

---

Bæredygtighed står højt på den politiske dagsorden. Hvad er den geotekniske rolle i forbindelse med den grønne omstilling? Har vi altid funderet "bæredygtigt", eller er der plads til forbedringer i branchen?

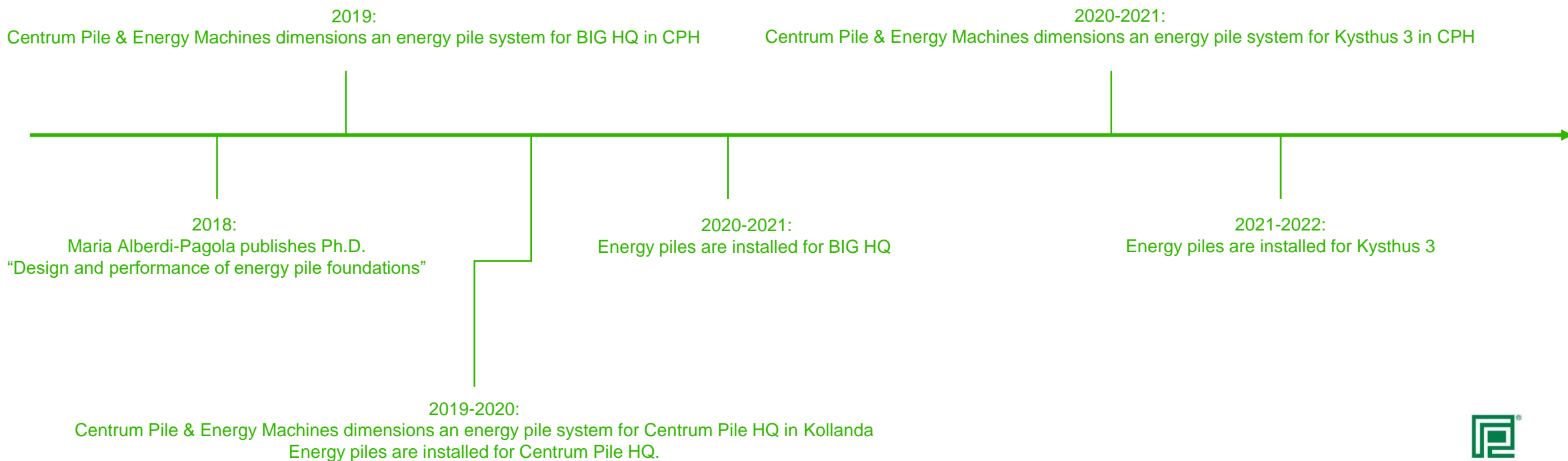
# Energy Piles

The double sustainable foundation



# Energy Piles

The double sustainable foundation



# Energy Piles

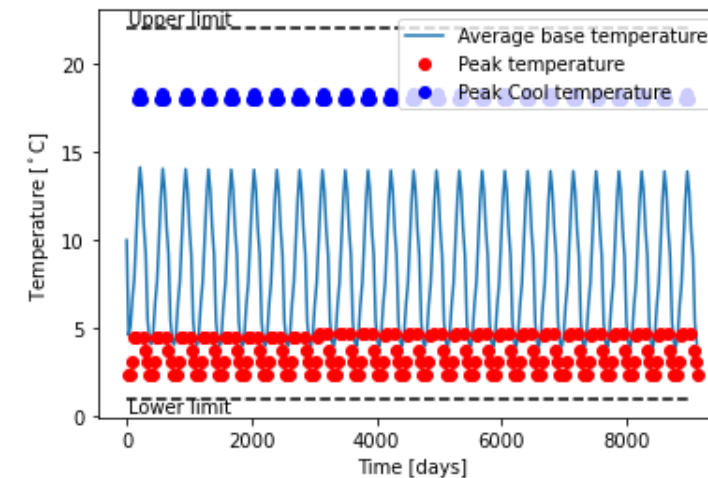
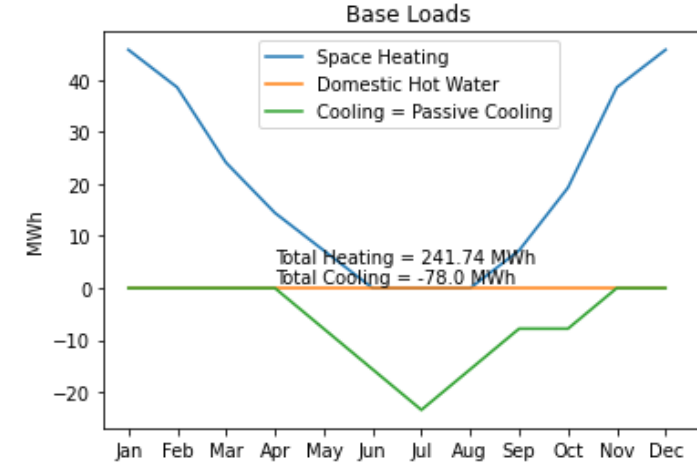
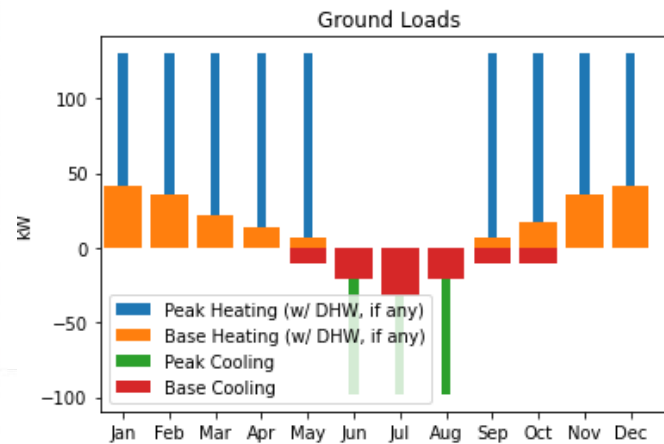
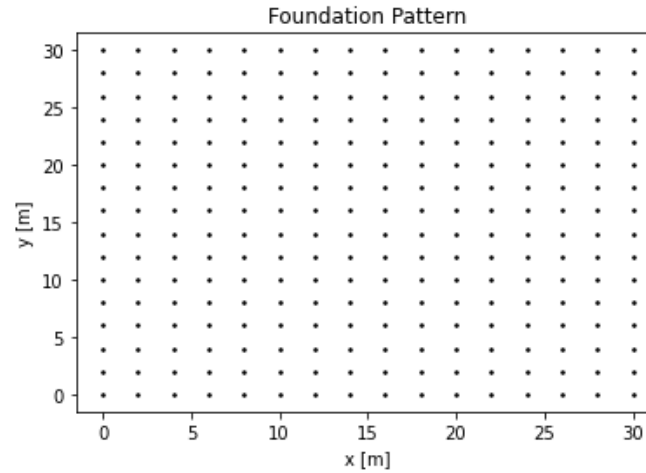
## The double sustainable foundation

Table 1. Examples of thermal conductivity and volume-related specific heat capacity of the underground

|                  | Type of rock                          | Thermal conductivity $\lambda$ in W/(m·K) |                   | Volume-related specific heat capacity $\rho \cdot c_p$ in MJ/(m <sup>3</sup> ·K) | Density $\rho$ in 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> |         |
|------------------|---------------------------------------|---|-------------------|--|---|---------|
|                  |                                       |   | recommended value |  |   |         |
| Unconsolidated   | clay/silt, dry                        | 0.4-1.0                                   | 0.5               | 1.5-1.6  | 1.8-2.0   |         |
|                  | clay/silt, water-saturated            | 1.1-3.1                                   | 1.8               | 2.0-2.8  | 2.0-2.2   |         |
|                  | sand, dry                             | 0.3-0.9                                   | 0.4               | 1.3-1.6  | 1.8-2.2   |         |
|                  | sand, moist                           | 1.0-1.9                                   | 1.4               | 1.6-2.2  | 1.9-2.2   |         |
|                  | sand, water-saturated                 | 2.0-3.0                                   | 2.4               | 2.2-2.8  | 1.9-2.3   |         |
|                  | gravel/stones, dry                    | 0.4-0.9                                   | 0.4               | 1.3-1.6  | 1.8-2.2   |         |
|                  | gravel/stones, water-saturated        | 1.6-2.5                                   | 1.8               | 2.2-2.6  | 1.9-2.3   |         |
| Sedimentary rock | tilloam                               | 1.1-2.9                                   | 2.4               | 1.5-2.5  | 1.8-2.3   |         |
|                  | peat, soft lignite                    | 0.2-0.7                                   | 0.4               | 0.5-3.8  | 0.5-1.1   |         |
|                  | clay/silt stone                       | 1.1-3.4                                   | 2.2               | 2.1-2.4  | 2.4-2.6   |         |
|                  | sandstone                             | 1.9-4.6                                   | 2.8               | 1.8-2.6  | 2.2-2.7   |         |
|                  | conglomerate/breccia                  | 1.3-5.1                                   | 2.3               | 1.8-2.6  | 2.2-2.7   |         |
|                  | marlstone                             | 1.8-2.9                                   | 2.3               | 2.2-2.3  | 2.3-2.6   |         |
|                  | limestone                             | 2.0-3.9                                   | 2.7               | 2.1-2.4  | 2.4-2.7   |         |
|                  | dolomitic rock                        | 3.0-5.0                                   | 3.5               | 2.1-2.4  | 2.4-2.7   |         |
|                  | sulphate rock (anhydrite)             | 1.5-7.7                                   | 4.1               | 2.0  | 2.8-3.0   |         |
|                  | sulphate rock (gypsum)                | 1.3-2.8                                   | 1.6               | 2.0  | 2.2-2.4   |         |
| Magmatic rock    | chloride rock (rock salt, potash)     | 3.6-6.1                                   | 5.4               | 1.2  | 2.1-2.2   |         |
|                  | anthracite                            | 0.3-0.6                                   | 0.4               | 1.3-1.8  | 1.3-1.6   |         |
|                  | tuff                                  | 1.1                                       | 1.1               |  |   |         |
| Magmatic rock    | vulcanite, acid to intermediate       | e.g. rhyolite, trachyte                   | 3.1-3.4           | 3.3  | 2.1   | 2.6     |
|                  | vulcanite, alkaline to ultra-alkaline | e.g. latite, dacite                       | 2.0-2.9           | 2.6  | 2.9   | 2.9-3.0 |
| Magmatic rock    | vulcanite, alkaline to ultra-alkaline | e.g. andesite, basalt                     | 1.3-2.3           | 1.7  | 2.3-2.6   | 2.6-3.2 |
|                  | plutonite, acid to intermediate       | granite                                   | 2.1-4.1           | 3.2  | 2.1-3.0   | 2.4-3.0 |
| Magmatic rock    | plutonite, acid to intermediate       | syenite                                   | 1.7-3.5           | 2.6  | 2.4   | 2.5-3.0 |
|                  | plutonite, alkaline to ultra-alkaline | diorite                                   | 2.0-2.9           | 2.5  | 2.9   | 2.9-3.0 |
| Magmatic rock    | plutonite, alkaline to ultra-alkaline | gabbro                                    | 1.7-2.9           | 2.0  | 2.6   | 2.6-3.1 |
|                  | slightly metamorphic                  | clay shale                                | 1.5-2.6           | 2.1  | 2.2-2.5   | 2.4-2.7 |
| Metamorphic rock | slightly metamorphic                  | chert                                     | 4.5-5.0           | 4.5  | 2.2   | 2.5-2.7 |
|                  | slightly metamorphic                  | marble                                    | 2.1-3.1           | 2.5  | 2.0   | 2.5-2.8 |
| Metamorphic rock | moderately to highly metamorphic      | quartzite                                 | 5.0-6.0           | 5.5  | 2.1   | 2.5-2.7 |
|                  | moderately to highly metamorphic      | mica schist                               | 1.5-3.1           | 2.2  | 2.2-2.4   | 2.4-2.7 |
| Metamorphic rock | moderately to highly metamorphic      | gneiss                                    | 1.9-4.0           | 2.9  | 1.6-2.4   | 2.4-2.7 |
|                  | moderately to highly metamorphic      | amphibolite                               | 2.1-3.6           | 2.9  | 2.0-2.3   | 2.6-2.9 |
| Other materials  | bentonite                             | 0.5-0.8                                   | 0.6               | -3.9   |   |         |
|                  | concrete                              | 0.9-2.0                                   | 1.6               | -1.8   | -2.0  |         |
| Other materials  | ice (-10 °C)                          | 2.32                                      |                   | 1.87   | 0.919   |         |
|                  | synthetics (HD-PE)                    | 0.42                                      |                   | 1.8  | 0.96  |         |
| Other materials  | air (0 °C to 20 °C)                   | 0.02                                      |                   | 0.0012   | 0.0012  |         |
|                  | steel                                 | 60  |                   | 3.12   | 7.8   |         |
| Other materials  | water (+10 °C)                        | 0.59                                      |                   | 4.15   | 0.999   |         |

Note 1: The density of unconsolidated rock varies greatly with consolidation and water content.

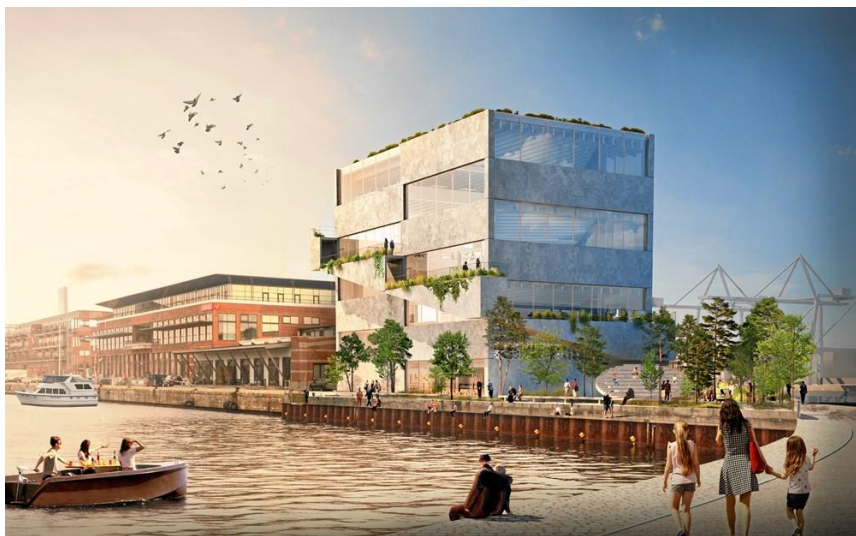
Note 2: In sandstone, conglomerates and breccia, there is an especially wide range of thermal conductivities. The important factors, in addition to the constituting material and its distribution and water saturation, are the type of binding material or matrix.



# Energy Piles

The double sustainable foundation

BIG HQ – 2021  
226 energy piles  
12m active length  
132 MWh/y heating  
60 MWh/y cooling



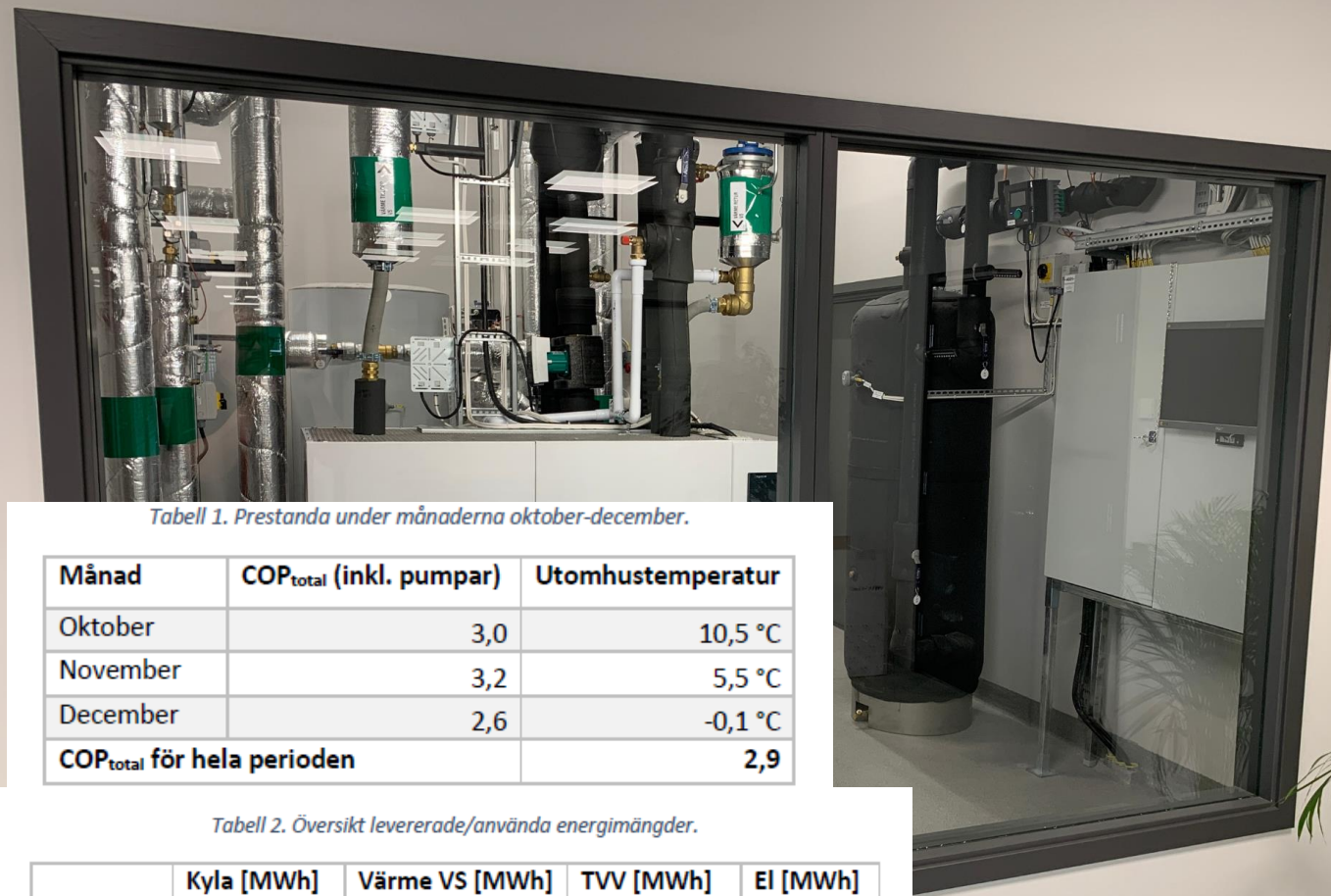
# Energy Piles

The double sustainable foundation

Centrum Pile HQ Kollanda  
48 energy piles  
14m active length  
29 MWh/y heating  
7 MWh/y cooling



centrumpaele.dk



Tabell 1. Prestanda under månaderna oktober-december.

| Månad  | COP <sub>total</sub> (inkl. pumpar) | Utomhustemperatur |
|--|-------------------------------------|-------------------|
| Oktober                                      | 3,0                                 | 10,5 °C           |
| November                                     | 3,2                                 | 5,5 °C            |
| December                                     | 2,6                                 | -0,1 °C           |
| <b>COP<sub>total</sub> för hela perioden</b> |                                     | <b>2,9</b>        |

Tabell 2. Översikt levererade/ använda energimängder.

|              | Kyla [MWh] | Värme VS [MWh] | TVV [MWh]  | EI [MWh]   |
|--------------|------------|----------------|------------|------------|
| Oktober      | 0,0        | 5,0            | 1,1        | 2,0        |
| November     | 0,0        | 6,6            | 1,0        | 2,4        |
| December     | 0,0        | 9,6            | 1,0        | 4,2        |
| <b>Summa</b> | <b>0,0</b> | <b>21,2</b>    | <b>3,1</b> | <b>8,5</b> |

# Energy Piles

The double sustainable foundation

Kysthus 3, Hellerup  
484 energy piles  
10m active length  
384 MWh/y heating  
60 MWh/y cooling



[centrumpaele.dk](http://centrumpaele.dk)



# Sustainability and green transition at Centrum Pæle A/S





# Centrum Pæle A/S

## Our published EPD's

CPG-Joints



Rock Shoes



Conical Mast foundation Piles



Mast Foundation Piles



Standard Piles



*Our costumers can use our EPD's both as a decision support tool, where materials and building products are compared and assesed against each other in their building context or as a documentation tool in connection with building certifications such as DGNB or the voluntary sustainable heat class.*

# What is an Environmental Product Declaration?

## Definition

An environmental product declaration, commonly referred to as EPD, documents the environmental properties of a construction product. An EPD is a declaration – i.e., it does not say anything about whether a product is good or bad.

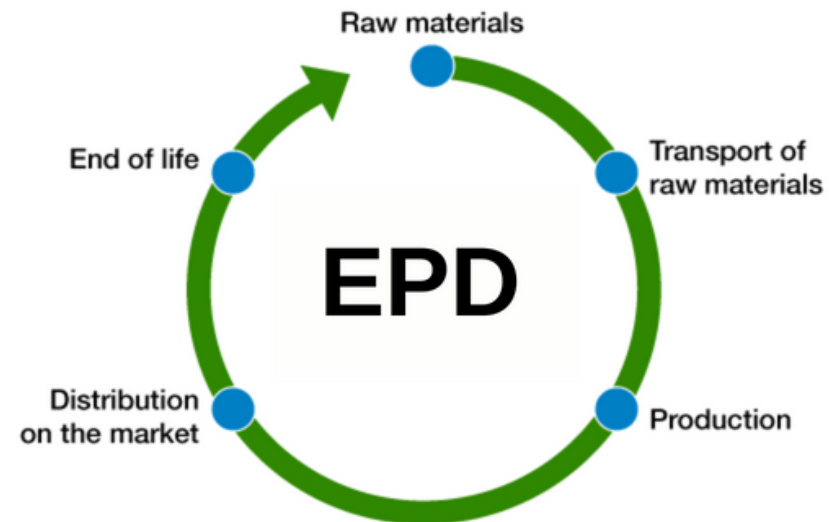
An EPD consists of:

- A product description
- A material composition
- An environmental declaration

An EPD is a uniform way of telling how much energy has been used, how many resources it has a cost and how much waste it has generated to make a specific product.

## A look into different life cycles

The EPD also provides information on the environmental impacts through the various phases of the building product's life cycle:



# EPD CO2 emission

## EPD Vedr.: Centrum Pæle System til Aarhus, Tove Ditlevsensgade, Risskov

Centrum Pæle A/S leverer den information de har brug for når der skal bygges bæredygtigt. I denne report finders der relevante udregninger og dokumentation på den ønskede sag:

|              |   | Udledning af produktion (kg CO2 eq.) | Udledning af transport (kg CO2 eq.) | Udledning samlet (kg CO2 eq.) |
|--------------|---|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 4 stk.       | 30x30, længde 15 meter, type 8, betontype S3, 40mm +/- 10 mm, Prøvepæle             | 2220                                 | 76.92                               | 2296.92                       |
| 4 stk.       | 30x30, længde 20 meter, type 8, betontype S3, CPG4-300-0, 40mm +/- 10 mm, Prøvepæle | 2960                                 | 102.57                              | 3062.57                       |
| 69 stk.      | 30x30, længde 13 meter, type 8, betontype S3, 40mm +/- 10 mm, Produktionspæle       | 33189                                | 1150.03                             | 34339.03                      |
| 67 stk.      | 30x30, længde 18 meter, type 12, betontype S3, 40mm +/- 10 mm, Produktionspæle      | 46778.33                             | 1564.41                             | 48342.73                      |
| 4 stk.       | CPG-kobling 30x30/4 type 0  | 298.8                                | 0.79                                | 299.59                        |
| <b>Total</b> |   | <b>85446.13</b>                      | <b>2894.72</b>                      | <b>88340.85</b>               |

Afstand benyttet til udregning: 88.57 km

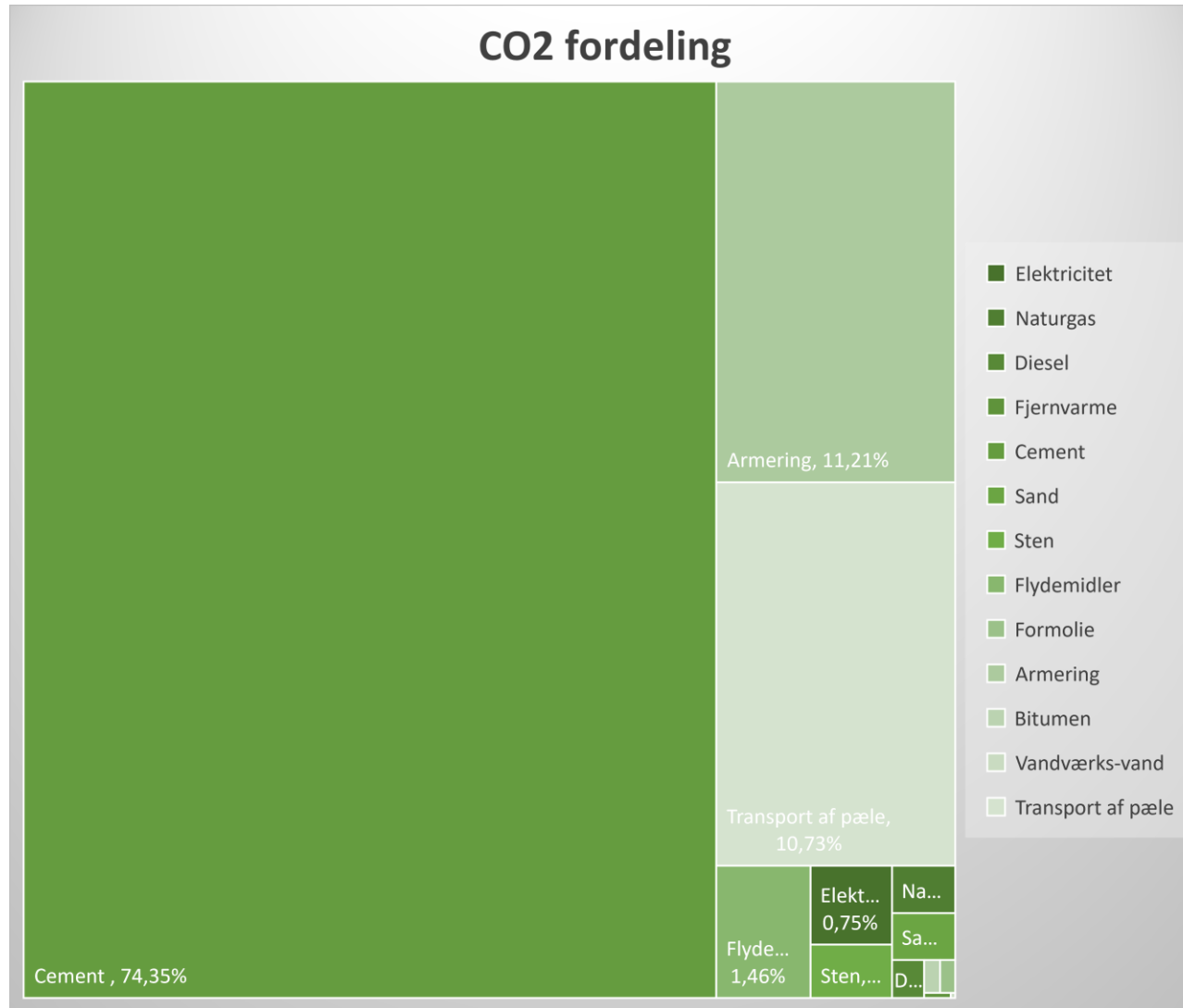
Centrum Pæle ønsker at synliggøre og dokumentere Co2-belastningen af både produktion og transport af de pæle vi leverer til Deres projekt. Derfor er der i denne rapport foretaget en udregning af den samlede Co2-udledning i kg. Co2. Eq. specifikt for de adspurgte pæledimensioner, længder og typer samt eventuelle tillægsprodukter.

Co2-beregningerne er baseret på Centrum Pæles 3. parts verificerede EPD'er (Environmental Product Declaration), som er udgivet i samarbejde med EPDDanmark. Centrum Pæle har udgivet officielle EPD'er på samtlige pæledimensioner og typer, samt koblinger, bjergsko, bitumen og opgradering til energipæle.

Samtlige af Centrum Pæles EPD'er kan findes i EPDDanmarks online database på [www.epddanmark.dk/epd-databasen](http://www.epddanmark.dk/epd-databasen) samt i beregningsværktøjet LCAByg ([www.lcabyg.dk](http://www.lcabyg.dk)).



# Energy consumption Centrum Pæle A/S 2021



# CEM I & CEM II

CEM I – 860 kg  
CO2 pr. tons  
cement

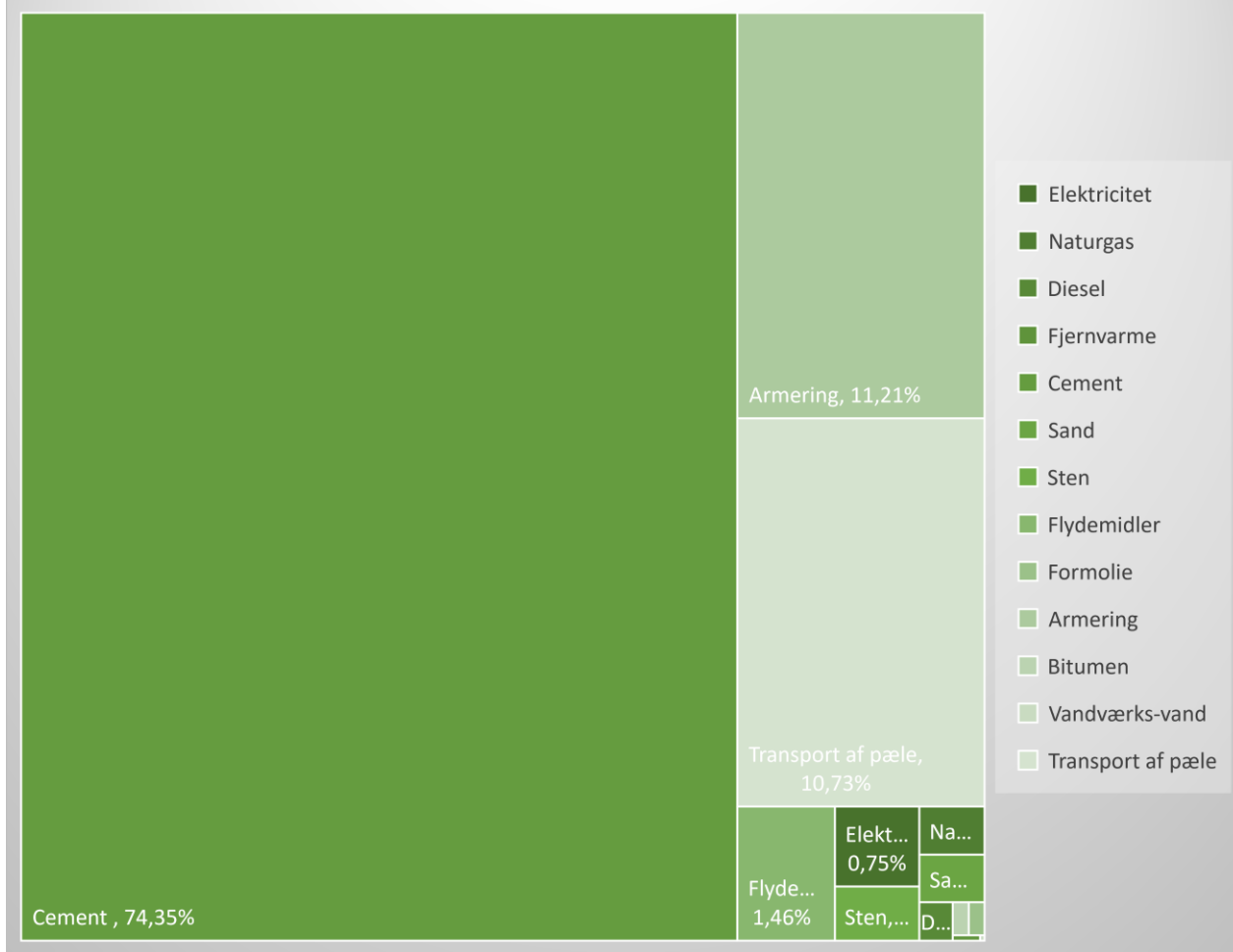
CEM II – 765 kg  
CO2 pr. tons  
cement

Reducering på  
95 kg CO2 pr.  
tons cement  
svarende til 11%

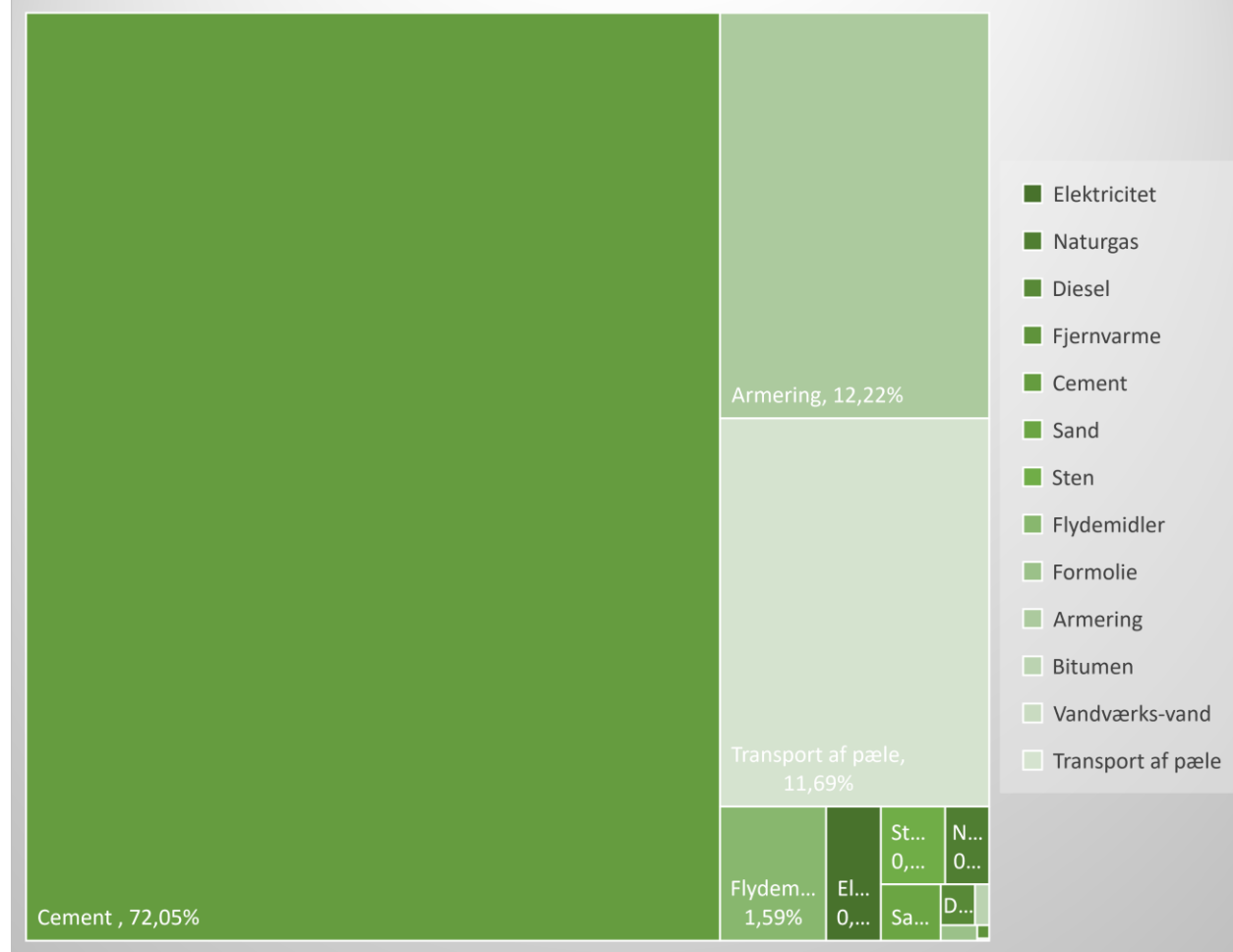


# Samlet CO2 reduktion på 8,2 %

## CO2 fordeling med CEM I

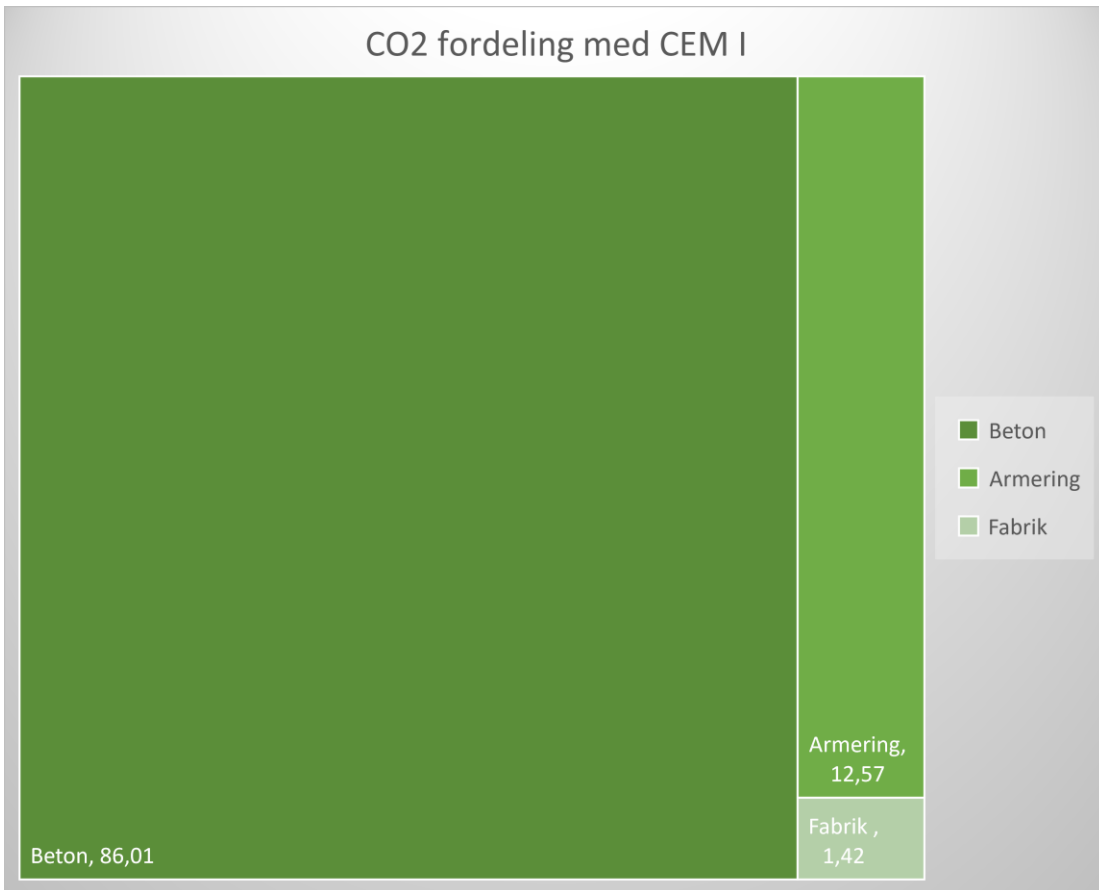


## CO2 fordeling med CEM II

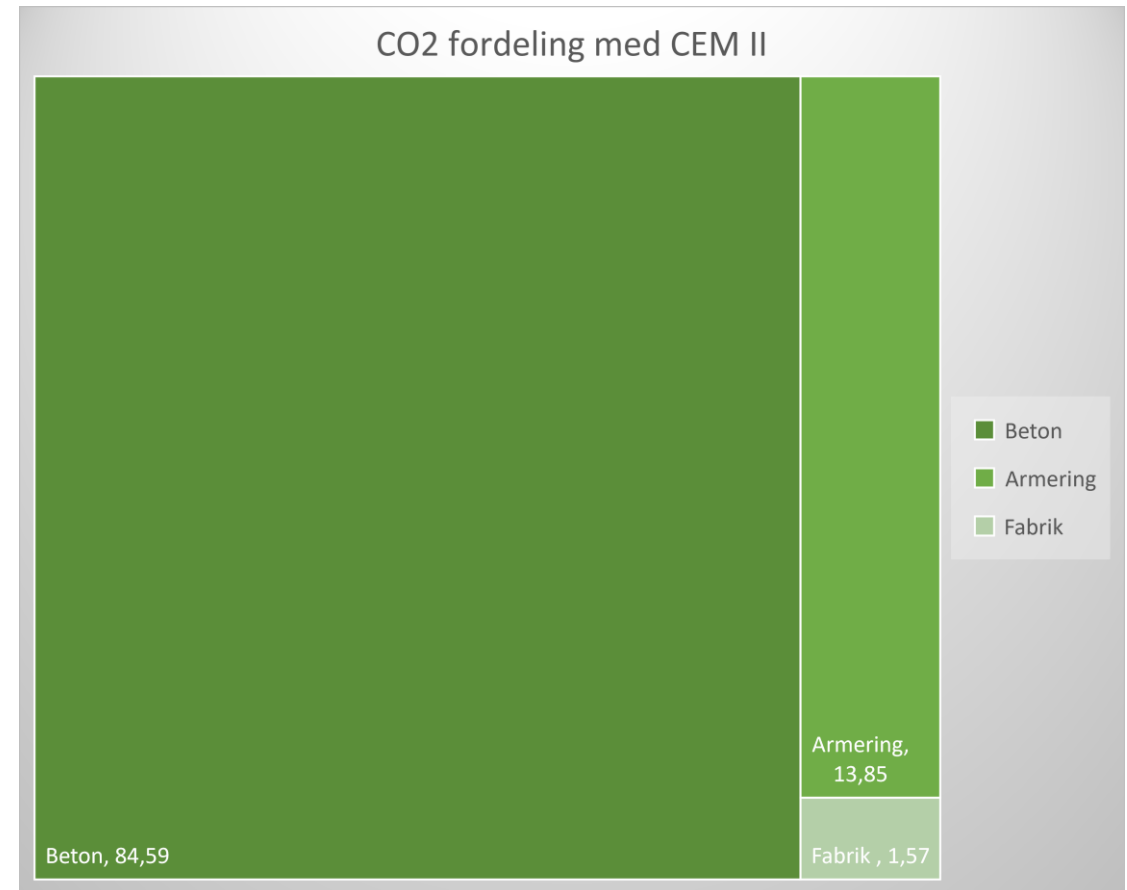


# Samlet CO2 reduktion på 8,2 %

CO2 fordeling med CEM I



CO2 fordeling med CEM II







# Eksponeringsklasser i stedet for Miljøpåvirkning

| Benævnelse af klasse  | Beskrivelse af miljøet jf. DS/EN 206 | Informative eksempler på, hvor eksponeringsklasser kan forekomme under danske klima- og miljøpåvirkninger  |
|---|--------------------------------------|--|
| <b>2 Korrosion forårsaget af karbonatisering</b>  |                                      |  |
| På steder, hvor beton med armering eller andet indstøbt metal udsættes for luft og fugt, skal eksponeringen klassificeres som følger: |                                      |  |
| XC1   | Tørt eller permanent vådt            | <p>Passiv miljøpåvirkning, dvs. beton indendørs med lav luftfugtighed, fx:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– konstruktioner i ikke opvarmede rum</li> <li>– terrændæk på isolering.</li> </ul> <p>eller</p> <p>beton permanent i jord uden strømmende vand, fx</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– jorddækkede fundamenter, hvor bæreevnen er eftervist uden brug af armering.</li> </ul>      |
| XC2   | Vådt, sjældent tørt                  | <p>Moderat miljøpåvirkning, dvs. beton udsat for langvarig kontakt med vand, fx:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>funderingspæle</b></li> <li>– elevatorgruber</li> <li>– installationskanaler</li> <li>– ingeniørgange</li> <li>– konstruktioner i ferskvand (fx vandtanke)</li> <li>– jorddækkede fundamenter, hvor bæreevnen er eftervist med brug af armering</li> <li>– bundplader.</li> </ul> |
| XC3   | Moderat fugtighed                    | <p>Moderat miljøpåvirkning, dvs. beton indendørs med moderat eller høj luftfugtighed, fx:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– installationskanaler</li> <li>– ingeniørgange.</li> </ul> <p>eller</p> <p>beton udendørs beskyttet mod regn, fx</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– bjælker med konstruktivt beskyttet over-side.</li> </ul>   |

| Benævnelse af klasse   | Beskrivelse af miljøet jf. DS/EN 206 | Informative eksempler på, hvor eksponeringsklasser kan forekomme under danske klima- og miljøpåvirkninger  |
|--|--------------------------------------|--|
| XC4  | Cyklisk vådt og tørt                 | <p>Moderat miljøpåvirkning, dvs. beton udsat for kontakt med vand, men som ikke er indeholdt i eksponeringsklasse XC2, fx:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– udvendige vægge, facader, søjler, trapper, dæk og bjælker</li> <li>– altanbrystninger, -plader, -gange og -konsoller</li> <li>– fundamenter delvist over terræn</li> <li>– støttmure</li> <li>– kælderydervægge delvist over terræn</li> <li>– beton udsat for industrielt vand</li> <li>– vaskehaller</li> <li>– parkeringsdæk</li> <li>– brosjøler og kantbjælker på broer</li> <li>– marine konstruktioner nær vandlinjen.</li> </ul> |
| <b>3 Korrosion forårsaget af chlorider fra andet end havvand</b>   |                                      |  |
| På steder, hvor beton med armering eller andet indstøbt metal udsættes for kontakt med vand, der indeholder chlorid, herunder tørsalt, fra andet end havvand, skal eksponeringen klassificeres som følger: |                                      |  |
| XD1  | Moderat fugtighed                    | <p>Aggressiv miljøpåvirkning, dvs. beton udsat for luftbårne chlorider fra tørsalt, begrænset tørsaltning, eller som er i umiddelbar nærhed af arealer der tørsaltes, fx:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– altanplader med begrænset adgang</li> <li>– støttmure</li> <li>– udvendige trapper</li> <li>– kælderydervægge delvist over terræn.</li> <li>– lodrette dele af parkeringsanlæg.</li> <li>– søjler, endevederlag, støttevægge, fundamenter mv. for broer og tunneler, som ikke henføres til XD3.</li> <li>– fugtisolerede brodæk.</li> </ul>   |
| XD2  | Vådt, sjældent tørt                  | <p>Ekstra aggressiv miljøpåvirkning, dvs. beton udsat for langvarig kontakt med vand og chlorider fx:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– svømmebassiner</li> <li>– beton udsat for industrielt vand, der indeholder chlorid.</li> </ul> <p>NOTE – For svømmebassiner henvises til DS 477:2013, 6.2.2 og 7.2.</p>   |
| XD3  | Cyklisk vådt og tørt                 | <p>Ekstra aggressiv miljøpåvirkning, dvs. beton udsat for vandsprøjt, der indeholder chlorid, eller udsættes for tørsaltning fx:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– altangange og altankonsoller</li> <li>– udvendige trapper</li> <li>– parkeringsdæk</li> <li>– kantbjælker på broer</li> <li>– brosjøler.</li> </ul> <p>NOTE – Der henvises til DS/EN 1992-2 DK NA for specifikke regler vedr. broer og tunneler.</p>   |

# Eksponeringsklasser i stedet for Miljøpåvirkning

| Benævnelse af klasse  | Beskrivelse af miljøet jf. DS/EN 206                             | Informative eksempler på, hvor eksponeringsklasser kan forekomme under danske klima- og miljøpåvirkninger   |
|---|--|---|
| <b>4 Korrosion forårsaget af chlorid fra havvand</b>  |  |   |
| På steder, hvor beton med armering eller andet indstøbt metal udsættes for kontakt med chlorid fra havvand eller luftbåren salt fra havvand, skal eksponeringen klassificeres som følger: |  |   |
| XS1   | Udsat for luftbåret salt, men ikke i direkte kontakt med havvand | Aggressiv miljøpåvirkning, dvs. beton udsat for luftbåret salt fra havvand fx: <ul style="list-style-type: none"> <li>- konstruktioner i havneområder og nær kysten.</li> </ul> NOTE - Hvis forholdet ikke undersøges, kan der normalt regnes med, at "nær kysten" svarer til en afstand på 1 000 meter fra saltvandsholdige SV-V-N-vendte kyster og 200 meter fra øvrige kyster. Ved Vestkysten bør de 1 000 meter øges til 2 000 meter. |
| XS2   | Permanent under vand   | Aggressiv miljøpåvirkning, dvs. beton udsat for permanent kontakt med havvand, fx: <ul style="list-style-type: none"> <li>- marine konstruktioner under vand</li> <li>- jorddækkede konstruktioner i havne- eller kystnære områder med grundvand som har chloridindhold svarende til det nærliggende havvand.</li> </ul>  |
| XS3   | Tidevand, splash og sprøjtezone                                  | Ekstra aggressiv miljøpåvirkning, dvs. beton udsat for vandsprøjt fra havvand, fx: <ul style="list-style-type: none"> <li>- marine konstruktioner nær vandlinjen.</li> </ul>  |
| <b>5 Frost-tø-påvirkning med eller uden tøsalt</b>  |  |   |
| På steder hvor beton udsættes for kraftig påvirkning af frost-tø-cykler; imens betonen er våd, skal eksponeringen klassificeres som følger:   |  |   |
| XF1   | Moderat vandmætning, uden tøsalt                                 | Moderat miljøpåvirkning, dvs. vertikale betonoverflader udsat for regn og frost, fx: <ul style="list-style-type: none"> <li>- fundamenter delvist over terræn</li> <li>- støttemure</li> <li>- kælderydervægge delvist over terræn</li> <li>- udvendige vægge og facader</li> <li>- udvendige søjler</li> <li>- udvendige bjælker med konstruktiv beskyttelse</li> <li>- altanbrystninger.</li> </ul>                                     |
| XF2   | Moderat vandmætning, med tøsalt                                  | Aggressiv miljøpåvirkning, dvs. vertikale betonoverflader udsat for frost og luftbåren tøsalt fx: <ul style="list-style-type: none"> <li>- støttemure</li> <li>- udvendige trapper med begrænset trafik</li> <li>- kælder ydervægge delvist over terræn.</li> </ul>   |

| Benævnelse af klasse  | Beskrivelse af miljøet jf. DS/EN 206      | Informative eksempler på, hvor eksponeringsklasser kan forekomme under danske klima- og miljøpåvirkninger   |
|---|---|---|
| XF3   | Høj vandmætning, uden tøsalt              | Aggressiv miljøpåvirkning, dvs. horisontale betonoverflader udsat for regn og frost, fx <ul style="list-style-type: none"> <li>- altanplader med begrænset adgang</li> <li>- udvendige dæk</li> <li>- udvendige bjælker</li> <li>- lyskasser</li> <li>- kanaler, udendørs bassiner og gruber.</li> </ul>  |
| XF4   | Høj vandmætning, med tøsalt eller havvand | Ekstra aggressiv miljøpåvirkning, dvs. beton udsat for vand, frost og chlorid, fx <ul style="list-style-type: none"> <li>- altangange og altankonsoller</li> <li>- parkeringsdæk</li> <li>- brosjøler</li> <li>- kantbjælker på broer</li> <li>- marine konstruktioner i splash zonen.</li> </ul> NOTE - Frost-tø påvirkning af parkeringsdæk kan variere med parkeringsanlæggets udformning. |
| <b>6 Kemisk påvirkning</b>  |   |   |
| På steder, hvor beton udsættes for kemiske påvirkninger fra jord og grundvand, skal eksponeringen klassificeres som følger: |   |   |
| XA1   | Let aggressivt kemisk miljø               | Moderat miljøpåvirkning, dvs. beton udsat for jord og grundvand i henhold til tabel 2 i DS/EN 206, XA1, fx <ul style="list-style-type: none"> <li>- kanaler og gruber</li> <li>- funderingspæle</li> <li>- tunneler</li> <li>- kælderydervægge.</li> </ul>  |
| XA2   | Moderat aggressivt kemisk miljø           | Aggressiv miljøpåvirkning, dvs. beton udsat for jord og grundvand i henhold til tabel 2 i DS/EN 206, XA2, fx <ul style="list-style-type: none"> <li>- eksempler som vist i XA1</li> </ul> NOTE - Beton i havvand bør overholde XA2, da havvand indeholder SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>   |
| XA3   | Stærkt aggressivt kemisk miljø            | Ekstra aggressiv miljøpåvirkning, dvs. beton udsat for jord og grundvand i henhold til tabel 2 i DS/EN 206, XA3, fx <ul style="list-style-type: none"> <li>- eksempler som vist i XA1</li> </ul>  |

# Skift fra CEM I til CEM II

## Statiske Beregninger tidligere

Tabel 4-1 Eksponeringsklasser for pæl med hensyn til betonsammensætning og dæklag

| Receptfamilie  | S3 (Standard)                              | G3 (Granitstensbeton)                       | B3 (Sulfatbestandig)                |
|--|--|---|-------------------------------------|
| Anvendelse   | Bygningskonstruktion                       | Bygningskonstruktion                        | Brokonstruktion                     |
| Tilslag  | kl. A (Søsten)                             | kl. E (Granit)                              | kl. A (Søsten)                      |
| Betonstyrkeklasse  | C50/60                                     | C50/60                                      | C50/60                              |
| Cementtype   | CEM I 52,5N (MS/MA/ ≤ 2)                   | CEM I 52,5N (MS/MA/ ≤ 2)                    | CEM I 42,5R (HS/LA/ ≤ 2)            |
| Max. vand/cementforhold  | 0,45                                       | 0,40  | 0,45                                |
| Afstandsholder   | Plast (PEHD)                               | Plast (PEHD)                                | Beton                               |
| <b>Eksponeringsklasser (miljøpåvirkning) med hensyn til betonens sammensætning</b>           |  |   |                                     |
| Norm   | DS/EN 206 + DK NA                          |   |                                     |
|  | <b>XC4, XS2, XD1, XF3, XA2 (Aggressiv)</b> | XC4, XS3, XD3, XF3, XA2 (Ekstra aggressiv*) | XC4, XS2, XD1, XF3, XA2 (Aggressiv) |
| <b>Eksponeringsklasser (miljøpåvirkning) med hensyn til dæklaget i pælen iht. Eurocode 2</b> |  |   |                                     |
| Norm   | DS/EN 1992-1-1 + DK NA                     |   | DS/EN 1992-2 + DK NA                |
| <b>Standard dæklag C<sub>nom</sub> 40 mm</b>   | <b>XC4, XS2, XD1 (Aggressiv)</b>           | XC4, XS2, XD1 (Aggressiv)                   | N/A                                 |
| Specialdæklag C <sub>nom</sub> 50 mm   | XC4, XS2, XD1 (Aggressiv)                  | XC4, XS3, XD3 (Ekstra aggressiv*)           | XC4, XS2, XD1 (Aggressiv)           |
| Dæklagstolerance Δ <sub>c,dev</sub>  | 10 mm                                      | 10 mm                                       | 10 mm                               |

\* For at opfylde krav til XA3 skal der anvendes høj sulfatresistent cement:

Ved SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > 12 000 og ≤ 24 000 mg/kg i jorden

Eller SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > 3 000 og ≤ 6 000 mg/l i grundvandet

PEHD – Polyethylen high density

N/A – ikke relevant

## Statiske Beregninger nu

Tabel 4-1 Eksponeringsklasser for pæl med hensyn til betonsammensætning og dæklag

| Recept  | S3 (Standard)             | S3 Plus                  | G3 (Granitstensbeton)    | B3 (Sulfatbestandig)     |
|---|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Anvendelse  | Bygningskonstruktion      | Bygningskonstruktion     | Bygningskonstruktion     | Brokonstruktion          |
| Tilslag   | kl. A (Søsten)            | kl. A (Søsten)           | kl. E (Granit)           | kl. A (Søsten)           |
| Betonstyrkeklasse   | C50/60                    | C50/60                   | C50/60                   | C50/60                   |
| Cementtype  | CEM I 52,5N (MS/MA/ ≤ 2)  | CEM I 52,5N (MS/MA/ ≤ 2) | CEM I 52,5N (MS/MA/ ≤ 2) | CEM I 42,5R (HS/LA/ ≤ 2) |
| Max. vand/cementforhold   | 0,45                      | 0,45                     | 0,40                     | 0,45                     |
| Dæklagstolerance Δ <sub>c,dev</sub>   | 10 mm                     | 10 mm                    | 10 mm                    | 10 mm                    |
| Afstandsholder  | Plast (PEHD)              | Plast (PEHD)             | Plast (PEHD)             | Beton                    |
| <b>Eksponeringsklasser med hensyn til betonsammensætning og pælens nominelle dæklag</b> |                           |                          |                          |                          |
| Norm  | DS/EN 206 + DK NA         |                          |                          |                          |
| Norm  | DS/EN 1992-1-1 + DK NA    |                          |                          | DS/EN 1992-2 + DK NA     |
| <b>Standard dæklag C<sub>nom</sub> = 40 mm</b>  | <b>XC4, XS1, XD1, XA2</b> | XC4, XS2, XD1, XA2       | N/A                      | N/A                      |
| Specialdæklag C <sub>nom</sub> = 50 mm  | N/A                       | N/A                      | XC4, XS3, XD3, XA2       | XC4, XS2, XD1, XA2       |

PEHD – Polyethylen high density

N/A – ikke relevant

Verificering af eksponeringsklasser for frost-tø påvirkning (XF-klasser) kræver test af betonen. Pæle deklares på forespørgsel.

## Statiske Beregninger marts 2023

| Recept  | S2 (Standard)             | S3 (special)             | G3 (Granitstensbeton)    | B3 (Sulfatbestandig)     |
|---|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Anvendelse  | Bygningskonstruktion      | Bygningskonstruktion     | Bygningskonstruktion     | Brokonstruktion          |
| Tilslag   | kl. A (Søsten)            | kl. A (Søsten)           | kl. E (Granit)           | kl. A (Søsten)           |
| Betonstyrkeklasse   | C50/60                    | C50/60                   | C50/60                   | C45/55                   |
| Cementtype  | CEM II/A-LL 52,5N         | CEM I 52,5N (MS/MA/ ≤ 2) | CEM I 52,5N (MS/MA/ ≤ 2) | CEM I 42,5R (HS/LA/ ≤ 2) |
| Max. vand/cementforhold   | 0,45                      | 0,45                     | 0,40                     | 0,45                     |
| Dæklagstolerance Δ <sub>c,dev</sub>   | 10 mm                     | 10 mm                    | 10 mm                    | 10 mm                    |
| Afstandsholder  | Plast (PEHD)              | Plast (PEHD)             | Plast (PEHD)             | Beton                    |
| <b>Eksponeringsklasser med hensyn til betonsammensætning og pælens nominelle dæklag</b> |                           |                          |                          |                          |
| Norm  | DS/EN 206 + DK NA         |                          |                          |                          |
| Norm  | DS/EN 1992-1-1 + DK NA    |                          |                          | DS/EN 1992-2 + DK NA     |
| <b>Standard dæklag C<sub>nom</sub> = 40 mm</b>  | <b>XC4, XS1, XD1, XA2</b> | XC4, XS2, XD1, XA2       | N/A                      | N/A                      |
| Special dæklag C <sub>nom</sub> = 50 mm   | N/A                       | N/A                      | XC4, XS3, XD3, XA2       | XC4, XS2, XD1, XA2       |

PEHD – Polyethylen high density

N/A – ikke relevant

## Skift fra CEM I til CEM II

- Stor CO2 reduktion i standardpælesortiment
- Ændring i deklaration fra miljøpåvirkning til eksponeringsklasser
  - XS2 og XF 1-3 udgår fra standardpæle = undersøg hvad pælen udsættes for
  - XS2 og/eller XF fortsat muligt med specialpæle

## Hvornår?

- Deklarationen ændres i november 2022
- Leverancer af indeværende ordre fortsat i henhold til nuværende deklaration frem til vinter 2023
- Endeligt skift af cementtype ca medio marts 2023

## Et nyt alternativ

