

# Centrum Pæle

Produktinformation og statiske beregninger  
for standard pæleprogram



07-07-2026

# Indholdsfortegnelse

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Forord.....</b>                                                | <b>3</b>  |
| <b>2. Fremstilling og kvalitet .....</b>                             | <b>4</b>  |
| 2.1. Kvalitet, miljø og arbejdsmiljø .....                           | 4         |
| 2.2. Normer og standarder .....                                      | 5         |
| 2.3. Materialer .....                                                | 5         |
| <b>3. Centrum standardpæle og specialpæle .....</b>                  | <b>6</b>  |
| 3.1. Lagerførte standardpæle .....                                   | 6         |
| 3.2. Standardpæle som ikke lagerføres .....                          | 7         |
| 3.3. Tværsnitsdimensioner, pæletyper og CPG-koblinger .....          | 8         |
| <b>4. Eksponerings- og miljøforhold .....</b>                        | <b>10</b> |
| 4.1. Afklaring af aktuelle ekponeringsklasser .....                  | 10        |
| 4.2. Betonsammensætning .....                                        | 10        |
| 4.3. Dæklag .....                                                    | 11        |
| 4.4. Eksponeringsklasser overholdt af pæl mht. beton og dæklag ..... | 11        |
| 4.5. Kontrol af revnevidder .....                                    | 13        |
| <b>5. Statiske beregninger med Centrum Pile Select .....</b>         | <b>14</b> |
| 5.1. Brugervejledning .....                                          | 14        |
| 5.2. Beregningsforudsætninger .....                                  | 21        |
| 5.3. Brudgrænsetilstand (ULS) N-M kombination .....                  | 21        |
| 5.4. Brudgrænsetilstand (ULS) N-V kombination .....                  | 23        |
| 5.5. Anvendelsesgrænsetilstand (SLS) N-M kombination .....           | 23        |
| <b>6. Generér pæletegning med Centrum Drawings .....</b>             | <b>25</b> |
| 6.1. Brugervejledning .....                                          | 25        |

## 1. Forord

Nærværende produktinformation og statiske beregninger er udarbejdet for Centrum Pæles almindelige funderingspæle, herunder standardpæle, specialpæle og CPG-koblinger.

Beregningerne som udføres via online-plattformen Centrum Pile Select er tænkt som en hjælp for vore kunder til at vælge en optimal pæleløsning ud fra såvel statiske som økonomiske hensyn.

Centrum Pæles standardpæle er udformet således, at pæledimensioner og materialespecifikationer opfylder de krav, som er hyppigst forekommende i forbindelse med byggeprojekter.

Centrum Pæle lagerfører standardpæle i længder med spring på én meter. På denne måde minimeres leveringstiden i forhold til ændringer i projektet.

Skulle specifikationerne for Centrum Pæles standardpæle ikke dække det aktuelle behov, vil det altid være muligt at få produceret specialpæle med anden betonsammensætning eller med ekstra armering og evt. anden dæklag på armeringen.



*Figur 1-1 Koblet pæl*

## 2. Fremstilling og kvalitet

Fremstillingen af Centrum Pæle er en specialiseret proces, hvor den nyeste teknologi anvendes, og hvor produktionen overvåges og kontrolleres i alle faser. Armeringen fremstilles på en svejserobot som i en automatiseret proces hæftesvejser bøjlearmeringen til hovedarmeringen i alle krydsningspunkter. Til hovedarmeringen benyttes som standard Ø12 mm armeringsstål leveret på coils fra certificerede stålværker. Antallet af armeringsjern i tværsnittet varierer fra 4 til 20 stk. afhængigt af den ønskede bæreevne. Pælene støbes med selvkompakterende beton, hvilket sikrer en optimal kvalitet og minimal arbejdsmiljøbelastning.

Ved koblingspæle benyttes som standard en kobling af typen CPG. CPG-koblingen er testet i henhold til pælestandarden EN 12794 og godkendt som en klasse A kobling. Tillige er koblingen CE-mærket med en European Technical Assessment ETA-17/0714 12/07/2018 udstedt af DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik). Den kvalitetsmæssige overvågning på koblingen omfatter udmattelsesprøvning, hvorved anvendelighed for dynamisk last eftervises. Koblingerne fås i to typer, CPG-K4 og CPG-K8, som har hhv. 4 og 8 stødjern i Ø20 mm. Længden på stødjernene er tilstrækkelig til, at stødjernenes trækkapacitet kan udnyttes fuldt ud.



*Figur 2-1 Den enkelte pæl er forsynet med stregkode for at sikre sporbarhed*

Centrum Pæle arbejder til stadighed med forbedring og udvikling af produktsortimentet, og som følge heraf kan der forekomme ændringer i de angivne specifikationer. Centrum Pæle forbeholder sig derfor ret til uden varsel og uden ansvar over for brugeren af specifikationerne at foretage sådanne ændringer.

### 2.1. Kvalitet, miljø og arbejdsmiljø

Centrum Pæles kvalitetsstyringssystem vedrørende produktion og salg er opbygget i overensstemmelse med kravene i DS/EN ISO 9002. Centrum Pæles standardpæle er CE-mærkede som enkeltpæl og som koblingspæl. Dancert har udstedt certifikat som attesterer at alle bestemmelser vedrørende fabriksproduktionskontrol beskrevet i Anneks ZA i pælestandarden EN 12794:2005+A1:2007 + EN 12794:2005+A1:2007/AC:2008 bliver overholdt. Centrum Pæles standardpæle er desuden godkendt for det tyske marked af Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Materialprüfanstalt für das Bauwesen – iBMB MPA TU (Technische Universität) Braunschweig.

Centrum Pæle er miljøcertificeret efter ISO 14001. Miljøaftrykket fra produktionen inklusive materialer er kortlagt og bearbejdes kontinuerligt. Med den udarbejdede miljø- og klimarapport redegøres for Centrum Pæles miljø- og klimamæssige aftryk, og vi beskriver, hvordan vi arbejder med at styre og forbedre de miljø- og klimamæssige forhold på fabrikken både internt og eksternt. Vi ønsker høj grad af medarbejderinvolvering i alle forhold på fabrikken, herunder også arbejdet med at forbedre miljø- og klimaforhold og fabrikkens generelle udvikling i øvrigt. Miljø- og klimarapport kan rekvireres ved at kontakte Centrum Pæle.

## 2.2. Normer og standarder

### Normer og standarder:

|                                                                              |                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DS/EN 1990:2007 + /A1:2006 +<br>/A1/AC:2010 + DK NA:2024 + /A1<br>DK NA:2017 | Eurocode 0: Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner                                                  |
| DS/EN 1992-1-1 + /AC:2008 +<br>/A1:2015 + DK NA:2024                         | Eurocode 2: Betonkonstruktioner – Del 1-1: Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner            |
| DS/EN 1992-2:2005 + /AC:2008 +<br>DK NA:2015                                 | Eurocode 2: Betonkonstruktioner – Betonbroer – Dimensionerings- og detaljeringsregler                         |
| DS/EN 206:2013 + /A1:2016                                                    | Beton – Specifikation, egenskaber, produktion og overensstemmelse                                             |
| DS 206:2025                                                                  | Beton – Specifikation, egenskaber, produktion og overensstemmelse – Regler for anvendelse af EN 206 i Danmark |
| DS/EN 13369:2018                                                             | Almindelige regler for præfabrikerede betonelementer                                                          |
| DS/EN 12794 + /A1:2007 +<br>AC:2008                                          | Præfabrikerede betonelementer – Funderingspæle                                                                |
| DS/EN 10080:2006                                                             | Armeringsstål til beton - Svejselige armeringsstål - Generelt                                                 |

## 2.3. Materialer

### Beton:

|                                                                               |                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Kontrolklasse                                                                 | Skærpet                                    |
| Betondensitet                                                                 | $\leq 2400 \text{ kg/m}^3$                 |
| Styrkeklasse                                                                  | C45/55 $f_{ck} = 45 \text{ MPa}$           |
| Trykstyrke ved afformning og transport på lager                               | Minimum $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ (C20/25) |
| Trykstyrke ved levering, løft på pladsen og rejsning til ramning <sup>1</sup> | Minimum $f_{ck} = 45 \text{ MPa}$ (C45/55) |

### Armering:

|                      |                                                                                   |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Kontrolklasse        | Skærpet                                                                           |
| Hovedarmering        | Ø12 mm armering i duktilitetsklasse B med karakteristisk 0,2% spænding på 500 MPa |
| Bøjlearmering (glat) | Ø5 mm armering med karakteristisk 0,2% spænding på 400 MPa                        |

### Løftebøjler:

|                      |                                                         |
|----------------------|---------------------------------------------------------|
| Kontrolklasse        | Normal                                                  |
| Stålkvalitet         | S355J2 N med en karakteristisk flydespænding på 355 MPa |
| GS-Prüfbescheinigung | Nr. BAU/TB 10500                                        |

<sup>1</sup> Trykstyrken for korrekt leveringstid skal som minimum være en styrke C45/55.  
Korrelationen imellem styrke- og modenhedsudviklingen baseres på et gennemsnit af de seneste 90 målte trykstyrker.

### 3. Centrum standardpæle og specialpæle

Centrum pæles system består af kvadratiske jernbetonpæle med varierende tværsnitsdimension fra 250 – 450 mm. Pælene produceres i forskellige typer fra 4 – 20, hvor typenummeret angiver antallet af Ø12 mm længdearmeringsstænger. Tværarmering udgøres af dobbeltviklet, glat Ø5 mm bøjletråd (spiral), som hæftesvejses i alle berøringspunkter med hovedarmeringen.

Pælenes længder er begrænset af hensyn til logistik og/eller styrken under transport og løft. Såfremt der behøves en længere pæl, kan flere delstykker kobles med CPG-koblinger.

#### 3.1. Lagerførte standardpæle

Standardpæle er pæle med standard dæklag på 40 mm og standard betonrecept S2 (se afsnit 4). De mest anvendte kombinationer af dimension og type for standardpælene lagerføres i varierende længder i hele metre. Koblingspæle, hvor pælen støbes med en kobling i den ene ende, lagerføres i én armeringstype for hver dimension.

*Tabel 3-1 Lagerførte standardpæles længder med spring på én meter.*

| Dimension [mm] | Kobling     | Type 4<br>Stålareal<br>452 mm <sup>2</sup> | Type 6<br>Stålareal<br>679 mm <sup>2</sup> | Type 8<br>Stålareal<br>905 mm <sup>2</sup> | Type 12<br>Stålareal<br>1357 mm <sup>2</sup> | Type 16<br>Stålareal<br>1810 mm <sup>2</sup> | Type 20<br>Stålareal<br>2261 mm <sup>2</sup> |
|----------------|-------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 250x250        | ÷<br>CPG-K4 | 6-10 m                                     | 11-14 m<br>7-14 m                          | 15-16 m                                    | 17-18 m                                      |                                              |                                              |
| 300x300        | ÷<br>CPG-K4 |                                            | 6-10 m                                     | 11-15 m<br>7-14 m                          | 16-18 m                                      |                                              |                                              |
| 350x350        | ÷<br>CPG-K4 |                                            |                                            | 6-10 m                                     | 11-17 m<br>7-14 m                            | 18 m                                         |                                              |
| 400x400        | ÷<br>CPG-K4 |                                            |                                            |                                            | 6-16 m<br>7-14 m                             | (17-18 m)                                    |                                              |
| 450x450        | ÷<br>CPG-K4 |                                            |                                            |                                            |                                              | (6-17 m)<br>(6-14 m)                         | (18 m)                                       |

( ) = lagerføres kun i begrænset antal



*Figur 3-1 Svejsrobot i funktion*

### 3.2. Standardpæle som ikke lagerføres

Pæle med andet dæklag end 40 mm og/eller anden betonrecept end S2 betegnes som specialpæle og fremstilles efter behov. Specialpæle med 50 mm dæklag og/eller med betonrecept S3, G3 eller B3 finder anvendelse ved skærpede krav til eksponeringsklasser eller ved projektering af brokonstruktioner – se afsnit 4.

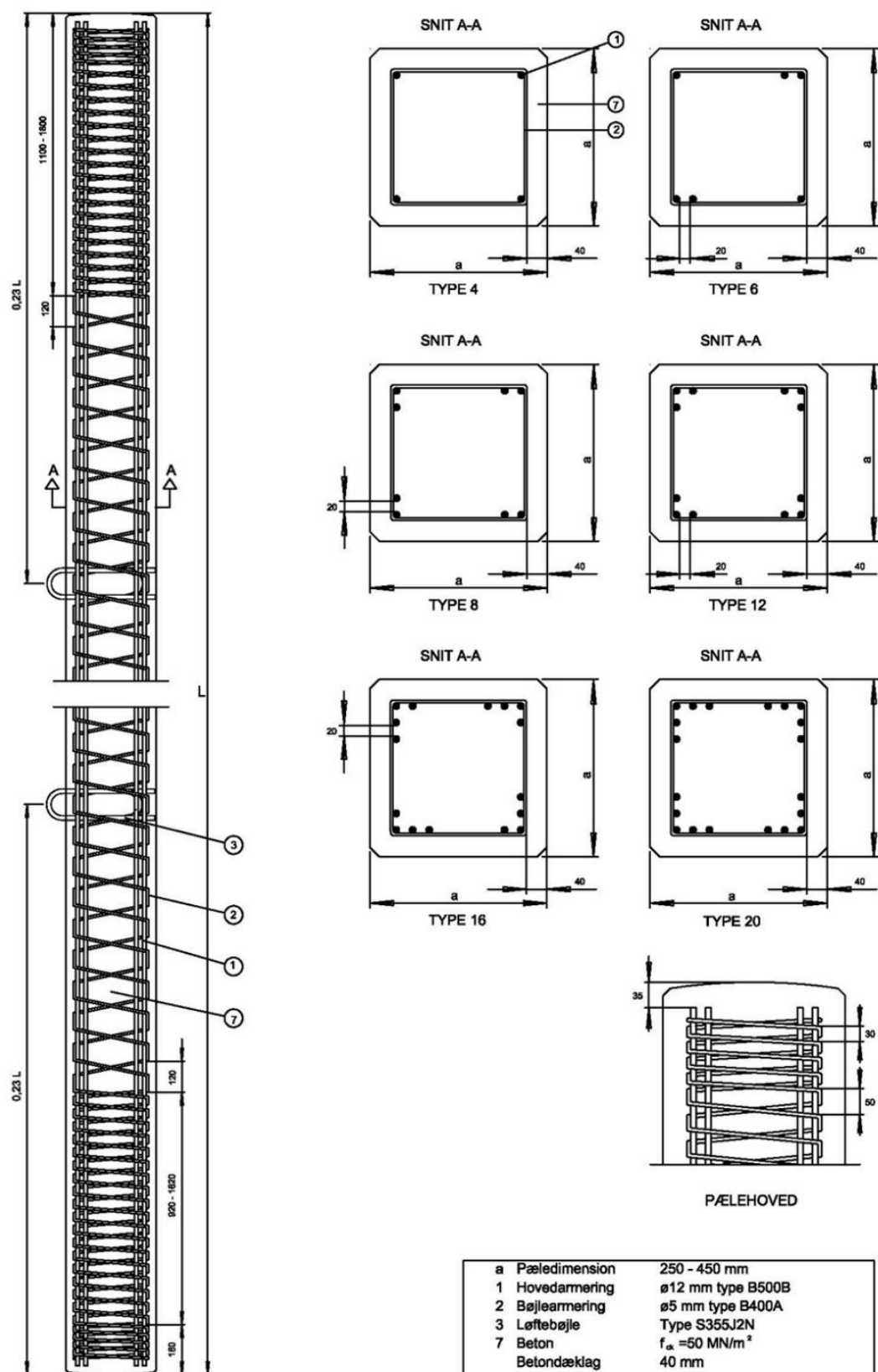
Følgende standardpæle lagerføres ikke, men fremstilles efter behov.

- Standardpæle i kortere længder end angivet i Tabel 3-1
- Standardpæle af kraftigere armeringstype end angivet i Tabel 3-1
- Standardpæle med kobling i kombination med andre armeringstyper end angivet i Tabel 3-1
- Standardpæle med CPG-K8 kobling

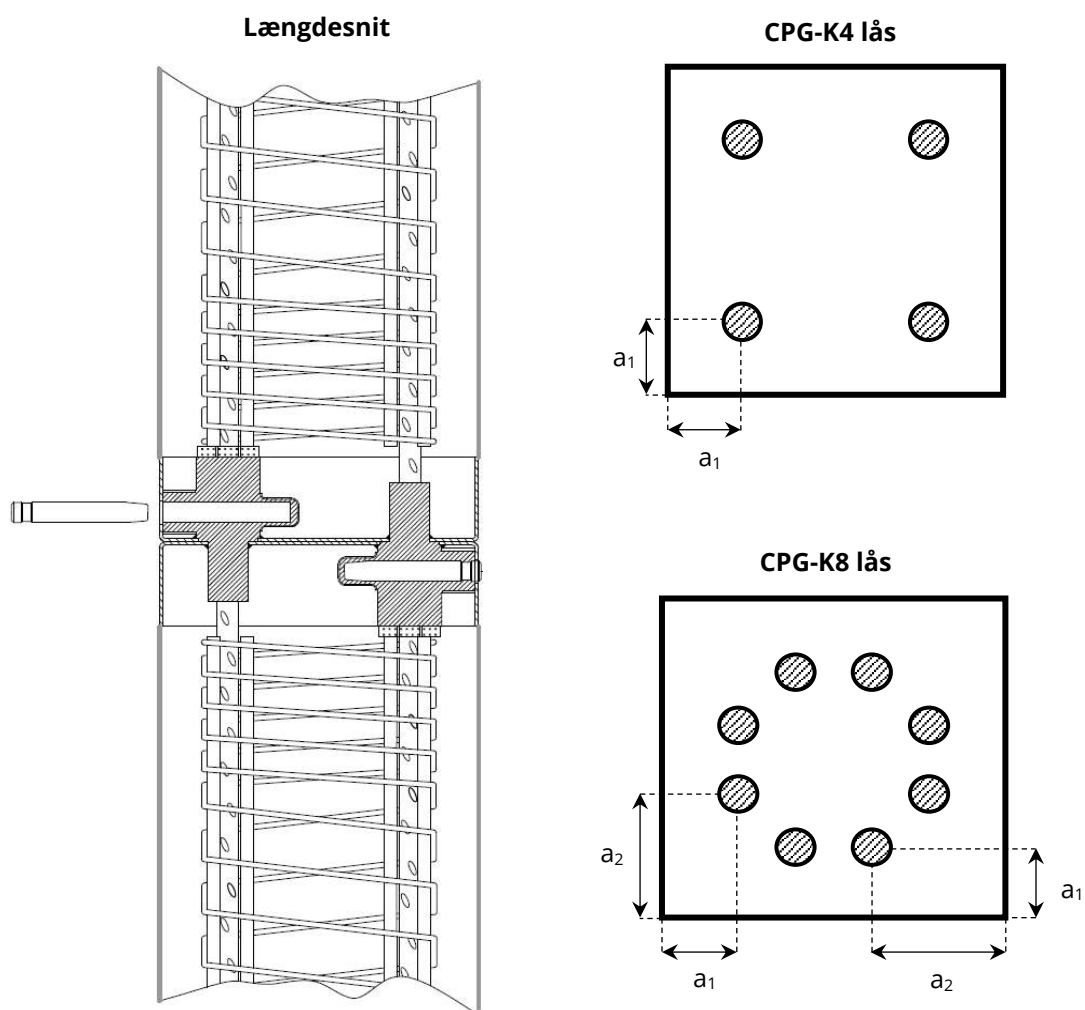


*Figur 3-2 Oplagring af koblingspæle*

### 3.3. Tværsnitsdimensioner, pæletyper og CPG-koblinger



Figur 3-3 Længde- og tværnittegninger af standardpæle type 4, 6, 8, 12, 16 og 20



*Figur 3-4 Længde- og tværsnit af CPG-koblingerne*

*Tabel 3-2 Dimensioner i CPG-koblingerne*

|       |        | Koblinger til standardpæle med<br>40 mm dæklag | Koblinger til specialpæle med<br>50 mm dæklag |
|-------|--------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| $a_1$ | CPG-K4 | 65 mm                                          | 78 mm                                         |
|       | CPG-K8 | 65 mm                                          | 90 mm                                         |
| $a_2$ | CPG-K8 | 113,5 mm                                       | 138,5 mm                                      |

## 4. Eksponerings- og miljøforhold

Betonspecifikationsnormen DS/EN 206 + DS 206 stiller krav til betonens sammensætning afhængigt af miljøpåvirkningerne. Betondimensioneringsnormen DS/EN 1992-1-1 + DK NA og DS/EN 1992-2 + DK NA stiller krav til konstruktionens dæklag afhængigt af miljøpåvirkningerne. De forskellige miljømæssige påvirkninger beskrives ved eksponeringsklasser, og i det følgende beskrives hvilke eksponeringsklasser som betonens sammensætning og dæklaget i pælene overholder.

Eksponeringsklasserne er defineret i betonspecifikationsnormen DS/EN 206 + DS 206, hvor der benyttes seks forskellige betegnelser af klassifikationer:

|   | Påvirkning:                                             | Klassifikationer:    |
|---|---------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | Ingen risiko for korrosion eller påvirkning             | X0                   |
| 2 | Korrosion forårsaget af karbonisering                   | XC1, XC2, XC3 og XC4 |
| 3 | Korrosion forårsaget af chlorider fra andet end havvand | XD1, XD2 og XD3      |
| 4 | Korrosion forårsaget af chlorider fra havvand           | XS1, XS2 og XS3      |
| 5 | Frost-tø-påvirkning med eller uden tøsalt               | XF1, XF2, XF3 og XF4 |
| 6 | Kemisk påvirkning                                       | XA1, XA2 og XA3      |

### 4.1. Afklaring af aktuelle eksponeringsklasser

Konstruktioners overholdelse af de projektspecifikke, aktuelle miljøpåvirkninger skal altid verificeres.

I DS/EN 206 tabel 1 gives vejledning i definition af de aktuelle eksponeringsklasser under danske klima- og miljøpåvirkninger. Heri er funderingspæle specifikt nævnt for eksponeringsklasserne XC2 og XA1. Dog kan der i specialtilfælde og for pæle i havvand eller i kystnære områder gælde andre eksponeringsklasser.

- Pæle delvist over terræn henføres til XC4, og kan i havneområder og nær kysten være udsat for luftbåret salt og dermed også henføres til XS1. Hvis pælene delvist over terræn er udsat for tøsaltning, skal de henføres til XD1-3.
- Pæle i havvand vil være henført til XS2 eller XS3 (tidevand, splash og sprøjtezoner) og XA2 (på grund af sulfater i havvand).
- Jorddækkede pæle i kystnære områder henføres til XS2 når chloridindholdet (Cl<sup>-</sup>) i grundvandet er større end 1,0 g/l. Yderligere prøvningsresultater af grundvandet og jorden skal afklare om pælene henføres til XA1, XA2, eller XA3 jf. grænseværdier i DS/EN 206 tabel 2.

### 4.2. Betonsammensætning

Pælene kan fremstilles med fire forskellige betonsammensætninger kaldet S2, S3, G3 og B3. Standardrecepten S2 anvendes i lagerførte standardpæle. Pæle med en anden betonsammensætning fremstilles efter behov.

Recepterne S2, S3 og G3 anvendes til bygningskonstruktioner.

Recept B3 anvendes ved projektering af brokonstruktioner, hvor der kan være ekstra krav til:

- Type af afstandsholdere
- Anvendelse af CEM I 42,5R HS/LA cement

Jf. Vejdirektoratets AAB Betonbro Fundering og AAB Betonbro Beton.

### 4.3. Dæklag

Pælene kan fremstilles med enten 40 eller 50 mm nominelt dæklag til bøjletråd,  $c_{nom}$ , som indeholder en dæklagstolerance,  $\Delta c_{dev}$ , på 10 mm. Lagerførte standardpæle fremstilles med 40 mm nominelt dæklag.

Både standarddæklaget på 40 mm og specialdæklaget på 50 mm anvendes til pæle som skal indgå i bygningskonstruktioner. For brokonstruktioner, hvor der er ekstra krav til øget dæklag jf. DS/EN 1992-2 DK NA, anvendes specialdæklaget på 50 mm.



Figur 4-1 Støbehal

### 4.4. Eksponeringsklasser overholdt af pæl mht. beton og dæklag

I Tabel 4-1, fremgår det hvilke eksponeringsklasser betonsammensætningen og dæklaget overholder ifølge DS/EN 206 + DS 206 samt DS/EN 1992-1-1 + DK NA eller DS/EN 1992-2 + DK NA. Højeste klassifikation for hver påvirkningstype som er overholdt for både betonsammensætning og dæklag er anført i tabellen.

Standarddæklaget på 40 mm overholder kravet til eksponeringsklasserne XC4, XD1, XS2 for bygningskonstruktioner ifølge DS/EN 1992-1-1 + DK NA:2021 Tabel 4.4N NA.

I henhold til 4.4.1.2(2)P i DS/EN 1992-1-1 fås:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad \text{(formel 4.1)}$$

$$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\} \quad \text{(formel 4.2)}$$

$$c_{min,b} = \emptyset \text{ på hovedarmering} = 12 \text{ mm} \quad \text{(tabel 4.2)}$$

$$c_{min,dur} = 30 \text{ mm} \quad \text{(krav til XC4, XD1, XS2 jf. DK NA Tabel 4.5N NA)}$$

$$\Delta c_{dur,y}, \Delta c_{dur,st}, \Delta c_{dur,add} = 0 \quad \text{(iht. hhv. 4.4.1.2(6), 4.4.1.2(7) og 4.4.1.2(8))}$$

$$c_{min} = \max \{12; 30 + 0 - 0 - 0; 10\} = 30 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 30 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$$

Ved projektering af brokonstruktioner kræves  $c_{min,dur} = 40 \text{ mm}$  for eksponeringsklasserne XC4, XD1, XS2 ifølge DS/EN 1992-2 DK NA Tabel 4.4 DK NA, hvilket overholdes med et nominelt dæklag på 50 mm.

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

| Recept                                                                           | <b>S2 (Standard)</b>                                                        | S3 (Special)                                                                       | G3 (Granitstens-beton)                                                             | B3 (Sulfatbestandig)        |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Anvendelse                                                                       | Bygningskonstruktion                                                        |                                                                                    |                                                                                    | Brokonstruktion             |
| Tilslag                                                                          | kl. A (Søsten)                                                              | kl. A (Søsten)                                                                     | kl. E (Granit)                                                                     | kl. A (Søsten)              |
| Betonstyrkeklasse                                                                | C45/55                                                                      | C45/55                                                                             | C45/55                                                                             | C45/55                      |
| Cementtype                                                                       | CEM II/A-LL<br>52,5N<br><i>Eller</i><br>CEM II/B-M (S,LL)<br>52,5 N (LA/MS) | CEM I 52,5N<br>(MS/MA/ ≤ 2)<br><i>Eller</i><br>CEM II/B-M (S,LL)<br>52,5 N (LA/MS) | CEM I 52,5N<br>(MS/MA/ ≤ 2)<br><i>Eller</i><br>CEM II/B-M (S,LL)<br>52,5 N (LA/MS) | CEM I 42,5R<br>(HS/LA/ ≤ 2) |
| Max. vand/cement-forhold                                                         | 0,45                                                                        | 0,45                                                                               | 0,40                                                                               | 0,45                        |
| Dæklagstolerance<br>$\Delta C_{dev}$                                             | 10 mm                                                                       | 10 mm                                                                              | 10 mm                                                                              | 10 mm                       |
| Afstandsholder                                                                   | Plast (PEHD)                                                                | Plast (PEHD)                                                                       | Plast (PEHD)                                                                       | Beton                       |
| Eksponeringsklasser med hensyn til betonsammensætning og pælens nominelle dæklag |                                                                             |                                                                                    |                                                                                    |                             |
| Norm                                                                             | DS/EN 206 + DS 206:2025                                                     |                                                                                    |                                                                                    |                             |
| Norm                                                                             | DS/EN 1992-1-1 + DK NA:2024                                                 |                                                                                    | DS/EN 1992-2 + DK NA:2015                                                          |                             |
| <b>Standard dæklag</b><br>$C_{nom} = 40 \text{ mm}$                              | <b>XC4, XS2, XD1, XA2*</b>                                                  | XC4, XS2, XD1, XA2                                                                 | N/A                                                                                | N/A                         |
| Special dæklag<br>$C_{nom} = 50 \text{ mm}$                                      | N/A                                                                         | N/A                                                                                | XC4, XS3, XD3, XA2                                                                 | XC4, XS2, XD1, XA2          |

PEHD – Polyethylen high density

N/A – ikke relevant

\* For kystnære områder hvor chloridindholdet (Cl<sup>-</sup>) i grundvandet er over 1,0 g/l, må sulfatindholdet (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) ikke overstige 600 mg/l i grundvand og 3.000 mg/kg jord.

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

## 4.5. Kontrol af revnevidder

Afhængigt af den aktuelle eksponeringsklasse jf. DS/EN 1992-1-1 DK NA og DS/EN 1992-2 DK NA stilles krav om kontrol af revnevidder i anvendelsesgrænsetilstanden. I Tabel 4-2 gengives de anbefalede maksimale værdier af beregnede revnevidder jf. de danske nationale annekser til Eurocodes.

*Tabel 4-2 Anbefalede maksimale værdier af beregnede revnevidder  $w_{max}$  for slap armering.*

| Eksponeringsklasser | Bygningskonstruktion<br>DS/EN 1992-1-1 DK NA:2024 | Brokonstruktion<br>DS/EN 1992-2 DK NA:2015 |
|---------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| XD2, XD3, XS3       | 0,2 mm                                            | 0,2 mm                                     |
| XD1, XS1, XS2       | 0,3 mm                                            | 0,3 mm                                     |
| XC2, XC3, XC4       | 0,4 mm                                            | N/A                                        |
| X0, XC1             | Intet krav                                        | N/A                                        |

N/A – ikke relevant



*Figur 4-2*

## 5. Statiske beregninger med Centrum Pile Select

Statiske beregninger af standardpæle og specialpæle udføres med programmet Centrum Pile Select. Beregningsprogrammet er udviklet med henblik på at hjælpe vore kunder til at vælge den optimale pæl for en given belastning og givne miljøforhold. Programmet er frit tilgængeligt og findes både i en dansk og engelsk sprogversion på web-adressen:

<https://centrumpileselect.com>

Brug af Centrum Pile Select er anonym. Centrum Pæle A/S og tilknyttede selskaber vil ikke registrere, logge eller dele nogen informationer eller datainput leveret af brugeren.

For en valgt Centrum pæl beregner Centrum Pile Select følgende interaktionsdiagrammer:

- Kombineret normalkraft og moment i brudgrænsetilstanden (ULS)
- Kombineret normalkraft og forskydning i brudgrænsetilstanden (ULS)
- Kombineret normalkraft og moment i anvendelsestilstanden (SLS)

For den valgte kombination af konstruktionstype, betonrecept og dæklag kontrolleres hvilke eksponeringsklasser som overholdes af den valgte Centrum pæl.

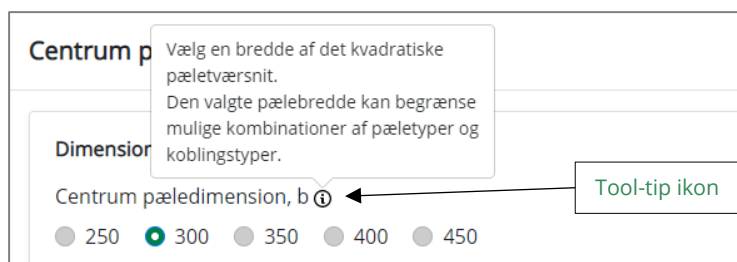
Den valgte pæl og den beregnede kapacitet kan udskrives i en rapport, hvortil der er mulighed for at tilføje informationer. Centrum Pile Select gemmer ikke en kopi af den generede rapport eller nogle af de indtastede informationer. Anvendelse af centrumpileselect.com og den generede rapport er dit eget ansvar og risiko og er underlagt brugerlicensaftalen. Læs [brugsbetingelserne](#) omhyggeligt inden du fortsætter.

### 5.1. Brugervejledning

Beregningsprogrammet er opbygget i 4 moduler:

- *Centrum pæleelement:*  
Her vælges dimension, pæletype og koblingstype samt konstruktionstype, betonrecept og dæklag.
- *Beregningsforudsætninger:*  
Her aktiveres/deaktiveres grænsetilstande (brud- og anvendelsesgrænsetilstand). Der vælges konsekvensklasse, lastkombination og maksimal revnevidde, og der kan angives en bestemt værdi af normalkraften hvortil den tilhørende moment- og forskydningskapacitet beregnes.
- *Beregningsresultater:*  
Her fremgår interaktionsdiagrammer for bæreevnen for det valgte Centrum pæleelement under de valgte beregningsforudsætninger. Under diagrammerne vises hovedresultater for beregningen i form af træk-, og trykkapacitet samt moment- og forskydningskapacitet på baggrund af valgt normalkraft.
- *Generer rapport:*  
Her gives mulighed for at genere en rapport i PDF-format med beregningsresultaterne.

Udover denne brugervejledning findes der tool-tips adskillige steder i Centrum Pile Select, som assisterer brugeren i sine valg og eventuelt henviser til yderligere information.



Figur 5-1 Tool-tip i Centrum Pile Select

### Centrum pæleelement:

Ved klik på "Rediger" -knappen åbnes et vindue, hvor brugeren vælger den pæl, som beregningen skal udføres for.

Ikke alle kombinationer af dimension, pæletype og koblingstype indgår i sortimentet. Vælg derfor først dimension, hvorefter de mulige kombinationer vil fremgå. I Tabel 5-1 findes en oversigt over de mulige kombinationer. Vær opmærksom på, at ikke alle kombinationer lagerføres - se afsnit 3.1. Oplysning om lagerført længde vises automatisk for enhver kombination.

**Dimension og type**

Centrum pæledimension, b ①

☐ 250
 ☐ 300
 ☒ 350
 ☐ 400
 ☐ 450

Centrum pæletype ①

☐ 4  
☐ 6  
☐ 8  
☒ 12  
☐ 16  
☐ 20

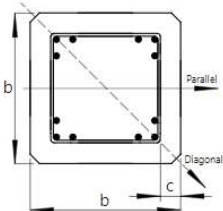
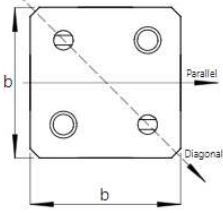
Centrum koblingstype ①

☒ CPG-K4  
☐ CPG-K8  
☐ Ingen kobling

[Link til tegninger og oversigt over lagerførte pælelængder](#)

Den valgte pæl er normalt lagerført i 7-14 meters længde.

Vælg først pæledimension, hvorefter mulige kombinationer af pæletype og koblingstype automatisk vil fremgå.

Oplysning om lagerført længde for den valgte kombination.

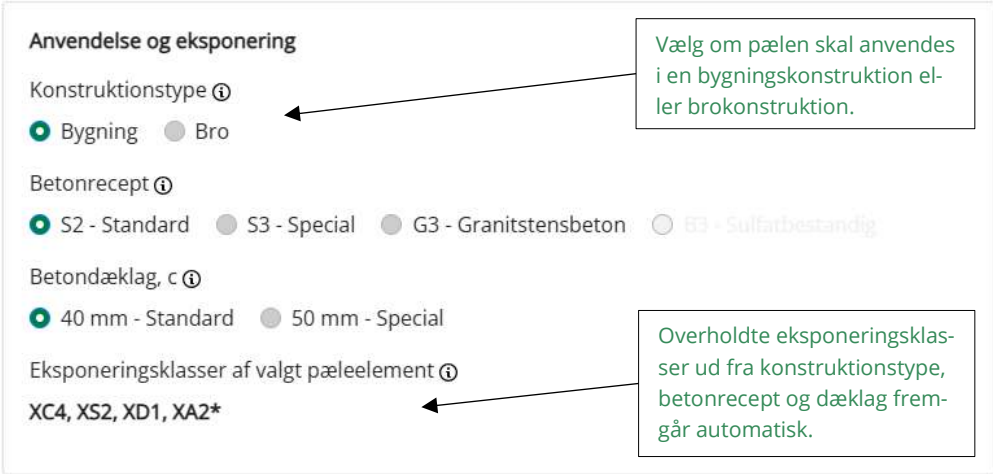
Figur 5-2 Dimension og type

Tabel 5-1 Oversigt over mulige kombinationer af pæledimension, pæletype og koblingstype. Vær opmærksom på, at ikke alle kombinationer lagerføres - se afsnit 3.1.

| Dimension af tværsnit [mm] | Pæletyper       |                 |                 |                   |                   |                   | Koblingstyper   |                 |
|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
|                            | Type 4<br>4 Ø12 | Type 6<br>6 Ø12 | Type 8<br>8 Ø12 | Type 12<br>12 Ø12 | Type 16<br>16 Ø12 | Type 20<br>20 Ø12 | CPG-K4<br>4 Ø20 | CPG-K8<br>8 Ø20 |
| 250x250                    | X               | X               | X               | X                 | X                 |                   | X               |                 |
| 300x300                    |                 | X               | X               | X                 | X                 | X                 | X               |                 |
| 350x350                    |                 |                 | X               | X                 | X                 | X                 | X               | X               |
| 400x400                    |                 |                 |                 | X                 | X                 | X                 | X               | X               |
| 450x450                    |                 |                 |                 |                   | X                 | X                 | X               | X               |

Herefter vælges hvilken konstruktionstype som pælen skal benyttes i (bygning eller bro) samt det ønskede dæklag og den ønskede betonsammensætning. For disse valg vil det derefter fremgå hvilke eksponeringsklasser som betonpælen kan modstå – se Tabel 4-1.

Vælg bygning for at følge DS/EN 1992-1-1 + DK NA. Vælg bro for at følge DS/EN 1992-2 + DK NA samt Vejdirektoratets AAB Betonbro Fundering og AAB Betonbro Beton.



Figur 5-3 Anvendelse og eksponering

### Beregningsforudsætninger:

Beregning af pælenes bæreevne i brudgrænsetilstanden (ULS) og anvendelsesgrænsetilstanden (SLS) kan aktiveres eller deaktiveres.

I brudgrænsetilstanden (ULS) skal brugeren vælge konsekvensklassen (CC1 – lav, CC2 – normal eller CC3 – høj) og den aktuelle lastkombination. Kombinationen af disse to sammen med konstruktionstypen giver sikkerhedskoefficienten  $\gamma_0$ .

I lav og normal konsekvensklasse (CC1 og CC2) påføres  $K_{FI} = 1,0$ . I høj konsekvensklasse (CC3) påføres  $K_{FI} = 1,1$ . (Normalt benyttes  $K_{FI} = 0,9$  ved lav konsekvensklasse CC1 – dog anvendes  $K_{FI} = 1,0$  for geotekniske konstruktioner).

| <u>Lastkombination:</u> | <u>Sikkerhedsfaktor:</u>       | <u>Konstruktionstype:</u>       |
|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| STR/GEO 1 eller 2       | $\gamma_0 = 1,0$               | Bygnings- eller brokonstruktion |
| STR/GEO 3 eller 4       | $\gamma_0 = 1,0 \cdot K_{FI}$  | Bygnings- eller brokonstruktion |
| STR 5                   | $\gamma_0 = 1,2 \cdot K_{FI}$  | Bygningskonstruktion            |
| STR 5                   | $\gamma_0 = 1,25 \cdot K_{FI}$ | Brokonstruktion                 |

Der henvises til DS/EN 1990 DK NA tabel A1.2 (B+C) og DS/EN 1990/A1 DK NA tabel A2.4 (B+C) for bygningshenholdsvis brokonstruktioner.

Der kan angives en bestemt værdi af normalkraft hvortil af moment- og forskydningskapaciteten beregnes. Denne er som default sat til 0 kN, dvs. ren bøjning. Funktionen kan være nyttigt ved kontrol af den indre bæreevne af tværbelastede pæle. For en relativt lille normaltrykkraft vil momentkapaciteten i pælen øges, men det er vigtigt at være opmærksom på, at det kræver, at den angivne normalkraft er til stede.

**Brudgrænsetilstand, ULS ①**

Beregn ULS ☒

Konsekvensklasse  
☐ CC1 - lav ☐ CC2 - normal ☒ CC3 - høj

Lastkombination  
☐ STR/GEO 1 ☐ STR/GEO 2 ☒ STR/GEO 3 ☐ STR/GEO 4 ☐ STR 5

Sikkerhedskoefficient ①  
 $\gamma_0 = 1,1$

Beregn momentkapacitet ved normalkraft  
N  kN

Beregn forskydningskapacitet ved normalkraft  
N  kN

Sikkerhedskoefficienten er lig med 1,1 ved høj konsekvensklasse i lastkombination 3 og 4.

Figur 5-4 Beregningsforudsætninger for brudgrænsetilstanden

I anvendelsesgrænsetilstanden (SLS) vælges den tilladte maksimale revnevidde. Dertil vises hvilke eksponeringsklasser som valget svarer til ifølge DS/EN 1992-1-1 DK NA eller DS/EN 1992-2 DK NA. For brokonstruktioner er der skærpede krav, hvorfor de maksimale revnevidder kun kan vælges til 0,3 eller 0,2 mm – se desuden afsnit 4.5.

Bemærk, at det er den projekterendes egen opgave at sikre, at både pælen og revnebegrænsningen overholder de aktuelle eksponeringsklasser.

**Anvendelsesgrænsetilstand, SLS ①**

Beregn SLS ☒

Tilladt revnevidde,  $w_{max}$   
☐ Intet krav ☒ 0,4 mm ☐ 0,3 mm ☐ 0,2 mm

Eksponeringsklasser i overensstemmelse med tilladt revnevidde  
XC4

Beregn momentkapacitet ved normalkraft  
N  kN

Ved eksponeringsklasse XC4 er den tilladte revnevidde  $w_{max} = 0,4$  mm.

Figur 5-5 Beregningsforudsætninger for anvendelsesgrænsetilstanden

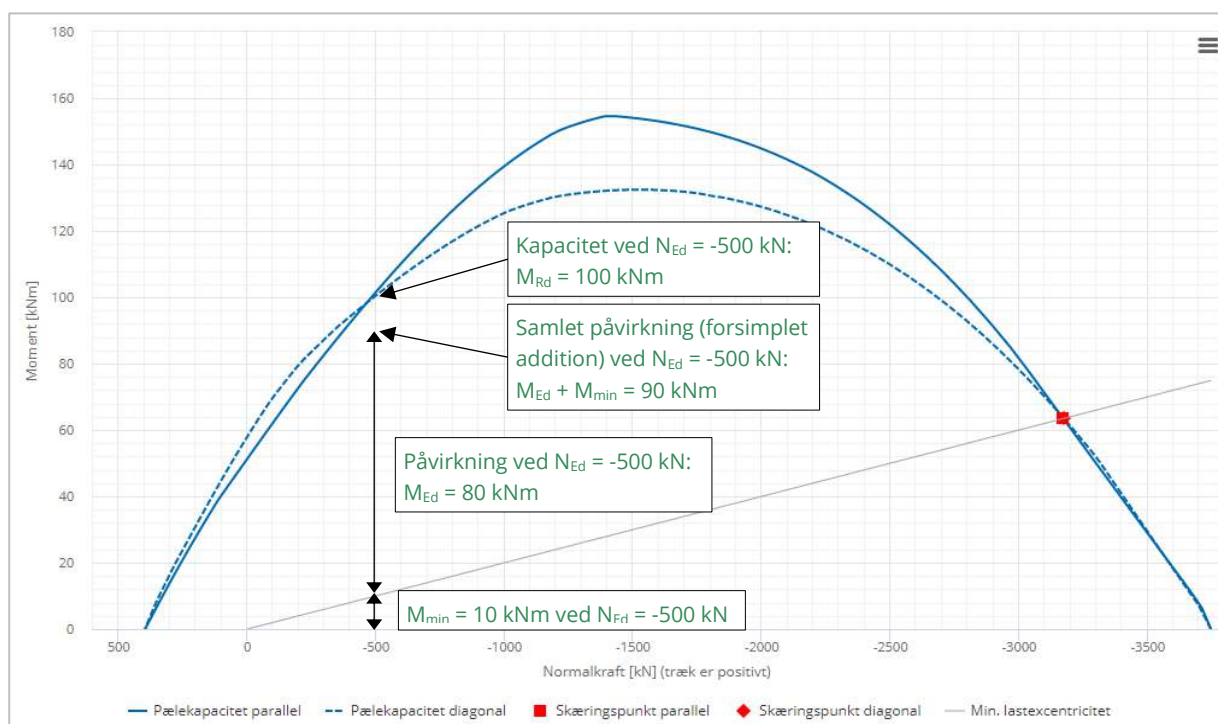
### Beregningsresultater:

Efter en tilpasning af pæleelementet eller beregningsforudsætningerne klikkes på knappen "Beregn". Derefter beregner og viser Centrum Pile Select de interaktive bæreevnediagrammer for de valgte grænsetilstande. Det er hurtigt og let at skifte til en anden dimension eller type og gentage beregningen indtil den ønskede bæreevne opnås.

I N-M diagrammet fremgår, udover kurven der repræsenterer tværsnittets bæreevne, også en linje der repræsenterer minimumsmoment-påvirkningen på grund af trykkraftens excentricitet. Dette moment er beliggende i niveau med pæletoppen, og bliver mindre med dybden i takt med at det overføres til jorden. Momentet fra en vandret last i pæletoppen vil stige til et stykke under jordoverfladen, hvorefter det bliver mindre med dybden. Disse to forskellige påvirkninger har derfor ikke max-moment i samme niveau.

Man kan på den sikre side addere minimumsmomentet til momentet fra vandret last, hvis den ikke i forvejen er inkluderet, når man skal kontrollere pæletværsnittets kapacitet. For nærmere bestemmelse, skal man ved beregning af interaktionen mellem pæl og jord bestemme den kombinerede påvirkning af moment fra trykkraftens excentricitet og moment som følge af vandret last på pælen. Derefter kontrolleres N-M kapaciteten for påvirkningen i det niveau, hvor den samlede momentpåvirkning er størst.

Momentbelastningen fra minimums-excentriciteten bestemmes jævnfør DS/EN 1992-1-1 6.1 (4) som  $N_{Ed} \cdot \max\left(\frac{h}{30}, 20 \text{ mm}\right)$  hvor  $h$  er tværsnitshøjden. Da tværsnitshøjden  $h$  skal være mindst 600 mm før den første betingelse bliver gældende, kan man ved centrum pæles standard pælesortiment altid benytte  $M_{min}[kNm] = -N_{Ed}[kN] \cdot 0,02 [m]$ .



Figur 5-6 N-M diagram

Centrum Pile Select benytter en fortegnskonvention, hvor tryk er negativt og træk er positivt. I afsnit 5.2 – 5.5 beskrives det nærmere, hvordan bæreevnediagrammerne beregnes. Under diagrammet findes pælens tryk-

og trækcapacitet, som er aflæst af programmet. Trækcapaciteten kan ses direkte som det punkt på trækside (positiv side), hvor momentet er nul.

Den teoretiske trykcapacitet er bestemt uden hensyn til instabilitet og 2. ordens effekter ved at aflæse skæringspunktet mellem kapacitetskurven og momentet fra minimums-excentriciteten – dvs. trykkraften svarende til brud i pæletoppen på grund af den kombinerede N-M påvirkning fra den excentriske last. Den teoretiske trykcapacitet kan ses angivet på diagrammet som et rødt mærke.

Ud fra de valgte værdier af normalkræfter, vises også de beregnede moment- og forskydningskapaciteter.

| Trykcapacitet ①                  |                                       | Trækcapacitet ①                        |                                     |
|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|
| Pæletværsnit                     | $N_{c,Rd,pæel} = -3028 \text{ kN}$    | Pæletværsnit                           | $N_{t,Rd,pæel} = 541 \text{ kN}$    |
| Koblingstværsnit                 | $N_{c,Rd,kobling} = -2873 \text{ kN}$ | Koblingstværsnit                       | $N_{t,Rd,kobling} = 501 \text{ kN}$ |
| Pæleelement                      | $N_{c,Rd} = -2873 \text{ kN}$         | Pæleelement                            | $N_{t,Rd} = 501 \text{ kN}$         |
| Momentkapacitet ved $N = -100$ ① |                                       | Forskydningskapacitet ved $N = -100$ ① |                                     |
| Pæletværsnit                     | $M_{Rd,pæel} = 76 \text{ kNm}$        | Pæletværsnit                           | $V_{Rd,pæel} = 73 \text{ kN}$       |
| Koblingstværsnit                 | $M_{Rd,kobling} = 68 \text{ kNm}$     | Koblingstværsnit                       | $V_{Rd,kobling} = 70 \text{ kN}$    |
| Pæleelement                      | $M_{Rd} = 68 \text{ kNm}$             | Pæleelement                            | $V_{Rd} = 70 \text{ kN}$            |

*Figur 5-7 resultat af tryk- og trækcapacitet samt moment- og forskydningskapacitet*

### Generer rapport:

Efter at have valgt det pæleelement der opfylder krav til belastnings- og miljøforhold, er der mulighed for at genere en rapport i PDF-format. Inden rapporten genereres, er der mulighed for at tilføje relevante oplysninger til rapporten. Alle de tilføjede oplysninger vil fremgå på forsiden, mens projektnavn og reference ligeledes vil fremgå i sidehovedet.

Generer rapport

Projektdetaljer

Projektnavn  
Produktinformation og Statistiske Beregninger

Reference  
2019-001

Beskrivelse  
Brugervejledning i Centrum Pile Select

Firmainformation

Firmanavn  
Centrum Pæle

Navn  
PSB

Centrum Pile Select gemmer ikke en kopi af den genererede rapport eller nogle af de indtastede informationer.  
Anvendelse af centrumpileselect.com og den genererede rapport sker på brugerens eget ansvar og risiko, og er underlagt slutbrugeraftalen. Læs venligst [brugsbetingelserne](#) omhyggeligt før du fortsætter.

Anuller

Generer rapport

Figur 5-8 Før rapporten genereres kan der tilføjes oplysninger

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                            |                                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div>CENTRUM</div></div> <div><div>Dato og tid: 2019-12-10 11:16</div><div>Centrum Pile Select Danmark<br/>Beregningsrapport</div><div><div>Denne rapport blev dannet på <a href="#">centrumpileselect.com/danmark</a></div><div>Centrum Pile Select tillader en bruger at beregne den statiske strukturelle bæreevne af et valgt pæleelement under nogle valgte beregningsforudsætninger:<br/>Tværsnitbæreevnekurver bliver beregnet og analyseret af programmet for at bestemme tryk- og træk bæreevner.<br/>Denne rapport indeholder input data baserede af det valgte pæleelement og de valgte beregningsforudsætninger samt beregningsresultater og beregningsgrundlag.</div><div>Projektdetaljer:<br/>Projektname: Produktinformation og Statistiske Beregninger<br/>Reference: 2019-001<br/>Beskrivelse: Brugervejledning i Centrum Pile Select<br/>Firmanavn: Centrum Pæle<br/>Navn: PSB</div></div></div> | <div>TRUM</div> <div>KAS /</div> <div>findes<br/>sage</div> <div>Side 1 af 7<br/><a href="#">www.centrumpaele.dk</a></div> | <div>TRUM</div> <div>A2 /</div> <div>Page 2 of 7<br/>en:100000000</div> | <div>TRUM</div> <div>Page 3 of 7<br/>en:100000000</div> | <div>TRUM</div> <div>Page 4 of 7<br/>en:100000000</div> | <div>TRUM</div> <div>Page 5 of 7<br/>en:100000000</div> | <div>TRUM</div> <div>Page 6 of 7<br/>en:100000000</div> | <div>TRUM</div> <div>Page 7 of 7<br/>en:100000000</div> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|

Figur 5-9 Beregningsrapport

Side 20 af 30  
[www.centrumpaele.dk](#)

## 5.2. Beregningsforudsætninger

Regningsmæssige værdier af betonens tryk og trækstyrke bestemmes ifølge DS/EN 1992-1-1 + DK NA kapitel 3.1.6.

Regningsmæssig styrke af armeringen bestemmes ifølge DS/EN 1992-1-1 + DK NA kapitel 3.2.7, med anvendelse af regningsmæssig arbejdskurve med en vandret øvre linje, hvor det ikke er nødvendigt at kontrollere tøjningsgrænsen.

Følgende koefficienter anvendes:

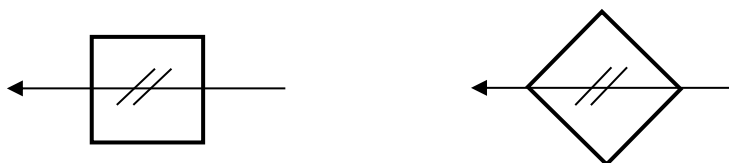
|                                                    |                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\gamma_c = 1,40 \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_3$    | Partialkoefficient for betonens trykstyrke                                                                                                                                   |
| $\gamma_{ct} = 1,60 \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_3$ | Partialkoefficient for betonens trækstyrke                                                                                                                                   |
| $\alpha_{cc} = 1,0$                                | Koefficienter der tager hensyn til langtidsvirkninger på tryk og trækstyrken og til ugunstige virkninger som følge af den måde, hvorpå belastningen er påført                |
| $\alpha_{ct} = 1,0$                                |                                                                                                                                                                              |
| $\gamma_s = 1,20 \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_3$    | Partialkoefficient for armeringsstål                                                                                                                                         |
| $\gamma_0$                                         | Sikkerhedsfaktor afhængig af den valgte konstruktionstype, konsekvensklasse og lastkombination jf. DS/EN 1990 DK NA tabel A1.2 (B+C) og DS/EN 1990/A1 DK NA tabel A2.4 (B+C) |
| $\gamma_3 = 0,95$                                  | Skærpet kontrolklasse                                                                                                                                                        |

Der regnes med betonstyrke C45/55, idet det forudsættes, at pælene ikke belastes permanent før 28 modenhedsdøgn,  $t_0 = 28$  døgn.

Pælene forudsættes omsluttet af jord eller vand i hele deres længde, hvormed den relative luftfugtighed kan forudsættes  $\geq 80$  %. Slutkrybetallet er dertil bestemt ifølge DS/EN 1992-1-1 kapitel 6.1.4 og Anneks B inklusiv ikke lineær krybning til  $\varphi_{nl}(\infty, t_0) \leq 1,6$ .

## 5.3. Brudgrænsetilstand (ULS) N-M kombination

Beregning af bæreevnen ved kombination af normalkraft og bøjning (moment) i brudgrænsetilstanden udføres med regningsmæssige styrkeparametre med udgangspunkt i fuld udnyttelse af beton og armering. Beregningerne udføres både for bøjning parallelt med pælesiden og for bøjning over diagonalen.



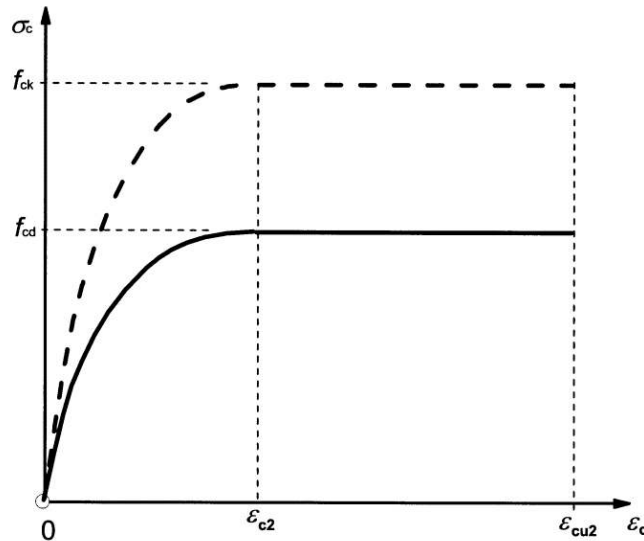
Figur 5-10 Bøjning parallelt med pæleside hhv. bøjning over diagonalen

Tværsnittets kapacitet for normalkraft og moment består af at bidrag fra spændinger i den trykkede del af betonen, og fra spænding i armeringen.

$$N_{Rd} = \int_A \sigma_c(\varepsilon) \cdot dA + \sum_{i=1}^n \sigma_{s,i}(\varepsilon) \cdot A_{s,i}$$

$$M_{Rd} = \int_z \int_A \sigma_c(\varepsilon) \cdot dA \cdot dz + \sum_{i=1}^n \sigma_{s,i}(\varepsilon) \cdot z_i \cdot A_{s,i}$$

Betontrykspændingerne beregnes ud fra en parabolisk-rektangulær arbejdskurve jf. DS/EN 1992-1-1 kapitel 3.1.7. Tøjningerne for den parabolisk-rektangulære arbejdskurve er angivet i DS/EN 1992-1-1 Tabel 3.1. Tøjningerne i den trykkede kant af tværsnittet begrænses til  $\varepsilon_{cu2}$ . Ved tryk i hele tværsnittet begrænses tøjningen til  $\varepsilon_{c2}$ .



Figur 5-11 Parabolisk-rektangulær arbejdskurve (Figur 3.3 fra DS/EN 1992-1-1)

$$\begin{aligned} \sigma_c(\varepsilon) &= f_{cd} \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right] & \text{for } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{c2} \\ \sigma_c(\varepsilon) &= f_{cd} & \text{for } \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{cu2} \end{aligned}$$

For betonstyrkeklasse C45/55:  $\varepsilon_{c2} = 0,20 \%$  tøjningen svarende til den maksimale styrke  
 $\varepsilon_{cu2} = 0,35 \%$  brudtøjningen  
 $n = 2,0$  eksponenten

Spændingen i armeringen bestemmes som tøjningen ganget med elasticitetsmodulet, dog højst lig med flydespændingen.

$$\begin{aligned} \sigma_{s,i}(\varepsilon) &= \varepsilon \cdot E_s \leq f_{yd} \\ E_s &= 200 \text{ GPa} \end{aligned}$$

Ifølge DS/EN 1992-1-1 kapitel 6.1 (4) antages trykkræfter i tværsnittet at have en excentricitet på mindst 1/30 af tværsnitshøjden, men ikke mindre end 20 mm. Sammen med bæreevnekurven bestemmes den linje, der repræsenterer et minimumsmomentet på grund af den excentriske last.

$$\begin{aligned} e_{\text{minimum}} &= \max \left\{ \frac{b}{30}, 20 \text{ mm} \right\} \\ M_{\text{minimum}} &= N \cdot e_{\text{minimum}} \end{aligned}$$

## 5.4. Brudgrænsetilstand (ULS) N-V kombination

I henhold til DS/EN 1992-1-1 + DK NA er der strenge restriktioner for at medregne glat spiralarmering i bestemmelsen af forskydningsbæreevnen, hvilket gør det mere hensigtsmæssigt at beregne pælenes forskydningsbæreevne uden medregning af forskydningsarmering i henhold til DS/EN 1992-1-1 + DK NA kapitel 6.2.2. Den regningsmæssige værdi af forskydningsbæreevnen og dens minimumsværdi er givet ved:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

Hvor:

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0,2 \cdot f_{cd}$$

For øvrige koefficienter henvises til DS/EN 199-1-1 + DK NA kap. 6.2.2

Der gælder den forudsætning, at armeringen  $A_{sl}$  strækker sig mere end  $(l_{bd} + d)$  ud over det betragtede tværsnit. Det vil sige, at pæle skal kappes og armeringen forankres i den overliggende konstruktion for at den beregnede forskydningsbæreevne er gældende fra toppen af pælen.

Forskydningsbæreevnen i kombination med normalkraft bestemmes kun ved forskydning parallelt med en pæleside. Såfremt brugeren ønsker at bestemme forskydningsbæreevnen om diagonalen, kan nedenstående formel benyttes (x og y repræsenterer retningen parallelt med hver side).

$$\frac{V_{Ed,x}}{V_{Rd,x}} + \frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,y}} = \frac{V_{Ed,diagonal}}{V_{Rd,diagonal}} \leq 1$$

## 5.5. Anvendelsesgrænsetilstand (SLS) N-M kombination

Beregning af bæreevnen ved kombination af normalkraft og bøjning (moment) i anvendelsestilstanden udføres i overensstemmelse med elasticitetsteorien og med karakteristiske styrkeparametre. Tøjningerne i tværsnittet bestemmes sådan, at spændingerne overholder følgende betingelser:

- Trykspændingen i betonen begrænses til  $0,6 \cdot f_{ck}$
- Tryk- og trækspændingen i armeringen begrænses til  $f_{yk}$
- Trækspændingen i armeringen begrænses således den valgte maksimale revnevidde ikke overskrides (se afsnit 4.5)

Beregningen gælder for den kvasi-permanente lastkombination, hvor forholdet mellem elasticitetsmodulerne  $\alpha_\infty$  bestemmes ud fra betonens effektive elasticitetsmodul:

$$\alpha_\infty = \frac{E_s}{E_{c,eff}}$$

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{nl}(\infty, t_0)} = \frac{E_{cm}}{1 + 1,6}$$

Den tilladte trækspænding i armeringen pga. maksimal revnevidde beregnes efter DS/EN 1992-1-1 + DK NA kapitel 7.3.4. Ved bestemmelse af den maksimale revneafstand,  $s_{r,max}$ , benyttes minimumsdæklaget,  $c_{min} = c_{nom} - \Delta c_{dev}$ . På den måde bestemmes revnevidden netop ved yderkanten af minimumsdæklaget, hvor det er relevant i forhold til de aktuelle miljøforhold.

I anvendelsesgrænsetilstanden er trækkapaciteten mht. kontrol af revnedannelse ikke proportional med armeringsarealet, som det er tilfældet i brudgrænsetilstanden. Dette skyldes det forhold, at mange små armeringsstænger er bedre til at styre revnedannelse end få store armeringsstænger. Derfor kan man ved dimensionering for revner opleve, at koblingstværsnittets trækkapacitet kan være lavere end pæletværsnittets trækkapacitet, selvom de har omtrent samme armeringsgrad.

For optimering kan man udnytte, at koblingstværsnittet normalt er placeret et stykke under terræn, hvormed den kan være udsat for en mildere eksponeringsklasse. Koblingstværsnittet kan i det tilfælde dimensioneres for en større tilladt revnevidde og dermed opnå en større bæreevne. I tillæg kan koblingen også være udsat for en mindre belastning, hvis en del af belastningen overføres til jorden over koblingens placering.



*Figur 5-12 Asfaltering af pæl ved påføring af bitumen*

## 6. Generér pæletegning med Centrum Drawings

Pæletegninger kan laves ved hjælp af programmet Centrum Drawings. Programmet er udviklet med henblik på at give kunder og rådgivere mulighed for, selv at kunne sammensætte ønskede pæle, ud fra den lokale pælefabriks produktprogram. Herefter vil der automatisk på mail blive fremsendt 2D og 3D tegninger af pælen. 2D tegning fremsendes som pdf-fil. 3D tegning fremsendes som to step-filer, hvor den ene er en simpel model af pælens omrids, og den anden model er af komplet pæl med alle dele.

Programmet er til en start kun lavet til Danmark med det danske produktprogram. Sprogmulighederne er indtil videre dansk og engelsk. Programmet kan findes på web-adressen:

<https://centrumpileselect.com/drawings>

Brug af Centrum Drawings kan ske næsten anonymt, dog er det nødvendigt at oplyse mailadresse, for at få tegningerne tilsendt. Herudover kan man vælge at oplyse navn, firmanavn og projektnavn, hvor projektnavn vil fremgå af tegningshovedet.

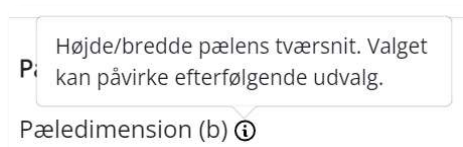
Muligheden for selv at sammensætte pælen kan medføre, at den ønskede pæl ikke er en lagerført standard-pæl men derimod en ordrespecifik specialpæl. Salgsafdelingen kan kontaktes for nærmere info om dette.

### 6.1. Brugervejledning

Centrum Drawings er bygget op i 5 moduler:

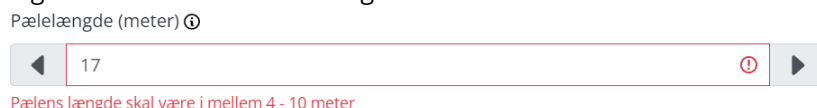
- **Vælg land:** Her vælges landet, hvor pælene skal produceres.
- **Pæl:** Her vælges pæledimension, pæletype, dæklag, pæle længde og betonrecept.
- **Specialarmering:** Her vælges, om der skal være ekstraarmering, og om bøjletråd skal være af speciel type eller anden stigning end standard.
- **Ender og indstøbningsdele:** Her vælges enderne på pælen, eventuelt andre afstandsholdere og indstøbningsdele som f.eks. energirør og spulerør.
- **Bestil tegning:** Her indtastes e-mailadresse og eventuelle supplerende oplysninger inden tegningen bliver bestilt.

Udover denne vejledning findes der mange steder "tool-tips" i Centrum Drawings, som assisterer brugeren. Eksempelvis som nedenstående:



Figur 6-1 Tool tip i Centrum Drawings

Hvis der forsøges at lave ugyldig indtastning af f.eks. pælelængde, vil rammen omkring værdien blive rød, og angive den tilladte minimum og maksimum værdi.



Figur 6-2 Eksempel på ugyldig værdi

### Vælg land:

Klik på ønskede land, herefter lukker vinduet.



Vælg land

Her kan du skifte i mellem de tilgængelige lande.

Vælg det land du ønsker at generere en tegning til.

☒ Danmark

☐ Sverige

Annuler Accepter

Figur 6-3 Valg af land

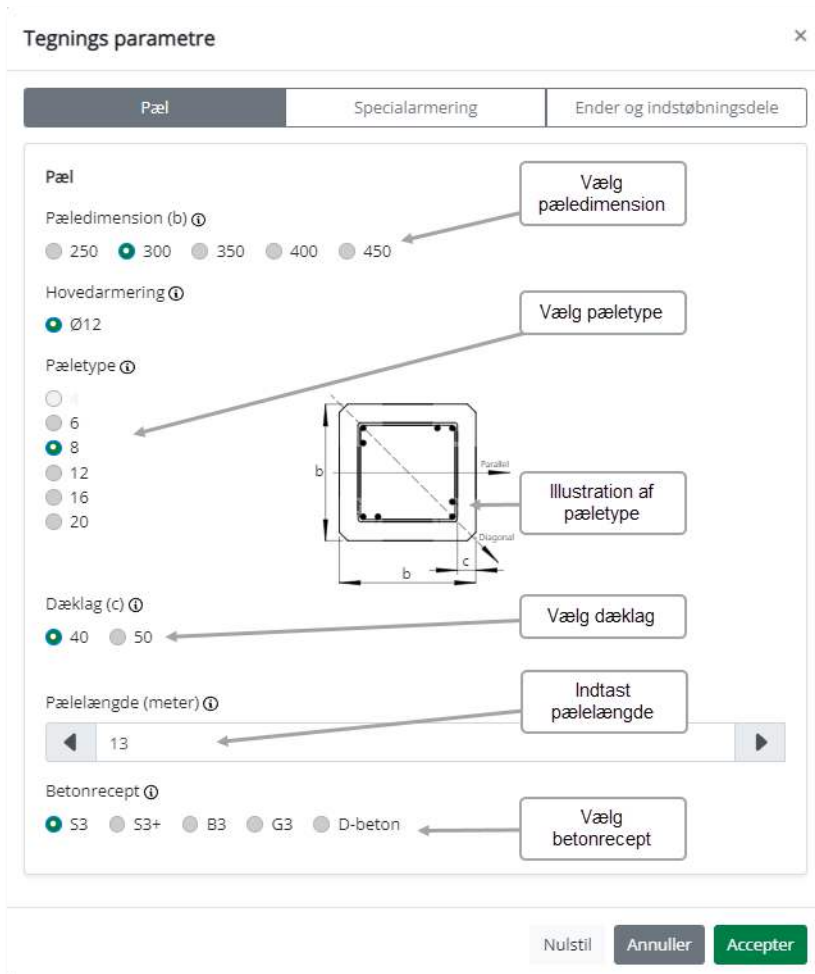
### Pæl:

Vælg ønsket pæledimension, herefter vises tilgængelige pæletyper.

Vælg dæklag, i enkelte tilfælde kan valgt dæklag begrænse mulighederne for pæletype.

Indtast ønsket længde eller ændre den med pilene - længde skal være i hele meter.

Den ønskede betonrecept vælges.



Tegnings parametre

Pæl Specialarmering Ender og indstøbningsdele

Pæl

Pæledimension (b) ①

☐ 250 ☒ 300 ☐ 350 ☐ 400 ☐ 450

Hovedarmering ①

☒ Ø12

Pæletype ①

☐ 6 ☒ 8 ☐ 12 ☐ 16 ☐ 20

Dæklag (c) ①

☒ 40 ☐ 50

Pælelængde (meter) ①

◀ 13 ▶

Betonrecept ①

☒ S3 ☐ S3+ ☐ B3 ☐ G3 ☐ D-beton

Vælg pæledimension

Vælg pæletype

Illustration af pæletype

Vælg dæklag

Indtast pælelængde

Vælg betonrecept

Nulstil Annuler Accepter

Figur 6-4 Pæledimension, type, dæklag, længde og betonrecept

### Specialarmering

Hvis det ønskes, kan der her vælges ekstraarmering og/eller special bøjletrådsafstand. Dette vil altid være ordrespecifikke specialpæle.

Ved valg af stænger vil de, uanset tidligere valgt pæletype, blive tilføjet i et type 4 armeringsnet med 4stk Ø12 armering.

Ved valg af indsatsnet vil det yderste armeringsnet, uanset tidligere valgt pæletype, bliver ændret til et type 20 armeringsnet, med 20stk Ø12 armering. Ved indsatsnet vil det ikke være muligt at ændre på bøjletrådsstigning.

Hvis det er påkrævet i det specifikke projekt, så kan der vælges profileret bøjletråd.

Ved valg af special bøjletrådsstigning er det muligt at reducere bøjletrådsstigningen i dele eller hele pælen, hvis det ønskes.

Tegnings parametre

Tryk på specialarmering

Pæl

Specialarmering

Ender og indstøbningsdele

Specialarmering

Ekstraarmering ①

☒

Vælg hvis ekstraarmering ønskes

Stænger ①

4x20

8x20

12x20

16x20

Type 4 + 4xØ20

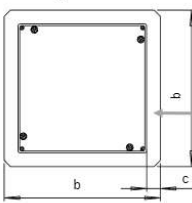


Illustration af pæletype

Indsatsnet ①

Type 4

Type 6

Type 8

Type 12

Type 16

Type 20

Vælg ønskede antal stænger eller type

Længde ekstraarmering ①

☒ Fuld længde
 ☐ Ordrespecik længde

Vælg om ekstraarmering skal være i pæles fulde længde, ellers indtast længden.

13

Bøjletråd

Bøjletråd type ①

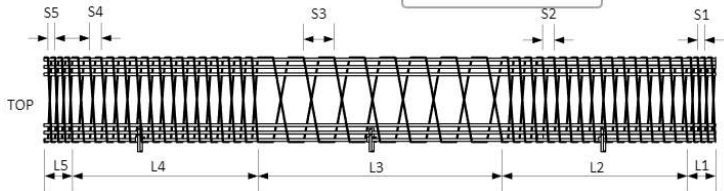
☒ 5 mm glat
 ☐ 6 mm profileret

Vælg om bøjletråd skal have glat eller profileret overflade, glat er standard

Bøjletråd stigning ①

☐ Standard
 ☒ Special

Vælg om bøjletrådsstigning skal være standard eller ordrespecifik



Bøjle stigning

|    |     |    |
|----|-----|----|
| S1 | 30  | mm |
| S2 | 50  | mm |
| S3 | 120 | mm |
| S4 | 50  | mm |
| S5 | 30  | mm |

Bøjle højde

|    |       |    |
|----|-------|----|
| L1 | 140   | mm |
| L2 | 820   | mm |
| L3 | 10980 | mm |
| L4 | 820   | mm |
| L5 | 140   | mm |

Værdierne i de hvide felter kan tilrettes. Der er sat øvre og nedre grænser for de mulige værdier.

Nulstil

Annuler

Accepter

Figur 6-5 Specialarmering og bøjletrådsafstande

Side 27 af 30  
 www.centrumpæle.dk

### Ender og indstøbningsdele

Her kan vælges hvilke slags ender pælen ønskes med, f.eks. almindelig betonende eller pælekobling, samt indstøbningsdele. De tilgængelige valgmuligheder vil være afhængige af valgene der tidligere er taget. Ved de forskellige valg vil pæleenden blive illustreret.

Tegnings parametre

Pæl Specialarmering Ender og indstøbningsdele

Ender og indstøbningsdele

Pæleende 2 (top) ⓘ

☒ Beton  
☐ CPG K4  
☐ CPG K8

Vælg ønsket ende på pæletop

Tryk på ender og indstøbningsdele

Illustration af pæletop

Pæleende 1 (bund) ⓘ

☒ Beton  
☐ CPG K4  
☐ CPG K8  
☐ Spids  
☐ Bjergsko 60  
☐ Bjergsko 70  
☐ Box shoe

Vælg ønsket ende på pælens bund

Illustration af pælebund

Afstandsholder ⓘ

☒ Plast ☐ Beton

Angivelse af om der anvendes plast eller beton afstandsholder

Vælg ønskede indstøbningsdele

Indstøbningsdel ⓘ

☒ Ingen ☐ Energirør, tilslutning indstøbt ☐ Spulerør ☐ Inklidimeterrør

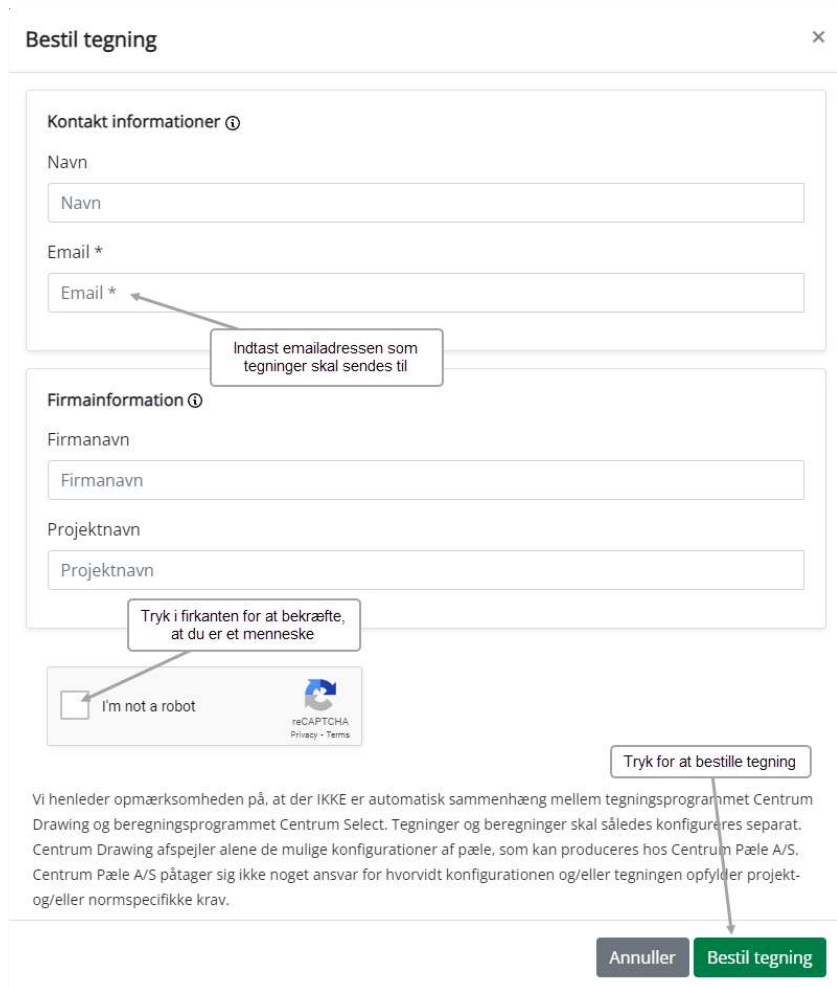
Nulstil Annuller Accepter

Figur 6-6 Ender og indstøbningsdele

### Bestil tegning

For at kunne modtage tegning, skal e-mailadressen udfyldes. Øvrige felter er frivillige. Projektnavnet vil fremgå af tegningshovedet på tegningen.

For at beskytte siden mod bots anvendes CAPTCHA, hvor der skal sættes flueben ud for "I'm not a robot".



The screenshot shows a web form titled "Bestil tegning". It has two main sections: "Kontakt informationer" and "Firmainformation".

- Kontakt informationer:** Includes a "Navn" field and an "Email \*" field. An annotation points to the email field with the text: "Indtast emailadressen som tegninger skal sendes til".
- Firmainformation:** Includes a "Firmanavn" field and a "Projekt navn" field.
- CAPTCHA:** Below the firm information is a checkbox labeled "I'm not a robot" with a reCAPTCHA logo. An annotation points to the checkbox with the text: "Tryk i firkanten for at bekræfte, at du er et menneske".
- Buttons:** At the bottom right are two buttons: "Annuller" and "Bestil tegning". An annotation points to the "Bestil tegning" button with the text: "Tryk for at bestille tegning".
- Disclaimer:** A paragraph of text is located below the CAPTCHA, stating that there is no automatic link between the drawing program and the calculation program, and that the user is responsible for the configuration.

Figur 6-7 Bestil tegning

Efter der er trykket "bestil tegning" vil der komme en boks op som nedenstående.



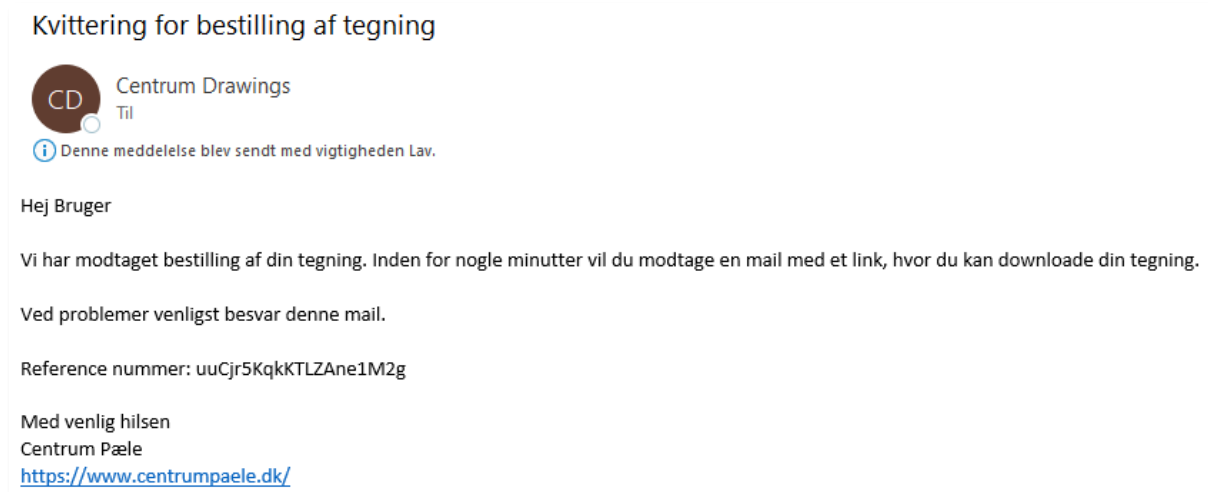
The screenshot shows a confirmation pop-up box titled "Bestil tegning".

- Greeting:** "Hej"
- Message:** "Tak for din bestilling af en Centrum Pæle tegning. Du vil om nogle minutter modtage en mail fra [drawings@centrumpaele.dk](mailto:drawings@centrumpaele.dk) med et link, hvor du kan downloade din tegning. Har du spørgsmål til din bestilling, kan du kontakte [drawings@centrumpaele.dk](mailto:drawings@centrumpaele.dk), husk at angive nedestående reference nummer."
- Reference number:** "Reference nummer: EeBLiuSMkCkVvdJcU8g"
- Button:** A "Luk" button is located at the bottom right.

Figur 6-8 Pop-up bekræftelse på bestilt tegning

### *Mail med kvittering for modtaget bestilling*

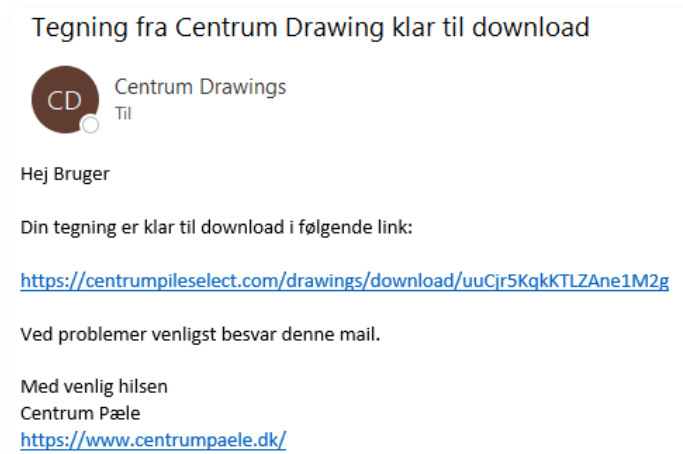
Kort tid efter bestilling af tegningen, vil der til den angivne e-mailadresse blive sendt en bekræftelse. Af denne vil der fremgå et referencenummer, som skal anvendes ved kontakt til Centrum Pæle, hvis efterfølgende mail med download link ikke kommer.



*Figur 6-9 Mailkvittering for bestilling af tegning*

### *Mail med download link*

Så snart "tegningsrobotten" har lavet tegningen, vil der komme en mail som nedenstående, hvor der er et link til download af tegninger. Dette link vil være aktivt i en begrænset periode, til en start 90 dage, men kan ændres i fremtiden.



*Figur 6-10 Mail med download link til bestilt tegning*