

3.5 Tilsætninger

Af Christian Munch-Petersen, Emcon A/S

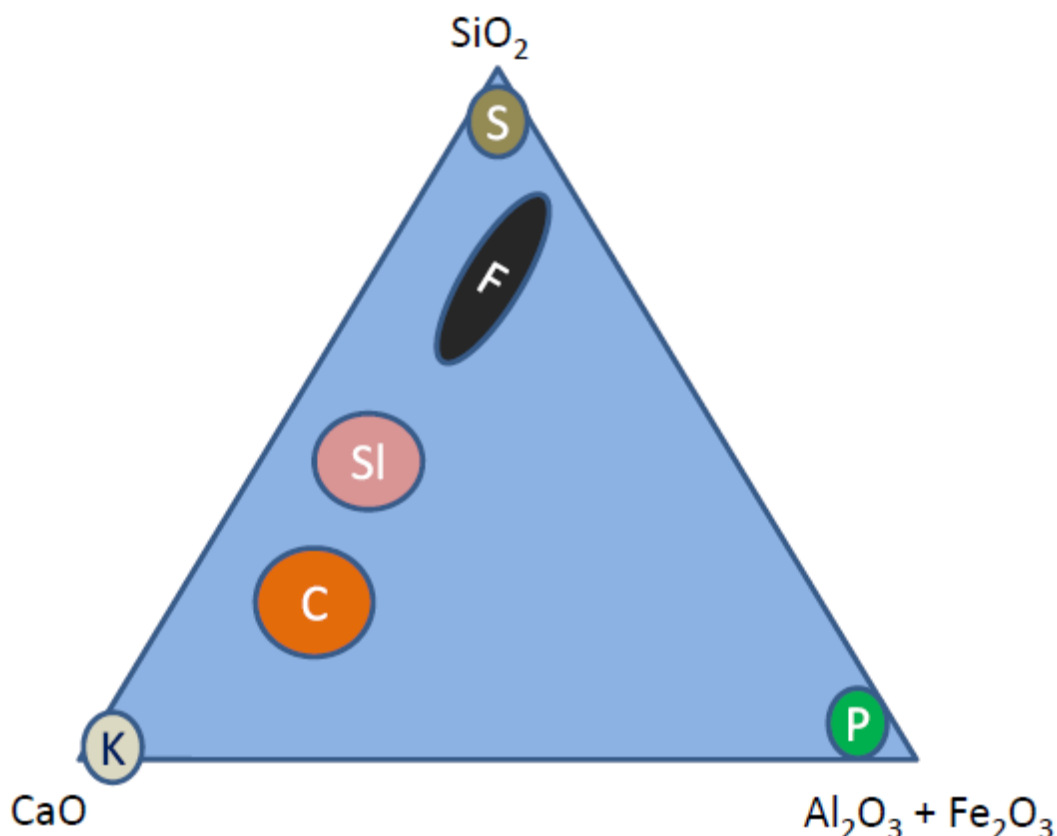


Figur 1. Kalkfiller anvendes som tilsætning i beton. Billedet er fra Dankalk i Aggersund

Tilsætninger er pulvere, der tilsættes betonen for at forbedre egenskaberne og billiggøre betonen.

Nogle tilsætninger kan sammen med cement danne bindemidler – disse tilsætninger kaldes ofte puzzolaner. Mikrosilica, flyveaske og granuleret højevns slagge er puzzolaner.

Andre tilsætninger danner ikke bindemidler – det gælder fx farvestoffer til beton (ofte i form af jernoxider).



Figur 2. Tilsætninger til beton består normalt af en blanding af CaO , SiO_2 og $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$. På figuren er Mikrosilica angivet med S, Flyveaske med F, Granuleret højevns slagge med SI, Kalk med K og Jernoxidpigmenter med P. Til sammenligning er Cement (CEM I) angivet med C

Figuren læses således, at et produkt, der befinder sig i fx det nederste venstre hjørne er rent CaO , mens et produkt, der befinder sig i fx figurens top er rent SiO_2 . Et produkt, der befinder sig midt på figurens venstre side, er derfor en ligelig blanding af CaO og SiO_2 . Cement (angivet med C) kan ud fra figuren ses af bestå af en stor del CaO , noget SiO_2 og en mindre del $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$.

Figuren er kun orienterende, og ikke i nøjagtigt mål.

3.5.1 Puzzolaner

Puzzolaner kan danne ikke-vandopløselige bindemidler, der ligner de bindemidler, cementklinker danner. Det sker ved, at puzzolanet i betonen reagerer med den $\text{Ca}(\text{OH})_2$, der dannes ved cementens reaktion med vand.

Puzzolaner benævnes også som "latent hydrauliske", fordi det er stoffer, der under de rette forhold (stærkt basiske) har en iboende (latent) egenskab – nemlig at danne bindemidler.

I Danmark anvendes normalt kun kunstige puzzolaner, der er biprodukter (restprodukter) fra kulfyrede kraftværker (flyveaske), produktion af ferrosilicium (mikrosilica), eller produktion af jern (granuleret højevns slagge).

Der findes også naturlige puzzolaner fx i form af vulkansk aske. Sådanne puzzolaner var anvendt til beton i oldtiden, og anvendes fortsat i områder, hvor der er vulkanske aflejringer. Ordet puzzolan stammer fra byen Pozzuoli nær Napoli.

3.5.2 Tilsætninger uden puzzolanvirkning

Tilsætninger uden puzzolanvirkning er i Danmark normalt granuleret kalksten (UK: Limestone filler) eller pigmenter til farvning af beton. Disse pigmenter er ofte jernoxider, der kan være fx røde, gule, brune og sorte.

Bioaske – aske fra forbrænding af slam fra spildevands renselanlæg – er også en tilsætning uden puzzolanvirkning.

For både granuleret kalksten og bioaske kan der – afhængigt af sammensætningen – opnås en mindre puzzolanvirkning. Denne tages dog ikke i regning i de i 2013 gældende standarder for beton (EN 206 og DS 2426) – se nedenfor.

3.5.3 Tilsætninger i standarder

Den europæiske beton-standard EN 206 definerer tilsætninger som et "findelt materiale" (altså et pulver) og EN 206 omhandler to typer tilsætninger:

- næsten inaktive tilsætninger (type I)
- puzzolaniske eller latent hydrauliske tilsætninger (type II)

EN 206 beskriver videre i afsnit 5.1.6, at der er "generel egnethed" for en række tilsætninger, og for disse henvises til europæiske standarder.

EN 206 har desuden for tilsætninger med generel egnethed beskrevet, hvorledes de kan anvendes, i hvilke mængder, og hvordan tilsætninger i nogle tilfælde kan regnes helt eller delvist som erstatning for cement.

På denne måde gør EN 206 det uden videre undersøgelser muligt at anvende tilsætninger i dagligdags betonproduktion.

I Danmark gælder DS 2426 som en overbygning på EN 206. DS 2426 tillader brug af puzzolanerne (type II-tilsætningerne): mikrosilica, flyveaske og slamaske, og af inaktive tilsætninger (type I-tilsætninger) som farvepigmenter og filler-tilslag.

Kalkfiller kan anvendes som filler-tilslag (uden puzzolanvirkning), såfremt der foreligger et CE-mærke i henhold til EN 12620 (Tilslagsstandard).

Bioaske kan anvendes som tilsætning type I.

Slagge er ikke uden videre tilladt som tilsætning i Danmark.

3.5.4 Tilsætninger i Betonhåndbogen

I Betonhåndbogen behandles 5 tilsætninger:

- Flyveaske
- Mikrosilica
- Slagge
- Kalkfiller
- Pigmenter

I afsnittene for hver af disse tilsætninger er angivet en litteraturliste.