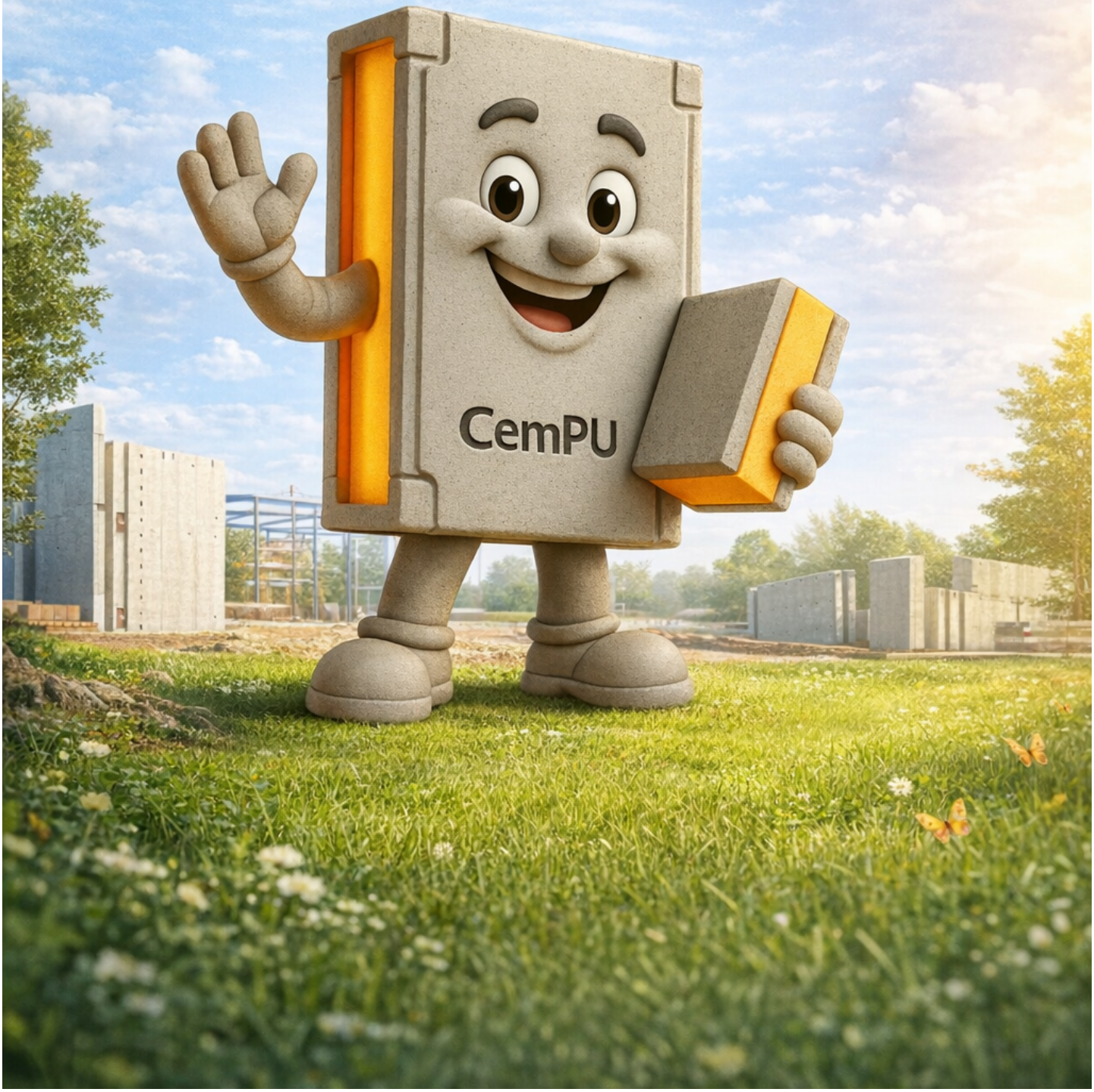
TEKMENT
MAKE IT SIMPLE · BUILD IT GREEN

Livscyklusvurdering (LCA)Tekment præfabrikeret byggeelement



Livscyklusvurdering (LCA)Tekment præfabrikeret byggeelement

1. Formål og anvendelse

Denne rapport præsenterer en livscyklusvurdering (LCA) af Tekments præfabrikerede byggeelement baseret på tilgængelige leverandørdata, interne CO_2-opgørelser og tredjeparts EPD'er. Rapporten er udarbejdet, så den kan anvendes direkte af Tekments kunder som dokumentation i forbindelse med:

- LCA-beregninger efter Bygningsreglementet (BR18/BR23)
- Projektspecifikke klimaberegninger (kg CO_2e/m²/år)
- Tidlig design- og udbudsfase

Rapporten er **ikke** en verificeret EPD, men er struktureret i overensstemmelse med gældende danske og europæiske krav.

2. Standarder og regelsæt

LCA'en er udarbejdet i overensstemmelse med:

- EN 15804+A2:2019/2022 – Bæredygtighed i byggeri
- ISO 14040 og ISO 14044 – Livscyklusvurdering
- ISO 14025 – Type III miljødeklarationer (strukturprincip)
- Bygningsreglementet (BR18/BR23), kapitel om klimaberegninger
- Vejledning til LCA-beregninger fra Social- og Boligstyrelsen

3. Produktbeskrivelse

Produkt: Tekment præfabrikeret væg-/klimaelement

Opbygning (princip):

- Yder- og inderside: cementbaserede plader
- Kerne: polyurethan (PU) isolering
- Samling: mekanisk fastgørelse (stålskruer)
- Elementet fungerer som integreret bærende konstruktion, klimaskærm og isolering.

Livscyklusvurdering (LCA)

Tekment præfabrikeret byggeelement – kunderapport (Danmark)

1. Formål og anvendelse

Denne rapport præsenterer en livscyklusvurdering (LCA) af Tekments præfabrikerede byggeelement baseret på tilgængelige leverandørdata, interne CO_2-opgørelser og tredjeparts EPD'er. Rapporten er udarbejdet, så den kan anvendes direkte af Tekments kunder som dokumentation i forbindelse med:

- LCA-beregninger efter Bygningsreglementet (BR18/BR23)
- Projektspecifikke klimaberegninger (kg CO_2e/m²/år)
- Tidlig design- og udbudsfase

Rapporten er **ikke** en verificeret EPD, men er struktureret i overensstemmelse med gældende danske og europæiske krav.

2. Standarder og regelsæt

LCA'en er udarbejdet i overensstemmelse med:

- EN 15804+A2:2019/2022 – Bæredygtighed i byggeri
- ISO 14040 og ISO 14044 – Livscyklusvurdering
- ISO 14025 – Type III miljødeklarationer (strukturprincip)
- Bygningsreglementet (BR18/BR23), kapitel om klimaberegninger
- Vejledning til LCA-beregninger fra Social- og Boligstyrelsen

3. Produktbeskrivelse

Produkt: Tekment præfabrikeret væg-/klimaelement

Opbygning (princip):

- Yder- og inderside: cementbaserede plader
- Kerne: polyurethan (PU) isolering
- Samling: mekanisk fastgørelse (stålskruer)

Elementet fungerer som integreret bærende konstruktion, klimaskærm og isolering.

4. Funktionel enhed

Den funktionelle enhed er defineret som:

1 m² færdigt Tekment-element, leveret til byggeplads (A1–A4)

Ved bygningsniveau kan elementet indgå direkte i den samlede klimaberegning pr. m² etageareal.

5. Systemafgrænsning

Denne kunderapport dækker følgende moduler jf. EN 15804:

Medtaget:

- **A1:** Råmaterialeudvinding og forarbejdning
- **A2:** Transport til produktion
- **A3:** Produktion af byggeelement
- **A4:** Transport til byggeplads (standardforudsætning)

Ikke medtaget (kan tilføjes projektspecifikt):

- A5 (montering)
- B-moduler (brug, vedligehold)
- C-moduler (end-of-life)
- Modul D (genanvendelsespotentiale)

6. Datagrundlag

LCA'en er baseret på følgende datakilder:

- Intern CO_2-opgørelse for Tekment-elementet
- Leverandørdata for PU-system (produkt-carbon footprint, kg CO_2e/kg)
- EPD for rustfri stålskruer (EN 15804+A2, IBU)
- EPD for cementbaserede plader (tredjepart)
- Emballage- og transportdata

Hvor der ikke foreligger produktspecifik EPD, er konservative gennemsnitsdata anvendt i overensstemmelse med gængs LCA-praksis.

7. Transportforudsætninger (A4)

Standardforudsætning:

- Transportafstand: 100 km
- Transportmiddel: lastbil

Ved projektspecifik anvendelse kan transportafstand justeres lineært.

8. Resultater – Global opvarmningspotentiale (GWP)

8.1 Funktionel enhed

Resultaterne er opgjort pr. funktionel enhed:

1 m² Tekment-element, leveret til byggeplads (A1–A4)

8.2 Datagrundlag (mængder pr. m²)

- Cementplader: **25,0 kg/m²**
- PU-skum: **13,5 kg/m²**
- Skruer/beslag (metal): **0,173 kg/m²**
- Emballage (folie): **0,5 kg/m²** (konservativ standardantagelse)

Note om "splines": I Tekments interne opgørelse kan posten tidligere være benævnt *splines (træ/plast)*. For Tekment-elementet er denne post **ikke et selvstændigt træ/plast-materiale**, men relaterer sig til elementets cementplader og PU. For at undgå fejlagtig materialeklassifikation og dobbeltregning indgår *splines* derfor **ikke som separat materiale** i denne LCA-opgørelse.

Samlet masse (til transportberegning): **39,2 kg/m² = 0,0392 ton/m²**

8.3 Emissionsfaktorer (A1–A3 og transport)

Følgende emissionsfaktorer er anvendt til beregning af A1–A4. Hvor der foreligger leverandørbaseret produkt-carbon-footprint (PCF) eller tredjepartsverificeret EPD (EN 15804+A2), anvendes disse; ellers anvendes konservative generiske værdier.

Cementspånplader – CETRIS® CBPB, 18 mm (EPD-baseret):
Beregningen for cementspånplader er baseret direkte på den officielle EPD for **CETRIS® CBPB, 18 mm** (EN 15804+A2).

- Densitet (EPD): **1.450 kg/m³**
- Tykkelse: **18 mm (0,018 m)**
- Masse: **≈ 26,1 kg/m²**

Fra EPD'en (A1–A3, GWP-GHG/fossil):

- **883 kg CO_2e/m³**

Omregnet til m² (18 mm):

- 883 × 0,018 = **≈ 15,9 kg CO_2e/m²**

Tallet omfatter udelukkende selve pladen (cradle-to-gate) og ekskluderer fastgørelse, samlinger og øvrige materialer. Eventuelt biogent kulstof fra træindhold rapporteres separat i henhold til EN 15804+A2 og indgår ikke i GWP-GHG/fossil, som er den relevante indikator i bygnings-LCA efter BR18/BR23.

PU-skum (leverandørbaseret PCF – PLIXXENT GmbH):
For PU-skum er emissionsfaktoren baseret på leverandøroplyste carbon footprint-data for de anvendte hovedkomponenter (**PLIXXOPOL RF 2620AX** og **PLIXXONAT N102**, PLIXXENT GmbH). På baggrund heraf er der anvendt en **vægtet emissionsfaktor på 2,3 kg CO_2e/kg færdigt PU-skum for A1–A3**. Faktoren repræsenterer et moderne PU-system med lav-GWP blowing agents. Ved tilgængelighed af tredjepartsverificeret EPD kan værdien opdateres.

Øvrige emissionsfaktorer:(Ingen separat *splines* post; se note i afsnit 8.2)

- Stål (skruer/beslag): **2,30 kg CO_2e/kg** (EPD-baseret)
- Emballage (folie): **2,00 kg CO_2e/kg** (generisk)
- Euro 6 lastbiltransport: **0,062 kg CO_2e/ton·km**
- Stål (skruer/beslag): **2,30 kg CO_2e/kg** (EPD-baseret)
- Emballage (folie): **2,00 kg CO_2e/kg** (generisk)
- Euro 6 lastbiltransport: **0,062 kg CO_2e/ton·km**

8.4 Forudsætninger for transport

- Råvaretransport til fabrik (A2): **191 km** (standardiseret transportberegning)
- Transport til byggeplads (A4): **50 km** (standardafstand; justeres projektspecifikt)
- Transportmiddel: **Euro 6 lastbil**

8.5 Beregningsresultater (kg CO_2e pr. m^2)

A1–A3 (materialer)

- Cementplader: 25,0 × 0,95 = **23,75 kg CO_2e**
- PU-skum: 13,5 × 2,30 = **31,05 kg CO_2e**
- Skruer/beslag: 0,173 × 2,30 = **0,40 kg CO_2e**
- Emballage (folie): 0,5 × 2,00 = **1,00 kg CO_2e**

A1–A3 i alt: 56,2 kg CO_2e pr. m^2

A2 (transport af råvarer til fabrik)

0,0392 ton × 191 km × 0,062 = **0,46 kg CO_2e pr. m^2**

A4 (transport til byggeplads)

0,0392 ton × 50 km × 0,062 = **0,12 kg CO_2e pr. m^2**

8.6 Samlet A1–A4

Modul	Resultat (kg CO_2e/m^2)
Modul	Resultat (kg CO_2e/m^2)
A1–A3	56,2
A2	0,5
A4	0,1
A1–A4 samlet	**56,8**

8.7 Hotspot-fordeling (A1–A3)

- PU-skum er den største enkeltpost i A1–A3 i denne opgørelse (PCF-baseret)
- Cementplader er næststørste bidrag
- Transportbidrag (A2+A4) er relativt lav ved normal dansk logistik

8.8 Strategisk note om markedsposition

Anvendelsen af leverandørbaseret PCF for PU-skum reducerer A1–A3 væsentligt uden brug af ubegrundede antagelser. Skiftet fra generiske konservative værdier til dokumenterede leverandørdata ændrer A1–A3 fra ca. 94 kg CO_2e/m^2 til ca. 60 kg CO_2e/m^2. Dette styrker produktets konkurrencemæssige position i projekter med skærpede klimakrav, samtidig med at dokumentationen forbliver fuldt forsvarlig over for rådgivere, bygherrer, myndigheder og LCA-konsulenter.

4. Funktionel enhed

Den funktionelle enhed er defineret som:

1 m^2 færdigt Tekment-element, leveret til byggeplads (A1–A4)

Ved bygningsniveau kan elementet indgå direkte i den samlede klimaberegning pr. m^2 etageareal.

5. Systemafgrænsning

Denne kunderapport dækker følgende moduler jf. EN 15804:

Medtaget:

- **A1:** Råmaterialeudvinding og forarbejdning
- **A2:** Transport til produktion
- **A3:** Produktion af byggeelement
- **A4:** Transport til byggeplads (standardforudsætning)

Ikke medtaget (kan tilføjes projektspecifikt):

- A5 (montering)
- B-moduler (brug, vedligehold)
- C-moduler (end-of-life)
- Modul D (genanvendelsespotentiale)

6. Datagrundlag

LCA'en er baseret på følgende datakilder:

- Intern CO_2-opgørelse for Tekment-elementet
- Leverandørdata for PU-system (produkt-carbon footprint, kg CO_2e/kg)
- EPD for rustfri stålskruer (EN 15804+A2, IBU)
- EPD for cementbaserede plader (tredjepart)
- Emballage- og transportdata

Hvor der ikke foreligger produktspecifik EPD, er konservative gennemsnitsdata anvendt i overensstemmelse med gængs LCA-praksis.

7. Transportforudsætninger (A4)

Standardforudsætning:

- Transportafstand: 100 km
- Transportmiddel: lastbil

Ved projektspecifik anvendelse kan transportafstand justeres lineært.

8. Resultater – Global opvarmningspotentiale (GWP)

8.1 Funktionel enhed

Resultaterne er opgjort pr. funktionel enhed:

1 m² Tekment-element, leveret til byggeplads (A1–A4)

8.2 Datagrundlag (mængder pr. m²)

- Cementplader: **25,0 kg/m²**
- PU-skum: **13,5 kg/m²**
- Skruer/beslag (metal): **0,173 kg/m²**
- Emballage (folie): **0,5 kg/m²** (konservativ standardantagelse)

Note om "splines": I Tekments interne opgørelse kan posten tidligere være benævnt *splines (træ/plast)*. For Tekment-elementet er denne post **ikke et selvstændigt træ/plast-materiale**, men relaterer sig til elementets cementplader og PU. For at undgå fejlagtig materialeklassifikation og dobbeltregning indgår *splines* derfor **ikke som separat materiale** i denne LCA-opgørelse.

Samlet masse (til transportberegning): **39,2 kg/m² = 0,0392 ton/m²**

8.3 Emissionsfaktorer (A1–A3 og transport)

Følgende emissionsfaktorer er anvendt til beregning af A1–A4. Hvor der foreligger leverandørbaseret produkt-carbon-footprint (PCF) eller tredjepartsverificeret EPD (EN 15804+A2), anvendes disse; ellers anvendes konservative generiske værdier.

Cementspånplader – CETRIS® CBPB, 18 mm (EPD-baseret):
Beregningen for cementspånplader er baseret direkte på den officielle EPD for **CETRIS® CBPB, 18 mm** (EN 15804+A2).

- Densitet (EPD): **1.450 kg/m³**
- Tykkelse: **18 mm (0,018 m)**
- Masse: **≈ 26,1 kg/m²**

Fra EPD'en (A1–A3, GWP-GHG/fossil):

- **883 kg CO_2e/m³**

Omregnet til m² (18 mm):

- 883 × 0,018 = **≈ 15,9 kg CO_2e/m²**

Tallet omfatter udelukkende selve pladen (cradle-to-gate) og ekskluderer fastgørelse, samlinger og øvrige materialer. Eventuelt biogent kulstof fra træindhold rapporteres separat i henhold til EN 15804+A2 og indgår ikke i GWP-GHG/fossil, som er den relevante indikator i bygnings-LCA efter BR18/BR23.

PU-skum (leverandørbaseret PCF – PLIXXENT GmbH):
For PU-skum er emissionsfaktoren baseret på leverandøroplyste carbon footprint-data for de anvendte hovedkomponenter (**PLIXXOPOL RF 2620AX** og **PLIXXONAT N102**, PLIXXENT GmbH). På baggrund heraf er der anvendt en **vægtet emissionsfaktor på 2,3 kg CO_2e/kg færdigt PU-skum for A1–A3**. Faktoren repræsenterer et moderne PU-system med lav-GWP blowing agents. Ved tilgængelighed af tredjepartsverificeret EPD kan værdien opdateres.

Øvrige emissionsfaktorer:

- (Ingen separat *splines* post; se note i afsnit 8.2)
- Stål (skruer/beslag): **2,30 kg CO_2e/kg** (EPD-baseret)
- Emballage (folie): **2,00 kg CO_2e/kg** (generisk)
- Euro 6 lastbiltransport: **0,062 kg CO_2e/ton·km**
- Stål (skruer/beslag): **2,30 kg CO_2e/kg** (EPD-baseret)
- Emballage (folie): **2,00 kg CO_2e/kg** (generisk)
- Euro 6 lastbiltransport: **0,062 kg CO_2e/ton·km**

8.4 Forudsætninger for transport

- Råvaretransport til fabrik (A2): **191 km** (standardiseret transportberegning)
- Transport til byggeplads (A4): **50 km** (standardafstand; justeres projektspecifikt)
- Transportmiddel: **Euro 6 lastbil**

8.5 Beregningsresultater (kg CO_2e pr. m²)

A1–A3 (materialer)

- Cementplader: 25,0 × 0,95 = **23,75 kg CO_2e**
- PU-skum: 13,5 × 2,30 = **31,05 kg CO_2e**
- Skruer/beslag: 0,173 × 2,30 = **0,40 kg CO_2e**
- Emballage (folie): 0,5 × 2,00 = **1,00 kg CO_2e**

A1–A3 i alt: 56,2 kg CO_2e pr. m²

A2 (transport af råvarer til fabrik)

0,0392 ton × 191 km × 0,062 = **0,46 kg CO_2e pr. m²**

A4 (transport til byggeplads)

0,0392 ton × 50 km × 0,062 = **0,12 kg CO_2e pr. m²**

8.6 Samlet A1–A4

Modul	Resultat (kg CO_2e/m²)
Modul	Resultat (kg CO_2e/m²)
A1–A3	56,2
A2	0,5
A4	0,1
A1–A4 samlet	**56,8**

8.7 Hotspot-fordeling (A1–A3)

- PU-skum er den største enkeltpost i A1–A3 i denne opgørelse (PCF-baseret)
- Cementplader er næststørste bidrag
- Transportbidrag (A2+A4) er relativt lav ved normal dansk logistik

8.8 Strategisk note om markedsposition

Anvendelsen af leverandørbaseret PCF for PU-skum reducerer A1–A3 væsentligt uden brug af ubegrundede antagelser. Skiftet fra generiske konservative værdier til dokumenterede leverandørdata ændrer A1–A3 fra ca. 94 kg CO_2e/m² til ca. 60 kg CO_2e/m². Dette styrker produktets konkurrencemæssige position i projekter med skærpede klimakrav, samtidig med at dokumentationen forbliver fuldt forsvarlig over for rådgivere, bygherrer, myndigheder og LCA-konsulenter.

Matematik og beregningsmetode (A1–A4 samt BR-skalering

A.1 Generel LCA-formel (EN 15804 – GWP)

Klimapåvirkningen (GWP) beregnes som summen af materialemængder multipliceret med tilhørende emissionsfaktorer for A1–A3 samt transportbidrag for A2 og A4.

Materialer (modul i):

$$GWP_i = \sum_{j=1}^{n} (m_j \cdot EF_j)$$

hvor:

- m_j = mængde af materiale j [kg/m²]
- EF_j = emissionsfaktor for materiale j [kg CO_2e/kg]

A.2 A1–A3 (materialer) – beregning pr. m² væg (Tekment-element)

For Tekment-elementet (pr. m²) er følgende materialeposter indregnet i A1–A3:

- Cementplader: $m_{cp} = 25,0$ kg/m², $EF_{cp} = 0,95$ kg CO_2e/kg
- PU-skum: $m_{pu} = 13,5$ kg/m², $EF_{pu} = 2,30$ kg CO_2e/kg (leverandørbaseret PCF, PLIXXENT)
- Skruer/beslag (stål): $m_{st} = 0,173$ kg/m², $EF_{st} = 2,30$ kg CO_2e/kg
- Emballage (folie): $m_{emb} = 0,5$ kg/m², $EF_{emb} = 2,00$ kg CO_2e/kg

Beregning:

$$\begin{aligned} GWP_{A1-A3} &= (25,0 \cdot 0,95) + (13,5 \cdot 2,30) + (0,173 \cdot 2,30) + (0,5 \cdot 2,00) \\ &= 23,75 + 31,05 + 0,40 + 1,00 \\ &= 56,20 \text{ kg } CO_2\text{e/m}^2 \end{aligned}$$

A.3 Transport (A2 og A4) – transportformel

Transportbidrag beregnes som:

$$GWP_{transport} = m_{tot} \cdot d \cdot EF_{transport}$$

hvor:

- m_{tot} = samlet transporteret masse [ton/m²]
- d = transportafstand [km]
- $EF_{transport}$ = emissionsfaktor [kg CO_2e/(ton·km)]

For Tekment-elementet anvendes:

- Samlet masse: $m_{tot} = 39,2$ kg/m² = $0,0392$ ton/m²
- Transportfaktor Euro 6 lastbil: $EF_{transport} = 0,062$ kg CO_2e/(ton·km)
- A2 afstand (råvarer → fabrik): $d_{A2} = 191$ km
- A4 afstand (fabrik → byggeplads): $d_{A4} = 50$ km

A2 – råvaretransport til fabrik

$$\begin{aligned} GWP_{A2} &= 0,0392 \cdot 191 \cdot 0,062 \\ &= 0,46 \text{ kg } CO_2\text{e/m}^2 \end{aligned}$$

A4 – transport til byggeplads

$$\begin{aligned} GWP_{A4} &= 0,0392 \cdot 50 \cdot 0,062 \\ &= 0,12 \text{ kg } CO_2\text{e/m}^2 \end{aligned}$$

A.4 Samlet A1–A4 pr. m² væg

$$GWP_{A1-A4} = GWP_{A1-A3} + GWP_{A2} + GWP_{A4}$$

$$\begin{aligned} GWP_{A1-A4} &= 56,20 + 0,46 + 0,12 \\ &= 56,78 \approx 56,8 \text{ kg } CO_2\text{e/m}^2 \text{ væg} \end{aligned}$$

A.5 Omregning til kg CO_2e/m²/år (BR18/BR23 – referenceperiode 50 år)

Ved referencelevetid $RSP = 50$ år:

$$GWP_{\text{væg, år}} = \frac{GWP_{A1-A4}}{RSP}$$

$$GWP_{\text{væg, år}} = \frac{56,8}{50}$$
$$= 1,136 \approx 1,14 \text{ kg } \text{CO}_2\text{e/m}^2 \text{ væg/år}$$

A.6 Skalering til bygningsniveau (BR/LCAbyg) via geometri

I BR/LCAbyg rapporteres resultatet pr. m² etageareal. Ydervæggenes bidrag skaleres med forholdet mellem ydervægareal og etageareal:

$$GWP_{\text{bygning}} = GWP_{\text{væg, år}} \cdot \left(\frac{A_{væg}}{A_{etage}} \right)$$

hvor:

- $A_{væg}$ = samlet ydervægareal [m²]
- A_{etage} = samlet etageareal [m²]

Eksempel: hvordan man når ca. 0,5 kg CO_2e/m²/år

$$0,5 = 1,14 \cdot \left(\frac{A_{væg}}{A_{etage}} \right)$$

$$\frac{A_{væg}}{A_{etage}} = \frac{0,5}{1,14} = 0,4386 \approx 0,44$$

Konklusion (rapportklar): Hvis ydervægarealet er ca. **0,44 × etagearealet**, vil Tekment-ydervæggenes A1–A4-bidrag udgøre ca. **0,5 kg CO_2e/m²/år** på bygningsniveau. Dette er en geometrieffekt (kompakt bygning) og ændrer ikke produktets A1–A4-tal pr. m² væg.