

Introduktion til beregningsværktøj for Klimafacade+

Om Klimafacade+

Klimafacade+ er en løsning til facaderenovering, der imødekommer behovet for at energirenovere karrébygninger. Klimafacade+ påføres uden på den eksisterende facade, og danner sammenhæng mellem energirenovering, klimatilpasning og forbedret boligkvalitet.

Om beregningsværktøjet

Dette beregningsværktøj er en hjælp til dem, der overvejer at efterisolere en karrébygning med en Klimafacade+ løsning. Værktøjet bruges i den indledende beslutningsfase til at beregne om - og i så fald efter hvor lang tid - en klimafacade med den valgte materialesammensætning bliver rentabel fra et klimamæssigt (LCA) og økonomisk (LCC) perspektiv.

Rentabilitet forholder sig til, om det kan betale sig at bibeholde bygningen som den er, med dens nuværende energiforbrug og vedligeholdelse, eller om det er bedre at efterisolere bygningen med en Klimafacade+ løsning, der medfører anvendelse af nye materialer, men vil nedbringe energiforbruget. Resultatet vises på uafhængige to grafer - én for klimapåvirkning og én for økonomi.

Sådan vises resultatet

Værktøjet kan beregne den forventede tilbagebetalingstid ud fra både et klimamæssigt og økonomisk perspektiv. Resultaterne vises på to grafer - en for den klimamæssige rentabilitet og en for den økonomiske rentabilitet. Graferne er uafhængige af hinanden, og resultaterne kan pege i forskellige retninger. Værktøjet kan yderligere anvendes til at indikere, hvilke materialer der vil være mest rentable i en Klimafacade+. Husk, at værktøjet er baseret på generiske tal og overslag, og præcise beregninger bør derfor foretages i designfasen.

Forbehold

- Beregningsværktøjet kan bruges i den indledende beslutningsfase, men bør ikke bruges til den endelige dimensionering af en facaderenovering.
- Byggeriet skal leve op til de almindelige krav i f.eks. Bygningsreglementet og Arbejds miljølovgivningen, ligesom andre regler om byggeri jf. gældende lovgivning ved udførelse af en Klimafacade+ altid skal være overholdt.
- Resultaterne i graferne kan vise betydelige forskelle i påvirkninger eller omkostninger, alt efter hvilke materialer der vælges i det endelige projekt. I dette beregningsværktøj arbejdes der med gennemsnitsværdier. Den faktiske omkostning eller påvirkning vil derfor afvige fra de beregnede i dette værktøj.
- De (lave) emissionsfaktorer for fjernvarme, som indgår i værktøjets datagrundlag, afhænger af en antagelse baseret på Energistyrelsens energifremskrivning, som bl.a. beror på, at bygningsmassens energiforbrug reduceres. Den faktiske besparelse ved en efterisolering kan være større eller lavere, alt efter om det reelle energiforbrug er højere eller lavere end det beregnede.
- Værktøjet har ikke inkluderet en prissætning af CO₂.
- Klimapåvirkningen beregnes videst muligt jf. reglerne i Bygningsreglementet §297 som gælder for nybyggeri, dog med tilpasninger, da der her er tale om renovering.
- Resultatet vises for kg CO₂-ækv./lodrette m²/år. Se mere herom i LCA-metodebeskrivelsen.
- Den økonomiske beregning følger LCC-beregningen jf. DGNB-manualen for 2025. Se mere i LCC-metodebeskrivelsen.

[Gå til beregneren →](#)

METODEBESKRIVELSE

Dette afsnit beskriver metoden for en LCA og en LCC og kan læses som baggrundsviden. Det er ikke nødvendigt at læse metodebeskrivelsen for at kunne anvende værktøjet eller resultaterne.

LCA metodebeskrivelse (klimapåvirkning)

LCA står for Life Cycle Assessment (på dansk livscyklusvurdering), og er en metode der bl.a. kan bruges til at vurdere en bygnings klimapåvirkning gennem hele livscyklussen. En livscyklus for bygninger deles op i standardiserede faser og moduler (se figur 1 nedenfor) og beregnes jf. den europæiske standard EN15978:2012, der definerer metoden for LCA i bygninger.

Læs mere i Bygningsreglementet § 297, for at læse om den danske metode om livscyklusvurderinger for nybyggeri:
https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/11/Krav/297_298#d578ff9b-87e2-42aa-8d81-a08f60c9b3d1

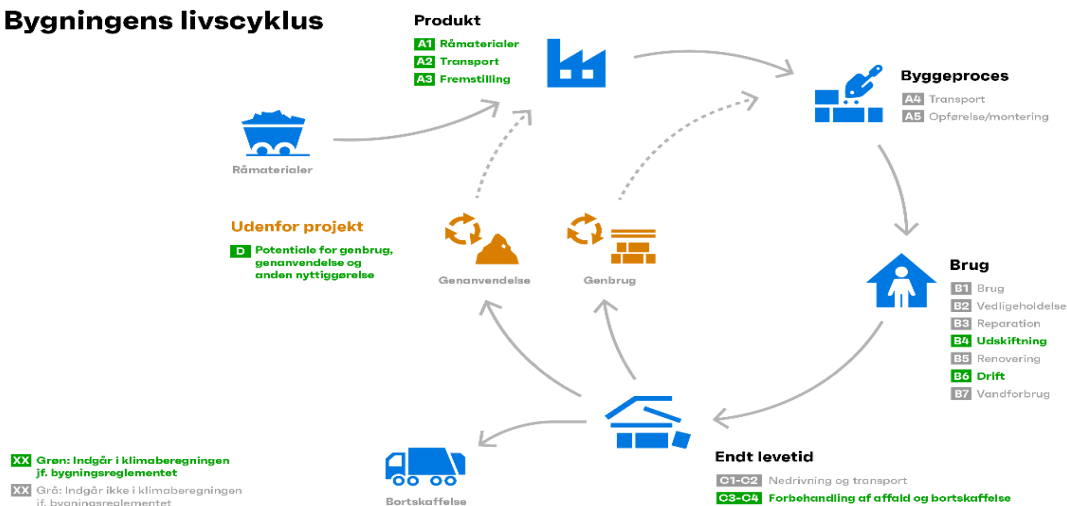
Beregningsforudsætninger

Den europæiske standard EN15978 definerer metoden for LCA for bygninger. Bygningsreglementets krav (§297) til en LCA for bygninger dækker de moduler, der er markeret med grønt på figur 1 nedenfor, og som har været udgangspunkt for beregningsforudsætningen for Klimafacade+:

- A1 Råmaterialer
- A2 Transport
- A3 Fremstilling
- B4 Udskiftning (dog undtaget transport og udskiftningsproces)
- B6 Energiforbrug til drift
- C3 Forbehandling af affald
- C4 Bortskaffelse
- D Potentiale for genbrug, genanvendelse og anden nyttiggørelse

Yderligere dokumenterer dette beregningsværktøj også modul A4: Transport og A5: Opførelse/montering, da igangværende nationale forhandlinger indikerer, at modul A4 og A5 kan forventes at indgå i Bygningsreglementets krav ved næste revidering (forventeligt 2025). For den nuværende facadeløsning medtages en løbende vedligehold, da det svarer til det mest realistiske scenarie for karrébygninger.

Bygningens livscyklus



Figur 1: Bygningens livscyklus

Beregningsværktøjet ser udelukkende på påvirkningen fra Klimafacade+, og afviger fra Bygningsreglementets krav for nybyggeri ift. den enhed resultatet vises i. I Bygningsreglementet måles påvirkningen i kg CO₂-ækvivalenter/m²/år, hvor m² i forholder sig til et referenceareal som baserer sig på etagearealet jf. §297, stk. 3. Da der i beregningsværktøjet ikke ses på nybyggeri, men på en energirenovering (dvs. der ses kun på facaden samt energibesparelsen pr. vertikal m²) er klimapåvirkningen i dette beregningsværktøj målt i kg CO₂-ækvivalenter/vertikal m²/år. Derfor kan resultaterne for Klimafacade+ og nybyggeri ikke sammenlignes.

Tidshorisonten kan i beregningsværktøjet sættes til 20, 30, 50 eller 80 år og angiver den beregningsmæssige periode, som bygningens livscyklus beregnes over. Den periode svarer ikke nødvendigvis til den konkrete bygning forventede levetid, men er alene en beregningsforudsætning.

Modulerne i en bygningens livscyklus og deres deklaration

- A1, A2, A3** Omfatter klimapåvirkninger fra alle processer forbundet med produktion af byggematerialerne. Fra udvinding af råstoffer og brug af sekundære materialer (A1), transport til fabrikken (A2) og fremstilling af den færdige byggevarer eller det præfabrikerede system (A3). I beregningsværktøjet er der anvendt generisk miljødata fra BUILDs rapport Udvikling af dansk generisk LCA-data 2023:16, samt suppleret med enkelte repræsentative EPD'er (miljøvaredeklarationer iht. EN15804).
- A4, A5** Omfatter klimapåvirkninger for transport til byggepladsen (A4), samt påvirkninger forbundet med opførelse og montering (A5). I beregningsværktøjet er der anvendt generisk miljødata jf. BUILDs rapport 2023:14 (Ressourceforbrug på byggepladsen), som er omregnet til vertikale m².
- B4** Omfatter klimapåvirkninger forbundet med udskiftninger. En udskiftning omfatter affaldsbehandling af en eksisterende byggevarer og produktion af den nye byggevarer. Udskiftninger forekommer for bygningsdele med en kortere levetid end tidshorizonten som her i beregningsværktøjet kan sættes til 20, 30, 50 eller 80 år (der er perioden, beregningen laves for). Levetider for materialerne er fastlagt jf. BUILDs Levetidstabel 2021.
- B6** Omfatter klimapåvirkningen forbundet med energi til bygningsdrift, som i beregningsværktøjet er beregnet til den vertikale energibesparelse. Emissionsfaktorerne for fjernvarme opgøres pr. kWh for miljøpåvirkningskategorien 'Climate Change – Total (kg CO₂-ækvivalenter)' iht. EN15804 + A2, og tager udgangspunkt i Artelias rapport Emissionsfaktorer for el, fjernvarme og ledningsgas (2023).
- C3, C4** Omfatter klimapåvirkninger fra processer ved slutningen af klimafacadens levetid. Det omfatter affaldsbehandling, dvs. forberedelse til genbrug, genanvendelse, anden nyttiggørelse eller bortskaffelse.
- D** Deklarerer de potentielle klimagevinster eller klimabelastninger. Det omfatter materialers mulighed for genbrug, genanvendelse eller nyttiggørelse i en anden anvendelse end den pågældende bygning. Klimapåvirkningerne fra modul D skal beregnes, men tæller ikke med i bygningens samlede klimapåvirkninger.

-1/+1 reglen

EN15978 fastlægger at data jf. EN15804 anvendes, som beskriver at biobaserede materialer regnes med en såkaldt -1/+1 regel. -1/+1 reglen forholder sig til, at biobaserede materialer har optaget en vis mængde CO₂ under deres vækst, der regnes som negativt i modulerne A1-A3, dette skal dog over levetiden af produktet frigives igen, dvs. senest i endt levetid C3/C4, hvor det optagede CO₂ frigives.

Genbrugte byggevarer

Genbrugte byggevarer er jf. BR §297 sat til 0, gennem hele livscyklussen (dvs. alle moduler).

LCC metodebeskrivelse (økonomi)

Life Cycle Cost (LCC) er en totaløkonomisk beregning, der giver mulighed for at estimere de samlede omkostninger til et byggeri inklusiv drift, vedligehold, udskiftninger og eventuel nedrivning over hele dets levetid.

LCC-beregningen udføres iht. ISO 15686-5:2017 og praksis i den danske byggebranche, og følger beregningsmetodikken i beregningsprogrammet LCC-byg, der kan benyttes til LCC-beregninger i den frivillige bæredygtighedsklasse, samt DGNB-certificeringsordningen.

LCC-beregningen giver mulighed for at vurdere de totaløkonomiske omkostninger/gevinster over en valgt betragtningsperiode, hvor der medtages udgifter til materialer, løn til håndværkerarbejde, byggeplads (f.eks. leje af byggepladshegn, toiletvogn), vedligehold, løbende udskiftninger osv. Derudover kan der tages højde for kalkulationsrenten, byggeomkostningsindeks samt udvikling i energipriserne i betragtningsperioden.

LCC-beregningen tilbagediskonterer alle fremtidige udgifter til en nutidsværdi, så scenariet for etablering af Klimafacade+ løsningen kan sammenlignes mere retvisende med bibeholdelse af den eksisterende facade.

Den benyttede kalkulationsrente

Den benyttede kalkulationsrente følger Finansministeriets anbefalede kalkulationsrente, som også indføres i DGNB-certificeringsordningen i 2025. Den samfundsøkonomiske kalkulationsrente er en aftagende rentetrappe, der opgøres reelt og i faste priser efter følgende trappe:

År 1-35:	3,50%
År 36-70:	2,50%
År 71-80:	1,50%

Sådan er priserne estimeret

Materialepriser er primært hentet fra Molios prisdatabase d. 2. april 2024. I tilfælde hvor en materialepris ikke kunne findes i Molios database, er der benyttet prisdata fra internet research.

Materialepriser inkluderer:

- Materialepris inkl. rabat, miljøafgift, spild og avance
- Arbejds løn inkl. nettoløn, sociale ydelser, omkostningstillæg og avance
- Materielleje inkl. rabat og avance

Byggeplads- og arkitekt/rådgivningsomkostninger er inkluderet med en faktor af de samlede materialeomkostninger på hhv. 10 % og 20 %.

Prisdata er baseret på landsgennemsnitlige priser. Der kan være store lokale forskelle på prisniveauet, og der er valgt gennemsnitspriser for Danmark.

Alle priser er eksklusive moms.

[Gå til beregneren →](#)

METODEBESKRIVELSE

Dette afsnit beskriver metoden for en LCA og en LCC og kan læses som baggrundsviden. Det er ikke nødvendigt at læse metodebeskrivelsen for at kunne anvende værktøjet eller resultaterne.

LCA metodebeskrivelse (klimapåvirkning)

LCA står for Life Cycle Assessment (på dansk livscyklusvurdering), og er en metode der bl.a. kan bruges til at vurdere en bygnings klimapåvirkning gennem hele livscyklussen. En livscyklus for bygninger deles op i standardiserede faser og moduler (se figur 1 nedenfor) og beregnes jf. den europæiske standard EN15978:2012, der definerer metoden for LCA i bygninger.

Læs mere i Bygningsreglementet § 297, for at læse om den danske metode om livscyklusvurderinger for nybyggeri:
https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/11/Krav/297_298#d578ff9b-87e2-42aa-8d81-a08f60c9b3d1

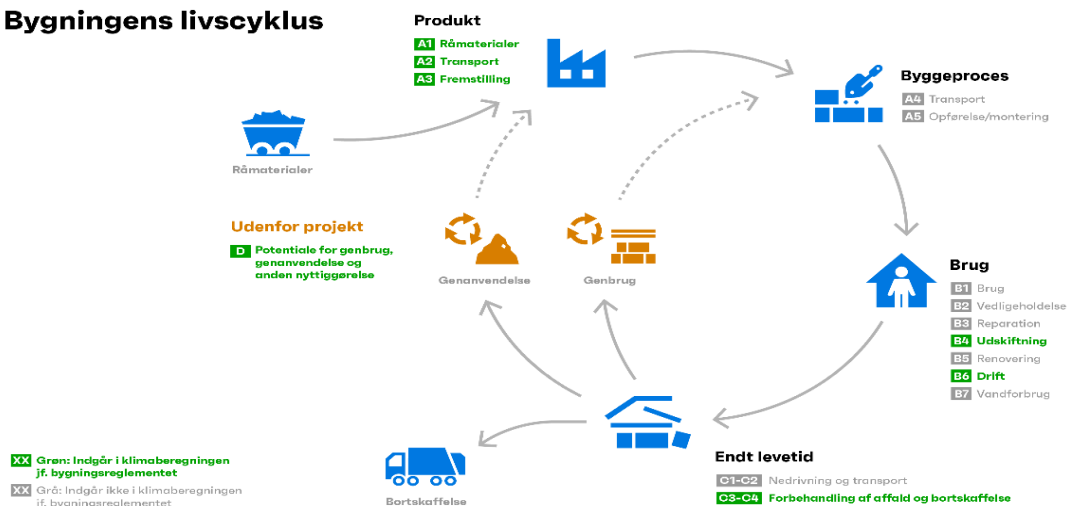
Beregningsforudsætninger

Den europæiske standard EN15978 definerer metoden for LCA for bygninger. Bygningsreglementets krav (§297) til en LCA for bygninger dækker de moduler, der er markeret med grønt på figur 1 nedenfor, og som har været udgangspunkt for beregningsforudsætningen for Klimafacade+:

- A1 Råmaterialer
- A2 Transport
- A3 Fremstilling
- B4 Udskiftning (dog undtaget transport og udskiftningsproces)
- B6 Energiforbrug til drift
- C3 Forbehandling af affald
- C4 Bortskaffelse
- D Potentiale for genbrug, genanvendelse og anden nyttiggørelse

Yderligere dokumenterer dette beregningsværktøj også modul A4: Transport og A5: Opførelse/montering, da igangværende nationale forhandlinger indikerer, at modul A4 og A5 kan forventes at indgå i Bygningsreglementets krav ved næste revidering (forventeligt 2025). For den nuværende facadeløsning medtages en løbende vedligehold, da det svarer til det mest realistiske scenarie for karrébygninger.

Bygningens livscyklus



Figur 1: Bygningens livscyklus

Beregningsværktøjet ser udelukkende på påvirkningen fra Klimafacade+, og afviger fra Bygningsreglementets krav for nybyggeri ift. den enhed resultatet vises i. I Bygningsreglementet måles påvirkningen i kg CO₂-ækvivalenter/m²/år, hvor m² i forholder sig til et referenceareal som baserer sig på etagearealet jf. §297, stk. 3. Da der i beregningsværktøjet ikke ses på nybyggeri, men på en energirenovering (dvs. der ses kun på facaden samt energibesparelsen pr. vertikal m²) er klimapåvirkningen i dette beregningsværktøj målt i kg CO₂-ækvivalenter/vertikal m²/år. Derfor kan resultaterne for Klimafacade+ og nybyggeri ikke sammenlignes.

Tidshorisonten kan i beregningsværktøjet sættes til 20, 30, 50 eller 80 år og angiver den beregningsmæssige periode, som bygningens livscyklus beregnes over. Den periode svarer ikke nødvendigvis til den konkrete bygning forventede levetid, men er alene en beregningsforudsætning.

Modulerne i en bygningens livscyklus og deres deklaration

- A1, A2, A3** Omfatter klimapåvirkninger fra alle processer forbundet med produktion af byggematerialerne. Fra udvinding af råstoffer og brug af sekundære materialer (A1), transport til fabrikken (A2) og fremstilling af den færdige byggevarer eller det præfabrikerede system (A3). I beregningsværktøjet er der anvendt generisk miljødata fra BUILDs rapport Udvikling af dansk generisk LCA-data 2023:16, samt suppleret med enkelte repræsentative EPD'er (miljøvaredeklarationer iht. EN15804).
- A4, A5** Omfatter klimapåvirkninger for transport til byggepladsen (A4), samt påvirkninger forbundet med opførelse og montering (A5). I beregningsværktøjet er der anvendt generisk miljødata jf. BUILDs rapport 2023:14 (Ressourceforbrug på byggepladsen), som er omregnet til vertikale m².
- B4** Omfatter klimapåvirkninger forbundet med udskiftninger. En udskiftning omfatter affaldsbehandling af en eksisterende byggevarer og produktion af den nye byggevarer. Udskiftninger forekommer for bygningsdele med en kortere levetid end tidshorizonten som her i beregningsværktøjet kan sættes til 20, 30, 50 eller 80 år (der er perioden, beregningen laves for). Levetider for materialerne er fastlagt jf. BUILDs Levetidstabel 2021.
- B6** Omfatter klimapåvirkningen forbundet med energi til bygningsdrift, som i beregningsværktøjet er beregnet til den vertikale energibesparelse. Emissionsfaktorerne for fjernvarme opgøres pr. kWh for miljøpåvirkningskategorien 'Climate Change – Total (kg CO₂-ækvivalenter)' iht. EN15804 + A2, og tager udgangspunkt i Artelias rapport Emissionsfaktorer for el, fjernvarme og ledningsgas (2023).
- C3, C4** Omfatter klimapåvirkninger fra processer ved slutningen af klimafacadens levetid. Det omfatter affaldsbehandling, dvs. forberedelse til genbrug, genanvendelse, anden nyttiggørelse eller bortskaffelse.
- D** Deklarerer de potentielle klimagevinster eller klimabelastninger. Det omfatter materialers mulighed for genbrug, genanvendelse eller nyttiggørelse i en anden anvendelse end den pågældende bygning. Klimapåvirkningerne fra modul D skal beregnes, men tæller ikke med i bygningens samlede klimapåvirkninger.

-1/+1 reglen

EN15978 fastlægger at data jf. EN15804 anvendes, som beskriver at biobaserede materialer regnes med en såkaldt -1/+1 regel. -1/+1 reglen forholder sig til, at biobaserede materialer har optaget en vis mængde CO₂ under deres vækst, der regnes som negativt i modulerne A1-A3, dette skal dog over levetiden af produktet frigives igen, dvs. senest i endt levetid C3/C4, hvor det optagede CO₂ frigives.

Genbrugte byggevarer

Genbrugte byggevarer er jf. BR §297 sat til 0, gennem hele livscyklussen (dvs. alle moduler).

LCC metodebeskrivelse (økonomi)

Life Cycle Cost (LCC) er en totaløkonomisk beregning, der giver mulighed for at estimere de samlede omkostninger til et byggeri inklusiv drift, vedligehold, udskiftninger og eventuel nedrivning over hele dets levetid.

LCC-beregningen udføres iht. ISO 15686-5:2017 og praksis i den danske byggebranche, og følger beregningsmetodikken i beregningsprogrammet LCC-byg, der kan benyttes til LCC-beregninger i den frivillige bæredygtighedsklasse, samt DGNB-certificeringsordningen.

LCC-beregningen giver mulighed for at vurdere de totaløkonomiske omkostninger/gevinster over en valgt betragtningsperiode, hvor der medtages udgifter til materialer, løn til håndværkerarbejde, byggeplads (f.eks. leje af byggepladshegn, toiletvogn), vedligehold, løbende udskiftninger osv. Derudover kan der tages højde for kalkulationsrenten, byggeomkostningsindeks samt udvikling i energipriserne i betragtningsperioden.

LCC-beregningen tilbagediskonterer alle fremtidige udgifter til en nutidsværdi, så scenariet for etablering af Klimafacade+ løsningen kan sammenlignes mere retvisende med bibeholdelse af den eksisterende facade.

Den benyttede kalkulationsrente

Den benyttede kalkulationsrente følger Finansministeriets anbefalede kalkulationsrente, som også indføres i DGNB-certificeringsordningen i 2025. Den samfundsøkonomiske kalkulationsrente er en aftagende rentetrappe, der opgøres reelt og i faste priser efter følgende trappe:

År 1-35:	3,50%
År 36-70:	2,50%
År 71-80:	1,50%

Sådan er priserne estimeret

Materialepriser er primært hentet fra Molios prisdatabase d. 2. april 2024. I tilfælde hvor en materialepris ikke kunne findes i Molios database, er der benyttet prisdata fra internet research.

Materialepriser inkluderer:

- Materialepris inkl. rabat, miljøafgift, spild og avance
- Arbejds løn inkl. nettoløn, sociale ydelser, omkostningstillæg og avance
- Materielleje inkl. rabat og avance

Byggeplads- og arkitekt/rådgivningsomkostninger er inkluderet med en faktor af de samlede materialeomkostninger på hhv. 10 % og 20 %.

Prisdata er baseret på landsgennemsnitlige priser. Der kan være store lokale forskelle på prisniveauet, og der er valgt gennemsnitspriser for Danmark.

Alle priser er eksklusive moms.

[Gå til beregneren →](#)