

Anvendelse af beton i byggeriet

Pixi-udgave

Denne pixi er baseret på fremsynsnotatet "Anvendelse af beton i byggeriet", som del af projektet "Bygninger og Grøn Omstilling" støttet af Realdania og Grundejernes Investeringsfond.

Forfattere: Camilla Damsø Pedersen, CONCITO, Søren Dyck-Madsen, CONCITO, og Christian Jarby, Rådet for Grøn Omstilling

Udgivet: november, 2021

1. Introduktion

Beton er det mest anvendte byggemateriale i verden, og forbruget kan forventes at stige globalt set. Ikke mindst for at møde det store behov for boliger og infrastruktur i blandt andet Asien, Afrika og Sydamerika¹. Samtidig bidrager produktionen af især cement til betons CO₂-udledning og der er en række miljømæssige konsekvenser tilknyttet indvindingen af råstoffer til fremstilling af beton.

Beton består i hovedbestanddele af tilslag af sand og sten samt cement og vand. Det anslås, at den globale cementproduktion alene bidrager til ca. 7 % af verdens totale CO₂-udledning². Og det forventes, at den globale cementproduktion vil stige fra det nuværende niveau på 4,4 til 7,0 mia. tons/år i 2050³. En vigtig forudsætning for udviklingen af beton med en lavere klimabelastning er, at der også findes løsninger til fremstilling af cement med et lavere klimaaftryk.

I Danmark vurderes byggematerialernes klimapåvirkning til at udgøre 50-80 % af den samlede klimapåvirkning for et nybyggeri, sammenlignet med driftsenergiforbruget opgjort over en 50-årig periode⁴. På den baggrund er der også kommet et langt større fokus på klimapåvirkningen fra de materialer, vi bygger med.

Det øgede fokus ses også i den nye Strategi for bæredygtigt byggeri fra marts 2021. Her er der aftalt bindende krav til den maksimale CO₂-udledning pr. m² pr. år for nybyggeri over 1000 m² fra 2023. Endvidere er der lagt op til en trinvis stramning af kravene frem mod 2029⁵. Kravene forventes at medvirke til udviklingen af cement og beton med et reduceret klimaaftryk.

Byggeriet genererer også store mængder af affald, og 35 % af al affaldsproduktion i Danmark kan relateres til byggeriet. En anvendelse af beton, der er mindre klima- og miljøbelastende, indebærer derfor også et fokus på en høj grad af genbrug og genanvendelse af beton. Både for at minimere mængden af affald, men også for at reducere forbruget af naturlige ressourcer.

Det er vanskeligt at forestille sig en bygge- og anlægsbranche fuldstændig uden brug af beton, og med den store klimaudfordring vi står overfor, må der forventes en markant reduktion i klimaaftrykket fra beton og cement. Dertil må der også forventes et skift til en anvendelse af materialer med en mindre klimabelastning, hvor det er muligt at erstatte nuværende mere klimatunge materialer, herunder beton.

Generelt forventes der fokus på, at byggeriets brug af materialer reduceres blandt andet gennem forbedrede og optimerede design- og beregningsmetoder med henblik på at reducere klimapåvirkning og ressourceforbrug.

Fremsynsnotatet der ligger til grund for denne Pixi belyser de forhold, der forventes at gøre sig gældende for anvendelsen af beton i byggeriet. Både under hensyn til behovet for at reducere klimapåvirkningen fra byggeriet markant på kort sigt frem mod 2030 og på lang sigt frem mod 2050.

¹ Dansk Beton (2020) [Bæredygtig Beton initiativ. Roadmap mod 2030. Halvering af CO₂-udledningen fra betonbyggeri-særudgave](#)

² GCCA (2021) [CO₂ emission from cement industry, what's the best estimate](#)

³ Teknologisk Institut (2021) [Forskningsprojekt skal udvikle cement med op mod 50 % CO₂-reduktion](#)

⁴ SBI (2017) [Bygningers indlejrede energi og miljøpåvirkninger - Vurderet for hele bygningens livscyklus](#)

⁵ Im.dk (2021) [Aftale mellem regeringen \(Socialdemokratiet\) og Venstre, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti og Alternativet om: National strategi for bæredygtigt byggeri - 5. marts 2021](#)

2. Betydning for byggeriets aktører

Betonproduktionen bidrager til den totale CO₂-udledning i Danmark, og som led i den grønne omstilling forventes et langt større fokus på anvendelsen af beton med et lavere CO₂-aftryk.

Langt størstedelen af betonens samlede CO₂-aftryk kommer fra fremstillingen af cement til beton. Cement med et markant lavere CO₂-aftryk, og hurtigst muligt CO₂-neutralt, vil derfor være afgørende for at reducere klimapåvirkningerne fra beton.

Udviklingen af dansk beton og cement med et lavere CO₂-aftryk har også potentiale til at kunne bidrage til reduktionen af de globale udledninger af CO₂. Der forventes en stigning i det globale etageareal på 75 % mellem 2020 og 2050, og langt størstedelen af byggeriet vil finde sted i udviklingslande.

I det følgende opsummeres de forhold, der forventes at få størst betydning for anvendelsen af beton i byggeriet fremadrettet. For kildehenvisninger refereres til det uddybende fremsynsnotat.

CO₂-krav i bygningsreglementet

- De kommende CO₂-krav i Bygningsreglementet for nybyggeri forventes at øge efterspørgslen på byggematerialer med lav klimabelastning.
- Udvikles der ikke cement og beton med et tilstrækkeligt lavt klimaaftryk, vil disse materialer på sigt blive fravalgt i byggeriet, afhængig af hvor meget CO₂-kravene skærpes over årene. Alternativet vil være en stigning i anvendelse af træ og andre biobaserede materialer.
- Det forventes frem mod 2030, at det vil være muligt at bygge nye bygninger med bærende konstruktioner i beton med en lavere klimabelastning end i dag, som vil kunne leve op til de forventede CO₂-krav i bygningsreglementet.

Cement til betonproduktion

- Aalborg Portland har, som den største punktudleder af CO₂ i Danmark, en vision om, at hele cementproduktionen i 2050 er CO₂-neutral. En vision der forventeligt ikke kan nås uden fangst af CO₂.
- Det må forventes, at Aalborg Portland vil kunne levere CO₂-neutral cement til byggeriet såfremt de rette rammevilkår kommer på plads, alternativet kan blive øget import af cement, hvis det kan leveres med et lavere CO₂-aftryk fra udenlandske cementproducenter.
- Inden helt CO₂-neutral cement er tilgængelig forventes det, at cementtyper med lavere CO₂ aftryk end traditionel cement vil vinde udbredelse til betonproduktionen. I dag er FutureCEM, en cement med op mod 30 % lavere CO₂ -aftryk tilgængelig på marked. Med sidestillingen af prisen på FutureCEM, og konventionel cement forventes FutureCEM at blive dominerende.

- Det forventes, at der på sigt kommer en ny dansk cement på marked med en CO₂ -udledning, der er 50 % mindre sammenlignet med traditionel cementproduktion som følge af Aalborg Portlands projekt CALLISTE. Der er endnu ikke en tidshorisont for, hvornår denne cementtype lanceres.
- Det forventes, at Aalborg Portland vil omstille deres energiforsyning væk fra kul over til flere alternative brændsler (ikke-genanvendeligt affald), biomasse-affald og naturgas samt på sigt muligvis biogas.
- I dag er elektrificering af cementproduktionen på et tidligt udviklingsstadium, men internationalt forventes der større fokus på elektrificering af cementproduktionen i takt med, at der indhentes erfaringer fra pilotprojekter.
- Det forventes, at der på sigt indføres en ensartet CO₂-afgift i Danmark, som også vil påvirke prisen på den cement, der forbruges i Danmark. Dette vil motivere både til en mindre klimabelastende cement- og betonproduktion. Ligesom dyrere betonprodukter vil motivere til optimering af forbruget af beton i design- og konstruktionsfasen af et byggeri.
- Den stigende CO₂-kvotepris tilskynder også til en mindre klimabelastende cementproduktion, og dermed indirekte en mindre klimabelastende betonproduktion.

Optimering af betonproduktionen

- Der sker løbende optimering af betonrecepter inden for betonstandardens regler i forhold til styrke, kvalitet mv. I denne optimering forventes det, at også miljø- og klimahensyn i højere grad kommer til at indgå.
- I takt med udfasningen af de danske kulkraftværker, og muligheden for at udnytte deponi af flyveaske ophører, kommer der mangel på flyveaske. Betonbranchen forventes derfor at få et forstærket fokus på at optimere betonrecepten ved at anvende andre materialer end flyveaske til erstatning for cement.
- Betonindustrien forventes fortsat at undersøge mulighederne for nye tilsætningsstoffer, som kan reducere vandindholdet i beton og dermed reducere mængden af cement osv.

Optimering af materialeforbruget

- Der forventes et stort fokus på optimering af materialeforbruget, særligt formodes mængderne af beton i et byggeri at kunne mindskes væsentligt ved hjælp af nye design- og konstruktionsmetoder samt samarbejdsformer. Her vil resultatet af arbejdet med det grønne tjek af Eurocodes få betydning.

- Der er store potentialer for at reducere udledningen af CO₂, hvis det bliver tænkt ind tidligt i design og planlægningsfasen af betonkonstruktionen. Her tænkes der blandt andet på optimering af konstruktionselementer og brug af nyeste viden, designværktøjer og materialer.
- Generelt forventes et større fokus på at minimere forbruget af beton og byggematerialer ved at renovere eksisterende bygninger fremfor at rive dem ned. Hertil at der i nybyggerier fokuseres på, hvordan bygninger kan designes, så de kan transformeres til forskellige funktioner og let adskilles, når de ultimativt rives ned.

Substitution af beton og LCA-beregninger

- Det forventes ikke teknisk relevant at substituere alle bygningsdele lavet af beton. Det kan for eksempel være vanskeligt at erstatte beton til fundamenter/konstruktioner under terræn, men lettere at erstatte skillevægge, etagedæk og tagkonstruktioner.
- Forskellige versioner af LCA-analyser af klima- og miljøeffekter ved at erstatte konventionelle materialer som beton med træ vil vise forskellige resultater alt afhængig af, hvilken LCA-metode og hvilke miljøvaredata, der benyttes mv. I dag benyttes oftest LCA-beregninger, som LCAByg, der ikke medtager konsekvens-betragtninger.
- Fremadrettet må det forventes, at der kommer et større fokus på også de direkte og indirekte konsekvenser ved LCA-vurderinger af byggematerialers klimapåvirkninger.
- I takt med at der udvikles betonprodukter med lavere CO₂-aftryk, vil betonprodukterne også indgå med reduceret CO₂-aftryk i miljøvaredeklarationerne og dermed i LCA-beregningerne.
- Efterspørgslen efter flere produktspecifikke miljøvaredeklarationer forventes at blive øget med det kommende krav i bygningsreglementet om LCA-vurderinger for nybyggeri. Med den nyeste standard for miljøvaredeklarationer, som bliver obligatorisk i efteråret 2022, vil der komme mere omfattende miljøvaredeklarationer på markedet.
- Det forventes, at AAU BUILD og EPD Danmark vil arbejde for, at miljøvaredeklarationer efter den nye standard også bliver integreret i LCAByg.

CO₂-optag i beton

- CO₂-optag i beton er et område, der forventes at modtage større opmærksomhed i forhold til vurderingen af betons CO₂-aftryk, da processen for karbonatisering bidrager positivt til betons CO₂-regnskab i løbet af en hel livscyklus. Ligeledes kan der komme øget fokus på, hvordan CO₂-optaget kan accelereres.

- I forhold til opfyldelse af de danske og globale klimamål forventes betons CO₂-optag ikke at kunne bidrage væsentlig på grund af den langsomme proces for karbonatisering. Derfor forventes CO₂-optag i beton heller ikke at kunne stå i stedet for udviklingen af beton med et markant reduceret CO₂-aftryk.

Bygninger af beton som termisk lager

- Det forventes, at bygninger af tunge byggematerialer med et fleksibelt varmeforbrug vil kunne spille en rolle i at lagre varme for fjernvarmenettet, og dermed udjævne spidslastperioder.

Standarder, miljøcertificeringer mv.

- Det forventes, at anvendelsen af nye cementtyper med lavere CO₂-aftryk kan kræve ændringer i de danske betonstandarder. Ligesom at standarderne vil have betydning for mulighederne for at genbruge og genanvende betonaffald.
- Standardiseringssystemet forventes at skulle agere effektivt i takt med, at nye metoder og processer er dokumenteret. Uden at der går på kompromis med kvalitet og sikkerhed.
- Det forventes, at der kommer et større fokus på kortlægning og håndtering af barrierer i standarderne for udviklingen af beton med et lavere klimaaftryk. Fra betonbranchens side vil der også være et ønske om, om tidsprocessen for godkendelse af standarder optimeres.
- Det forventes, at bæredygtighedscertificeringen DGNB vil sætte et CO₂-krav pr. m² for nybyggeri som løbende strammes, potentielt på et mere ambitiøst niveau end de CO₂-krav, der fastsættes i Bygningsreglementet. Det forventes ikke, at der i DGNB vil blive indført delkrav til specifikke materials klimaaftryk.
- Det forventes, at også Svanemærket med den kommende revision af kriterierne for Svanemærket byggeri vil begynde at sætte CO₂-krav til nybyggeri. Både et CO₂-krav til selve betonproduktet samt et krav om en samlet CO₂-beregning for byggeriet på niveau med den Frivillige Bæredygtighedsklasse. I Svanemærket gives der allerede i de nuværende kriterier ekstra point for anvendelsen af cement og beton med reduceret energi- og klimapåvirkning.

Genbrug og genanvendelse

- Der forventes et stort fokus på genbrug og genanvendelse af beton, både betonaffald og spild fra betonproduktionen. Derfor forventes der også yderligere forsøg med genbrug og genanvendelse i betonbranchen.

- Det forventes ikke, at det vil være muligt at erstatte efterspørgslen på råstoffer til beton fuldstændig ved hjælp af genbrug og genanvendelse, da mængden af affaldsbeton ikke er stor nok til at dække efterspørgslen til nybyggeri.
- I et klimamæssigt perspektiv forventes der større fokus på at genbruge betonelementer samt søjler/bjælker end genanvendelse af knust beton til erstatning af tilslag i betonproduktion. Det skyldes den større klimagevinst ved genbrug af betonelementer og søjler/bjælker.
- Det forventes, at selv om CO₂-gevinsten ved genanvendelse af beton er lille, kan det stadig være en god ide i et ressourceperspektiv. Det skyldes, at den genanvendte beton reducerer behovet for at indvinde nye jomfruelige råmaterialer.
- Der forventes at det undersøges nærmere, om det bedst kan svare sig at genanvende betonen ved at nedknuse den og anvende den til produktionen af ny "genbrugsbeton" eller om det bedst kan svare sig at genanvende betonen til for eksempel vejfyld.
- Det forventes, at vurderinger af potentialer for genbrug og genanvendelse af beton foretages ud fra både et klimaperspektiv og et miljø/ressourceperspektiv.

Råstoffer til betonproduktion

- Generelt er der på verdensplan rigelige ressourcer af sand, sten og grus. Den stigende globale byggeaktivitet forventes dog at føre til et øget pres på de jomfruelige ressourcer, hvor især sand i en række regioner globalt set forventes at blive en endnu større udfordring end den allerede er i dag.
- EU og Danmark er i dag stort set selvforsynende med sand, grus og sten, og der forventes ikke en umiddelbar knaphed på disse råstoffer på kort sigt.
- Da råstofferne ikke er fornybare forventes der større fokus på, at de udnyttes bedst muligt, herunder at beton prioriteres anvendt, hvor den er mest uundværlig som fx til fundamenter, kældre, tunneler, kloakker, vejanlæg mv.
- Konkurrence om arealerne vil være en udfordring for yderligere udpegning af graveområder i Danmark. Dertil vil de medfølgende gener fra råstofindvinding i form af tung trafik, støv og støj udgøre en barriere for udlæg af nye råstofgraveområder, da der typisk vil opstå lokal modstand.
- Det må forventes, at der iværksættes en ordning, der kompenserer naboer til grusgrave for de medfølgende gener.
- Det forventes, at der opnås politisk enighed om at udarbejde en samlet national råstofstrategi, som kan give et samlet og bedre overblik over ressourcerne både til lands og til havs, hertil en samlet miljøvurdering af udnyttelsen af ressourcerne.

- Indvindingen af råstoffer til fremstilling af beton har konsekvenser for både klima og miljø. Der er i dag en omfattende regulering af råstofindvinding i Danmark også i forhold til de miljømæssige påvirkninger og minimering af disse. Det forventes ikke, at der vil blive slækket på denne regulering.
- I forhold til påvirkningerne af landskabet, natur og biodiversitet ved råstofindvinding forventes størstedelen af de nyere råstoftilladelser at indeholde efterbehandlingsplaner, hvor der sikres mere natur og biodiversitet. Det forventes således, at en række arealer vil få en højere rekreativ og naturmæssig værdi end før indvindingen.
- Det forventes fortsat, at det nuværende arealforbrug til råstofindvinding i Danmark (<1 %) vil være meget begrænset sammenlignet med arealforbruget til landbrugsproduktion (60 %) og arealer til skov (15 %).

Byggetekniske forhold og kompetencer

- Det forventes, at især præfabrikeret byggeri vil udgøre den dominerende byggemetode også i forhold til anvendelsen af beton. Dog vil der også blive set flere store projekter, hvor der både benyttes præfabrikerede elementer og in-situ-støbte elementer, hvor sidstnævnte især vil blive anvendt til specialiserede løsninger.
- Indeklima-, lyd- og brandkrav i bygningsreglementet er ikke en udfordring for byggeri af beton. Dårlig akustik ventes dog fortsat at kunne være en udfordring i byggeri med store flader af beton og minimalistisk indretning.
- Det forventes, at flere betonproducenter vil indeklimate deres produkter for derigennem at dokumentere, at betonen lever op til krav om et godt indeklima. Et indeklimate er også med til at sikre point i forhold til DGNB-ordningens kriterie om indendørs luftkvalitet.
- Der skal udbredes kompetencer og nye samarbejder i hele byggeriets værdikæde for at sikre, at byggeri med beton har en lavere klima- og miljøbelastning end i dag.

3. Målgrupper for fremsynsnotatet

Staten/politikere: kan sikre rammerne for udviklingen af beton med en lavere klima- og miljøbelastning igennem hele produktets livscyklus. Lige fra indvindingen af råstofferne til betonproduktion til nedtagning af betonbyggeri og eventuel genbrug og genanvendelse.

Det politiske niveau vil skulle fastsætte de endelige CO₂-krav til nybyggeriet, de vil kunne træffe beslutning om en national råstofstrategi, bidrage til at sikre rammerne for etablering af CO₂-fangst, gå foran som offentlig indkøber og stille krav om mere bæredygtigt byggeri mv.

Kommuner og regioner: kan også gå foran og fremme udviklingen af beton med et lavere CO₂-aftryk, fx ved at stille krav om certificering, anvendelse af den frivillige bæredygtighedsklasse eller/og den kommende nye frivillige CO₂-klasse. De kan stille krav om selektiv nedrivning, genbrug og/eller genanvendelse osv.

Kommuner og regioner kan dertil medvirke til at stille demonstrationsbyggerier til rådighed. Derved kan byggebranchen i fuldskala dokumentere løsninger, der er mere bæredygtige, så de bliver en del af det fremtidige regelgrundlag.

Forsknings- og vidensinstitutioner: kan i samarbejde med industrien fortsat bidrage med forskning, udvikling og demonstration til udviklingen af beton med en reduceret klima- og miljøbelastning. Fx i forhold til etablering af CO₂-fangst ved cementproduktion, lagring af CO₂, muligheder for materialeoptimering, muligheder for genbrug og genanvendelse mv.

De kan også bidrage til, at der indhentes mere viden om klimaaftrykket for materialer ved at udarbejde 'konsekvens' LCA-vurderinger som supplement til de mange 'attributonal' LCA-vurderinger, der foreligger.

Dansk Standard: spiller en vigtig rolle i at administrere standarderne for beton. Det har betydning for den teknologiske udvikling af nye betoner med lavere klima- og miljøpåvirkninger, at ændringer i standarder sker effektivt og agilt i takt med, at nye metoder og processer er dokumenteret.

Dansk Standard kan medvirke til at få sat fokus på barrierer for fremme af beton med lavt CO₂-aftryk i standardiseringerne, herunder gjort systemet for tilpasningen af standarder mere effektivt, under behørig hensyn til kvalitet, holdbarhed og sikkerhedsmæssige aspekter.

Certificeringsorganer: DGNB og Svanemærket medvirker til at fremme mere bæredygtige byggerier. Derfor har de også en interesse i fortsat at medvirke til at fremme beton med en lavere klimabelastning. Dette ses allerede i dag i Svanemærket, hvor der er positiv pointtildeling i forhold til anvendelse af beton og cement med reduceret energi- og klimapåvirkning.

Certificeringsorganerne kan også være med til at efterspørge mere viden i forhold til, hvordan LCA-metoden kan udbygges, så konsekvenserne ved en øget anvendelse af materialer som beton og træ inddrages. Samtidig med at de kan være med til at sikre, at bæredygtigheden i materialer vurderes holistisk så parametre som ressourceforbrug, miljøhensyn, holdbarhed, kvalitet, indeklimate, social bæredygtighed mv. fastholdes.

Bygherrer: vil ligeledes med de kommende CO₂ krav til nybyggeriet få større fokus på klimaaftrykket i de materialer, de anvender. Ambitiøse bygherrer kan også vælge at benytte den frivillige bæredygtighedsklasse og/eller den kommende frivillige CO₂-klasse, stille krav om certificering mv. Ligesom de også kan formulere udbudskrav om, at hvis beton anvendes, skal den have et så reduceret CO₂-aftryk som muligt mv.

Entreprenører, rådgivere og arkitekter: kan i deres rådgivning af bygherrer informere om muligheder for anvendelse af beton, der har et reduceret klimaaftryk, nye designmetoder mv. Ligesom de kan rådgive om muligheder for genbrug og genanvendelse og for fleksibelt og holdbart byggeri mv. Dertil vil de skulle have fokus på at opbygge kompetencer i forhold til den forventede efterspørgsel efter mere bæredygtigt byggeri.

Betonproducenter: forventes at blive mødt med en større efterspørgsel efter beton med et lavere klimaaftryk. De kan spille en vigtig rolle ved at efterspørge cement med lavere CO₂-aftryk, og på sigt CO₂-neutralt cement. Ligesom de kan fortsætte arbejdet med at reducere cementindholdet i beton, fokusere på reduktion af spild, genbrug og genanvendelse osv.

Betonbranchen vil fortsat skulle arbejde aktivt for at nå deres mål om en halvering af CO₂-udledningen fra betonbyggeri i 2030 i forhold til niveauet i 2019. Branchen kan også vælge at sætte mål for CO₂-udledningen i 2050. Derudover kan betonproducenter være med til at udvikle flere og mere retvisende miljøvaredeklarationer for betonprodukter ved at udvikle produktspecifikke EPD'er og benytte den nyeste EPD-standard.

Cementproducenter: cement med et lavere klimaaftryk vil være et vigtigt bidrag til betonbranchens udvikling af beton med et lavere klimaaftryk.

I **Danmark** kan Aalborg Portland udvikle cementtyper med lavere CO₂-udledning, og potentielt nå deres vision om CO₂-neutral cement i 2050 langt tidligere ved at etablere CO₂-fangst.

I **udlandet** er især tyske Heidelberg i front i forhold til udviklingen af mere CO₂-neutral cement. Udenlandske producenter kan på sigt blive mødt med en stigende efterspørgsel fra den danske betonbranche, hvis den danske udvikling af mere klimavenlig cement går for langsomt i forhold CO₂-kravene til byggeriet.

Råstofbranchen: Der er i dag omfattende regulering i forhold til råstofindvinding, herunder vurderinger af virkninger på miljøet. Men som industri forventes det, at også råstofbranchen vil få øget fokus på minimering af klima- og miljøaftrykket ved råstofindvinding.

Nedrivning/affaldsbranchen: kan bidrage til nyttiggørelse af affald i værdikæderne for beton, fx ved at opbygge kompetencer i selektiv nedrivning af bygninger med henblik på genbrug og genanvendelse.

Fjernvarmeselskaberne: kan gøre nytte af tungt byggeri, som fx betonbyggeri, ved at udnytte disse bygninger som varmelager med henblik på at udjævne spidslaste i varmeproduktion.

Dette fremsynsnotat er en del af projektet "Bygninger og Grøn Omstilling".

Find mere information om og materialer udarbejdet i projektet på <https://www.concito.dk/projekter/bygninger-groen-omstilling>