



KALCINERET LER OG KALKFILLER HAR GRØN EFFEKT

Med en blanding af kalcineret ler og kalkfiller kan man erstatte helt op til 30 procent af klinkerne i en beton. I prøvestøbninger med grøn cement er der påvist op mod 20 procent reduktion i CO₂-aftrykket sammenlignet med en traditionel beton.

Behovet for beton på verdensplan menes at blive fordoblet i 2050 i forhold til i 2010. Da fremstillingen af cement indebærer en stor udledning af CO₂, står byggebranchen over for en stor miljømæssig udfordring, ikke mindst fordi flyveasken fra kulfyrede kraftværker i fremtiden vil blive en mangelvare i takt med udfasningen af kulkraft.



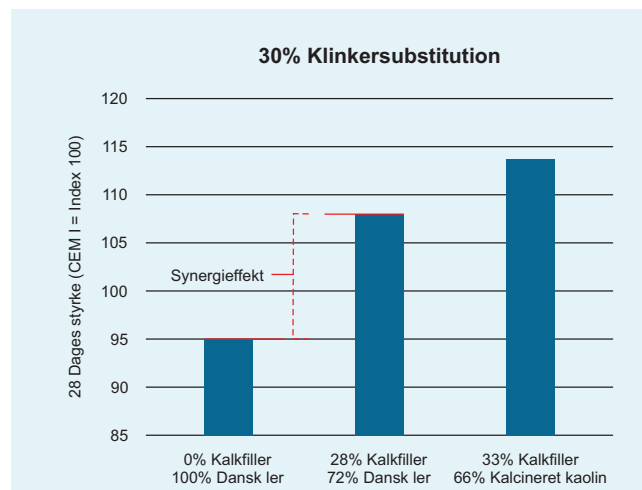
Som Danmarks eneste cementfabrik er det vigtigt for Aalborg Portland at udvikle nye, grønne cementtyper, der kan nedbringe CO₂-aftrykket i betonbyggerier. Foto: Aalborg Portland A/S

ORDFORKLARING

PUZZOLANER

Tilsætningsstoffer, der tilsættes betonen for at forbedre dens egenskaber og billiggøre den, kan sammen med cement danne bindemidler. Mikrosilica, flyveaske og granuleret højeovns slagge er blandt de puzzolane tilsætninger. Puzzolaner kan danne ikke-vandopløselige bindemidler, der ligner de bindemidler cementklinker danner. Kalcineret ler har også puzzolane egenskaber.

Kilde: Betonhåndbogen.



Synergieffekt i forhold til 28 dages styrken ved tilsætning af 28-33 procent kalkfiller til den kalcinerede ler ved en klinkersubstitution på 30 procent. Kilde: Cementir Holding. Graf: Jan Pasternak

- Udfordringen er at få afkoblet væksten i cementforbruget fra en tilsvarende vækst i CO₂-udledningen på globalt plan, så løsningen skal være en teknologi med global relevans. De tilsætningsstoffer man blander i betonen, som vi gør i Danmark, eller i selve cementen, som man ofte gør i udlandet, er typisk industrielle restprodukter som flyveaske eller højeovns slagge, hvor vi ikke rigtig kan kontrollere forsyningen, der er afhængig af produktionen af kulfyret elektricitet eller råjern. Måske vil der i en nær fremtid ikke være nok, fortæller Jesper Sand Damtoft, der er R&D direktør ved Aalborg Portlands moderselskab, Cementir Holding.

- Derfor har man været ude og kigge på naturlige råmaterialer, som findes i store mængder, og hvor man selv kan regulere produktionen. Et materiale som kalk, altså kridt, findes i store mængder mange steder i verden, men der kan man kun tilsætte en begrænset mængde til betonen, fordi der ikke er så meget reaktivitet mellem kalken og cementen, så kalken har i praksis en fortyndende virkning ved større tilsætninger. Vi har også i mange år vidst, at hvis man varmer ler op til omkring 700 grader, så kan den reagere sammen med cement og derfor erstatte noget af cementen, forklarer Jesper Sand Damtoft.

FUTURECEM

- Det, der er kernen i FUTURECEM, som vi har taget patent på, er at vi på et tidspunkt fandt ud af, at hvis man blander kalk med det kalcinerede ler, så får man en synergieffekt og en styrke som er større, end hvis man kun anvender kalcineret ler. Den synergieffekt gør, at man med nogle lertyper kan erstatte op til 30 procent af klinkerne. Det betyder, at man sparer på både CO₂-udledningen og råmaterialerne. I LC3-projektet, ledet af professor Karen Scrivener fra EPFL i Schweiz, hvor man også arbejder med teknologien, mener de endda, at man kan erstatte helt op til 50 procent af klinkerne, hvis man bruger den rigtige type ler, siger Jesper Sand Damtoft.



“

HVIS MAN BLANDER KALK MED DET KALCINEREDE LER, SÅ FÅR MAN EN SYNERGIEFFEKT OG EN STYRKE SOM ER STØRRE, END HVIS MAN KUN ANVENDER KALCINERET LER

- Leret indeholder nogle reaktive stoffer, der kan reagere med kalken og danne carboaluminat, som bidrager til at reducere porøsiteten i cementen, og det er det, der styrer styrken. Disse reaktioner ser man kun i mindre omfang, hvis man kun tilsætter kalk, fortæller Jesper Sand Damtoft.

20% CO₂-REDUKTION

- Vi har demonstreret op mod 20 procent reduktion i CO₂-udledningen i nogle af prøvestøbningerne i Grøn Beton II-projektet, selvom den danske beton i forvejen er ret grøn; ikke mindst fordi vi tilsætter flyveaske, der per definition er nærmest CO₂-neutral. Kalcineret ler giver mindre CO₂



- Vi har demonstreret op mod 20 procent reduktion i CO₂-udledningen i nogle af prøvestøbningerne i Grøn Beton II projektet, selvom den danske beton i forvejen er ret grøn, fortæller Jesper Sand Damtoft, der er R&D direktør ved Aalborg Portlands moderselskab Cementir Holding.

end produktion af cement, men den skal stadig varmebehandles, og det kræver noget energi. I udviklingslandene, hvor man ofte slet ikke bruger flyveaske, slagge eller andre tilsætninger er potentialet for CO₂-reduktion selvsagt større, fortæller Jesper Sand Damtoft.

- Teknologien kan i høj grad overføres til andre lande, hvis de har råstofferne, og det er jo et vigtigt aspekt, hvis den skal have en global effekt. Vores koncern har fabrikker rundt omkring i verden, også i udviklingslande, og det er jo især her væksten i byggeri vil ske. I Danmark har vi både lertyper og kalk, der er egnet, men den danske ler er ikke helt så reaktiv som visse specielle lertyper, der findes i udlandet. Denne udenlandske ler skal så i givet fald transporteres til Danmark, hvis vi skal bruge den her, og det koster både penge og CO₂, så det må blive en afvejning, hvilken slags ler man skal bruge, siger Jesper Sand Damtoft.

PERSPEKTIVER FOR GRØN BETON

- Allerede for mere end 10 år siden begyndte vi at lede efter løsninger til at reducere CO₂-udledningen, og vi kunne også forudse, at vi ville komme til at mangle flyveaske, så derfor satte vi gang i de projekter, der har ført frem til Grøn Beton II. Finanskrisen betød at efterspørgslen efter cement faldt i Europa, og i en årrække var der mere fokus på jobskabelse end på klima, men nu er teknologien blevet relevant igen. Med Grøn Beton II har vi kunnet lave fuldskalaforsøg og afprøve, hvordan den nye beton opfører sig i praksis i traditionelle, danske betonbyggeprojekter. Den nye beton må ikke være for besværlig at arbejde med, hvis den skal vinde indpas i praksis, siger Jesper Sand Damtoft.

- Vi kender ikke omkostningerne ved at producere de nye produkter endnu, og det handler også om, at vi skal kunne lave et produkt, der er konsistent og ensartet, og der mangler vi en del endnu. Det er også noget helt andet at lave en kontinuerlig produktion i forhold til de relativt små portioner vi har prøvet indtil nu. Jeg synes vi mangler noget med hensyn til at skalere produktionen op, og det kan godt være sværere end man tror i praksis, forklarer Jesper Sand Damtoft.

I det ene demonstrationsprojekt, en vejbro over Sydmotorvejen, er det ene af elementerne lavet af den nye, grønne beton. Broen er også nyskabende ved, at broelementerne er støbt in-situ ved siden af vejen og så løftet på plads. Foto: Rolf Skovlykke, MT Højgaard.

KLIMAVENLIG BETON TIL ANLÆGSKONSTRUKTIONER

Grøn Beton II er langt fra kun et forsknings- og skrivebordsprojekt. De nye klimavenlige betontyper er blevet afprøvet i praksis i brobyggerier for Vejdirektoratet og Banedanmark, hvilket har givet uvurderlige erfaringer for alle de involverede

En meget vigtig del af Grøn Beton II projektet har været demonstrationsprojekterne i form af udvalgte dele af broer til Vejdirektoratet og Banedanmark. Broer er bygværker, der skal stå i mindst 120 år, og de kræver derfor beton af meget høj kvalitet. Der er brugt beton med forskellige forslag til cement- og bindersammensætninger med reduceret CO₂-udledning til de forskellige projekter. Udover muligheden for at langtidsteste den mere bæredygtige beton i virkelige konstruktioner, der udsættes for belastning og vind og vejr, giver

projekterne også aktører langs hele værdikæden fra cement- og betonproducent over rådgivere og udførende mulighed for at arbejde med og teste de nye cement- og betontyper i praksis.

NY CO₂-VENLIG CEMENT OG BETON

-Vi bruger masser af beton til vores byggerier, men vi forventer også, at vi i fremtiden skal kunne dokumentere, at de betontyper vi anvender, er så miljøvenlige som muligt.. Derfor er det utrolig vigtigt for os at være med til at udvikle de nye CO₂-venlige cement- og betontyper. Derudover er vores primære interesse, at den nye beton bliver lige så holdbar som den eksisterende, siger Niels Højgaard Pedersen, afdelingsleder for bygværker i Vejdirektoratet - Vi designer jo bygværkerne til at holde i 120 år. Hvis bygværket kun har halvdelen af den forventede levetid, så bliver det meget dyrt og meget lidt CO₂-venligt på den lange bane. Vi håber jo selvfølgelig også på, at den nye beton ikke bliver dyrere. ➤

Projektet har i høj grad været med til at åbne vores øjne i direktoratet for, at der er mange uløste udfordringer, ikke mindst nu, hvor flyveasken glider ud af billedet, siger Niels Højgaard Pedersen.

KOMPLEKSE LCA-MODELLER

- Fremover vil det give os store udfordringer med en dårlig LCA- eller tildelingsmodel, hvor man for eksempel kun kigger på anlægsprisen, og ikke afskriver investeringen over bygværkets samlede levetid, som man bør gøre. Der skal udvikles nogle modeller, der kan dokumentere CO₂-aftrykket, og det bør blive ud fra nogle totalbetragtninger, der medtager hele bygværkets levetid. Det er meget komplekst at lave LCA-modeller, så de er retvisende, men samtidig så simple, at man kan gennemskue dem og anvende dem i praksis, siger Niels Højgaard Pedersen.

- De miljøvenlige betoner er vigtige for betonbranchen, hvis de vil bevare deres konkurrenceevne, og vi er jo alle sammen afhængige af beton, men vi kunne i princippet godt vælge andre materialer. Der er for eksempel spændende nye kompositmaterialer på markedet, så derfor skal de modeller vi udvikler kunne sammenligne forskellige materials CO₂-aftryk, tage højde for CO₂-forbruget gennem drift og vedligeholdelsen gennem broens levetid og faktisk også indregne, hvad det medfører af samfundsmæssige omkostninger i form af trafikforsinkelser, når vi vedligeholder og reparerer bygningsværket, forklarer Niels Højgaard Pedersen.

DEMONSTRATIONSPROJEKTER

- Der er lavet to broer på Lolland og én i Jylland. Det ene demonstrationsprojekt er en vejbro over Sydmotorvejen, som vi har bygget for Sund & Bælt. Her har vi også prøvet nye teknikker i selve konstruktionen. For at undgå støbestilladser på motorvejen under opførelsen, har vi støbt elementerne in-situ ved siden af vejen og så løftet dem på plads. Broen består af otte elementer på hver side af vejen, og broelementerne er løftet på plads med kran om natten, så man helt har undgået gener for trafikken. Det er det ene af elementerne,

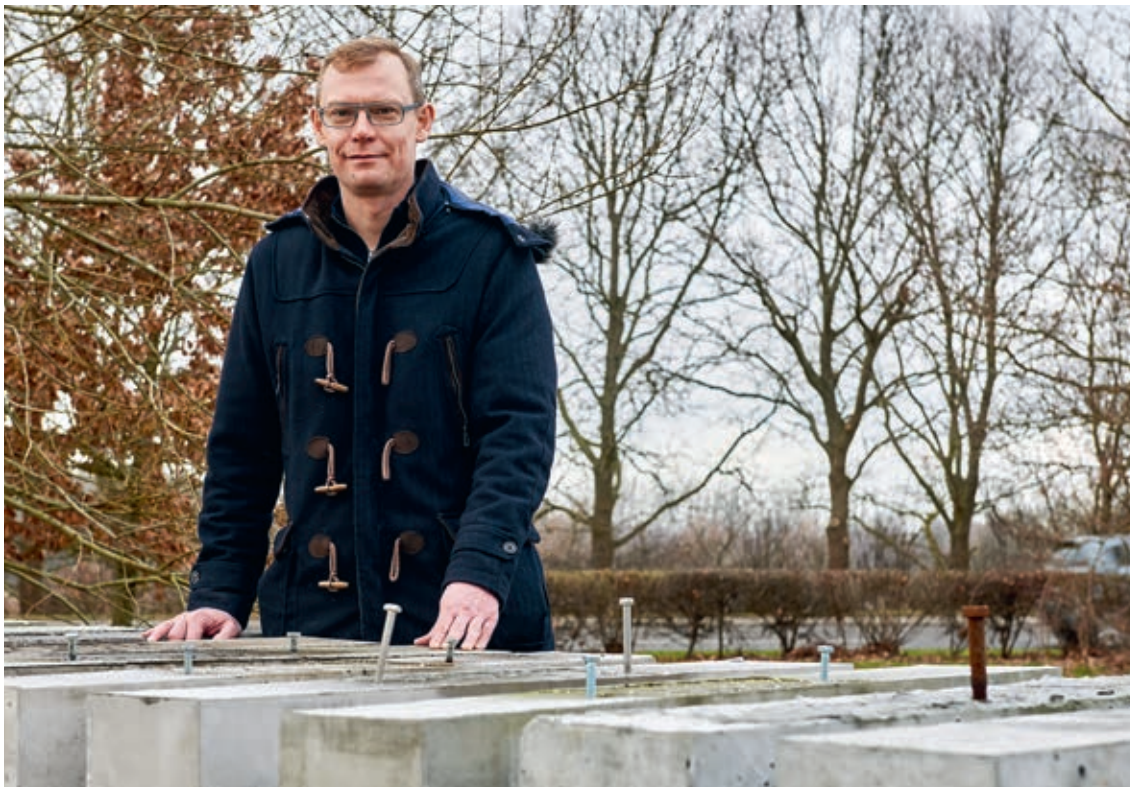
ORDFORKLARING

KALKFILLER

Anvendes som fyldmateriale i beton i form af pulvere, en filler. Ofte som alternativ til flyveaske.

LCA

En livscyklusanalyse(LCA) er et redskab til at vurdere et produkts miljøbelastning fra vugge til grav.



- Noget af det vi har lært i projektet er, at små forskelle i hvor meget kalcineret ler og kalkfiller man tilsætter, kan gøre en kæmpe forskel for den færdige beton, forklarer projektleder for Grøn Beton II Lars Nyholm Thrane fra Teknologisk Institut.

“

SMÅ FORSKELLE I HVOR MEGET KALCINERET LER OG KALKFILLER MAN TILSÆTTER, KAN GØRE EN KÆMPE FORSKEL FOR DEN FÆRDIGE BETON – LIGE FRA, AT DEN SLET IKKE ER TIL AT ARBEJDE MED, OG TIL AT DEN ER BEDRE AT ARBEJDE MED END ALMINDELIG BETON

der er lavet med den nye beton indeholdende en ny cement som eneste binder i betonen, fortæller Niels Højgaard Pedersen.

- Ved Herning-Holstebromotorvejen har vi bygget en bro, hvor der er en ret lav trafikbelastning. Banedanmark fandt også et godt projekt i forbindelse med Ringsted-Femernbanen, hvor der de næste 10 år ikke kommer belastning på broen. På den måde har vi valgt vores demonstrationsprojekter med en vis forsigtighed for at reducere vores risiko, siger Niels Højgaard Pedersen.

- Når vi en gang i fremtiden skal bestille bygningsværker med grøn beton, vil vi holde fast i, at det skal være bygværker i høj kvalitet med en lang levetid, så på den måde kommer vi ikke til at kravspecifice anderledes. Men vi kommer jo til at ændre i vores normer og vejregler, hvis der kommer nye krav med fokus på hvilke materialer vi bruger, hvor de kommer fra, hvordan de bliver fremstillet og ikke mindst CO₂-aftrykket, forklarer Niels Højgaard Pedersen.

BÆREDYGTIG BETON I PRAKSIS

- Vi har i Grøn Beton II arbejdet med flere scenarier i forhold til flyveasken i de forskellige demonstrationsprojekter. I broen over Sydmotorvejen har vi brugt en beton helt uden flyveaske, men med såkaldt Portlandkomposit-cement, hvor dele af cementklinkeren er erstattet med kalcineret ler og kalkfiller. I forhold til en almindelig anlægscement som reference, har cementen et cirka 20 procent reduceret CO₂-aftryk. Der er også brugt en anden klinkertype - hvor man normalt vil bruge en laval-kalicement, er det her klinker fra en rapidcement. Cementen er lavet som pilot-batch af Aalborg Portland og leveret til Unicons betonfabrik i Herfølge. Derefter er betonen produceret hos Unicon og leveret ned til brostedet, fortæller projektleder Lars Nyholm Thrane fra Teknologisk Institut.

- Den samme Portlandkomposit-cement er anvendt i broen for Banedanmark, hvor vi har støbt en fløjvæg i forbindelse med en sideudvidelse. Her har vi arbejdet med et scenarie, hvor flyveaske stadig er tilgængelig nogle år endnu, men dog en knap ressource, så vi har tilsat den i mindre mængder - cirka 11 procent af den samlede binder. Flyveaske har en rigtig god indvirkning på betons holdbarhed, så måske giver det god mening i fremtiden

kun at anvende den knappe ressource til udvalgte anlægskonstruktioner, siger projektleder Lars Nyholm Thrane fra Teknologisk Institut.

- Noget af det vi har lært i projektet er, at små forskelle i, hvor meget kalcineret ler og kalkfiller man tilsætter, kan gøre en kæmpe forskel for den færdige beton; lige fra, at den slet ikke er til at arbejde med, og til at den er bedre at arbejde med end almindelig beton. De betoner vi har brugt i broprojekterne har været producér- og udførelsesbare, og der har ikke været nogen bemærkninger fra hverken producent eller entreprenør, selvom der har været bekymring for, om leret skulle få betonen til at blive for klistret og hænge fast i skovle og betonblandere. Det har været en vigtig præmis for projektet, for hvis betonerne er umulige at producere og anvende, så får de ingen gang på jord, forklarer projektleder Lars Nyholm Thrane fra Teknologisk Institut.



- Som en af Danmarks største offentlige bygherrer er vi selvfølgelig med i et projekt som Grøn Beton II, og det har været et godt og spændende projekt, siger Niels Højgaard Pedersen, der er afdelingsleder for Bygværker i Vejdirektoratet.
Foto: Vejdirektoratet.