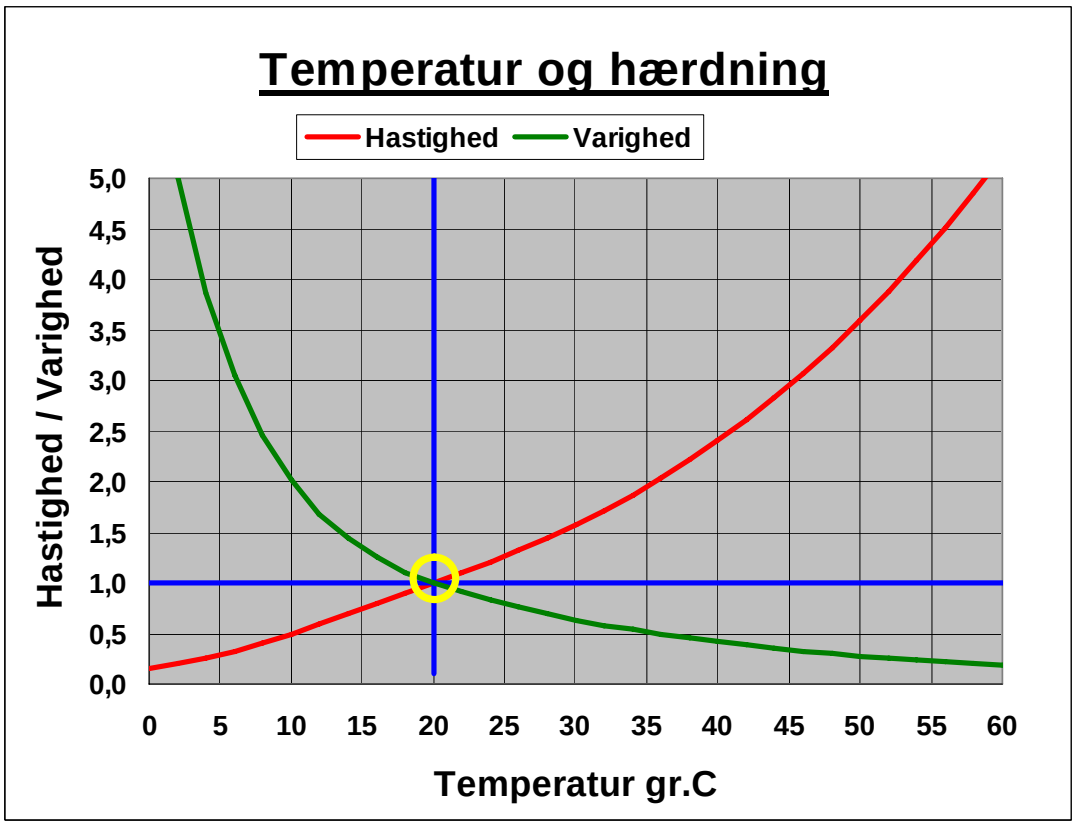
Vedr.: **Vinterstøbning og styrkeudvikling i terrændæk**

Til: **EXPAN**

Betons styrkeudvikling ved lave temperaturer

I vintermånederne med lave temperaturer udvikles betonens styrke meget langsommere end resten af året. Temperaturens indflydelse på hærdehastigheden ses i figur 1.



Figur 1. Temperaturens indflydelse på hærdehastighed og varighed.

Ved 5 °C varer det f.eks. 3½ gange så lang tid at opnå en given styrke som ved 20 °C.

Der er i praksis kun to måder at fremme styrkeudviklingen på under vinterforhold.

1. **Der kan anvendes varm beton og isolering af konstruktionen.**
2. **Der kan anvendes en stærkere beton.**

Kloridfrie acceleratorer har i praksis kun lidt indflydelse på styrkeudviklingen. De anvendes primært som afbindingsfremmende med henblik på hurtigere glitning.

AALBORG PORTLAND

Varm beton
Hvis man anvender varm beton, er det vigtigt, at konstruktionen hurtigt (indenfor nogle få timer) afdækkes med isolering, så betontemperaturen ikke falder.
Der er især for slanke konstruktioner (tykkelser op til 20-25 cm) stor risiko for at betontemperaturen når at falde, inden cementens hærdning kommer i gang.

Når der støbes i en kold form med kold armering vil den reelle udstøbningstemperatur blive noget lavere end betontemperaturen ved levering. Dette problem er også størst for slanke konstruktioner.

Ved anvendelse af varm beton til gulve vil fordampningen fra overfladen øges, og det vil yderligere medføre en afkøling af betonen. Herudover kan det give anledning til dannelse af ”skind" på overfladen, hvilket kan give problemer med glitningen.

Stærkere beton
At hæve styrkeklassen er den sikreste løsning, da det som nævnt, kan være vanskeligt at kontrollere temperaturen - især for tynde tværsnit.

Med hensyn til tidlig styrkeudvikling, får man mere ud af at hæve styrkeklassen, end man måske umiddelbart skulle tro.

Hvis man f.eks. øger styrken fra styrkeklasse 12 til 25 MPa øges 1 døgn styrken fra 3,0 til 7,5 MPa, altså væsentlig mere end en fordobling. Det skyldes, at det relative styrkeudviklingsforløb bliver stejlere, når styrken øges.

Herudover vil det højere cementindhold i den stærke beton bidrage til at hæve temperaturen i betonen, og dermed fremme styrkeudviklingen yderligere.

Hvis der er tale om tynde uisolerede konstruktioner, er sidstnævnte effekt dog af mindre betydning.

Frostskader i byggeperioden
Beton kan ikke tåle frost i de første døgn efter udstøbningen, så derfor bør man altid etablere en afdækning med vintermåtter, skummåtter el. lign., hvis der er risiko for frostgrader.

En stærk beton kan tåle frost hurtigere end en svag beton. F.eks. kan en beton i styrkeklasse 12 tåle frost efter ca. 5 hærdedøgn, hvorimod en beton i styrkeklasse 30 kan tåle frost allerede efter ca. 1 hærdedøgn. Hvis betonens temperatur f.eks. er 5 °C, skal disse tider ganges med en faktor 3,5 (jf. figur 1). Det betyder således, at det varer godt 2½ uge for styrkeklasse 12 hhv. ½ uge for styrkeklasse 30 inden betonen er frostsikker.

Der kan også forekomme frostskader i byggeperioden pga. porøse og frostfarlige sten i tilslaget. I tilfælde hvor f.eks. et betongulv skal stå som færdig glittet overflade, kan det være en god ide at anvende en bedre sten (svarende til moderat eller aggressiv miljøklasse), end der er behov for i det færdige byggeri, som måske er i passiv miljøklasse.

Eksempler
I figur 2 - 9 er der vist en række eksempler på forventet styrkeudvikling i betongulve for 6 forskellige betontyper, dækkende styrkeklasserne 12 - 35 MPa.
I skema 1 er vist en oversigt over forudsætningerne.

Figur		**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Udstøbningstemperatur	**°C**	**8**	**8**	**8**	**8**	**12**	**12**	**12**	**12**
Lufttemperatur	**°C**	**0**	**0**	**0**	**0**	**10**	**10**	**10**	**10**
Temperatur af underlag	**°C**	**2**	**2**	**2**	**2**	**5**	**5**	**5**	**5**
Afdækning med vintermåtter		**Nej**	**Ja**	**Nej**	**Ja**	**Nej**	**Ja**	**Nej**	**Ja**
Isolerende underlag		**Nej**	**Nej**	**Ja**	**Ja**	**Nej**	**Nej**	**Ja**	**Ja**

Skema 1. Forudsætninger for figurerne 2 - 9.

Figur 2 - 5 viser forholdene ved temperaturer nær frysepunktet, medens figur 6 - 9 omhandler mere moderate temperaturer.

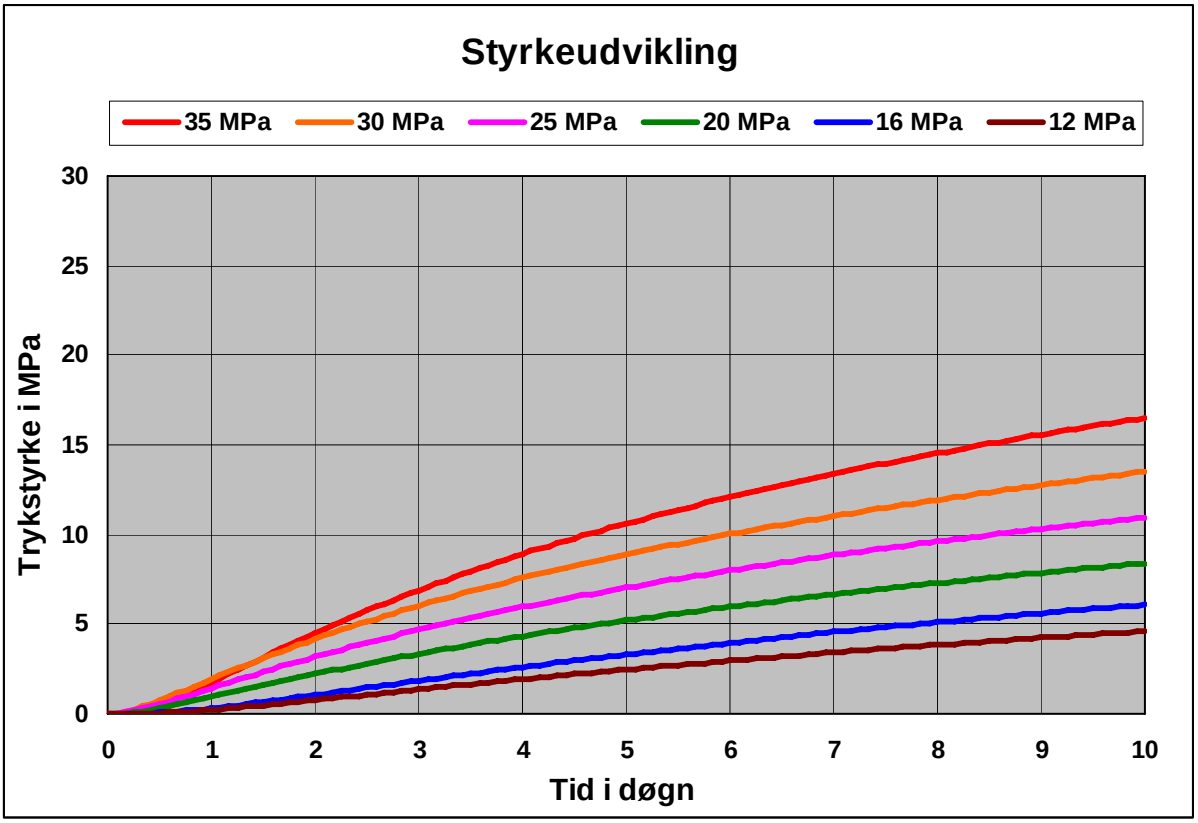
Herudover omfatter forudsætningerne om der støbes mod et isolerende underlag (polystyren / flamingo) eller ej samt om der afdækkes med 50 mm vintermåtter eller ej.

Afdækning medfører højere temperaturer og derfor hurtigere styrkeudvikling, men kombinationen af et isolerende underlag og afdækning (jf. f.eks. figur 5) sætter naturligvis ekstra gang i styrkeudviklingen. Et isolerende underlag uden afdækning har stort set ingen indvirkning på temperaturniveauet styrkeudviklingen (sammenlign f.eks. figur 2 og 4).

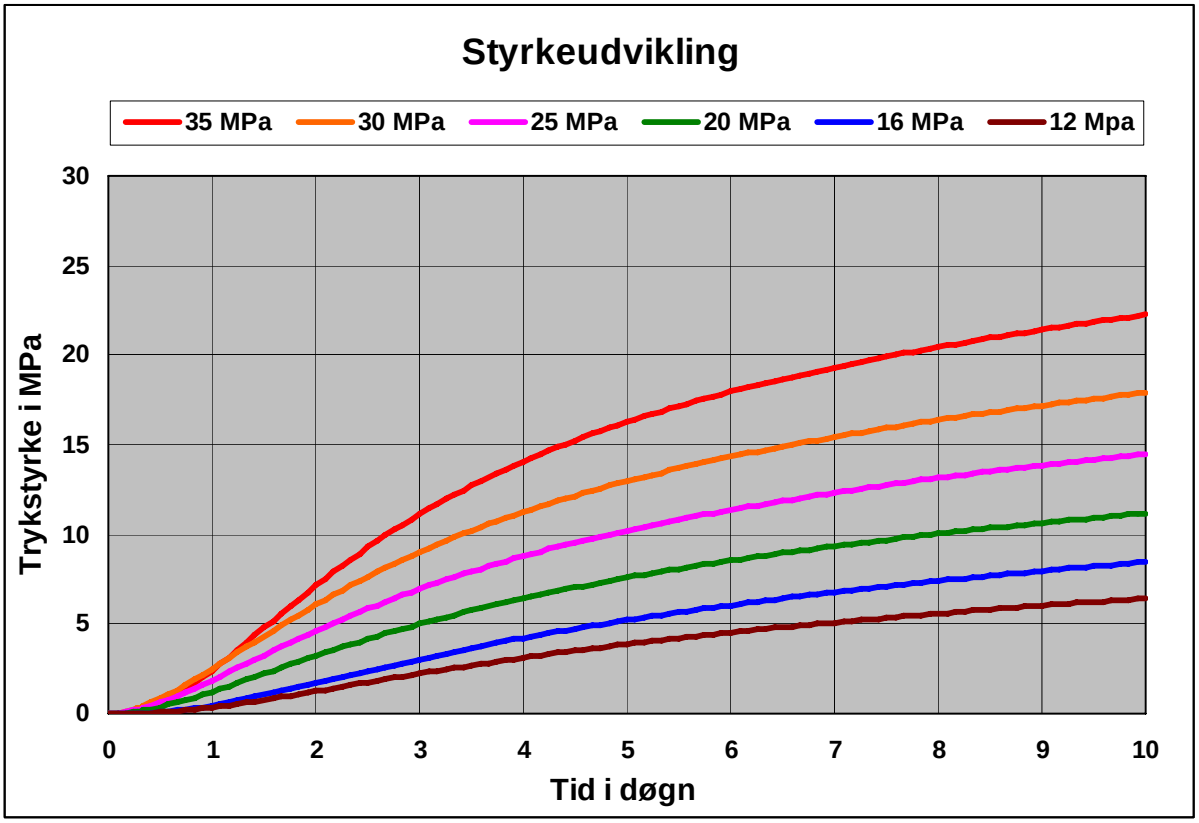
Hvis temperaturen ligger nær frysepunktet, bør der altid afdækkes for at sikre mod frostskader.

Hvis temperaturen ligger på 8-10 °C eller mere, og der ikke er risiko for nattefrost, er det ikke nødvendigt med en isolerende afdækning, men man bør altid sikre sig mod tidlig udtørring af betonen.

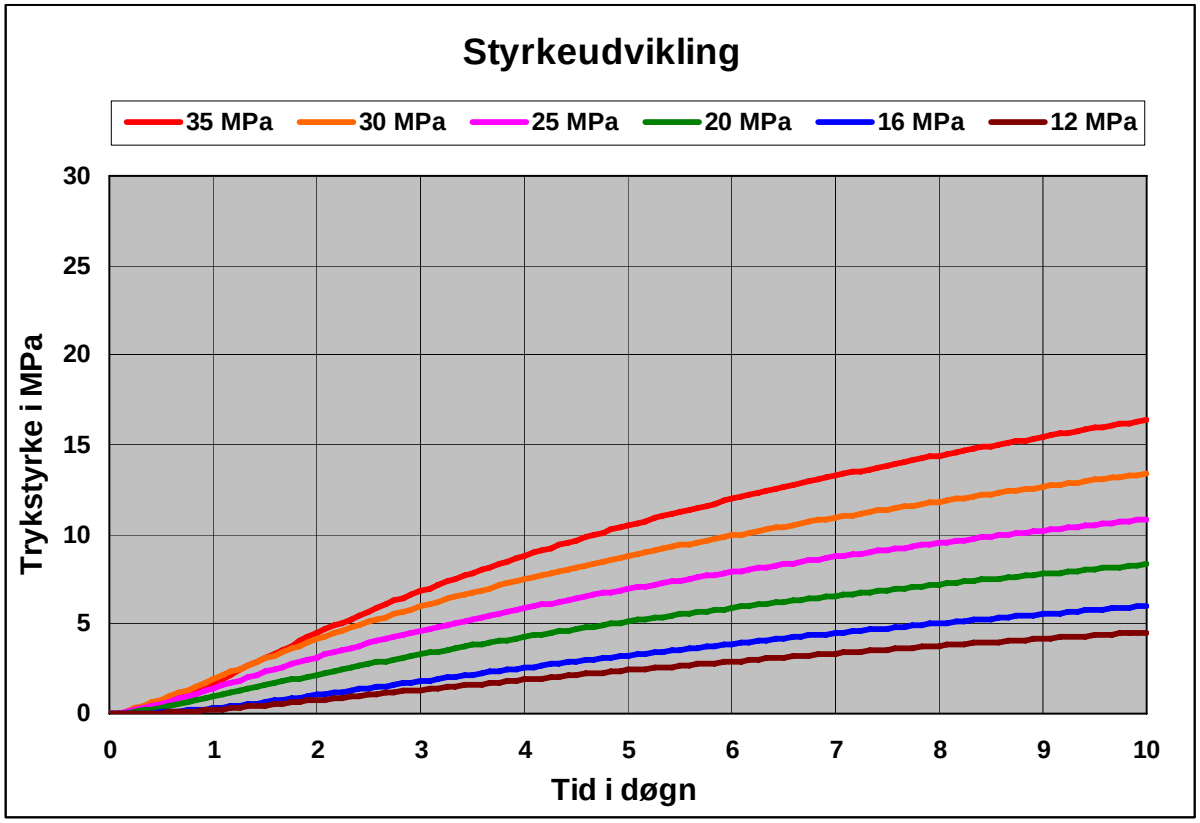
Et alternativ til vintermåtter kan f.eks. være 10 mm skummåtter. Deres isoleringsevne svarer til ca. ¼ af en 50 mm vintermåtte, og vil under de fleste forhold være tilstrækkelig sikring mod tidlig frysning.



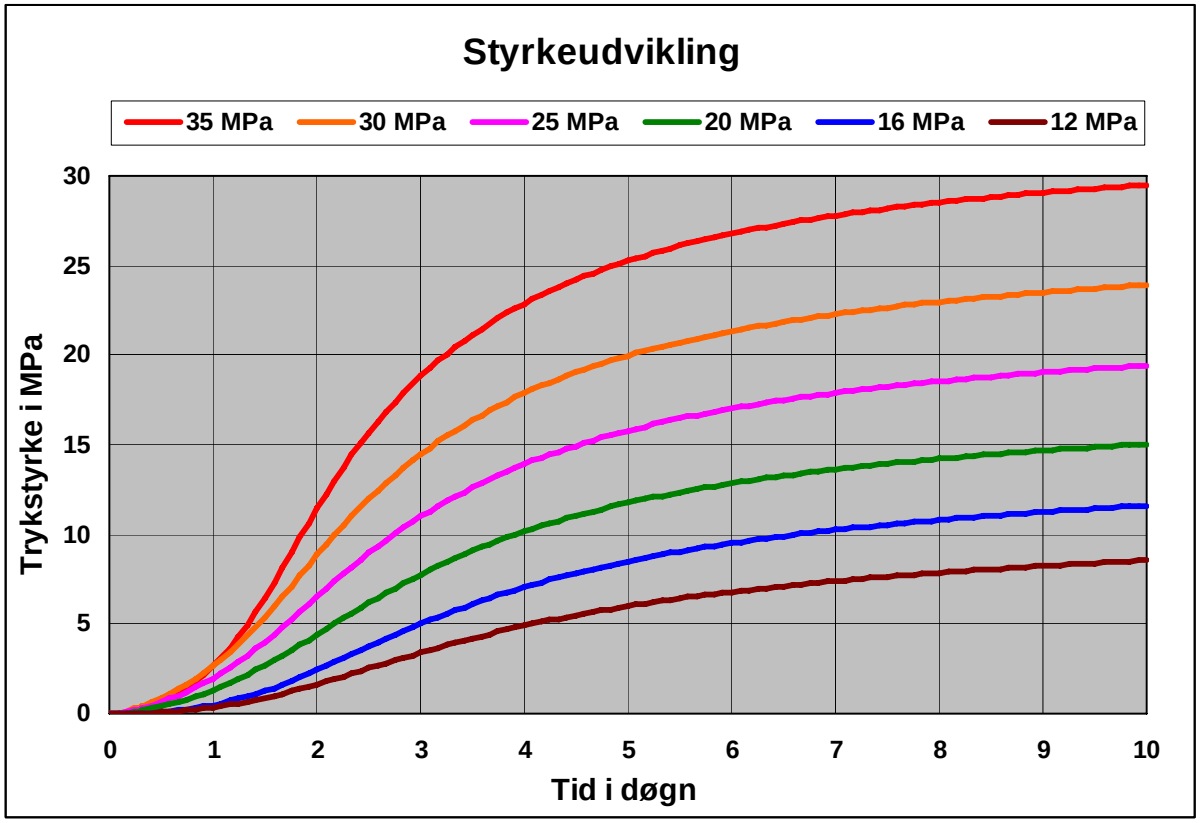
Figur 2. Forventet styrkeudvikling i 10 cm tykt betongulv støbt mod uisoleret underlag uden afdækning. Lufttemperatur 0 °C.



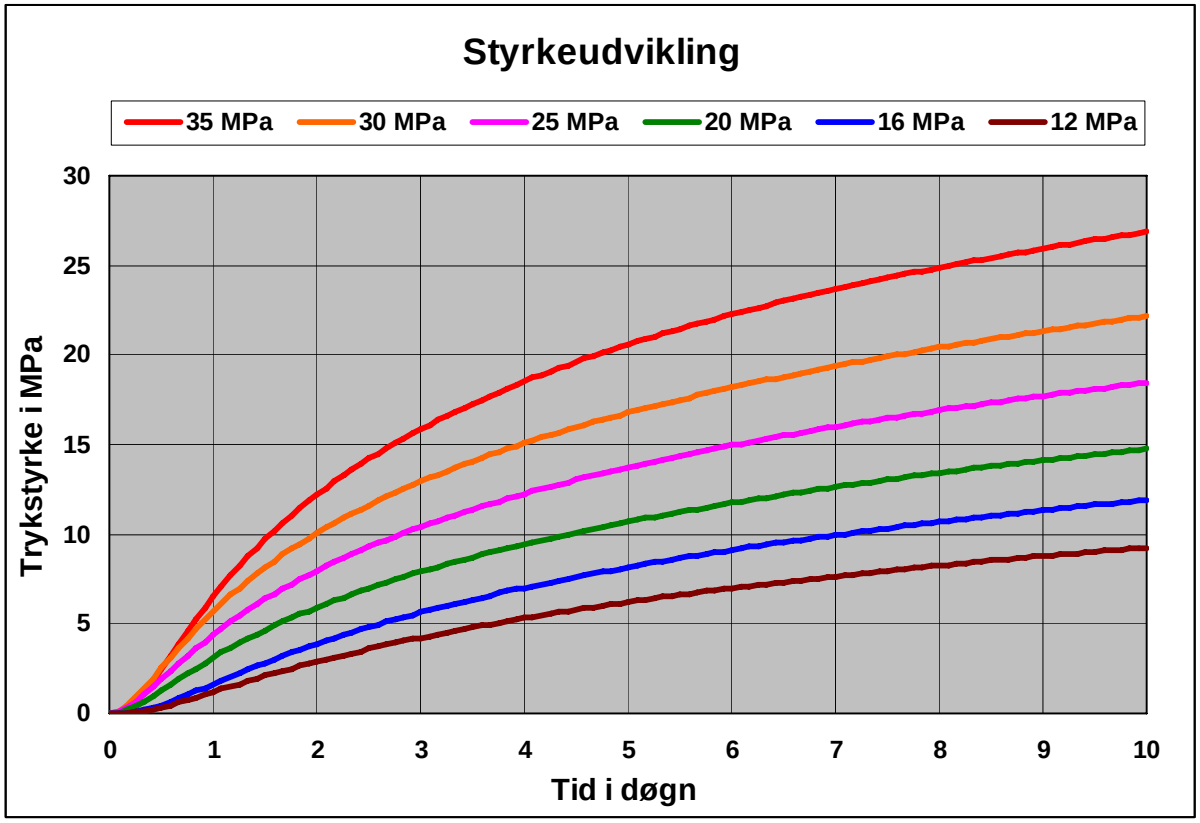
Figur 3. Forventet styrkeudvikling i 10 cm tykt betongulv støbt mod uisoleret underlag og afdækket med 50 mm vintermåtter. Lufttemperatur 0 °C.



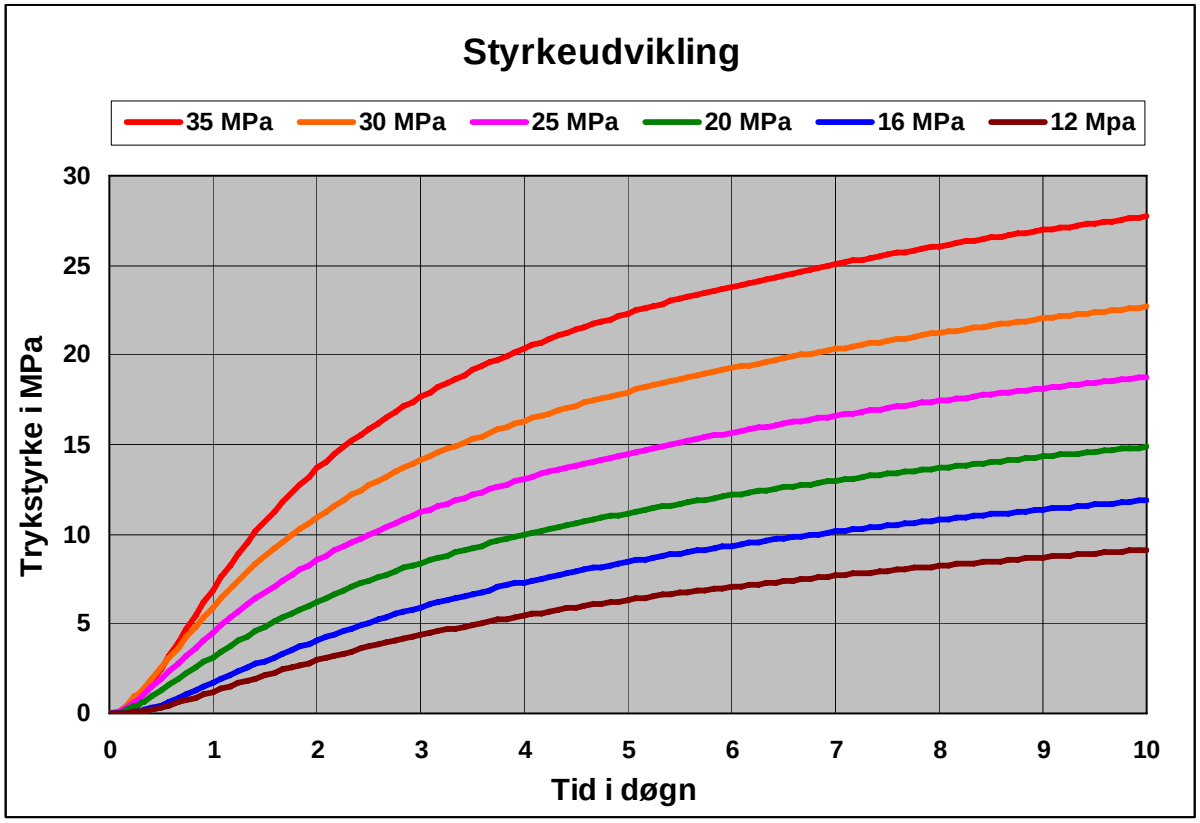
Figur 4. Forventet styrkeudvikling i 10 cm tykt betongulv støbt mod isolerende underlag uden afdækning. Lufttemperatur 0 °C.



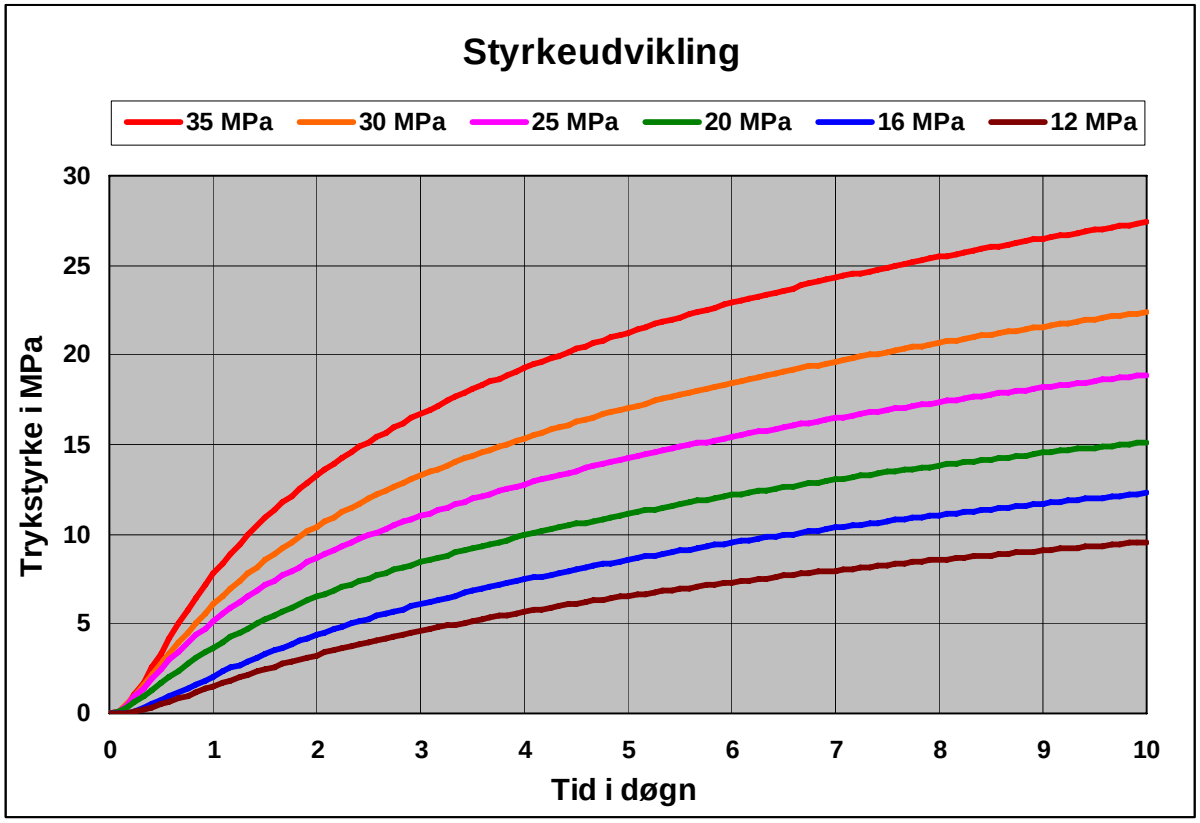
Figur 5. Forventet styrkeudvikling i 10 cm tykt betongulv støbt mod isolerende underlag og afdækket med 50 mm vintermåtter. Lufttemperatur 0 °C.



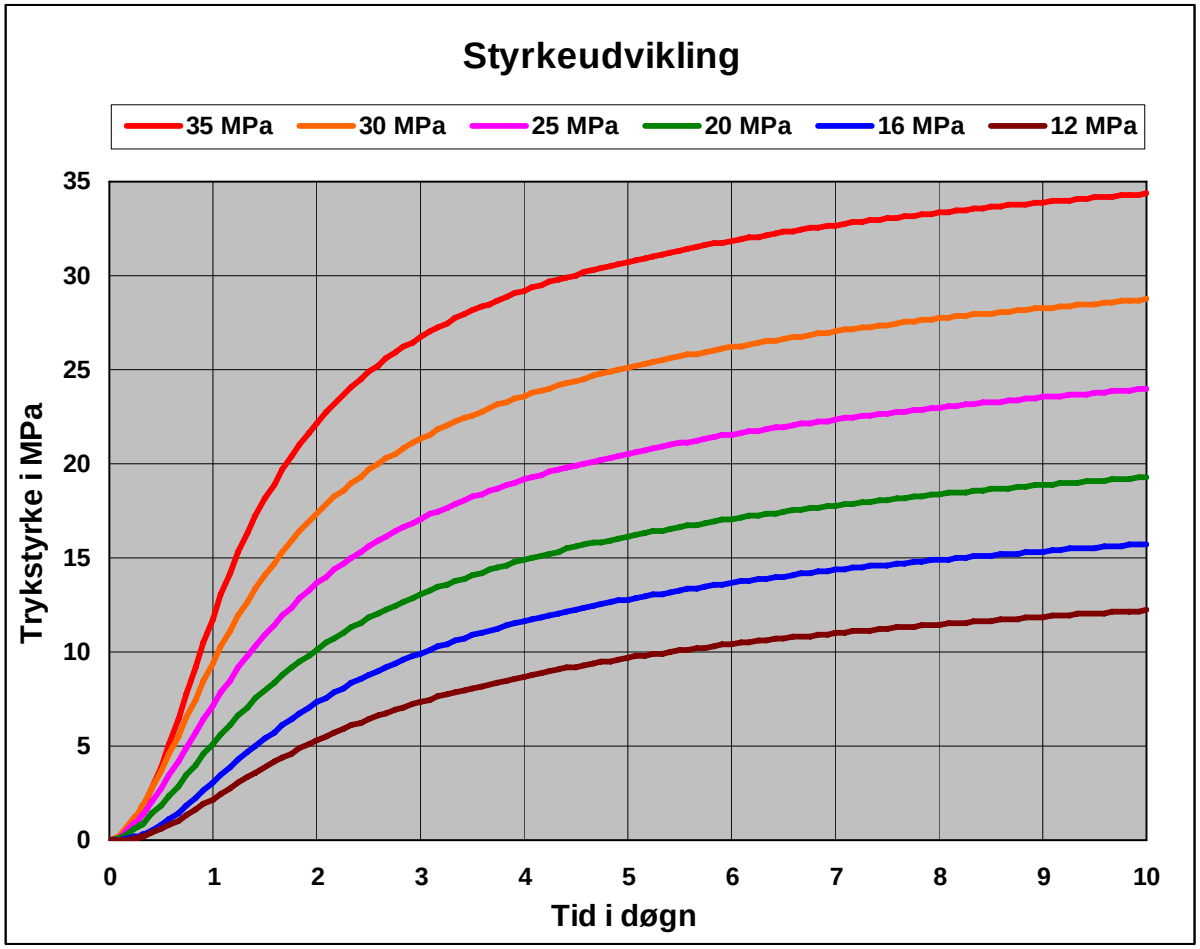
Figur 6. Forventet styrkeudvikling i 10 cm tykt betongulv støbt mod uisoleret underlag uden afdækning. Lufttemperatur 10 °C.



Figur 7. Forventet styrkeudvikling i 10 cm tykt betongulv støbt mod uisoleret underlag og afdækket med 50 mm vintermåtter. Lufttemperatur 10 °C.



Figur 8. Forventet styrkeudvikling i 10 cm tykt betongulv støbt mod isolerende underlag uden afdækning. Lufttemperatur 10 °C.



Figur 9. Forventet styrkeudvikling i 10 cm tykt betongulv støbt mod isolerende underlag og afdækket med 50 mm vintermåtter. Lufttemperatur 10 °C.