.1 eller ved at udarbejde en udgave af tabellen for hvert scenarie. Der bør desuden præsenteres en tabel, der gør det muligt at sammenligne den samlede CO₂-udledning på tværs af scenarier.

I beslutningsoplægget skal der være en henvisning til den bagvedliggende klimaopgørelse, der udarbejdes som et særskilt notat. Notatet skal som minimum indeholde følgende afsnit:

Beskrivelse af projektet

En kort beskrivelse af projektet, herunder hvilke typer anlægsarbejde, der udføres, samt eventuelle særlige anlægstekniske forhold, der påvirker CO₂-udledningen. Hvis der er flere projektvarianter (for eksempel linjeføringer eller designløsninger), skal forskelle, der påvirker udledningerne, tydeliggøres.

Afvielser fra manualen

Hvis der er afvigelser fra manualen, skal disse beskrives og begrundes samt ledsages af en vurdering af, hvordan afvigelsen kan påvirke resultatet. Det vil sige følg eller forklar.

Nedbrydning af hovedresultatet

Her gengives Tabel 8.1 i en version, hvor udledningerne ikke er fremskrevet. Dette gøres for at sikre transparens i datagrundlaget og for at kunne sammenligne projekter uafhængigt af anlægsåret. Endvidere opdeles de ikke fremskrevne udledninger efter, hvilke faser de hører til jf. Tabel 8.2 nedenfor.

Tabel 8.2: Samlet udledning fra projektet opdelt på faser ikke fremskrevet, ton CO₂-ækvivalenter

Produktionen af materialer og produkter (A1 – A3)	
Transport til byggeplads (A4)	
Anlægsarbejder og installationer (A5)	
Udskiftning (B4)	
I alt	

Ved flere projektscenarier eller hvis man ønsker at præsentere de fremskrevne resultater, kan tabellen udvides.

Bilag: Klimaopgørelser til andre anvendelser

I bilaget beskrives hvordan klimaopgørelsen kan foretages, når der er tale om andre formål end til brug ved beslutningsgrundlag. Det kunne for eksempel være ved evalueringer, projektering og designvalg.

Samtidig indeholder bilaget uddybninger af udvalgte emner i hoveddokumentet.

I bilaget bruges ordet "klimaopgørelse" bredt – det vil sige enhver beregning af klimapåvirkning for et anlægsprojekt, uanset formål.

Bilaget indeholder følgende:

B.1	Klimaopgørelse gennem projektfaser	27
B.2	Anvendelse af centrale standarder	28
B.3	LCA-tilgang	28
B.4	Fastlæggelse af systemgrænser og funktionel enhed	30
B.5	Mængdeopgørelse	31
B.6	Inkludere yderligere livscyklusmoduler	32
B.7	Korrektion af analyseperiode og funktionel levetid	34
B.8	Fremskrivning ved anden anvendelse	35
B.9	Offentliggørelse og forbehold ved sammenligning	35

B.1 Klimaopgørelse gennem projektfaser

Selvom detaljegraden ændrer sig gennem projektforløbet, bør metoden altid følge strukturen fra klimaopgørelsen til beslutningsgrundlag. Det gør det muligt at sammenligne resultater på tværs af projektfaser. Hvor det er relevant, kan der dog åbnes for supplerende vurderinger, fx ved at inkludere flere livscyklusmoduler, fremskrivninger eller konsekvensbaserede vurderinger.

B.1.1 Indledende projektfaser

I de tidlige faser anbefales det at bruge samme metode som til beslutningsgrundlag - også selvom opgørelsen ikke skal bruges i et beslutningsgrundlag.

Det kan dog overvejes at udelade de mest detaljerede efterbehandlinger (for eksempel opdeling på geografi og kvotesystem samt fremskrivning), hvis de ikke er relevante.

B.1.2 Design-, udbuds- og anlægsfaserne

Når projektet bevæger sig ind i design-, udbuds- og anlægsfasen og bliver mere konkret, kan metoden bruges til at sammenligne løsninger og dokumentere effekten af valg af materialer, konstruktioner og anlægsmetoder. Datagrundlaget vil typisk være en blanding af projektspecifikke emissionsfaktorer og standardværdier fra nøglekataloget.

Det kan i denne fase være relevant at inddrage flere livscyklusmoduler (fx energiforbrug i drift), hvis der er væsentlige forskelle på tværs af de løsninger, der undersøges.

B.1.3 Evalueringer (as-built)

Efter et projekt er færdigt, kan der udarbejdes en endelig klimaopgørelse, der afspejler de faktiske mængder og materialer, der blev anvendt (as-built). Her skal klimaopgørelsen til beslutningsgrundlag benyttes.

B.2 Anvendelse af centrale standarder

Andre anvendelser end klimaopgørelser til beslutningsgrundlag bør følge de metodiske rammer, der er fastlagt i relevante standarder:

Standard	Hvad den bruges til
ISO 14040	Grundlæggende principper og rammer for livscyklusvurdering (LCA).
ISO 14044	Detaljerede krav og retningslinjer for gennemførelse, herunder definition af mål og omfang, dataindsamling, vurdering og rapportering.
EN 15804	Europæisk standard for miljøvaredeklarationer for byggevarer. Fastlægger fælles regler for, hvordan miljøpåvirkninger beregnes, dokumenteres og rapporteres gennem en livscyklusvurdering.
EN 17472	Fastlægger krav og vejledning til udførelse af LCA'er af hele infrastrukturprojekter. Sikrer en ensartet tilgang til afgrænsning, beregning og rapportering af klima- og miljøpåvirkninger.

B.3 LCA-tilgang

Der findes to hovedtyper af LCA: "Attributionel LCA" og "Konsekvensbaseret LCA".

Attributionel LCA viser projektets andel af *eksisterende påvirkninger*, mens konsekvensbaseret LCA belyser de *ændringer*, som valget af løsning sætter i gang.

Type	Formål	Eksempel
Attributionel LCA	Viser et projekts andel af de gennemsnitlige klima- og miljøpåvirkninger fra de materialer, transporter og processer, der indgår.	Sammenligning af to belægningsløsninger med forskelligt materiale.
Konsekvensbaseret LCA	Fokuserer på de ændringer, et projektvalg medfører i det omkringliggende system og på markedet.	Effekt af ændret materiale- eller procesvalg. Fx øget brug af kalk eller jordudskiftning, der påvirker produktion og forbrug af ressourcer.

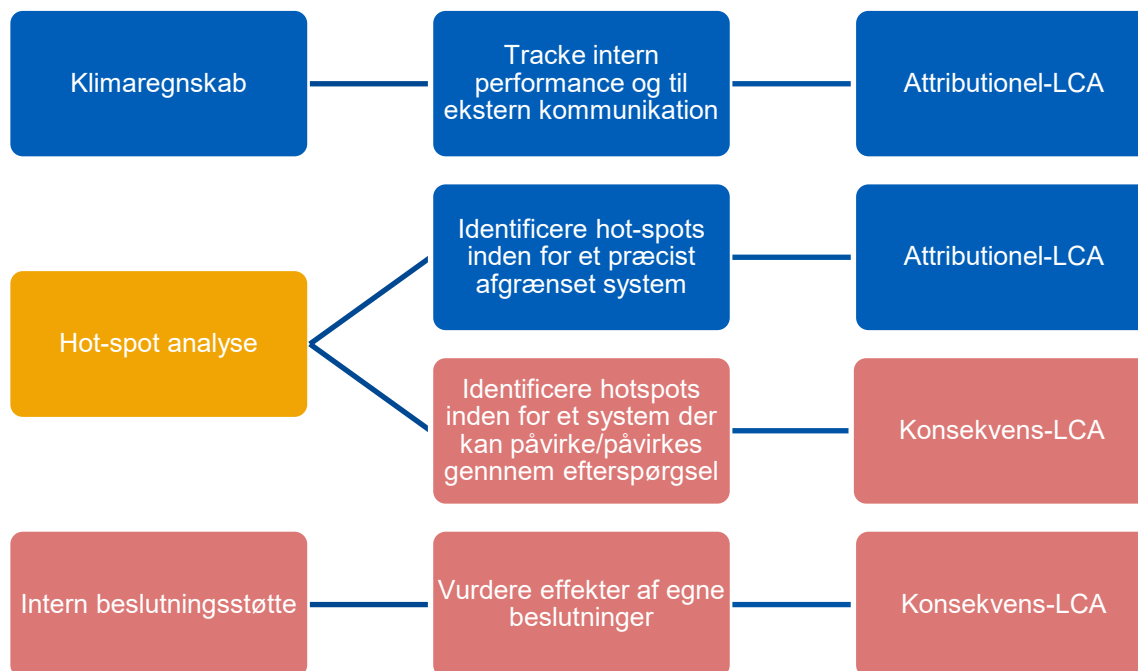
B.3.1 Valg mellem konsekvens-LCA eller attributionel-LCA

Manualen anbefaler attributionel LCA som standard i alle projektfaser, fordi:

- Der er begrænset tilgængelighed af detaljerede konsekvensbaserede datasæt, hvilket gør konsekvens-LCA vanskeligt at bruge i praksis.
- Det kræver betydelige ressourcer at opstille markedsforudsætninger for de mange produkter, der indgår i et anlægsprojekt.
- Den attributionelle tilgang følger den metode, der allerede anvendes bredt i branchen og i byggeriet.
- Metoden er i overensstemmelse med praksis for miljøvaredeklarationer (EPD'er) og EU's metode til at beregne og sammenligne miljøaftryk (PEF).

Det anbefales dog at overveje konsekvens-LCA, når det er praktisk muligt, da denne tilgang også fremhæves i ISO 14044.

Beslutningstræet nedenfor kan bruges som hjælp til at vurdere, hvornår konsekvens-LCA er relevant.



Klimaregnskab (dokumentation og ekstern rapportering)

Her er det vigtigt at kunne sammenligne med andre projekter eller benchmarks, og derfor bør attributionel LCA anvendes. Denne tilgang beskriver de gennemsnitlige emissioner fra de materialer og processer, der indgår, og muliggør standardiserbar og efterprøvbart rapportering.

Hotspot-analyse (identifikation af væsentlige påvirkningskilder)

Afhængigt af om man ønsker at forstå systemets status eller konsekvenserne af ændringer, kan både attributionel og konsekvensbaseret tilgang anvendes:

- Attributionel LCA bruges til at identificere de største poster i det eksisterende design
- Konsekvens-LCA kan anvendes, hvis man ønsker at forstå effekten ved ændringer i systemet – fx hvad sker der, hvis man går fra brugen af cement til et alternativt produkt

Intern beslutningsstøtte i design (valg mellem alternative løsninger)

Konsekvensbaseret LCA kan være relevant her, da den viser, hvordan alternative løsninger kan påvirke markedet og dermed reelt ændrer udledningerne. Fx øget brug af genbrugsmaterialer i et begrænset marked for genbrugsmaterialer. Attributionel LCA kan dog bruges i situationer, hvor beslutningen blot handler om at vælge det mindst belastende produkt inden for samme markedssituation.

B.4 Fastlæggelse af systemgrænser og funktionel enhed

Det er en central del af LCA og klimaopgørelser at fastlægge systemgrænser – det vil sige at lave en præcis beskrivelse af, hvad der indgår i projektet, og hvilke kilder til udledning der medregnes.

Et andet centralt begreb er den funktionelle enhed, som gør det muligt at sammenligne forskellige løsninger på et retfærdigt grundlag. For at kunne dette, bør resultaterne skaleres til samme funktionelle enhed. Det er afgørende, at projektbeskrivelserne er tilstrækkeligt detaljerede til at afgøre, om de faktisk løser

den samme opgave (er funktionelt ækvivalente.) hvis projekterne er meget forskellige, bliver det svært, og nogle gange umuligt, at definere en fælles funktionel enhed.

Manualen fastsætter derfor ikke én standard for den funktionelle enhed, da både funktion og formål varierer mellem forskellige typer anlæg. Den funktionelle enhed skal i stedet defineres konkret for det enkelte projekt, så den afspejler det behov, løsningen skal dække.

Eksempel B.4.1: Sammenligning af ikke funktionelt ækvivalente projekter

Kvantitativ sammenligning ved anlægsprojekter, der ikke er funktionelt ækvivalente:

Fælles funktionel enhed:

“Opgradering til 2-sporet bane med øget transportarbejde på minimum 8.000 person-kilometer pr. døgn, klar til brug.”

Løsning A – Jordudskiftning

Design: Etablering af dobbeltspor. Jord graves af, udskiftes og erstattes med nyt.

Funktion: Opfylder direkte den fastlagte funktionelle enhed (8.000 personkm/døgn).

Løsning B – Kalkstabilisering og ekstra forbigang

Design: Etablering af ekstra forbigang og signaloptimering på en kritisk del af strækningen. Jord stabiliseres in situ med kalk.

Funktion: Øger kapaciteten til 10.800 personkm/døgn. Det vil sige højere end den funktionelle enhed.

For at sammenligne de to løsninger retfærdigt skaleres klimaopgørelsen for Løsning B ned til den funktionelle enhed. Dette gøres ved hjælp af korrektionsfaktor B_{kf} :

$$B_{kf} = \frac{8.000 \text{ pkm}}{10.800 \text{ pkm}} = 0,741$$

B.5 Mængdeopgørelse

De mængder, der bruges i klimaopgørelsen, afhænger af, hvilken fase projektet befinder sig i, og hvilke data, der er tilgængelige.

I starten af projektet er mængderne ofte baseret på foreløbige skøn, mens mængderne gradvist bliver mere detaljerede og præcise, når projektet bevæger sig ind i de senere projekteringsfaser. Der kan her være tale om mængder fra et illustreret design og frem til et detaljeret design, hvor materialemængder

ofte fremgår direkte af modeller udarbejdet i BIM¹⁶, hvor materialer og komponenter er beskrevet ned til et konkret niveau.

I takt med at anlægsarbejdet realiseres, bliver de tidligere beregnede projektmængder gradvist erstattet af de faktiske dokumenterede mængder fra det færdige anlæg (også kaldet as-built-mængder). Det er disse mængder, der giver det mest præcise grundlag for den endelige klimaopgørelse.

B.5.1 Korrektionstillæg

For de tidlige projektfaser (NAB 1 og NAB 2) anvendes det samme korrektionstillæg, som bruges ved klimaopgørelsen til beslutningsgrundlag.

Når projektet når de senere faser, hvor mængder og data er mere præcise, kan man i stedet bruge et mindre korrektionstillæg, fx 10 pct.

B.6 Inkludere yderligere livscyklusmoduler

Det anbefales som minimum at inkludere de livscyklusmoduler, der indgår i klimaopgørelsen til beslutningsgrundlag.

For nogle projekter kan det være relevant at medtage de øvrige livscyklusmoduler, som beskrives nedenfor.

Eksempelvis kan det være relevant at medtage energiforbrug i driftsfasen for at synliggøre, hvordan forskellige anlægstekniske løsninger ikke kun påvirker anlægsfasen, men også den efterfølgende drift. Driftsfasen indgår som bekendt ikke i klimaopgørelsen til beslutningsgrundlag, men opgøres særskilt.

I overensstemmelse med EN 17472 bør alle livscyklusmoduler opgøres og præsenteres særskilt. Dette øger transparens og sporbarhed, og gør det muligt at lave efterfølgende analyser og sammenligninger.

Tabellen herunder præciserer, hvilke moduler der med fordel kan inkluderes eller udelades, så metoden forbliver ensartet.

¹⁶ BIM (BygningsInformationsModellering) er en digital 3D-model med data, der bruges til planlægning og styring af byggeri.

Modul	Hvad skal inkluderes	Hvad skal ikke inkluderes / bemærkninger
B1 – Arbejde i brug	CO ₂ fra anlæggets normale drift (fx kemiske processer, kontrol af brandalarmer)	CO ₂ fra energiforbrug og vandforbrug opgøres under B6, B7 og B8. B1 vurderes til at have et ubetydeligt bidrag, typisk under 1 pct. Da opgørelsen for nu er usikker og ressourcekrævende, anbefales modulet ikke inkluderet.
B2 – Vedligehold	Produktion og transport af de materialer og komponenter til vedligehold af infrastruktur Aktiviteter der sikrer funktion, teknik og æstetik (fx rengøring, maling)	Tab og spild af materialer, inkl. transport
B3 – Reparation	Produktion og transport af reservedele, selve reparationsprocessen	Materialetab og affaldshåndtering fra udskiftede dele
B5 – Istandsættelse (Refurbishment)	Produktion og transport af komponenter, selve istandsættelsen	Materialetab og bortskaffelse af udskiftede dele
B6 – Energiforbrug ved almindelig drift	Energiforbrug til drift af anlægget (belysning, ventilation, togdrift etc.)	Energiforbrug af brugere (B8), energiproduktion uden for anlæggets funktion (D2)
B7 – Vandforbrug ved almindelig drift	Vand til interne industrielle processer (fx køling, opvarmning)	Vanding af landskab, bidraget vurderes til under 1 %

B8 – Brugereffekter	CO ₂ fra brugernes aktiviteter, som skyldes anlæggets funktion (fx brændstof)	Miljøeffekter fra energiproduktion uden for anlægget – fx fra solceller eller vindmøller (D2)
D1 – Genbrug, genanvendelse og anden nyttiggørelse	Kreditter fra genbrug/genanvendelse, affaldsforbrænding/deponering, CO ₂ -optag fra planter mv.	CO ₂ -kreditter uden for anlægget (fx køb af klimakreditter, plantning af træer uden for projektet)
D2 – Energi fra anlægget	Netto-effekten af energiproduktion der forlader anlægget, inkl. analyse af fortrængt energimix	CO ₂ -kreditter uden for anlægget (fx køb af klimakreditter, plantning af træer uden for projektet)

B.7 Korrektion af analyseperiode og funktionel levetid

Analyseperioden vil ofte afvige fra den funktionelle levetid – det vil sige den periode anlægget forventes at være i brug, før det skal erstattes eller udfases. For mange infrastrukturprojekter overstiger den funktionelle levetid 50 år – for eksempel 70, 100 eller længere

Da analyseperioden dækker frem til 50 år efter åbningen, bør udledninger fra vedligehold og udskiftninger korrigeres, så de svarer til 50 års påvirkning. Dette gælder også ved anden analyseperiode end 50 år.

Hvis der anvendes fremskrivning på brugsfasens moduler og der skal korrigeres for funktionel levetid, bør der korrigeres på resultatet efter fremskrivning.

Når udskiftning B4 opgøres i den funktionelle levetid medtages udskiftning af dele af produkter med en levetid på mere end 100 år.

Korrektion for funktionel levetid

Udledninger fra udskiftning i brugsfasen (B4) omregnes til et årligt gennemsnit, som derefter multipliceres med analyseperiodens længde.

$$\text{Udskftningsemissioner} = \frac{\text{CO}_2 \text{ udledning i funktionel levetid}}{\text{funktionel levetid}} \times \text{analyseperiode}$$

Eksempel B.7.1: Funktionel levetid

Et anlægsprojekt har B4-udledninger på 100.000 kg CO₂ fordelt over en funktionel levetid på 70 år.

Den korrigerede udledning for analyseperioden på 50 år er derfor:

$$\frac{100.000 \text{ kg CO}_2}{70 \text{ år}} \times 50 \text{ år} = 71.428 \text{ kg CO}_2$$

B.8 Fremskrivning ved anden anvendelse

Hvis man benytter andre fremskrivninger, end dem der fremgår af nøgletalskataloget, bør det tydeligt fremgå;

- om det bygger på forventet designoptimering,
- ændrede emissionsfaktorer for et specifikt produkt,
- eller sektor-, branche- eller producentbaserede fremskrivninger

Elproduktion kan fremskrives efter de værdier, der anvendes af Social- og Boligstyrelsen til LCA-beregninger i Bygningsreglementet.¹⁷

B.9 Offentliggørelse og forbehold ved sammenligning

¹⁷ Dette er især relevant når energiforbrug ved almindelig drift B6, brugereffekter B8, genbrug og genanvendelse samt anden nyttiggørelse D1 eller energi fra anlægget D2 inkluderes i opgørelsen. Fremskrivning af el i klimaopgørelser til beslutningsgrundlag indgår indirekte i de fremskrivningsfaktorer, der indgår i nøgletalskataloget.

I forbindelse med udarbejdelse og offentliggørelse af klimaopgørelser bør nedenstående forhold samt punkterne i afsnit B.9.1 og B.9.2 indgå i de metodiske overvejelser. Ved offentliggørelse skal disse overvejelser fremgå eksplicit sammen med resultaterne.

En klimaopgørelse kan ikke uden videre sammenlignes med andre klimaopgørelser, medmindre de eksplicit er lavet efter samme metode og datakrav som denne manual.

Når man sammenligner klimaopgørelser, skal man være særligt forsigtig. Sådanne sammenligninger forudsætter, at:

- Opgørelserne opfylder samme funktionelle behov, eller at der tages forbehold for det i sammenligningen
- Metode, systemafgrænsning og datakilder er veldokumenteret og ækvivalente
- God dokumentationspraksis er fulgt og eventuelle afvigelser fra manualens forskrifter er klart dokumenteret

B.9.1 Usikkerheder forbundet med resultaterne

Selv ved korrektionstillæg vil resultaterne altid have væsentlige usikkerheder, for eksempel:

- Mængder er tilnærmede, indtil projektet er gennemført.
- Emissionsfaktorer og produktdata kan variere i nøjagtighed og repræsentativitet.
- Forudsætninger om levetid, vedligeholdelsesintervaller og fremtidig teknologi er usikre.
- Forenklinger, der er foretaget for at sikre anvendelighed og ensartethed, kan skabe skævheder.
- Klimaopgørelser viser et øjebliksbillede; ændringer i leverandørkæder og politikker kan over tid gøre ældre opgørelser mindre retvisende.

Resultaterne skal derfor ses som estimater til beslutningsstøtte, ikke som præcise målinger.

B.9.2 CO₂-log

For at sikre sporbarhed er det god praksis at føre en CO₂-projektlog, som opdateres efterhånden som et projekt skrider frem. Her registreres alle ændringer med dato i projektopgørelsen, herunder deres baggrund og indvirkning på klimaresultatet.