

Anvendelse af beton i byggeriet

Fremsynsnotat

Dette fremsynsnotat er en 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

Indhold

1. Introduktion	2
2. Definition af beton – sammensætning og krav.....	3
3. Udviklingen i betonbyggeriet i Danmark.....	5
4. Indvinding af råstoffer til betonformål	6
5. Klimaeffekter ved betonproduktion	13
6. Tiltag til udvikling af beton med et lavere klimaaftryk.....	16
7. Cementtyper med reduceret CO ₂ -aftryk	17
8. Optimering af cementindholdet i betonproduktionen	24
9. Optimering af materialeforbrug.....	25
10. Substitution af beton med andre materialer	27
11. Livscyklusvurderinger af beton	27
12. CO ₂ -optag i beton	29
13. Betonbyggeri som varmelager.....	30
14. Genbrug og genanvendelse	31
15. CO ₂ -kravene i aftalen om en Strategi for bæredygtigt byggeri.....	34
16. Certificeret byggeri og beton	35
17. Miljøvaredeklarationer og beton.....	38
18. Byggeprocessen.....	39
19. Indeklima-, lyd- og brandforhold mv.	40
20. Kompetencer	42
21. Betydning for byggeriets aktører	42
22. Målgrupper for fremsynsnotatet.....	48

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](#)

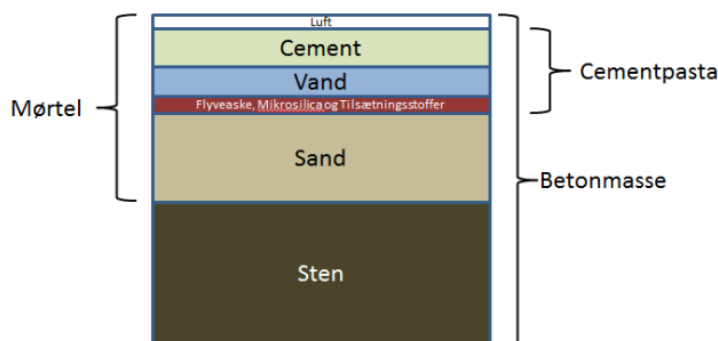
⁵ Im.dk (2021) [Aftale mellem regeringen \(Socialdemokratiet\) og Venstre, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti og Alternativet om: National strategi for bæredygtigt byggeri - 5. marts 2021](#)

2. Definition af beton – sammensætning og krav

Der findes mange forskellige former for beton til mange forskellige anvendelser. I dette notat er omdrejningspunktet beton til anvendelse i byggeriet, da notatet er en del af projektet [Bygninger og Grøn Omstilling](#). Afgrænsningen skyldes således ikke, at beton til anlæg (vejanlæg, motorvejsbroer, havneanlæg, kloakering mv.) ikke også har en væsentlig klimabelastning.

Beton skabes ved at lime tilslag (sand og sten) sammen med en to-komponent lim, bestående af cement og vand. Det kan betragtes som en kunstig bjergart, der udover tilslag, cement og vand, også typisk indeholder tilsætningsstoffer⁶ og tilsætninger som flyveaske, mikrosilica og kalkfiller, se nedenstående figur. Delelementerne i beton kan sammensættes i mange forskellige blandingsforhold. Sammensætningen kaldes ofte en "betonrecept".⁷

Indhold i betonmasse



Note: Cementpasta er den lim, der limer tilslaget (sten + sand sammen)

Kilde: Betonhåndbogen (2013) [Kap.6. Proportionering](#).

Betonproducenterne er ikke fuldstændig frit stillet i forhold til blandingsforholdet, da mulighederne i praksis begrænses af standarder, krav fra køberen af betonen (til styrke, eksponering, konsistens, kvalitet o.l.), og praktiske forhold relateret til for eksempel produktionsanlægget.⁸

Betonproducenter kan være begrænset af, hvad de kan levere i forhold til anlæggets indretning. Her er især antallet af siloer til pulver (cement og tilsætning) og til tilslag samt doseringsanlæg for tilsætningsstoffer vigtige. Dertil kræver visse konstruktioner særlige beton-sammensætninger med særlige egenskaber for at kunne udføres på en korrekt måde. Branchen markedsfører for eksempel betontyper egnet til specielle formål, kaldet funktionsbetoner så som gulvbeton, slidlagsbeton, kantstensbeton, fugebeton mv.⁹

For mere detaljeret information om beton er Betonhåndbogen det mest udførlige værk på dansk. Håndbogen findes digitalt på www.betonhaandbogen.dk.

⁶ Note: Tilsætningsstoffer, også kaldet additiver, bruges til at modificere betonens egenskaber, for eksempel for at ændre konsistensen, gøre betonen frostbestandig mv.

⁷ Munch-Petersen, C. (2018) [Betonhåndbogen, 4 Betonsammensætning](#)

⁸ Munch-Petersen, C. (2018) [Betonhåndbogen, 4 Betonsammensætning](#)

⁹ Munch-Petersen, C. (2018) [Betonhåndbogen, 4 Betonsammensætning](#)

Krav og standarder for beton

De fleste køberes kravdokument¹⁰ til en producent er bygget op på grundlag af standarder. De eksisterende betonstandarder stiller blandt andet krav til styrker, armering, betonsammensætning etc. De har til formål at sikre, at betonkonstruktioner er holdbare og sikre at færdes i. Dertil har **betonstandarderne betydning for muligheden for at lancere beton med en lavere klimabelastning på markedet, og for muligheden for genbrug og genanvendelse af beton.**

Betonbranchen gør opmærksom på, at standarderne kan begrænse mulighederne for at reducere betonkonstruktioners CO₂-udledning. Dertil påpeges, at standardiseringen ofte foregår meget langsomt, samt at der er et større behov for at sikre, at ny teknologi og løsninger fra udviklingsprojekter implementeres i standarderne.¹¹

I takt med de stigende CO₂-krav til byggeriet forventes det, at der **på standardiseringsområdet kommer et større fokus på, kortlægning og håndtering af barrierer for udviklingen af beton med et lavt klimaaftryk.**

En af de vigtigste standarder for fabriksbeton og fremstilling af beton er DS/EN 206 og annekset DS/EN 206 DK NA:2020. Både standarden og annekset er lovpligtige, og indgår i Bygningsreglementets §345¹². Annekset blev i 2020 revideret til DS/EN 206 DK NA:2020¹³, hvor en af de vigtigste ændringer netop var, at det blev muligt at benytte mindre klimabelastende cement i betonen. Dertil kom der med ændringen øget mulighed for at anvende nedknust beton som tilslag i ny beton.¹⁴

Muligheden for at anvende beton med en mindre CO₂-udledning i betonelementer er i dag en delvis udfordring lovgivningsmæssigt, men forventes at blive sikret snarligt. Der er som nævnt mange forskellige betonstandarder, og der gives ikke en uddybende beskrivelse af disse i dette notat.

Produktion i Danmark

I Danmark findes der i omegnen af 50 betonproducenter. Der blev ifølge tal fra Danske Regioner **produceret 9,6 mio. tons beton i Danmark i 2016**, hvilket svarer til et betonforbrug pr. dansker på 1,7 ton årligt. Godt 30 % af betonen blev produceret i Region Midtjylland¹⁵. Aalborg Portland er den eneste cementproducent i Danmark. Hvert år produceres 2.363.000 tons cement¹⁶. Energistyrelsen vurderer i "Klimafremskrivning 21" samlet set en uændret cementproduktion i Danmark frem mod 2030.¹⁷

¹⁰ Et kravdokumentet indeholder altid brugsegenskaber som krav til den udstøbte og hærdede betons egenskaber, så som styrke og stabilitet. Det er her bygherres fokus er, men entreprenører kan også definere krav til udførelsesegenskaber. Det vil sige egenskaber, som den friske eller hærdede beton skal have for at passe til den valgte udførelsesmetode, jf. Munch-Petersen, C. (2018) [Betonhåndbogen, 4 Betonsammensætning](#)

¹¹ https://baeredygtigbeton.dk/media/41323/bbi_red_netversion-dec2019.pdf

¹² <https://www.ds.dk/da/nyhedsarkiv/2021/02/video-br18-s-krav-til-anvendelse-af-betonstandarden-ds-en-206>

¹³ DS/EN 206 DK NA:2020 træder i kraft pr. 1. januar 2021 og erstatter DS/EN 206 DK NA:2019

¹⁴ Webinar om nye krav til beton (2021) <https://www.ds.dk/media/rv2nrpd4/dansk-standard.pdf> ved Dansk Betonforening og Dansk Standard.

¹⁵ Danske Regioner (2018) "[Råstoffer en regional opgave](#)".

¹⁶ AalborgPortland (2021) "[Dansk cementproduktion](#)" besøgt den 25/6-2021

¹⁷ Energistyrelsen (2021) "[Klimastatus og –fremskrivning 2021 \(KF21\): Cementproduktion](#)"

3. Udviklingen i betonbyggeriet i Danmark

Danmark har en lang byggeskik indenfor byggeri i tegl og beton. Det skyldes blandt andet, at det efter den anden store brand i København i 1795 blev besluttet, at nye huse skulle være grundmurede og ikke bindingsværk. Dertil har vi i modsætning til vores nabolande haft markant mindre skov, men meget ler i undergrunden, som er blevet brugt til fremstilling af mursten.¹⁸

I 1960erne var der mangel på boliger. Det daværende Boligministerie udstedte et montagecirkulære, der gav økonomisk støtte til byggerier med præfabrikerede betonelementer, og der blev sat en masseproduktion af huse i gang.¹⁹

I dag **opføres hovedparten af byggeriet i Danmark til helårsbeboelse med lodrette bærende konstruktioner i beton og tegl**. Ved større elementbyggeri anvendes betonelementer både til lodrette og vandrette bærende elementer. I det traditionelle industrielle byggeri anvendes også beton i etageadskillelsen samt som bærende konstruktion samt som underlag for flade tage²⁰

Der **findes ikke specifik data over udviklingen i byggeri af beton i Danmark**. Det skyldes blandt andet, at Bygnings- og Boligregistret (BBR) ikke opgør, hvilke materialer der er anvendt til de bærende konstruktioner. Der findes data over ydervægsmateriale, og her dominerer mursten (tegl, kalksten og cementsten) suverænt, efterfulgt af betonelementer. Træbeklædning ses primært anvendt til sommerhuse.²¹

Udviklingen i betonbyggeriet vil til dels følge den generelle udvikling i nybyggeriet i Danmark. Denne tog et dyk efter finanskrisen, men siden 2013 har der været kraftige stigninger i byggeriet af især nye boliger, som følge af udviklingen i demografien og flyttemønstre. Efterspørgslen har især været drevet af behovet for flere boliger i de større byer.²²

Udviklingen i betonbyggeri forventes også at blive påvirket af de kommende CO₂-krav pr. m² til byggeriet, der indføres i bygningsreglementet fra 2023, som følge af aftalen om en strategi for bæredygtigt byggeri²³. **De kommende CO₂-krav for nybyggeri forventes at øge efterspørgslen efter de betonprodukter, der har en reduceret klimabelastning**, jf. kapitel 15.

¹⁸ <https://www.bolius.dk/derfor-skal-vi-bygge-mere-med-trae-94062>

¹⁹ <https://www.bolius.dk/derfor-skal-vi-bygge-mere-med-trae-94062>

²⁰ BUILD (2020) "[BUILD Rapport 2020:25 Anvendelse af træ i byggeriet – Potentialer og barrierer](#)"

²¹ DST (2021) "[Bygninger og deres etageareal efter enhed, område, tid, ydrevægsmateriale og anvendelse](#)" Hjemmeside besøgt 12/5-2021.

²² DI Analyse (2020) "[Optimisme i bygge- og anlægsbranchen på trods af coronakrisen](#)"

²³ 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](#)"

4. Indvinding af råstoffer til betonformål

Betonproduktion kræver indvinding af råstoffer. Denne indvinding har konsekvenser for CO₂-udledningen og miljøet. Dertil er det centralt for en fremtidig anvendelse af beton i byggeriet, om der forventes knaphed på de anvendte råstoffer til betonproduktion.

Råstofferne sand, sten og grus har størst betydning for betonproduktionen, og størstedelen af indvindingen finder sted på land med ca. 90 % og blot ca. 10 % fra havet, jf. tal fra Danmarks Statistik over indvindingen i 2020.²⁴ Langt størstedelen af de indvundne råstoffer benyttes til veje og anlæg.

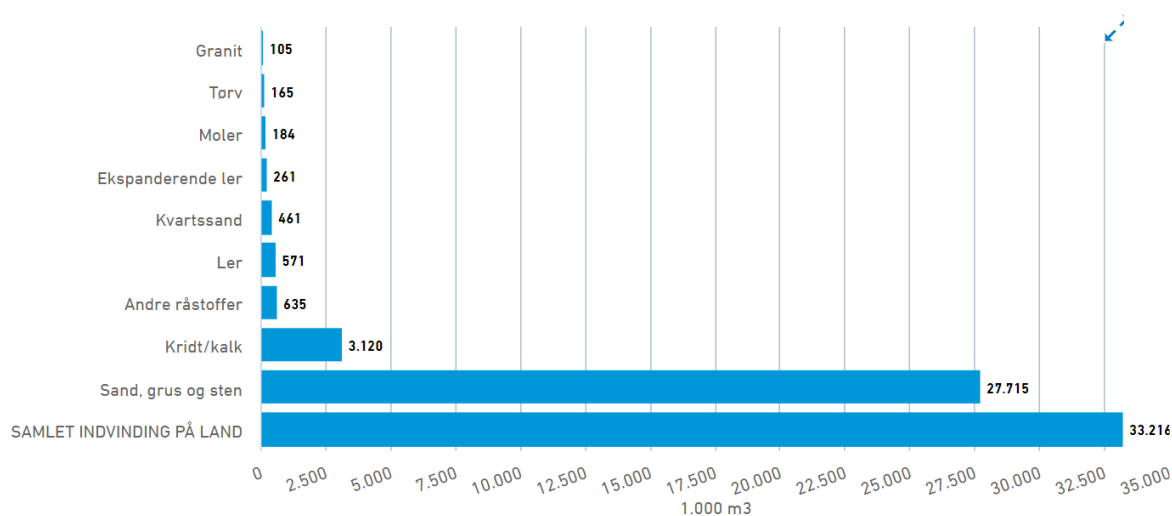
Det er anslået i en rapport fra NIRAS, udført for Region Nordjylland og Region Syddanmark, at 70 % af råstofferne til betonproduktion stammer fra indvinding på land og 30 % fra havet.²⁵

Råstofindvinding til lands

I 2020 var den samlede danske indvinding af råstoffer på land 33,2 mio. m³. Heraf **udgør indvindingen af sand, grus og sten langt den overvejende del med 83 % (27,7 mio. m³), efterfulgt af indvindingen af kalk og kridt med 9,4 % (3,1 mio. m³).**

Størstedelen af indvindingen af kalk og kridt går til cementproduktion med 68,5 %.

Råstofindvinding på land fordelt på råstofftyper i 2020



Kilde: Danmarks Statistik: <https://www.statistikbanken.dk/rsto1>

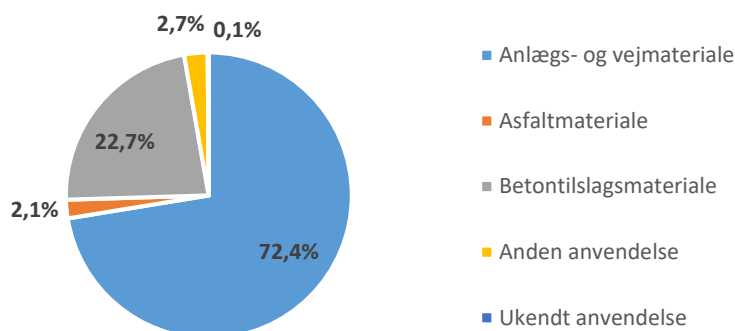
Størstedelen af indvindingen af sand, grus og sten går med ca. 72,4 % til anlægs- og vejmateriale, og dernæst går 22,7 % til betontilslagsmateriale.²⁶

²⁴ Danmarks Statistik (2021) <https://www.statistikbanken.dk/rsto1>

²⁵ Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer (2020) [Kortlægning af ressourcestrømme for sten, grus og sand – råstoffer og genanvendeligt byggeaffald](#) Artikel i bladet Miljø og Ressourcer.

²⁶ Danmarks Statistik (2021) ["Stigende indvinding af råstoffer på land"](#), Nyt fra Danmarks Statistik 17. juni 2021, Nr. 231

Indvindingen af sand, grus og sten på land fordelt på anvendelse i 2020



Note: Betontilslagsmateriale er forskellige kornstørrelser af sand, grus og sten, som indgår i betonblandingen

Kilde: Egen figur baseret på data fra Danmarks Statistik (2021) "Stigende indvinding af råstoffer på land".

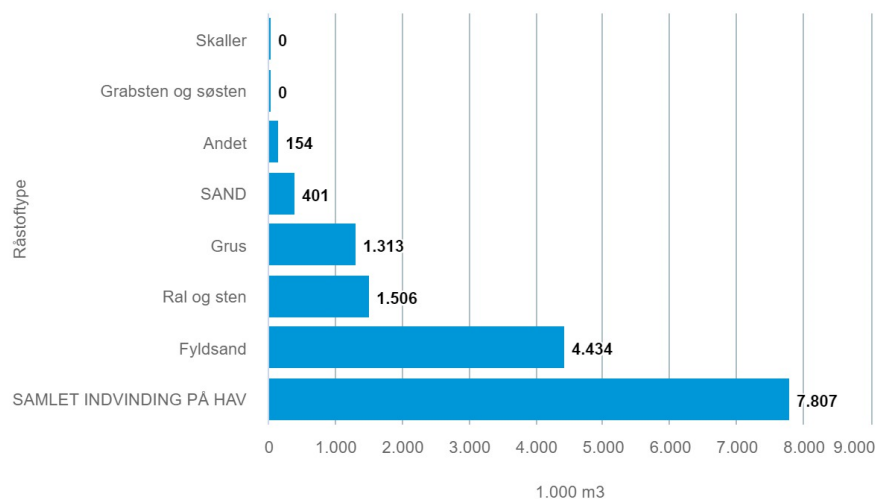
Råstofindvinding på havet

I 2020 blev der indvundet 7.7 mio. m³ sand, grus og sten til havs, jf. nedenstående figur, hvoraf over halvdelen udgøres af fyldsand. Fyldsand er sand, der er direkte nyttiggjort, det vil sige genanvendt fra fx oprensninger af havne og sejlrender. **Størstedelen af fyldsandet anvendes til kystfodring, og er ikke relevant i forhold til bygge- og anlægsaktiviteter.** Det opgøres ikke i kategoriseringen af marine råstoffer fra Danmarks Statistik, hvordan de anvendes.²⁷

Råstofindvinding fra farvande fordelt på råstoftyper i 2020

Råstoffer indvundet fra Farvande (1000 m³)

Område: I alt | Tid: 2020:



Kilde: Danmarks Statistik (2021) <https://www.statistikbanken.dk/RST3>

²⁷ <http://mima.geus.dk/wp-content/uploads/Beton-rapport-final-170117.pdf>

Knaphed på råstoffer

Råstoffer som sand, sten og grus er ikke-fornybar ressourcer, og der kan opstå knaphed på dem. Langt **det meste beton i Danmark produceres med danske råstoffer**. En undtagelse er de højeste klasser af beton som for eksempel anvendes til broer, hvor der kræves en stenkvalitet, som kun kan mødes ved importerede skærver.

I dag er **Danmark stort set selvforsynende med sand, grus og sten**. Det fremgår af en analyse udført af Copenhagen Economics for Danske Regioners Videncenter for Miljø og Ressourcer, at i 2014 blev ca. 95 % af den mængde sand, grus og sten, der blev brugt i Danmark, indvundet indenlands, mens de resterende 5 % blev importeret, primært fra Norge, Sverige, Kroatien og Storbritannien.²⁸

95 procent i selvforsyningsgrad, 2014							
	Dansk råstofindvinding	Import	Direkte materialeinput	Eksport	Indenlands material-anvendelse	Fysisk handels-balance	Selvforsynings-grad
Sand, grus og sten 2014 (1.000 ton)	47.453	3.997	51.450	1.461	49.989	2.536	95%

Kilde: MiMa rapport 2016/1, Indvinding af danske mineralske råstoffer – en geografisk sammenstilling

Kilde: Copenhagen Economics (2017) "[Råstoffer- Er der behov for en national strategi?](#)"

En udfordring er, at **råstofferne ikke altid er tilgængelige i de geografiske områder, de skal benyttes i**, og derfor skal **transporteres over store afstande med støj-, klima- og miljøbelastning** til følge. Region Hovedstaden er for eksempel relativt fattig på råstoffer, men har samtidig en høj bygge- og anlægsaktivitet og dermed en stor efterspørgsel efter råstoffer.

I analysen anslår regionerne, **at der med de områder der er udlagt på daværende tidspunkt, er råstoffer tilbage til mellem 14-43 års indvinding**. Region Sjælland og Region Hovedstaden er de regioner, som har de største udfordringer med tilgængeligheden af råstoffer. På den baggrund har Region Sjælland identificeret tre indsatsområder:

- i. *"Spare på ressourcen ved at arbejde for brug af alternativer til nye råstoffer"*
- ii. *"At fremme genbrug af vej- og byggematerialer"*
- iii. *"At genbruge overskudsjord."*²⁹

I Region Sjællands nyeste "Råstofplan 2020-2031" har Regionrådet sat et konkret mål om, at sekundære råstoffer, såsom genanvendelse af byggematerialer og overskudsjord, skal dække 20 % af Region Sjællands råstofforbrug i 2032. Region Hovedstaden har et tilsvarende mål i deres Handlingsplan for FN's Verdensmål³⁰. Det forventes, at målet vil blive bekræftet i Region Hovedstadens råstofplan 2020, som dog endnu ikke er vedtaget.

Råstoffer transporteres i dag typisk ikke over store afstande på grund af høje transportomkostninger. I Copenhagen Economics analyse fremgår, at *"da råstofferne i sig selv har relativt lav værdi men høj vægt og stort volumen, betyder transportomkostninger, at råstoffer primært*

²⁸ Copenhagen Economics (2017) "[Råstoffer- Er der behov for en national strategi?](#)"

²⁹ Copenhagen Economics (2017) "[Råstoffer- Er der behov for en national strategi?](#)"

³⁰ Region Sjælland (2021) "[Råstofplan 2020-2031](#)" Vedtaget 8. marts 2021.

afsættes i lokale markeder, inden for en radius af max. 100 km.”³¹ Det må forventes, at i takt med at færre råstoffer bliver tilgængelige stiger prisen på dem, hvilket kan føre til længere transportafstande med negative miljøpåvirkninger til følge.

Løber vi tør for sand, sten og grus i Danmark?

Ifølge en fremskrivning fra NIRAS (2017) forventes råstofforbruget³² at stige fra 29 mio. m³ i 2016 til knap 45 mio. m³ i 2040.³³

Derudover giver NIRAS i en artikel (2019) et bud på, hvornår Danmark løber tør for sand, grus og sten. Buddet gives på baggrund af fremskrivningen af råstofforbruget indtil 2040, og en vurdering af, hvad der er af ressourcer tilbage i de udlagte graveområder. Buddet lander på cirka et halvt hundrede år, men det påpeges af NIRAS, at buddet ikke tager højde for, at der:

- ligger råstoffer uden for graveområderne
- indvinding også er muligt på havet
- råstofferne kan indvindes dybere end hidtil
- krav til materialer, der anvendes til veje og byggeri kan mindskes, eller substituere med andre typer råstoffer eller materialer
- teknologiske forbedringer
- nye konstruktionsmetoder
- øget genanvendelse mv.³⁴

Flere af disse initiativer skal sidestilles med deres påvirkninger på miljø og biodiversitet.

Med den fremtidige knaphed på råstoffer forventes også et fokus på at nedsætte forbruget af disse. Hertil forventes et større fokus på, at råstofferne udnyttes bedst muligt, hertil at **beton prioriteres anvendt, hvor den er mest uundværlig** som fx til fundamenter, kældre, tunneler, kloakker, vejanlæg mv.

Tilgængelighed af råstoffer i EU og globalt

I modsætning til mange andre råstoffer fremgår det af et stort studie fra 2020 af EU's liste over kritiske råstoffer, at **EU's medlemslande producerer nok sand, grus og sten til at kunne undgå import til EU**.³⁵ Der er således ikke på europæisk niveau knaphed på sand, sten og grus samt kalk, og materialerne fremgår ikke på EU-Kommissionens liste over kritiske råstoffer³⁶. Det vil sige råstoffer, som er særligt kritiske grundet deres lave forsyningssikkerhed og betydning for Europas økonomi.

³¹ Copenhagen Economics (2017) [Råstoffer- Er der behov for en national strategi?](#)

³² Note: Råstofforbruget dækker over indvinding til lands og havs plus import af råstoffer minus eksport af råstoffer + genbrug. Rapporten tager afsæt i råstofftyperne sand, sten og grus.

³³ Niras (2017) [Fremskrivning af råstofforbruget 2016-2040](#)

³⁴ AKTUEL NATURVIDENSKAB (2019) [HVORNÅR ER DET SLUT MED GRUS I DANMARK?](#) | NR.4 |

³⁵ European Commission (2020) Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020) Non-Critical Raw Materials Factsheet [Findes på denne hjemmeside](#)

³⁶ European Commission (2021) [Critical Raw Materials](#)

I EU forbruges sand, grus og sten også hovedsageligt lokalt og regionalt på grund af høje transportomkostninger og lav værdi af råstofferne. Derfor er handel med sand, sten og grus begrænset til lokale transaktioner mellem nabolande³⁷.

Generelt er der ifølge EU-Kommissionen **på verdensplan rigelige ressourcer af sand, sten og grus, men den geografiske tilgængelighed af råstofferne, særligt sand, er en stor udfordring i en række regioner**, som for eksempel Singapore. Dertil er der i en række regioner store miljømæssige udfordringer tilknyttet indvindingen på sand³⁸. Knapheden på sand er en udfordring, der forventes at blive forværret i en række regioner som følge af en stigende efterspørgsel efter sand til vejanlæg, beton i byggeriet, produktion af glas, store landindvindingsprojekter mv.³⁹.

Et studie udført af Københavns Universitet (2021) estimerer, at sand globalt set kan blive en mangelvare inden for de næste 50 år. Studiet påpeger, at især ved indvinding af sand fra flodsystemer og kyster i fattige regioner, har mineaktiviteter store negative konsekvenser for miljøet og for de mennesker, der lever i nærområdet.⁴⁰

En stor udfordring i dag er også, at indvindingen af sand i de store flodsystemer og ved kyster ofte ikke er reguleret, eller foregår ulovligt. Sociale og miljømæssige udfordringer er ifølge UNEP blevet rapporteret i Indien, Kina, og andre lokationer i Asien, Afrika og Sydamerika. Det vurderes, at der globalt set er et stort behov for deling af "best practices" og internationale guidelines på området.⁴¹

Det forventes, at der kommer stigende fokus på miljøpåvirkningerne fra indvinding af sand, og at der **internationalt indføres regulering, så indvindingen af sand bliver langt mindre belastende for miljø og de berørte lokalbefolkninger**. I EU er indvindingen af råstoffer for eksempel omfattet af direktivet om vurderinger af virkninger for miljøet. Og i Danmark er der en omfattende regulering af indvindingen af råstoffer som led i de danske planlægnings- og tilladelsesprocedurer.

Generelt forventes der globalt såvel som i Danmarks et større fokus på minimering af råstofforbruget både ved at optimere design af byggerier og anlæg, undgå overdimensionering, øget genbrug og genanvendelse osv.

Ansvar for råstofindvinding i Danmark

I Danmark har **regionerne ansvaret for råstofindvinding på land, og Miljøstyrelsen har ansvaret for råstofindvinding på havet**. Den 24. februar 2021 blev der fremsat beslutningsforslag om en national råstofstrategi⁴². Forslaget blev 2. behandlet og forkastet den 3. juni 2021.⁴³

³⁷ European Commission (2020) Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020) Non-Critical Raw Materials Factsheet [Findes på denne hjemmeside](#)

³⁸ European Commission (2020) Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020) Non-Critical Raw Materials Factsheet [Findes på denne hjemmeside](#)

³⁹ Torres, A. et al. (2017) [Vi står over for en global sand-krise](#)

⁴⁰ <https://www.carlsbergfondet.dk/da/Nyheder/Nyt-fra-fondet/Nyheder/Sand-er-en-global-mangelvare-og-sandindustrien-er-ikke-baeredygtig>

⁴¹ UNEP (2019) [Sand and Sustainability: Finding New Solutions for Environmental Governance of Global Sand Resources](#). Geneva, Switzerland.

⁴² Folketinget (2021) Beslutningsforslag nr. B 165. Fremsat den 24. februar 2021 af Kristian Pihl Lorentzen (V) og Jacob Jensen (V) [Forslag til folketingsbeslutning om udarbejdelse af en national råstofstrategi](#)

En national strategi ville kunne give et samlet overblik over ressourcerne både til lands og til havs, hertil en samlet miljøvurdering af udnyttelsen af ressourcerne. Den ville give mulighed for en mere prioriteret arealudnyttelse under hensyn til natur og miljø. Ligesom en øget koordinering vil give mulighed for at reducere transportarbejdet og dermed CO₂-udledningen i forbindelse med transport af råstoffer.

Det forventes, at der opnås politisk enighed om en national råstofstrategi på sigt. Det skal ses i lyset af, at der er et udtalt ønske om en national strategi fra Regionerne og den danske råstofbranche. Samtidig med at der er opbakning til en national råstofstrategi fra langt de fleste politiske partier, for eksempel også fra Enhedslisten og Radikale Venstre, selvom de to partier stemte nej til beslutningsforslaget. Enhedslisten stemte nej ud fra et ønske om, at en begrænset brug af ressourcer også skal være et fokus i en national strategi.⁴⁴

Mangel på arealer

Der er knap 400 fysiske råstofgrave i Danmark⁴⁵. Det er dog flere råstoffer tilgængelige, men ikke alle graveområder udnyttes. Når et område er udlagt som graveområde, er det dokumenteret, at der er råstoffer af erhvervmæssig interesse, og lodsejeren eller indvinder kan her forvente at få en tilladelse til råstofindvinding.

Mulighederne for at finde nye graveområder forventes at være begrænsede. Det skyldes blandt andet, at i takt med at råstofferne udvindes og forbruges, bliver der færre af dem. Men det skyldes også i høj grad, at der ses en større uvilje fra naboer i nærområder med råstofindvinding som følge af den medfølgende støj, støv og tunge trafik, ligesom der er en konkurrence om, hvad arealer skal anvendes til.⁴⁶ Teknologirådet har vurderet, at omfanget af planer og ønsker til arealanvendelsen i Danmark frem til 2050 udgør 130-140 % af Danmarks areal.⁴⁷

Samlet set er ca. 1 % af Danmarks landareal udlagt som graveområde for råstoffer i de regionale råstofplaner⁴⁸. De udlagte graveområder udgør et større areal, end det areal der rent faktisk beslaglægges af de knap 400 fysiske råstofgrave med aktiv tilladelse.

Der kan også være arealmæssige konflikter på havet, hvor områder kortlagt med råstofforekomster også kan være af interesse for erhvervsfiskeri, havvindmølleanlæg mv.⁴⁹

Krav om VVM-procedure

Det er som følge af råstofloven regionernes opgave i deres planlægnings og tilladelsesarbejde at balancere hensynene til naturen og de mange arealinteresser i det åbne land over for samfundets behov for forskellige råstofmateriale.⁵⁰

⁴³ Forslaget blev forkastet. For stemte 43 (V, DF, KF, NB, LA og UFG), imod stemte 50 (S, SF, RV, EL og ALT), hverken for eller imod stemte 0. <https://www.ft.dk/samling/20201/beslutningsforslag/b165/index.htm>

⁴⁴ Læs mere i Altinget (2021): <https://www.altinget.dk/miljoe/artikel/politisk-flertal-vil-have-national-raastofstrategi>

⁴⁵ <https://www.regioner.dk/regional-udvikling/klima-miljoe-og-ressourcer/raastoffer>

⁴⁶ Copenhagen Economics (2017) "Råstoffer- Er der behov for en national strategi?"

⁴⁷ Teknologirådet (2016) [Kan vi få plads til det hele](#) se også [yderligere info her](#)

⁴⁸ Danske Regioner (2020) [Bæredygtig råstofforsyning for fremtiden](#)

⁴⁹ Danske Regioner (2020) [Bæredygtig råstofforsyning for fremtiden](#)

⁵⁰ [Bekendtgørelse af lov om råstoffer](#)

Til lands er regionernes råstofplaner omfattet af **krav om strategisk miljøvurdering efter lov om miljøvurdering af planer og programmer**. Når en råstofplan er vedtaget, er det regionen, der har ansvaret for at give tilladelse til indvinding af råstoffer indenfor de graveområder, som planen indeholder. Dertil er det regionen, der inddrager andre myndigheder, hvis der kræves tilladelse efter vandforsyningsloven, naturbeskyttelsesloven eller miljøbeskyttelsesloven.⁵¹

Regionen er ansvarlig VVM-myndighed og skal ved alle ansøgninger om råstofindvinding vurdere om ansøgningen kan have en væsentlig indvirkning på miljøet (støj, støv, transport, natur, landskab, grundvand, geologi, klima mv.)⁵². I tilfælde af at et projekt efter den større screening vurderes ikke at påvirke miljøet væsentligt, foretages ikke en VVM-redegørelse.⁵³

Overordnet set handler **vilkårene i en råstoff tilladelse** om overholdelse af støjgrænser, krav om etablering af støjvolde, tiltag til at mindske støvgener, vilkår for udkørsel, håndtering af brændstof i graven, mv.⁵⁴ Dertil indeholder tilladelsen en **efterbehandlingsplan for arealet** med henblik på at begrænse miljømæssige gener og forebygge forurening af grundvandet og jorden.⁵⁵

Til havs kan alle tilladelser til råstofindvinding, som antages at have væsentlige indvirkninger på miljøet, også kun gives efter en VVM-procedure, jf. råstoflovens §23. I VVM-vurderingen vurderes blandt andet om en påtænkt indvinding vil påvirke de biologiske elementer i et område, herunder varigheden af eventuelle effekter, og om de vil være fuldt ud reversible. I en VVM for råstofindvinding til havs undersøges typisk indvindingens betydning for vandkvalitet, luftkvalitet, flora og fauna, fiskebestanden, fuglelivet, marine pattedyr mv.⁵⁶

Konsekvenser ved indvinding af råstoffer for klimaet og miljøet

Et fuldstændigt stop for udvindingen af råstoffer forventes ikke at være realistisk i en verden, hvor der er fortsat vækst i bygge- og anlægssektoren. Men **råstoffer er ikke-fornybare ressourcer, og det er vigtigt, at de anvendes med så høj værdi for samfundet og så bæredygtigt som muligt**.

Råstofindvinding kan som nævnt have meget negative konsekvenser for miljøet, ikke mindst når det forekommer ureguleret og i værste fald ulovligt. Da det er meget begrænset, hvad der importeres af sand, sten og grus til Danmark og EU, og råstofferne ikke transporteres over store afstande, er miljø- og klimaeffekterne globalt set relateret til indvinding i Indien, Kina, Asien, Afrika etc.⁵⁷

Et vigtigt miljø- og klimaaspekt i forhold til betontilslag er den geografiske tilgængelighed af råstoffer til beton, og de relaterede transportafstande⁵⁸. Når udbuddet af tilslagsmaterialer i en region ikke matcher efterspørgslen, transporteres materialerne over længere afstande for at indgå i

⁵¹ Region Hovedstaden (2021) [Om den regionale råstofplan](#), besøgt den 25/6-2021

⁵² Se fx. "[VVM for råstofindvinding ved Kjelst 2013](#)"

⁵³ Se fx. [Region Hovedstadens tilladelse til erhvervmæssig indvinding af råstoffer i Reerslev Grusgrav af den 13.marts 2017](#)

⁵⁴ Region Hovedstaden "[Om råstoff tilladelser](#)" besøgt den 25/6-2021

⁵⁵ LBK nr 124 af 26/01/2017 [Bekendtgørelse af lov om råstoffer](#) §10 stk.1.

⁵⁶ Se fx. [VVM råstofindvinding Jyske rev 2013](#)

⁵⁷ Se yderligere info her ift. indvinding af sand: UNEP (2019) [Sand and Sustainability: Finding New Solutions for Environmental Governance of Global Sand Resources](#)

⁵⁸ Rosholm, Laila S.; Kalvig, Per; Fold, Niels (2016) "[Råstofforsyning Fra sand og sten til betonbyggeri](#)", MiMa rapport 2016/2

betonproduktion. Med den tunge transport følger **CO₂-udledning**. Ligesom at råstofindvindingen kan genere naboer som følge af den tilknyttede **tunge trafik, støj, støv og vibrationer**.⁵⁹

Miljøminister Lea Wermelin har tilkendegivet, at mulighederne for at lette naboskabet til råstofgrave skal undersøges nærmere. Det har længe været et ønske fra Danske Regioner, at der blev indført en ordning, så naboer til grusgrave bliver kompenseret for deres værditab. En kompensationsordning formodes at kunne være med til at mindske modstand fra naboer ved udpegning af nye arealer.⁶⁰

Et andet miljøaspekt ved indvinding af råstoffer er den **markante ændring af landskabet**, der indvindes i. Råstoff tilladelser på land i Danmark indeholder vilkår om efterbehandling/reetablering af områderne efterfølgende. Råstofgrave kan enten reetableres til det, som de var før indvindingen – typisk landbrug, eller efterbehandles til noget andet.

Det ses ofte, at reetablering af områder kan bidrage til forbedringer af et områdes naturindhold med hensyn til en styrket biodiversitet.⁶¹ Når råstofgravene er udtømte, kan de for eksempel reetableres til (sø)områder med relativ høj naturmæssig og rekreativ værdi⁶². Derfor er negative påvirkninger af landskab og miljø i Danmark typisk ikke blivende. Det forventes, at **størstedelen af de nyere råstoff tilladelser indeholder efterbehandlingsplaner, der sikrer mere natur og biodiversitet**.

Det bemærkes, at arealforbruget til råstofindvinding på land (<1 %) er beskedent sammenlignet med, at godt 60 % af Danmarks areal anvendes til landbrug⁶³ og godt 14,7 % af arealet er skov⁶⁴, hvoraf en stor del er dyrket skov.

På havet påvirker indvindingen af råstoffer havbunden på forskellige vis afhængig af dynamikken på den pågældende havbund⁶⁵, og der kan være naturmæssige årsager til at undgå indvinding i et område, for eksempel er naturen i Øresund særlig værdifuld og sårbar.⁶⁶

5. Klimaeffekter ved betonproduktion

Dansk Beton estimerer, at **betonproduktionen udgør omkring 3,4 % af den samlede danske CO₂-udledning i Danmark**.⁶⁷ Betons bidrag til CO₂-udledningen skyldes primært cementindholdet i betonen, og altså den tilknyttede CO₂-udledning fra produktionen af cement.

⁵⁹ Det bemærkes, at Danske Regioner har fremlagt et forslag om økonomisk kompensation til naboer til grusgrave, der har store gener. Se f.eks. Miljøministeriets reaktion til forslaget her:

<https://www.ft.dk/samling/20191/spoergsmaal/s123/svar/1598612/2091003/index.htm>

⁶⁰ Kristeligt Dagblad (2020) [Parter savner fælles plan for grusgrave](#)

⁶¹ Se f.eks. [VVM for råstofindvinding ved Kjelst 2013](#)

⁶² Se mere om [efterbehandling af råstofgrave her](#):

⁶³ Miljøministeriet Miljøtilstand.nu [Udvikling i arealanvendelse](#) besøgt den 16/7-2021

⁶⁴ Nord-Larsen, T., Johannsen, V. K., Riis-Nielsen, T., Thomsen, I. M., & Jørgensen, B. B. (2020). [Skovstatistik 2019](#): Forest statistics 2019.: Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet

⁶⁵ Miljøstyrelsen (2021) [Udvinding af sand, grus og sten](#), Miljøtilstandnu.dk

⁶⁶ Region Sjælland (2021) [Råstofplan 2020-2031](#) Vedtaget 8. marts 2021.

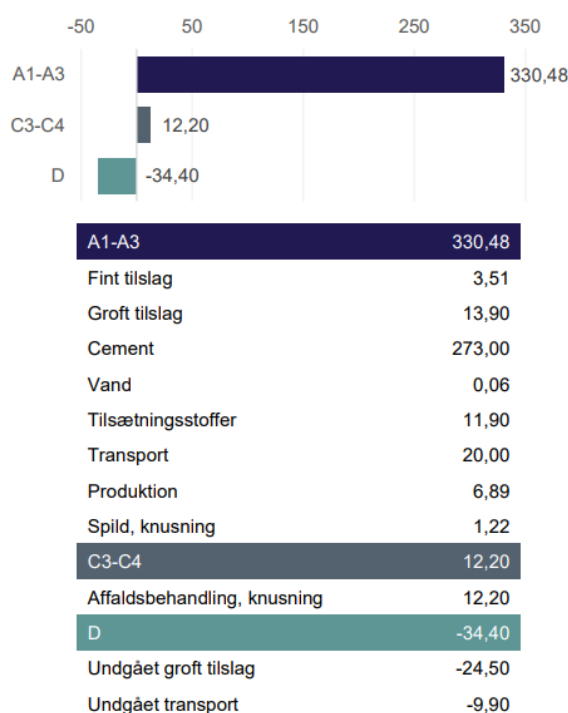
⁶⁷ Dansk Beton hjemmeside [Bæredygtige fordele ved beton](#) besøgt den 7/6-2021. Note: Det er ikke lykket at finde officielle opgørelser over den danske betonproduktions andel af CO₂-udledningerne

Danmark har et relativt lavt krav til minimum-cementindholdet i beton i forhold til mange andre europæiske lande. Derved har producenterne haft mulighed for i højere grad selv at sammensætte et bindersystem i betonrecepten. Ifølge Teknologisk Institut har man i Danmark og en række andre lande haft et lavere CO₂-aftryk end det globale, blandt andet fordi at man delvist har brugt flyveaske i stedet for cement til fremstilling af beton.⁶⁸

Ifølge Klimapartnerskabet for bygge- og anlægssektoren kommer ca. **90 % af betonens samlede CO₂-aftryk fra fremstillingen af cement til beton**. Udledningen fra fremstilling af cement kommer dels fra energiforbruget til opvarmning af ovnene og dels fra den kemiske proces, der sker, når kridt varmes op, og omdannes til cementklinker.⁶⁹

I en forundersøgelse fra BUILD (2019) om 11 byggematerialers klimaaftryk fremgår fordelingen af 1 m³ betons klimapåvirkning i et livscyklusperspektiv. I scenariet beregnes klimapåvirkningen fra 1 m³ beton med styrken 25MPa, som efter endt brugsfase bliver knust og genanvendt til ubundet bærelag (erstatte stabilgrus) og vejfyld. Det fremgår også her, at det er cement i produktionsfasen (A1-A3), der bidrager med den suverænt største klimapåvirkning i betonproduktionen.⁷⁰

Klimapåvirkningen for 1 m³ konventionel beton, 25 MPa



Note: Klimapåvirkning i kg CO₂-eq pr. m³ konventionel beton for henholdsvis produktionsfasen (A1-A3), bortskaffelsesfasen (C3-C4) samt potentialet ved genanvendelse (D)

Kilde: SBI (2019) [Livscyklusvurdering for cirkulære løsninger med fokus på klimapåvirkning Forundersøgelse](#)

⁶⁸ <https://www.teknologisk.dk/tydelser/groen-cement-kan-begraense-byggeriets-co2-udledning/40528>

⁶⁹ Regeringens Klimapartnerskaber (2020) [Anbefalinger til regeringen fra Klimapartnerskabet for bygge- og anlægssektoren](#)

⁷⁰ SBI (2019) [Livscyklusvurdering for cirkulære løsninger med fokus på klimapåvirkning Forundersøgelse](#)
SBI 2019:08

I Danmark er **Aalborg Portland den største punktudleder i Danmark**, idet drivhusgasudledningerne herfra udgjorde **ca. 4 % af de samlede drivhusgasudledninger i 2018**, ifølge tal fra Energistyrelsen.⁷¹ Der bemærkes, at der både eksporteres cement fra Danmark, og anvendes importeret cement i Danmark.

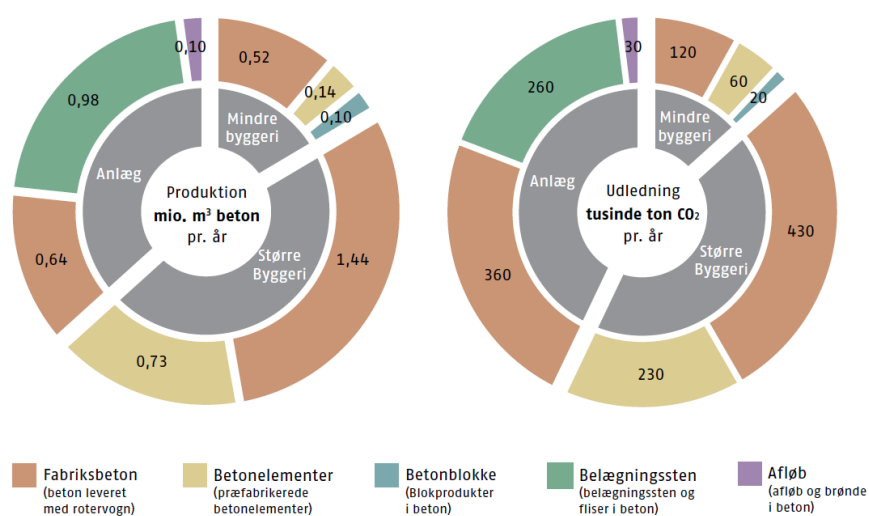
Globalt set er der forskellige estimater for cementproduktionens andel af de globale CO₂-udledninger varierende fra 5-10 %. The Global Cement and Concrete Association (GCCA) anslår selv, at **ca. 7 % af verdens totale CO₂-udledning kommer fra produktion af cement**⁷². I et større studie fra det tekniske universitet i Zürich anslås det, at cementsholdige materialer tegner sig for cirka 8 % af den globale CO-emission.⁷³

Den største andel af det producerede beton i Danmark er fabriksbeton, der især anvendes indenfor større og mindre byggerier (især bundplader, fundamenter og kældre), men også til infrastrukturanlæg, fx havneanlæg, vejanlæg, kloakering mv.

Fabriksbeton er færdigblandet beton, som leveres med en rotérbil (betonkanon). Derefter kommer belægningssten og fliser i beton, samt betonelementer (for eksempel facader, vægge, dæk, tag, søjler og bjælker til komplette løsninger inden for byggeriet). Sidst produceres der også mindre andele beton til betonblokke og afløb.

I forhold til **CO₂-udledningen står fabriksbetonen også for den største andel** både når det gælder større og mindre byggerier samt anlæg. **Betonelementerne står for den næststørste udledning af CO₂, tæt efterfulgt af belægningsstenene.** Betonblokke og afløb står for de mindre andele.

Produktion af beton samt CO₂-udledning (2018-tal)



Kilde: Dansk Beton (2020) "BÆREDYGTIG BETON initiativ"

Note: Data afspejler produktionen fra Dansk Betons medlemmer.⁷⁴

⁷¹ Energistyrelsen (2021) "[Klimastatus og –fremskrivning 2021 \(KF21\): Cementproduktion](#)"

⁷² GCCA (2021) [CO₂ emission from cement industry, what's the best estimate](#)

⁷³ ETH Zürich (2018) [A Sustainable future for the European cement and concrete industry - Technology assessment for full decarbonization of the industry by 2050](#) .

⁷⁴ Note: Der er en række producenter udenfor Dansk Beton, og mere og mindre entreprenører bruger en del cement og beton, som ikke er inkluderet. Det estimeres af Dansk Beton, at godt 80 pct. af andelen af

Den samlede produktion baseret på ovenstående data er i alt på ca. 4,65 mio. m³ beton pr. år, svarende til ca. 1.51 mio. ton CO₂ pr. år. Tallene er inklusive CO₂-bidraget fra armering, der anslås til ca. 15 %.

Det bemærkes dertil, at ovenstående tal ikke er direkte sammenligneligt med Aalborg Portlands udledning på 2.2 mio. ton CO₂ pr. år. i 2018⁷⁵, da en andel af Aalborg Portlands udledning også er relateret til den cementproduktion, der går til eksport. Fabrikken i Aalborg producerede i 2018 godt 2,34 mio. tons grå og hvid cement, hvoraf 44 % eksporteres.⁷⁶

6. Tiltag til udvikling af beton med et lavere klimaaftryk

Der vil uden tvivl komme øget fokus på fremme af beton, der er mindre klima- og miljøbelastende end i dag. Både i forhold til den CO₂-udledning som følger fra produktionen af beton, og den tilknyttede cementproduktion, men også i forhold til at minimere affald fra betonproduktion og byggeri.

Det internationale Energiagentur (IEA) forventer, at etagearealet i verden vil stige med 75 % mellem 2020 og 2050, hvilket svarer til, at det samlede etageareal vil vokse med 185 mia. frem mod 2050. 80 % af stigningen forventes at finde sted i nye markeder og udviklingsøkonomier. Det vil ifølge IEA føre til, at den globale cementproduktion fortsætter på samme niveau som i dag, eller potentielt øges, også selv om andre byggematerialer benyttes.⁷⁷

Udviklingen af cement og beton med et lavere CO₂-aftryk i Danmark har derfor også et potentiale i at kunne bidrage til reduktionen af den globale udledning af CO₂. Udfordringen bliver at få løsningerne udbredt til især udviklingslandene, hvor den største byggeaktivitet ventes.

I det følgende kapitel fremhæves en række tiltag, som forventes at få stor betydning for omstillingen til en cement- og betonproduktion, der er mindre klima- og miljøbelastende.

- Anvendelse af nye cementtyper med reduceret CO₂-aftryk (kap. 7)
- Optimering af cementindholdet i betonproduktionen (kap 8)
- Optimering af materialeforbruget (kap 9).

Derefter uddybes perspektiverne for:

- Substitution af beton (kap 10)
- Livscyklusvurderinger og konsekvenser ved øget brug af beton (kap 11)
- CO₂-optag i beton (kap 12)
- Byggeri af beton som varmelager (kap 13)
- Genbrug og genanvendelse (kap 14)

produceret beton og cement i Danmark er tilknyttet Dansk Betons medlemmer. Kilde mail af 17/5-2021 fra Dansk Beton

⁷⁵ [www.aalborgportland.dk/wp-](http://www.aalborgportland.dk/wp-content/uploads/2020/10/Aalborg_Portland_Environmental_Report_2019_web.pdf)

[content/uploads/2020/10/Aalborg_Portland_Environmental_Report_2019_web.pdf](http://www.aalborgportland.dk/wp-content/uploads/2020/10/Aalborg_Portland_Environmental_Report_2019_web.pdf)

⁷⁶ <https://www.aalborgportland.dk/eksporterer-over-1-mio-tons-cement/>

⁷⁷ IEA (2021) [Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector](#) – Chapter 3.7 Buildings.

Referencer til yderligere tiltag

Betonbranchen har i regi af Dansk Beton også fokus på udviklingen af beton, der har et lavere klima- og miljøaftryk end i dag. For eksempel gennem **Bæredygtig Beton Initiativet** der har som mål, at **CO₂-udledningen fra betonbyggeri i 2030 skal være halveret i forhold til niveauet i 2019**.

I initiativet har mere end 70 centrale aktører i beton- og byggebranchen udarbejdet 35 forslag til, hvordan udledningen af CO₂ fra betonbyggeri og anlæg kan reduceres. Forslagene er inddelt i fem spor:

1. Design, planlægning og samarbejde
2. Krav til beton og betonkonstruktioner
3. Produktion og udførelse
4. Cirkulær økonomi
5. Procesoptimering

De største potentialer for CO₂-reduktioner i initiativet knytter sig især til justeringer af krav til beton og betonkonstruktioner, så muligheden for at producere mere miljøvenlig beton øges. Alle forslagene gennemgås ikke dybdegående her, men kan findes på dette link: [Bæredygtig betoninitiativ](#).

Der kan for yderligere tiltag også henvises til DTU's rapport [Klimavenlig beton](#) fra 2017 samt til ETH Zürichs rapport [A Sustainable future for the European cement and concrete industry - Technology assessment for full decarbonization of the industry by 2050](#) fra 2018.

7. Cementtyper med reduceret CO₂-aftryk

Ca. 90 % af betonens samlede CO₂-aftryk kommer som nævnt fra fremstillingen af cement til beton⁷⁸. CO₂-udledningen fra cement kan relateres til to kilder:

- 1) **Forbruget af brændsler**, der anvendes til produktion af energi til cementproduktionen.
- 2) **Den mineralogiske proces**, altså udledningen fra selve kridtet, når det varmes op til 1500 grader.

Danske cementtyper med mindre CO₂-aftryk

Danmarks forbrug af cement til betonproduktion består især af danskproduceret cement fra Aalborg Portland, men der importeres også cement fra udlandet til betonproduktionen.

Aalborg Portland udleder i dag ca. 2,2 mio. tons CO₂ årligt (2019-tal)⁷⁹, og har i en **samarbejdsaftale med regeringen forpligtet sig til at reducere CO₂-udledningen med minimum 660.000 tons CO₂ i 2030**. Det svarer til ca. 30 % af Aalborg Portlands nuværende udledning. I aftalen har Aalborg Portland også forpligtet sig til at samarbejde om yderligere reduktioner.⁸⁰

Af samarbejdsaftalen fremgår, at Aalborg Portland vil satse på følgende tiltag i forhold til at nå sin forpligtelse: energieffektivisering, udfasning af fossile brændsler, CO₂-fangst og anvendelse og

⁷⁸ Klimapartnerskabet side 43

⁷⁹ Aalborg Portland (2020) Aalborg Portland Miljøreddegørelse 2019

⁸⁰ Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (2020) [Ny samarbejdsaftale: Aalborg Portland forpligter sig til mindst 660.000 ton CO₂-reduktion](#) Publiceret 16/9-2020. Besøgt 30/6-2021

øget forbrug af alternative eller CO₂-neutrale brændsler, lancering af grønne cementprodukter og levering af CO₂-neutral fjernvarme til +75.000 husstand.⁸¹

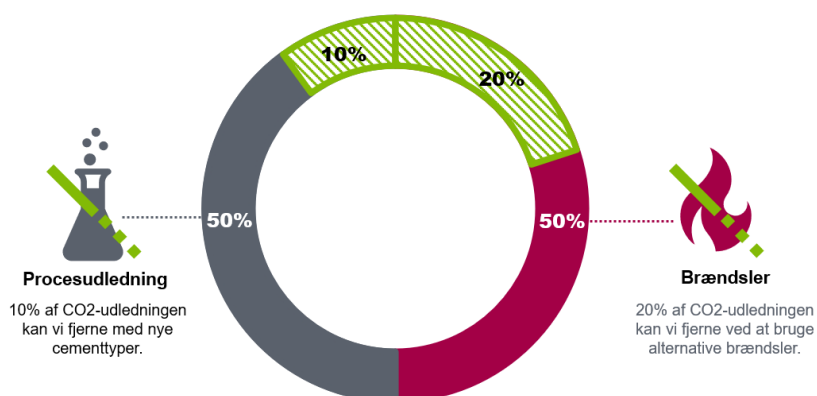
Energistyrelsens Klimafremskrivning 2021 vurderer, at de mest nærliggende tekniske muligheder for at reducere CO₂-udledningen fra Aalborg Portland er følgende:

- "Omstilling fra petrokoks til gas i produktionen af hvid cement
- Omstilling fra kul og petrokoks til importeret affald i produktionen af grå cement
- Udviklingen af nye cementtyper der indeholder en mindre mængde af cementklinker
- Energieffektiviseringer"⁸²

Allerede inden samarbejdsaftalen med regeringen blev indgået, havde Aalborg Portland igangsat arbejdet med udviklingen af en cementproduktion, med et lavere klimaaftryk end i dag.

I Aalborg Portlands "Roadmap for bæredygtig cementproduktion i Danmark – vejen til +30 % reduktion i 2030 og CO₂-neutral produktion i 2050" har **Aalborg Portland sat et reduktionsmål på 30 % for 2030**, som forventes at blive nået delvist ved ændringer i processen, og delvist ved at erstatte fossile brændsler med andre brændselstyper, jf. nedenstående figur.

Aalborg Portlands mål om 30 % reduktion i 2030



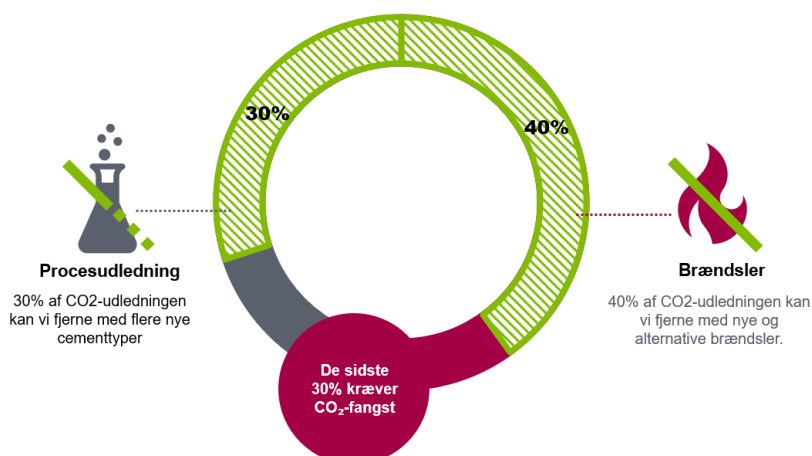
Kilde: Aalborg Portland (2020) "Roadmap for bæredygtig cementproduktion i Danmark"

Dertil har Aalborg Portland en vision om, at hele cementproduktion i 2050 er CO₂-neutral. En vision der ifølge Aalborg Portland ikke kan nås uden fangst af CO₂.

⁸¹ Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (2020) [Ny samarbejdsaftale: Aalborg Portland forpligter sig til mindst 660.000 ton CO₂-reduktion](#) Publiceret 16/9-2020. Besøgt 30/6-2021

⁸² Energistyrelsen (2021) [Klimastatus og –fremskrivning 2021 \(KF21\): Cementproduktion](#)

Aalborg Portlands vision om 70-100% CO₂-reduktion i 2050



Kilde: Aalborg Portland (2020) "Roadmap for bæredygtig cementproduktion i Danmark"

Da det er nødvendigt med markante emissionsreduktioner for at opnå klimamål, forventes disse strategier ikke at kunne stå alene. For at opnå en reduktion i den samlede klimabelastning forventes også et større fokus på, at mængden af cement og beton til byggeriet reduceres.

Tiltag i forhold til omstilling af energiforsyningen

Cementproduktion kræver temperaturer på op mod 1500 grader. Det kræver meget energi, og processen kan ikke elektrificeres endnu.

Aalborg Portland benytter i dag affald og biomasse som alternativ til fossile brændsler, men en relativ stor andel af energiforsyningen er fortsat baseret på kul. Aalborg Portland har for nylig investeret 40 mio.kr. og indgået en aftale med Evida om at blive koblet på gasnettet i 2022. **Udfasningen af kul og petcoke i produktionen med naturgas vil reducere CO₂-udledningen med 240.000 tons i 2030.** Aftalen ses som et vigtigt skridt af Portland i forhold til at nå det aftalte reduktionsmål med regeringen på 660.000 ton CO₂.⁸³

En af Aalborg Portland forventet senere **konvertering af naturgas til biogas vil føre til en CO₂-reduktion på 800.000 tons** i forhold udledningen med kul.⁸⁴

I Sverige arbejder cementproducenten CEMENTA (et datterselskab af HeidelbergCement) og energiproducent Vattenfall sammen om et såkaldt CemZero -projekt om at elektrificere cementproduktion. Forundersøgelsen⁸⁵ som blev afsluttet i slutningen af 2018, viste, at **elektrificeret cementproduktion er teknisk mulig**, men bør testes i storskala, og **sandsynligvis konkurrencedygtig** med andre muligheder for at reducere emissionerne væsentligt⁸⁶. Selve projektet forventes afsluttet i 2025.⁸⁷

⁸³ <https://www.aalborgportland.dk/investering-i-gas-skal-sikre-markant-co2-reduktion-hos-aalborg-portland/>

⁸⁴ <https://www.aalborgportland.dk/investering-i-gas-skal-sikre-markant-co2-reduktion-hos-aalborg-portland/>

⁸⁵ CEMENTA og Vattenfall (2018) [CemZero – A feasibility study evaluating ways to reach a sustainable cement production via the use of electricity](#)

⁸⁶ IEA (2020) [Cement- more efforts needed](#). Tracking report – June 2020.

⁸⁷ Find mere info om CemZero-projektet her: <https://www.cemta.se/sv/cemzero>

Det bemærkes, at Cementas fremtidige produktion af cement i Sverige i høj grad vil afhænge af, om Cementa får tilladelse af regeringen til at forlænge deres tilladelse til kalkbrydning på Gotland til fabrikken Slite⁸⁸. Regeringens beslutning vil også have indflydelse på, om Cementas satsning på at etablere verdens første fuldtidsskalaanlæg til CO₂-fangst bliver gennemført.

Elektrificering af cementproduktion er på et tidligere udviklingsstadium end CO₂-fangst, men kan vise sig at have potentialer ifølge det Internationale Energiagentur IEA. Området må forventes at modtage større opmærksomhed i takt med øgede erfaringer, både fra Cemzero projektet, men også fra ELSE-projektet i Norge om ovneelektrificering, og UK Mineral Products Association afprøvning brændstovovne med en blanding af biomasse, brint og elektrisk plasma.⁸⁹

Tiltag i forhold til den mineralogiske proces

Det kan ikke undgås, at der udledes CO₂ i kalcineringsprocessen, hvor kridtet varmes op til 1.500 grader og omdannes til cementklinker. Men udledningen kan reduceres, hvis klinkerne fremstillet af kridtet erstattes med andre materialer.

Oftest erstattes cementklinker med kalkfiller⁹⁰, flyveaske⁹¹ eller slagge (sidstnævnte benyttes ikke i Danmark). En udfordring her er, at der er risiko for betydeligt styrkefald, hvis der erstattes en større andel af cementklinker. Dertil kan det være en udfordring, hvis erstatningsmaterialet ikke findes i store nok mængder til at opnå en tilstrækkelig leveringssikkerhed⁹². Således er der fx en mangel på flyveaske som følge af udfasningen af kulraftværker i Danmark.

Aalborg Portland har udviklet en ny cementtype FutureCEM™, som kom på markedet den 1. januar 2021. I FutureCEM™ erstattes ca. 35 % cementklinker med en kombination af kalcineret ler og kalk. Resultatet er **en cement med op mod 30 % lavere CO₂-aftryk** end traditionel cement. Aalborg Portland har haft svært ved at afsætte FutureCEM, og har derfor besluttet at udjævne prisforskellen mellem FutureCEM og de konventionelle grå cementtyper. FutureCEM blev ellers prissat cirka 30 % højere end konventionelle grå cementtyper.⁹³

Innovationsfonden har i maj 2021 uddelt 21,6 millioner kr. til et nyt projekt CALLISTE, ledet af Teknologisk Institut, som skal udvikle de næste generationer cementer. Her er målet at **reducere CO₂-udledningen ved cementproduktion med 50 %** sammenlignet med traditionel cementproduktion.

CALLISTE-projektet bygger videre på Aalborg Portlands FutureCEM™ teknologi. Men hvor FutureCEM™-cement primært er udviklet til at anvende i en færdigblandet beton er udgangspunktet i CALLISTE, udover at opnå en endnu større CO₂-reduktion, at udvikle

⁸⁸ Se mere info om "cementkrisen" i Sverige her: <https://www.svenskbetong.se/cementbrist>

⁸⁹ IEA (2021) [Tracking report Cement](#)

⁹⁰ Note: "Kalkfiller har samme finhed som cement eller finere afhængigt af det konkrete produkt. Kalkfiller kan anvendes som delvis erstatning for cement på samme måde som flyveaske" Kilde: [VindenomSCC](#)

⁹¹ Note: Flyveaske er både en bestanddel i cement og ved produktion af cementklinker. Og dertil kan flyveaske bruges til at erstatte cement i betonproduktionen. F.eks. skal der 2 kg flyveaske til at erstatte 1 kg cement for at få samme holdbarhed i friske og hærdende betoner. Kilde: Betonhåndbogen (2013) [Kap.3.5.1.flyveaske](#)

⁹² Aalborg Portland (2021) [FUTURECEM – ny miljøvenlig cement fra Aalborg Portland](#)

⁹³ Aalborg Portland (2021) [Aalborg Portland fjerner prisforskel på mere bæredygtig cement](#) .
Pressemeddelelse af den 25.08.2021

FutureCEM™ så det bedre kan opfylde kravene for alle anvendelsesområder inden for beton.⁹⁴ Der er endnu ikke en tidshorison for, hvornår denne cementtype lanceres.

Det forventes, at den teknologiske udvikling i forhold til erstatning af kridtet i den mineralogiske proces fortsat vil kunne lede til markante CO₂-reduktioner i cementproduktionen. **Anvendelsen af disse nye cementtyper kan dog kræve ændringer i de danske betonstandarder.** For den teknologiske udvikling af nye cementtyper er det derfor vigtigt med et standardiseringssystem, der kan handle effektivt i takt med, at nye metoder og processer dokumenteres.

Fuld CO₂-neutralitet kræver CO₂-fangst og lagring

De sidste CO₂-udledninger fra Aalborg Portland, relateret til den kemiske proces forventes ikke at kunne undgås, hvorfor **et mål om klimaneutral cementproduktion kræver CO₂-fangst.** Dette gælder ikke kun Aalborg Portland, men også andre cementfabrikker.

Aalborg Portland er som den største punktudleder i Danmark med en cementproduktion, der kører døgnet rundt hele året, velegnet til fangst af CO₂. Den fangede CO₂ kan henholdsvis lagres (CCS = carbon capture storage) eller udnyttes (CCU = carbon capture usage).

Et mål om klimaneutral cementproduktion forventes at kræve lagring af den del af CO₂'en, som kan relateres til den mineralogiske proces. Altså CCS, men ikke CCU. Det skyldes, at hvis modtager af den fangede CO₂ skal godskrive denne som CO₂-neutral i sin udnyttelse, f.eks. til brændstof, (CCU), så kan den bagvedliggende proces på Aalborg Portland ikke også godskrives som CO₂-neutral.

Den andel af CO₂-udledningen der kan relateres til afbrændingen af biomasse/biogas-brændsler vil, hvis den deklarerer som biogen, kunne give anledning til netto-negative udledninger af CO₂, hvis denne lagres (CCS). Dette vil dog kræve, at biomassen/biogassen fortsat som i dag anskues som CO₂-neutral.

Aalborg Portland indgår i en række pilotprojekter i forhold til udviklingen af CO₂-fangst- og lagring:

- [GreenCEM](#), vil teknoøkonomisk undersøge mulighederne for CO₂-fangst på Aalborg Portland. Projektet afsluttes primo 2022, og er støttet af EUDP (Energistyrelsens 'Energi Udviklings og Demonstrations Program').
- [ConsenCUS](#) projektet består af et stort internationalt konsortium, og sammen med bl.a. DTU vil Aalborg Portland i 2023 teste en ny elektrokemisk CO₂-fangst teknologi. Projektet er støttet af Horizon 2020.

Dertil er Aalborg Portland indtrådt i konsortiet bag projektet GreenSand2, og håber som led heri på forsøgsbasis at fange, transportere og lagre CO₂ i undergrunden fra 2022. I projektet sigtes der mod at kunne lagre op mod 8 mio. ton CO₂ årligt i undergrunden i Nordsøen. Potentialet vurderes at være en halv til en hel million ton CO₂ årligt fra 2025, stigende til de 4-8 mio. ton i 2030. Den endelige investeringsbeslutning i forhold til et storskalaprojekt ventes i anden halvdel af 2023.

⁹⁴ Innovationsfonden (2021) [Forskningsprojekt skal udvikle cement med op mod 50 procent CO₂-reduktion](#)

Holder denne tidsplan, forventes lageret klar til lagring af CO₂ i stor skala fra 2025. Projektet afhænger af, om der opnås støtte fra EUDP.⁹⁵

Både fangst, lagring og udnyttelse **kræver store investeringer**, og der er fortsat en række **udestående i forhold til, hvem der bærer ansvaret for hvilke investeringer**. Omkostninger forbundet med CCS vedrører særligt investering i fangstanlægget, drift af anlægget, omkostninger forbundet med transport fra fangststed til permanent lagring og omkostningerne forbundet med etablering og drift af lager.⁹⁶

Dertil er der en række udestående i forhold til, hvor den fangede CO₂ skal lagres. Der er fra politisk hold afsat en pulje på 197 mio. kroner, der skal medvirke til, at det om muligt skal kunne lade sig gøre at lagre fanget CO₂ fra 2025.⁹⁷

Politisk forventes CCS at spille en vigtig rolle i opfyldelsen af Danmarks klimamål. Samlet set er der afsat en pulje på 16 mia. kr. til fangst, lagring og anvendelse af CO₂ i perioden frem til 2030, som del af klimaaftalen for energi og industri.

Potentielle stigninger i byggeprisen

Aalborg Portland vurderer, at får de mulighed for biogas og CO₂-fangst, og kan de dermed potentielt blive CO₂-neutrale, så ville priserne på cement stige med op til 50-200 %. Stigningen forventes at kunne påvirke en samlet udgift til byggeriet med 1-3 %. Det understreges dog, at der er stor usikkerhed om omkostningsniveauet ved CO₂-fangst, så 1-3 % i ekstra omkostning er et foreløbigt spænd.⁹⁸

Opfyldelse af kommende CO₂-krav i bygningsreglementet

Aalborg Portland forventer på baggrund af egne beregninger ikke, at CO₂-fangst vil være nødvendigt for at kunne leve op til de stigende krav til CO₂/m² i bygningsreglementet frem mod 2029. CO₂-fangst vil være et af flere værktøjer til at nå et lavere klimaaftryk, og en nødvendighed i forhold til at opnå CO₂-neutral cement.⁹⁹

På længere sigt ved en eventuel vedvarende skærpelse af CO₂-kravene til nybyggeriet må CO₂-fangst på Aalborg Portland dog potentielt blive en forudsætning for at kunne afsætte cement til det danske marked for betonproduktion til byggeriet. Se mere uddybende om de kommende CO₂-krav i kapitel 14.

⁹⁵ Læs mere her: [Aalborg Portland vil teste fangst og lagring af CO₂ i 2022](#) og uddybende på EnergyWatch her: [Aalborg Portland vil indfange CO₂ i 2022](#) og her:

<https://energiwatch.dk/Energinyt/Cleantech/article13206553.ece> og her: https://energiwatch.dk/Energinyt/Olie_Gas/article13206160.ece?utm_campaign=EnergiWatch%20Topnyhed&utm_content=2021-08-17&utm_medium=email&utm_source=energiwatch og her

⁹⁶ https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/7a_kf21_forudsætningsnotat_-_ccs_o.pdf

⁹⁷ Læs mere om CO₂-lagringspuljen her: <https://ens.dk/presse/ny-pulje-skal-fremme-co2-lagring-i-nordsoeen>

⁹⁸ Mailkorrespondance med Aalborg Portland af den 21. september 2021

⁹⁹ Mailkorrespondance med Aalborg Portland af den 7. september 2021

Indførelse af en CO₂-afgift

Der er indgået en aftale om en Grøn Skattereform den 8. december 2020. Det er de politiske aftaleparters¹⁰⁰ ambition, at **der i 2030 skal indføres en ensartet CO₂-afgift i Danmark under hensyntagen til lækageeffekter** mv. Der er nedsat en ekspertgruppe, der skal udarbejde forskellige scenarier. Gruppen skal delafrapportere ultimo 2021 med henblik på at kunne indkalde aftalepartierne til drøftelse ultimo i 2021. Endelig afrapportering skal ske i efteråret 2022.¹⁰¹

En CO₂-afgift ville gøre cement dyrere, og dermed **skabe incitament til en mindre CO₂-belastende cementproduktion**. Det ville også **motivere betonproducenterne** til i endnu højere grad at optimere cementindholdet i beton (jf. kap.8), og det vil skabe incitament til materialeoptimering (jf. kap. 9).

Klimarådet har foreslået en afgift på 1.500 kr. for at nå målet om at reducere Danmarks udledning af drivhusgasser med 70 % i 2030. For virksomheder der er særlig konkurrenceudsatte, som Aalborg Portland, foreslår Klimarådet, et bundfradrag, der afhænger af risikoen for udflytning af produktion. Hensigten er at begrænse risikoen for, at produktionen lukkes ned, og udledningerne blot stiger tilsvarende uden for Danmark. Bundfradraget skal modsvares af en afgift på forbruget af de pågældende produkter, så hvis for eksempel, at der gives et fradrag i CO₂-afgiften til Aalborg Portland, så skal man i stedet afgiftspålægge cementen solgt i Danmark. ¹⁰²

Aalborg Portland advarer om, at en CO₂-afgift i omegnen af 1.500 kr. pr. ton CO₂ vil give så store ekstraomkostninger, at fabrikken i Danmark vil lukke. ¹⁰³

CO₂-kvoteprisens betydning

Cementindustrien er omfattet af EU's kvotesystem, som sætter et loft for udledningen af drivhusgasser. Prisen på CO₂-kvoter er steget fra 249 kr./ton i januar 2021 til 443 kr./ton i oktober 2021. En høj CO₂-kvotepris tilskynder til en mindre klimabelastende cementproduktion, og kan være med til at fordyre cementen. En høj CO₂-kvotepris vil således også kunne tilskynde til en cement- og betonproduktion med et reduceret CO₂-aftryk.

Udenlandske cementtyper med lavere CO₂-aftryk

Der importeres som nævnt også cement og cementklinker til betonproduktion i Danmark. Ligesom der forarbejdes cementklinker i Danmark. I takt med indførelse og stramning af CO₂-krav til nybyggeriet må det forventes, at **en stigende efterspørgsel efter beton med et lavt CO₂-aftryk kan føre til øget import af udenlandsk cement**, hvis denne har et mindre CO₂-aftryk end den danske producerede cement.

Cembureau – den Europæiske organisation for cement – har vedtaget et Roadmap for CO₂-neutralitet med en ambition om, at cementindustrien skal opnå netto nul-emissioner i hele værdikæden for cement- og beton inden 2050. For at opfylde visionen indgår den såkaldte '5C

¹⁰⁰ Aftale om en Grøn skattereform blev indgået mellem regeringen (Socialdemokratiet), Venstre, Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti og Det Konservative Folkeparti d. 8. december 2020

¹⁰¹ Skatteministeriet [Kommissorium for grøn skattereform](#)

¹⁰² Klimarådet (2020) [Hvis ikke forureneren skal betale - hvem skal så?](#)

¹⁰³ Berlingske (2020) ["Industrien rammes hårdt, hvis Danmark indfører verdens højeste CO₂-afgift: »Vi bryder os ikke om at true, men ...".](#) Artikel af den 9/3-2020.

approach - clinker, cement, concrete, construction & built environment, and (re)carbonation' i roadmappet. Formålet med 5C-strategien er en konstruktiv dialog med aktører i hele den værdikæde, der har betydning for cements CO₂-aftryk.¹⁰⁴

En af de førende producenter i forhold til udviklingen af cement med et lavere CO₂-aftryk er tyske Heidelberg, der har sat et mål om at reducere udledningen af CO₂ fra cementproduktionen med 30 % i 2025. Heidelberg/Cementa planlægger ved hjælp af CO₂-fangst at have **verdens første CO₂-neutrale fabrik klar i Sverige i 2030**. Det er den eksisterende fabrik 'Slite' der planlægges konverteret. Og det forventes, at projektet vil koste 100 mio. euro, og at fabrikken vil kunne fange 1,8 mio. ton CO₂ om året¹⁰⁵. Størstedelen af omkostningen bæres ifølge Heidelberg af den svenske regering.¹⁰⁶

Det er som nævnt tidligere usikkert, hvorvidt Slite får tilladelse til fortsat at indvinde kalk til cementproduktion, hvilket er afgørende for fabrikkens overlevelse. Derfor er det også pt. usikkert, om CO₂-fangst-projektet bliver realiseret.

Projektet i Sverige (hvis det realiseres) kommer til at trække på Heidelbergs erfaringer med **verdens første fuldskalaanlæg til CO₂-fangst og lagring: på cementfabrikken i Brevik, Norge**. Projektet i Norge kaldes Langskibet, og det forventes, at anlægget på cementfabrikken sammen med et anlæg ved Fortum Oslos varmeanlæg vil indfange 400.000 ton CO₂ om året¹⁰⁷. Den fangede CO₂ vil blive transporteret med skib til lagring. Anlæggene forventes at være i drift i 2024. Konstruktionen af de to anlæg vil koste 17,1 mia. NOK, og driftsomkostningerne vurderes til at være 8 mia. NOK. Den norske stat vil støtte projektet med ca. 16,8 mia. NOK¹⁰⁸

8. Optimering af cementindholdet i betonproduktionen

I Danmark har der siden 1980'erne været brugt flyveaske i betonproduktionen til at nedbringe forbruget af cement. Det har medvirket til, at danske betontyper typisk har udledt mindre CO₂ sammenlignet med andre lande.

Flyveasken har været anvendt i et stort omfang, og udgjorde ofte op til 35-40 % af det totale pulverindhold i betoner med styrkeklasse C20 eller lavere, mens der i styrkeklasse C35 og højere typisk anvendes et flyveaskeindhold på 15-20 %¹⁰⁹. I takt med udfasningen af de danske, og for så vidt også de europæiske kulkraftværker, forventes der dog at opstå en **knaphed på flyveaske**. Dette ventes at forstærke **betonbranchens fokus på at optimere betonrecepten ved at anvende andre materialer end flyveaske til erstatning for cement**.

Knapheden er ikke umiddelbar. Det forventes, at Emineral fra 2023 vil få tilladelse til at **udnytte et deponi for flyveaske**, som vil kunne benyttes til betonproduktion godt og vel 8-10 år frem. Der er

¹⁰⁴ Cembureau (2020) [Cementing the European Green Deal - REACHING CLIMATE NEUTRALITY ALONG THE CEMENT AND CONCRETE VALUE CHAIN BY 2050](#)

¹⁰⁵ Heidelberg (2021) [Heidelberg Cement forsterker klimasatsningen med karbonfangst i Sverige](#)

¹⁰⁶ Reuters (2021) [HeidelbergCement plans world's first CO₂ neutral cement plant in Sweden](#)

¹⁰⁷ Heidelberg (2021) [Heidelberg Cement forsterker klimasatsningen med karbonfangst i Sverige](#)

¹⁰⁸ Note: Læs mere om CO₂-fangst og lagringsprojektet i Norge her:

<https://energiwatch.dk/Energinyt/Cleantech/article12428133.ece>

¹⁰⁹ https://betonhaandbogen.dk/media/bogen/kap_3.5.1_flyveaske_27112013.pdf

dog ikke andre deponier i Danmark, hvorfra flyveasken er indkapslet så godt, som den er i det pågældende deponi, der forventes åbnet op til udnyttelse.¹¹⁰

Dertil forventes der fokus på, hvordan flyveasken fra affaldsforbrænding kan udnyttes til andet end deponi. Et EU Life projekt "Halosep" undersøger fx, hvordan man kan rense aske fra affaldsforbrændingen, så det kan lægges på lokalt deponi, og potentielt på sigt erstatte cement i betonproduktionen.¹¹¹

Inden for betonstandardens regler sker der løbende optimering af betonrecepter både i forhold til pris, betonstyrke og af produktionshensyn (afformning, løft, transport mv.). Det forventes også, at miljø- og klimahensyn i højere grad kommer til at indgå i receptoptimeringen. Bæredygtig Betoninitiativet peger bl.a. på mulighederne for at:

- udnytte grænsen for tilsætning af materialer til erstatning af cementklinker
- pakningsberegninger¹¹² til at optimere cementindholdet, og
- anvendelse af skræddersyede additiver, (det vil sige tilsætningsstoffer til betonen, der for eksempel forbedrer eller ændrer betonens egenskaber).¹¹³

Nye betoner med et lavere klimaaftryk kan potentielt have konsekvenser for betonens egenskaber, som bearbejdelse og styrke. Nye betontyper vil dog som nævnt ikke kunne lanceres uden at leve op til de forskellige betonstandarder.

9. Optimering af materialeforbrug

Et andet væsentligt område, der kan medvirke til en reduceret CO₂-udledning fra beton, er metoder til at optimere forbruget af materialer. Det forventes, at **mængderne af beton i et byggeri vil kunne mindskes væsentligt ved hjælp af nye designmetoder og samarbejdsformer.**

Der forventes store potentialer for at reducere udledningen af CO₂, hvis det bliver tænkt ind allerede i design og planlægningsfasen af betonkonstruktionen. Her tænkes der blandt andet på optimering af konstruktionselementer og brug af nyeste viden, designværktøjer og materialer.

I Strategien for bæredygtigt byggeri fremgår, at der skal udarbejdes en analyse af potentialet for mere bæredygtige konstruktioner '**grønt tjek af eurocodes**'¹¹⁴. Eurocodes er pt. under en revision, som forventes afsluttet i 2025. Følgende fremgår af strategien:

¹¹⁰ Dialog med [Emineral A/S](#) af 1/11-2021.

¹¹¹ Læs mere om "Life Halosep" på [Vestforbrændingens hjemmeside her](#) eller hos [Stenrecycling her](#)

¹¹² Pakning er et mål for hvor stort et faststofvolumen et materiale optager i en beholder. Pakningsberegning er en metode til at bestemme sammensætningen af tilslagsmaterialer i betonen. Se mere i [Kap. 6 Proportionering](#) i betonhåndbogen (2013)

¹¹³ Dansk Beton (2019) [Bæredygtig beton initiativ – Roadmap mod 2030](#)

¹¹⁴ Note "Eurocodes er fælles europæiske byggenormer, som skal anvendes i Danmark til projektering af sikre og holdbare bærende konstruktioner inden for byggeri og anlæg"

“ Bæredygtighed kan tilgodeses gennem implementering af mere opdaterede beregningsmetoder og detaljeringsregler, som understøtter udførelse af konstruktioner, der både er sikre og ikke medfører unødigt materialeforbrug. Det vil reducere både omkostninger og CO₂-aftryk.

Formålet med dette initiativ er at sikre, at anvendelsen af eurocodes og de nationale annekser ikke medfører et unødigt materialeforbrug, samt at eurocodes udformes på en måde, der muliggør implementering af nye bæredygtige tiltag med fokus på at fastholde de rette sikkerhedsniveauer”.¹¹⁵

Det forventes, at opdateringen potentielt kan føre til en lempelse af beregningsnormerne i Eurocodes, så der kan projekteres med en optimeret brug af beton. Branchen oplever i dag, at der ofte bliver projekteret for at være på den sikre side.

Med de kommende CO₂-krav forventes der fremadrettet et stort fokus på, at der kun bruges den beton, der er absolut nødvendig. Den mængde afhænger selvfølgelig af de krav, der skal leves op til. Ligesom der vil skulle bruges flere ressourcer i designfasen af byggeriet.¹¹⁶

I Bæredygtig beton initiativet anslås det, at nye designmetoder/værktøjer og samarbejdsformer kan bidrage med omkring 20 % af branchens samlede målsætning om en 50 % reduktion af CO₂ frem mod 2030. Der kan for eksempel være tale om automatisk design og optimering af hvert enkelt konstruktionselement, så det kan undgås at de hårdest belastede konstruktionselementer bliver dimensionsgivende for en hel konstruktion. Et andet eksempel er udvikling og øget anvendelse af lettere konstruktionsbeton.

Et eksempel på at anvendelse af nye konstruktionselementer kan medvirke til at nedsætte behovet for beton, er armering med kulfiber og aluminium – såkaldt ‘**Kulfiber-forstærket betonbyggeri**’. Oftest bruges stål til armering af vægge i et større byggeri. Men udskiftes stål med kulfibernet og stænger af glasfiber kan behovet for beton i nogle tilfælde halveres, vurderes det på det Tekniske Universitet i Dresden, på baggrund af et demonstrationsbyggeri af et rådhus i Dresden. Det skyldes, at fibermaterialerne ikke kan ruste, og derfor behøver man ikke beskytte dem med nær så meget beton. Pt. er prisen på kulstof-forstærket beton tyve gange så høj som på stål-forstærket beton.¹¹⁷

I en nærmere undersøgelse af potentialerne for kulfiber-forstærket betonbyggeri forventes der også at skulle tages højde for klimaaftrykket fra kulfiberarmeringen, betydningen for den termiske masse, komponenternes u-værdier mv.

Det forventes også, at nye teknologier, som 3D printede konstruktioner har potentiale til at skabe materialeoptimerede konstruktioner, hvor materialeforbruget via nye produktionsteknologier potentielt på sigt kan reduceres markant.¹¹⁸

De mange forskellige initiativer til at optimere materialeforbruget gennemgås ikke dybdegående her. Yderligere eksempler kan findes i [Bæredygtig beton initiativet](#).

¹¹⁵ Indenrigs- og boligministeriet (2021) [National strategi for bæredygtigt byggeri](#)

¹¹⁶ Dansk Beton (2021) [Status på bæredygtigt betonbyggeri](#) Nummer 4

¹¹⁷ Ingeniøren (2021) [Tyske kulfiber-forskere viser nye veje for byggeriet](#). Artikel af 10/8- 2021

¹¹⁸ Dansk Beton (2019) [Bæredygtig beton initiativ – Roadmap mod 2030](#)

10. Substitution af beton med andre materialer

De kommende CO₂-krav til nybyggeriet ventes at føre til et endnu større fokus på at erstatte byggematerialer med et højt klimaaftryk, med materialer der har et lavt. Især ventes der **større fokus på, hvordan træ kan substituere beton**, ikke mindst i de bærende konstruktioner, som ofte udgør en væsentlig del af et byggeris klimaaftryk ¹¹⁹

Med udviklingen af nye typer krydslamineret træ med kraftige styrkeegenskaber forventes der øgede muligheder for at erstatte beton med træ i de bærende konstruktioner. Det forventes dog **ikke teknisk relevant at substituere alle bygningsdele** lavet af beton. Det kan for eksempel være vanskeligt at erstatte beton til fundamenter/konstruktioner under terræn med træ. Dog kan man ved mindre byggerier erstatte randfundament i beton med skruefundamenter. Bærende konstruktioner over terræn, skillevægge, etagedæk og tagkonstruktioner kan let erstattes med træ. ¹²⁰

Der forventes at komme større fokus på, at **bæredygtigheden i et materiale ikke kun vurderes ud fra CO₂-effekten af det pågældende materiale, men også inkluderer miljømæssige og sociale kvaliteter**, som skal ses i sammenhæng med det aktuelle byggeri, herunder byggeriets funktion. Valg af materialer forventes derfor også at skulle tage hensyn til kvaliteter som for eksempel optimal udnyttelse af ressourcer, produktion af materialer med lave miljøomkostninger, energirigtig drift, et godt indeklima uden skadelige stoffer, holdbarhed, brand, fugt, akustik, lavt vedligehold osv. ¹²¹

11. Livscyklusvurderinger af beton

Til vurdering af en bygnings miljø- og klimapåvirkninger anvendes en såkaldt livscyklusvurdering (LCA) som instrument. I Danmark anvendes typisk LCAByg som beregningsværktøj. Værktøjet kan bruges til at sammenligne forskellige materials eller forskellige bygningers samlede klimaaftryk, men det bruges også til at vurdere en lang række andre miljøparametre.

Der er ofte forskel i resultater af LCA-vurderinger af byggematerialer afhængig af:

- metoden der anvendes
- data der ligger til grund (produkt/branchespecifik eller generisk)
- udformningen af bygningen (højde, dimensionering af konstruktionen mv.).

To benyttede LCA-metoder

I forhold til anvendt LCA-metode skelnes der i dag mellem den såkaldte "Attributional" LCA-metode, der tager udgangspunkt i eksisterende processer, samt "Konsekvens LCA-metoden", der inkluderer konsekvenser ved et øget forbrug – fx for arealanvendelsen, skovenes kulstofslager mv.

I dag dominerer attributional-metoden i de internationale standarder, LCAByg, DGNB mv. EU-Kommissionen har i en vejledning fra 2010 om anvendelse af de to metoder lagt op til, at

¹¹⁹ Det fremgår af SBI (2020) analysen om "Klimapåvirkning af 60 bygninger", at klimapåvirkningerne fra materialerne hovedsageligt stammer fra bygningsdelsgrupperne tage, ydervægge og dæk/terrændæk.

¹²⁰ <https://finans.dk/privatokonomi/ECE12332287/er-det-dyrere-at-bygge-baeredygtigt-og-skal-man-vaelge-beton-eller-trae/?ctxref=ext>

¹²¹ Energistyrelsen (2016) [Bæredygtige materialer](#)

attributional-tilgangen benyttes til "microlevel" beslutningsstøtte og konsekvens-tilgangen til "meso/macro level" beslutningsstøtte i forhold til konsekvenser, der fx forskyder eksisterende markedsbalancer.¹²²

I dag er der lavet få LCA-studier i Danmark, som benytter konsekvens LCA-metoden. Det vil sige, at hverken de direkte eller indirekte konsekvenser ved et øget forbrug af materialer for arealanvendelse, fødevarerproduktion mv. indgår. Der forventes dog at komme større fokus på konsekvens LCA-metoden i vurderingen af byggematerialers klimapåvirkning.

Konsekvens-LCA-vurderinger af byggevarer forventes at blive en del af det store "Getting the data right projekt"¹²³. Projektet er fireårigt og forankret i Det Danske Center for Miljøvurdering under Aalborg Universitet. Det har til formål at udvikle en klimaaftryksberegner til brug for myndigheder, virksomheder og privatpersoner i forhold til beslutninger, som er relevante for at nå Danmarks klimamål.¹²⁴

Inddragelsen af konsekvenser for beton må formodes at skulle tage højde for udviklingen i betonens CO₂-aftryk, der forventes at blive lavere over årene. Og må samtidig formodes at skulle tage højde for effekterne ved en øget anvendelse af beton på miljøet, fx tilknyttet indvindingen af råstoffer.

Konsekvens LCA-vurderinger af materialer forventes at kunne supplere den viden vi har i dag fra de mange attributional-LCA-studier, og derved **sikre et mere solidt politisk beslutningsgrundlag** i forhold til regulering med betydning for materialevalg, jf. også fremsynsnotatet om "Anvendelse af træ i byggeriet" (2021).

Datagrundlag

Resultater i en LCA-vurdering af et byggeri vil også være forskellige afhængig af, om der anvendes generiske data fra LCA-databaser (som den tyske Ökobau) eller produkt/ branchespecifikke miljøvaredeklarationer (EDP'er) for byggevarer. Det viser et nyt studie fra BUILD (2021) 'Tilgængelighed og betydning af EPD'.

I studiet fra BUILD fremgår, at byggebranchen typisk har beregnet bygningers klimapåvirkninger med udgangspunkt i en LCA med generiske data. Det giver dog ikke et retvisende billede af et byggeris klimapåvirkning, og uden specifikke tal kan der opstå et ukorrekt beslutningsgrundlag, når forskellige projekter og materialer sammenlignes.¹²⁵

Studiet fra BUILD understøttes af en ny rapport fra Rambøll (2021) 'CO₂-besparelse ved konventionelt byggeri', der også viser, at brugen af specifikke data giver et mere retvisende billede af en bygnings klimapåvirkning. Studiet viser en reduceret klimapåvirkning på 14-30 % for en række "best in class" konventionelle byggematerialer (tegl, beton, isolering mv.) ved at anvende produktspecifik dansk miljødata (EPD'er,) i stedet for generisk data i livscyklusvurdering af en række cases.¹²⁶

¹²² BUILD (2020) [Anvendelse af træ i byggeriet](#). Primærdokument fra [EU-Kommissionen findes her](#)

¹²³ Korrespondance af 5/11-2021 med Jannick Schmidt, projektleder og lektor, Institut for Planlægning, AAU

¹²⁴ AAU [Getting the data right](#) Hjemmeside besøgt 17-11-2021

¹²⁵ BUILD (2021) [Tilgængelighed og betydning af EPD](#)

¹²⁶ Rambøll (2021) [CO₂-besparelse ved konventionelt byggeri](#). Rapporten er udarbejdet på vegne af Dansk Beton, Danske Tegl og Varme

Der forventes således at komme et **større fokus på at få udskiftet generisk data i LCA-vurderinger med produktspecifik data**. Branchen har også interesse i et så retvisende billede som muligt, og det forventes, at branchen får udviklet langt flere nye og specifikke EDP'er end dem vi har i dag. Ligesom det også forventes, at bygherrer i højere grad vil efterspørge produktspecifikke EDP'er, hvilket også uddybes i kapitel 17

Bygningens udformning

Sidst kan også bygningens dimensionerende forudsætninger have betydning. Et studie fra Norge har således vist, at klimapåvirkningen fra materialer i et byggeri for eksempel også vil afhænge af, hvor høj og slank den pågældende bygning er.¹²⁷

12. CO₂-optag i beton

Beton kan optage CO₂ fra luften. Det kaldes den såkaldte 'svampeeffekt' og er resultatet af den 'karbonatisering', der sker, når kalken i cementen reagerer med CO₂ fra luften over årene.

Beregninger fra et internationalt forskningsprojekt med deltagelse af blandt andet Syddansk Universitet (2020) har vist, **at beton kan optage cirka 30 % af den mængde CO₂, som cementproduktionen udleder fra 2015 til 2100**. Det understreges af en af forskerne bag studiet, Gang Liu fra Syddansk Universitet, at svampeeffekten ikke ændrer på, at der er behov for store teknologiske fremskridt som opsamling og lagring af CO₂ før cementindustrien kan levere et CO₂-regnskab, der går i nul.¹²⁸ Beregningerne er offentliggjort i det videnskabelige tidsskrift Nature Communications.¹²⁹

Et ældre projekt fra Teknologisk Institut (2005) undersøgte også betonkonstruktioners optag af luftens CO₂. Resultaterne her viste, at betons evne til at optage CO₂, og hastigheden, varierer, og især afhænger af betontypen, hvilken konstruktionstyper, der er tale om, samt hvordan betonens overflade er konstrueret og behandlet. En klar konklusion er dog, at det er **når betonen nedknuces og findeles i forbindelse med nedrivning af bygværker, at den for alvor opsuger CO₂** i store mængder¹³⁰. Som det fremgår på Teknologisk Instituts hjemmeside:

"I Danmark er der en lang tradition for at genanvende byggematerialer. Fx bruges nedknuet beton i vejanlæg. Og med resultaterne af undersøgelsen viser det sig, at der virkelig er gevinst at hente på CO₂ -kontoen i denne proces. Ikke alene får man en besparelse på CO₂ -udslippet i og med, at man genbruger et materiale og dermed slipper for at producere nyt. Men i selve genanvendelsen opsuges samtidig en større mængde af den skadelige CO₂."¹³¹

Dertil laves der idag på Teknologisk Institut undersøgelser, der viser, at benyttes CO₂ til at hærde jordfugtig beton, vil CO₂-optaget øges. For yderligere information om CO₂-hærdning af beton henvises til [Teknologisk Instituts center for beton](#).

¹²⁷ Rønning, A. et. al (2019) "[Klimagassregnskab av tre og betongkonstruksjoner](#)"

¹²⁸ SDU (2020) "[Beton opsuger store mængder CO₂](#)" Birgitte Dalgaard, 21-09-2020

¹²⁹ Læs mere her: <https://www.nature.com/articles/s41467-020-17583-w>

¹³⁰ Teknologisk Institut [CO₂ optagelse gennem betons livscyklus - Introduktion](#) Hjemmeside besøgt 21/9-2021

¹³¹ Teknologisk Institut [CO₂ optagelse gennem betons livscyklus - Introduktion](#) Hjemmeside besøgt 21/9-2021

Da processen for karbonatisering tager tid, og det største CO₂-optag først forekommer efter nedrivning af en bygning, forventes der **ikke de store perspektiver i CO₂-optag i beton i forhold til at nå klimamål, hverken i Danmark eller globalt**. Processen for karbonatisering bidrager dog positivt til betons CO₂-regnskab i løbet af en hel livscyklus.

Det formodes, at **CO₂-optaget i beton vil modtage større opmærksomhed, også i forhold til vurderingen af betons samlede CO₂-aftryk i dets livscyklus**, så betons CO₂-emissioner bliver beregnet retvisende¹³². Optaget kan beregnes relativt enkelt med en formel, som findes i den europæiske betonstandard. EN 16757:2017.¹³³

Det bemærkes, at karbonatisering også kan udgøre en udfordring for betonen holdbarhed. I Danmark er der dog gode erfaringer med at begrænse skadevirkningerne af karbonatisering på betons holdbarhed, men der findes ældre betonkonstruktioner i Danmark udført før ca. 1985, hvor karbonatisering ifølge Betonhåndbogen udgør et reelt holdbarhedsproblem.¹³⁴

13. Betonbyggeri som varmelager

Beton har en evne til at lagre varme. Den tunge beton kan således optage varme om dagen og afgive den igen om natten.

Bygninger i tunge byggematerialer som beton kan således også fungere som et termisk batteri, der kan oplagre varme for fjernvarmenettet. Det vil være en fordel i spidslastperioder, hvor energiforbruget overstiger produktionen af vedvarende energi. Ofte er det fossile kilder eller biomassekedlerne, der fyres op i spidslastperioderne. Hvis man i stedet varmer bygningen lidt ekstra op inden spidslastperioden, vil rumopvarmningen kunne slukkes i spidslastperioden, og dermed udjævnes spidslastperioden.¹³⁵

Potentialerne for et mere fleksibelt varmeforbrug i bygningerne, herunder for at udjævne spidslaster i varmeproduktionen, og for at indføre nye intelligente varmestyringssystemer, er et område, der har modtaget større opmærksomhed i de sidste 10 år. Pt. er tre ph.d.-studerende på Aarhus Universitet i gang med at forske i, hvordan man realiserer potentialet for lagring af termisk varme i bygninger i praksis.¹³⁶

Allerede i dag er der erfaringer med at udnytte bygningers termiske masse som varmelager i regi af projektet Energy Lab Nordhavn, som blandt andet demonstrerede varmelagring i bygningsmassen via fleksible varmekunder. I det EUDP-støttede projekt deltog Københavns Kommune, By og Havn, DTU og en række private firmaer.¹³⁷

Emnet behandles ikke yderligere i dette notat, men det forventes, at på sigt vil tunge bygninger med et fleksibelt varmeforbrug kunne spille en rolle i at lagre varme for fjernvarmenettet, og dermed udjævne spidslastperioder. Det er dog usikkert, hvor stort dette potentiale vil være.

¹³² Teknologisk Institut [CO₂ optagelse gennem betons livscyklus - Introduktion](#) Hjemmeside besøgt 21/9-2021

¹³³ Löfgren, I. (2021) [Betydelsen av betongens koldioxidupptag ur ett livscykelperspektiv](#)

¹³⁴ Betonhåndbogen (2018) [19.2 Karbonatisering](#) af Jens Mejer Frederiksen

¹³⁵ Building Supply (2020) [De vil omdanne bygninger til termiske batterier og varmelagre](#)

¹³⁶ Building Supply (2020) [De vil omdanne bygninger til termiske batterier og varmelagre](#)

¹³⁷ HOFOR [Energylab Nordhavn](#). Hjemmeside besøgt den 17/11-2021

14. Genbrug og genanvendelse

I takt med et stigende fokus på cirkulær økonomi, som en vej til et mere bæredygtigt byggeri, forventes et endnu større fokus på genbrug og genanvendelse af beton. Det anslås, at der årligt generes **ca. 2 mio. tons betonaffald i Danmark**, svarende til ca. 25 % af alt bygge- og anlægsaffald i Danmark. Kun godt 1 mio. ton betonaffald bliver registreret, men ud af dette bliver mere end 90 % registreret som genanvendt¹³⁸. Det skyldes, at betonaffaldet i mange år været genanvendt som ubundne bærelag under veje og pladser, og dermed fortrængt jomfrueligt stabilgrus.¹³⁹

Ved '**genbrug**' forstås her brug af beton direkte til det samme formål i en ny konstruktion – uden forarbejdning, eller blot mindre forarbejdning i form af fx reparation, vask og rensning.

Ved '**genanvendelse**'. forstås forarbejdning af betonen, så den indgår i produktionen af nye råvarer/produkter. Der kan for eksempel genanvendes betonaffald til vejfyld eller det kan genanvendes til produktionen af ny beton.

Fordelen ved både genbrug og genanvendelse er, at deponi undgås og dermed spares der jomfruelige materialer som grus og sand.

Vigtige forudsætninger for genbrug og genanvendelse er, at "genbrugsbetonen" kvalitetstjekkes for at sikre, at den lever op til kravene for ny beton. Dertil kan beton fra gamle bygninger være forurenede med miljøgifte, og derfor bør betonen testes før eventuel genbrug eller genanvendelse i byggeriet.¹⁴⁰. Det kan for eksempel være relevant at teste, om knust beton indeholder rester af PCB.

Status for genbrug og genanvendelse af betonaffald

Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet har følgende status for genbrug og genanvendelse af beton-affald (juli 2020):

- "Belægningssten o.l. genbruges i mindre omfang.
- Hele betonelementer genbruges i begrænset omfang.
- Der er udviklet løsninger for genanvendelse af knust beton som tilslag i ny beton.
- Beton nyttiggøres i nedknust form som ubundne bærelag og i tre typer:
 1. Ren beton - kaldet "knust beton"
 2. Blandinger af beton og tegl - kaldet "genbrugsballast"
 3. Blandinger af beton og asfalt - kaldet "genbrugsstabil"¹⁴¹

Ifølge Danske Regioner bygges der mere nyt, end der rives ned, og generelt forventes det ikke muligt at erstatte efterspørgslen på råstoffer fuldstændig¹⁴². Det forventes således ikke, at det vil være muligt at erstatte efterspørgslen på råstoffer til beton ved hjælp af genbrug og genanvendelse. Forsyningsusikkerhed kan således være en barrierer i forhold til genbrug og genanvendelse af beton.

¹³⁸ Miljøstyrelsen (2018) [Genanvendelse af knust beton i nye betonkonstruktioner](#)

¹³⁹ DTU (2019) [Skroner om genbrug af gammel beton skal fakta-tjekkes](#) Nyhed af 7/2-2019

¹⁴⁰ BUILD (2019) [Livscyklusvurdering for cirkulære løsninger med fokus på klimapåvirkning. Forundersøgelse SBI 2019:08](#)

¹⁴¹ VCØB (2020) [Guide: Hvilke byggematerialer kan du genbruge, genanvende eller materialenyttiggøre på anden vis?](#)

¹⁴² Danske Regioner (2021) [Råstoffer](#). Hjemmeside besøgt 21/9-2021

Klima- og miljøeffekter ved genbrug eller genanvendelse af beton

Når potentialerne for genbrug og genanvendelse af beton vurderes, er det vigtigt at tage højde for, at **selv om CO₂-gevinsten ved genbrug eller genanvendelse er lille, kan det stadig være en god ide i et ressourceperspektiv**, da behovet for at indvinde nye jomfruelige råmaterialer reduceres.

En forundersøgelse fra SBI af 11 byggematerialers klimabelastning fra 2019 viser stor forskel på, hvor meget CO₂-udledningen reduceres med, når forskellige typer byggematerialer genanvendes. SBIs undersøgelse er kilden i det følgende afsnit med mindre andet er angivet.¹⁴³

“Genbrugsbeton” er det materiale i undersøgelsen, der har den mindste klimagevinst. I

scenarieberegningerne foretages en livscyklusvurdering af klimapåvirkningen for produktionen af 1 m³ konventionel beton med styrken 25MPa, som efter endt brugsfase bliver knust og genanvendt til ubundet bærelag (erstatte stabilgrus) og vejfyld (referencen). I “genbrugsbeton”-scenariet erstattes 20 % groft tilslag af knust beton.

Resultatet er, at hvor den samlede klimapåvirkning for 1 m³ konventionel beton er ca. 308,3 kg CO₂-eq per m³, udleder genbrugsbeton 307,4 kg CO₂-eq per m³. Den samlede **klimamæssige besparelse ved brug af genbrugsbeton er altså 0,30 %**.

Årsagen til den lave klimagevinst ved at genanvende knust beton i betonproduktionen er, at kun ca. 20 % af ingredienserne til betonen kan erstattes af genanvendt knust beton, hvilket gør muligheden for at fortrænge cement mindre. Cement står som tidligere nævnt for den suverænt største andel af betonens klimapåvirkning.¹⁴⁴

Genbrugte betonelementer og genbrugte søjler/bjælker af beton har derimod en høj mulig klimagevinst. I dette scenarie *“beregnes klimapåvirkningen for 1 m³ 25 MPa genbrugs betonelement samt 1 m³ 25 MPa genbrugte søjler/bjælker af beton, som bruges uden større tilretninger og som efter endt brugsfase bliver knust og genanvendt til vejfyld og stabilgrus”*.

Resultatet er, at genbrugte betonelementer og genbrugte søjler/bjælker udleder 13,4 kg CO₂-eq per m³, hvilket svarer til **95,6 % mindre end konventionel beton**. I dag er genbrug af betonelementer primært udbredt på forsøgsplan, men der forventes større fokus på området fremadrettet pga. potentialerne for CO₂-besparelser.

Årsagen til de få eksempler på direkte genbrug af betonelementer er, at betonelementer typisk støbes sammen med beton, hvilket gør det svært at skille ad uden at beskadige elementerne. Dertil vil elementernes bæreevne ikke nødvendigvis være kendt efterfølgende, ligesom at der kan være usikkerhed om kemikalieindholdet. Potentialerne for direkte genbrug af betonelementer vil formentlig være størst i forhold til nye type betonelementer, som er ikke-bærende, hvor isoleringen ikke er støbt fast i betonen, og hvor bygningen kan skilles ad uden at beskadige betonen nævneværdigt.¹⁴⁵

¹⁴³ SBI (2019) [Livscyklusvurdering for cirkulære løsninger med fokus på klimapåvirkning Forundersøgelse SBI 2019:08](#)

¹⁴⁴ Byrummonitor (2020) [SBI har undersøgt 11 materialer: Stor CO₂-besparelse i genanvendte tegl, men næsten ingen i genbrugsbeton](#) Artikel af 24. marts 2020.

¹⁴⁵ Teknologisk Institut (2019) [Materialer i den cirkulære økonomi - beton](#)

I den følgende tabel er resultaterne fra SBI's forundersøgelse sammenfattet. Generelt er det cement i produktionsfasen (A1-A3), der bidrager med den største klimapåvirkning.

Oversigt resultater for cirkulære løsninger i forhold til konventionel beton

Scenarie	A1-A3	C3-C4	D	Total	Besparelse
<i>Enhed</i>	<i>(kg CO₂-eq / m³)</i>				<i>(%)</i>
Konventionel beton	330,48	12,20	-34,40	308,28	-
Genbrugsbeton	327,97	12,20	-32,80	307,27	0,3 %
Genbrugte betonelementer	1,23	12,20	0,00	13,43	95,6 %
Genbrugte søjler/bjælker af beton	1,23	12,20	0,00	13,43	95,6 %

Note: Produktionsfasen (A1-A3), bortskaffelsesfasen (C3-C4) samt potentialet ved genbrug/genanvendelse (D). Besparelsen er defineret som CO₂-besparelsen ved den cirkulære løsning frem for referencen (den konventionelle beton). Kilde: SBI (2019) [Livscyklusvurdering for cirkulære løsninger med fokus på klimapåvirkning Forundersøgelse](#)

SBI's undersøgelse fokuserer på materialernes klimabelastning, og altså ikke på ressourceknaphed og økonomi. Både i et klima- og miljømæssigt perspektiv forventes det nærmere undersøgt, om det bedst kan svare sig at genanvende betonen til for eksempel vejfyld eller om det bedst kan svare sig at genanvende betonen til produktionen af ny "genbrugsbeton".

Flere virksomheder i betonbranchen ser på forsøg med genanvendelse. Som det fremgår i en artikel i Regionernes Råstofsredegørelse fra 2018, har betonvarefabrikken IBF for eksempel lavet forsøg med at knuse deres spildmaterialer for at genanvende dem i deres betonproduktion. Erfaringerne har været blandede, og det er ikke inden for alle produktområder, at resultaterne har været positive.¹⁴⁶

I artiklen påpeger IBF følgende i forhold til genanvendelse af deres spild i betonproduktionen:

"Det kræver en del energi at knuse betonen, og så udleder vi jo CO₂, derfor skal det vurderes, om det måske er miljømæssigt smartere at genbruge spildmaterialerne i bærelag og vejfyld, hvor det kan erstatte stabilgrus. På den måde kan man spare på det jomfruelige sand og stenmateriale, der så kan anvendes til beton af høj kvalitet".¹⁴⁷

Men IBF slår også fast i artiklen, at både genanvendelse af spild fra produktionen og genanvendelse af allerede anvendt beton, fortsat vil være et stort fokusområde for virksomheden.

En barriere for genbrug og genanvendelse af beton kan være manglende økonomisk incitament fra bygherrer. Ligesom der vil skulle opbygges erfaring og kompetencer i bygge – og nedrivningsbranchen.

¹⁴⁶ Danske Regioner (2018) "[Råstoffer en regional opgave](#)".

¹⁴⁷ Danske Regioner (2018) "[Råstoffer en regional opgave](#)".

15. CO₂-kravene i aftalen om en Strategi for bæredygtigt byggeri

De kommende CO₂-krav kommer til at påvirke efterspørgslen efter betonprodukter med et lavere klimaaftryk. I aftalen om en "National strategi for bæredygtigt byggeri" (2021) fremgår, at der fra 2023 skal sættes bindende krav til den maksimale CO₂-udledning for nybyggeri, der er større end 1.000 m², og at der fra 2025 skal stilles CO₂-krav til nybyggeri generelt. Endvidere er der lagt op til en trinvis stramning af kravene hvert andet år frem mod 2029.

Det fremgår af aftalen, at de nye krav til bygningers klimaaftryk indføres med udgangspunkt i kriteriet fra den frivillige bæredygtighedsklasse om en livscyklusvurdering (LCA), der beregner byggeriets CO₂-udledninger. De nye CO₂-krav indføres i bygningsreglementet. Der **indføres også en frivillig CO₂-klasse med mere ambitiøse CO₂-krav end de bindende**. De nye krav i aftalen ses i nedenstående tabel:

Trinvis indfasning og stramning af CO₂-krav til bygninger*

	Nybyggeri over 1000 m ²	Nybyggeri under 1000 m ²	Frivillig CO ₂ -klasse
2023	Krav om LCA-beregning. Krav om CO ₂ -grænseværdi svarende til 12 kg CO₂-ækv/m² /år .	Krav om LCA-beregning.	Krav om LCA-beregning. CO ₂ - grænseværdi svarende til: 8 kg CO ₂ -ækv/m ² /år.
2025	Krav om CO ₂ -grænseværdi, der fastsættes ud fra nyeste viden og data. Ved et krav på f.eks. 10,5 kg CO₂-ækv/m² /år vil ca. 1/3 af nybyggeriet skulle præstere bedre klimamæssigt end aktuelt.		CO ₂ - grænseværdi svarende til: 7 kg CO ₂ -ækv/m ² /år.
2027	Krav om CO ₂ -grænseværdi, der fastsættes ud fra nyeste viden og data. Ved et krav på f.eks. 9 kg CO₂-ækv/m² /år vil ca. 3/4 af nybyggeriet skulle præstere bedre klimamæssigt end aktuelt.		CO ₂ - grænseværdi svarende til: 6 kg CO ₂ -ækv/m ² /år.
2029	Krav om CO ₂ -grænseværdi, der fastsættes ud fra nyeste viden og data. Ved et krav på f.eks. 7,5 kg CO₂-ækv/m² /år vil ca. 9/10 af nybyggeriet skulle præstere bedre klimamæssigt end aktuelt.		CO ₂ - grænseværdi svarende til: 5 kg CO ₂ -ækv/m ² /år.

**Defineres som bygninger der er omfattet af energirammen i bygningsreglementet*

Kilde: Aftalen om en national strategi for bæredygtigt byggeri - 5. marts 2021. Uddrag af tabel.

I forhold til klimakrav for renoveringer af eksisterende bygninger mødes aftaleparterne bag strategien ultimo 2022, hvor de vil modtage en afrapportering om sammenhængen mellem renovering og de klima- og miljømæssige konsekvenser ved materialevalg med henblik på, at det også skal være muligt at stille klimakrav ved renoveringer af byggeri.¹⁴⁸

En analyse fra AAU BUILD om 'Klimapåvirkning 60 bygninger' viser, at der kan være et **potentiale i at reducere udledningen af CO₂ fra byggeriet ved at benytte materialer med lav klimabelastning**. Det er især i de bærende konstruktioner, at der kan være potentialer for at mindske klimabelastningen.¹⁴⁹

¹⁴⁸ 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 2](#)

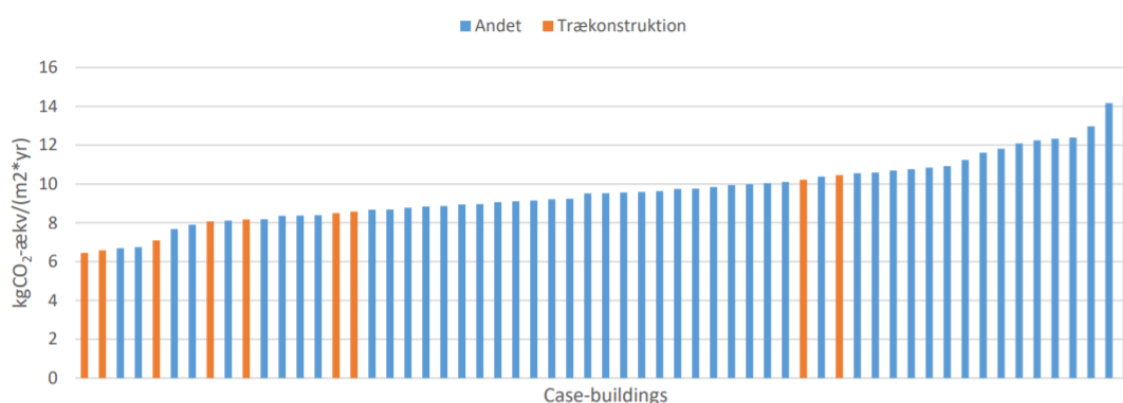
¹⁴⁹ AAU BUILD (2020) [Klimapåvirkning fra 60 bygninger - Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger](#). SBI 2020:04. Forfattere: Regitze Kjær Zimmermann, Camilla Ernst Andersen, Kai Kanafani & Harpa Birgisdóttir

Analysen viser, at der er en stor variation i bygningernes klimapåvirkning. Ved en 50-års betragtningsperiode har nogle bygninger op til 2,25 gange større påvirkninger fra både materialer og drift end andre bygninger, varierende fra 6,45 til 14,52 kg CO₂-ækv/m²/år

De fleste af de ni bygninger med bærende konstruktioner i træ har en lav klimabelastning, men to har også en højere. Tilsvarende er der også bygninger med bærende konstruktioner med muret bagmur eller betonelementer, som har lav klimabelastning, jf. nedenstående figur. Det er altså **muligt at bygge bygninger med en relativ lav klimabelastning både med bærende konstruktioner i træ og i beton.**

Omvendt er det også muligt at bygge bygninger med en relativ høj klimabelastning med bærende konstruktioner i træ og i beton. Tallene viser således, at også de andre materialer, der benyttes i bygningen (som ikke er relateret til de bærende konstruktioner) har betydning for byggeriets samlede klimapåvirkning.

Total carbon footprint calculated over 50 years Case buildings with wooden load bearing



Kilde: Birgisdottir, H. (2020) [Reducing buildings climate impact](#)

Som det ses af figuren, ville langt størstedelen af de 60 bygningsscases kunne opfylde CO₂-kravet for 2023 på de 12 kg CO₂-ækv/m²/år. Men ved et krav på f.eks. 7,5 kg CO₂-ækv/m²/år i 2029 ville være problematisk for langt størstedelen af bygningerne.

Det er ikke besluttet, hvordan de faktiske krav efter 2023 fastsættes. Men **udvikles der ikke cement og beton med et lavt klimaaftryk, er der en sandsynlighed for, at disse materialer på sigt fravælges i byggeriet.** Det kan også betyde på sigt, at betonproducenter for at forblive på markedet i højere grad vil vælge at importere cement med et lavere klimaaftryk, end det de kan rekvirere i Danmark, hvis dette bliver muligt.

16. Certificeret byggeri og beton

DGNB og Svanemærket er to af de hyppigst benyttede certificeringsordninger i Danmark til at fremme bæredygtigt byggeri. Disse ordninger forventes også at være med til at fremme en anvendelsen af beton med et reduceret klimaaftryk.

DGNB-certificering

DGNB bygger på et system, hvor der tildeles point på baggrund af en række kriterier. Der indgår ikke en direkte positiv pointtildeling i DGNB for brug af beton med et lavt klimaaftryk. Dog vil der indirekte blive givet højere point for brugen af beton med et lavt klimaaftryk i forbindelse med den livscyklusvurdering af et byggeri, som foretages i DGNB systemet.

I udarbejdelsen af LCA'en for det pågældende byggeri, der skal certificeres, beregnes miljøpåvirkningen, for eksempel CO₂ pr. m² pr. år. Den beregnede værdi sammenlignes med en referenceværdi fastlagt af DGNB, og der tildeles point.

Som det fremgår af en nyere vejledning om Beton i det DGNB-certificerede byggeri:

“ Referenceværdien er baseret på gennemsnittet af en lang række typiske danske byggerier, hvor man har foretaget LCA. Hvis man ligger 20 % lavere end referencen, eller derunder, får man toppoint. Hvis man ligger mellem 50 til 70 % højere end referencen, får man ingen point. Systemet indeholder desuden bonuspoint, hvis man kan reducere CO₂-aftrykket ned til halvdelen af referencen.”¹⁵⁰

Livscyklusvurderingen beregnes via LCAbyg som er baseret på miljøvaredeklarationer (EDP'er) og/eller generiske data. Benyttes der ikke branche- eller produktspecifikke EPD, men i stedet generiske data, giver systemet en straffaktor på op til 1,3 på resultaterne. Det kan give betonbranchen incitament til at udvikle endnu flere produktspecifikke EPD'er.

DGNB har lige nu ikke et absolut loft over klimabelastningen fra byggematerialerne, hvilket betyder, at man i nogen grad godt kan kompensere for et højt klimaaftryk i de andre parametre.

Det forventes, at LCA på bygningsniveau fortsat vil være hjørnестenen i DGNB-systemet, og at DGNB løbende vil stramme et krav til klimaaftrykket fra bygninger. Potentielt på et mere ambitiøst niveau end de kommende CO₂-krav, der bliver indført i Bygningsreglementet. Det forventes ikke, at DGNB vil begynde at sætte materialespecifikke delkrav til klimaaftryk, og således forventes der heller ikke indført ekstra point for at anvende fx letbeton eller træ.

Svanemærket byggeri

Et svanemærket byggeri skal leve op til 41 obligatoriske krav med faste kravniveauer til byggerier. Dertil kommer 14 pointkrav, hvor der skal opnås et minimumsantal, som afhænger af bygningstype. Det vil sige, at enten er byggeriet svanemærket, eller også er det ikke. Mærket kan ikke gradueres.

Der stilles krav til bl.a. byggeprocessen, indeklimaet, dagslys og energi, ligesom der stilles krav til de enkelte materialer. Fx skal alle kemiske byggeprodukter, der anvendes i selve byggeprocessen dokumentere at de efterlever skrappe kemikaliekraav.¹⁵¹

I forhold til beton gives der **ekstra point for anvendelsen af cement og beton med reduceret energi- og klimapåvirkning**. Følgende fremgår blandt andet af pointkravet:

¹⁵⁰ Teknologisk Institut (2021) [Vejledning om Beton i det DGNB-certificerede byggeri](#). Udarbejdet i samarbejde med Dansk Beton, Contiga, CRH Concrete, DK Beton og Unicon.

¹⁵¹ Læs mere her: www.ecolabel.dk/da/mockup/svanemaerket-byggeri/

”Point kan tages enten fra A eller B.

- A) For hver produkttype gives der point, hvis mindst halvdelen af behovet for denne produkttype er dækket af cementprodukter, som maksimalt indeholder 70 % cementklinker i vægt. Der kan højst opnås 2 point.

Type af cement- eller betonprodukter, der giver 1 point hver:

- Fundament
- Bærende system og grund-/etageadskillelse
- Tagelement
- Vægelement
- Facadeelement
- Altanelement, terrasse og veranda

Andre typer cementprodukter af tilsvarende størrelse/anvendelsesområde kan godkendes af Nordisk Miljømærkning.

- B) For hvert gennemført punkt i bygningen tildeles der 1 point i henhold til nedenstående.

- Bevidst arbejde med at differentiere betonkvalitet efter behov i bygningen (det vil sige forskellige betonkvaliteter til forskellige konstruktionsdetaljer).
- Bevidst arbejde med smalle betonkonstruktioner gennem forskellige foranstaltninger (højt ydende beton, armeringsmateriale, armeringsteknik, randfundament osv.).

Der kan højst opnås 2 point.

Cementklinker er defineret som andelen af Portland-cementklinker i cementen i overensstemmelse med definitionen i EN 197-1. Cementklinker er også inkluderet i cementblandingen i den færdige beton. For beton beregnes cementklinkers andel i den anvendte cementblanding i betonen.”¹⁵²

Der gælder dertil en række krav for kemiske produkter, som også berører cement og beton, særligt i forhold til de kemiske tilsætningsstoffer.¹⁵³

I den igangværende revision af kriterierne for Svanemærket byggeri arbejdes både med et CO₂-krav til selve betonproduktet. Her er fokus på betonen i de største konstruktionsdele for at sikre en opnået mindre CO₂-udledning fra betonen. Dertil arbejdes på et krav om en samlet CO₂-beregning for byggeriet på niveau med den Frivillige Bæredygtighedsklasse.

Der er lige nu ikke et absolut krav til den samlede klimabelastning i Svanemærket byggeri, men det forventes, at også Svanemærket vil sætte CO₂-krav til nybyggeri, potentielt på et mere ambitiøst niveau end de kommende krav i bygningsreglementet.

¹⁵² Nordisk Miljømærkning (2021) [Svanemærkning af Huse, lejligheder, skoler og daginstitutioner](#). Version 3.13, 06-05-2021. Gældende til den 31-12-2022.

¹⁵³ Nordisk Miljømærkning (2021) [Svanemærkning af Huse, lejligheder, skoler og daginstitutioner](#). Version 3.13, 06-05-2021. Gældende til den 31-12-2022.

17. Miljøvaredeklarationer og beton

I en LCA-beregning for bygninger indgår der, som nævnt i kapitel 11, blandt andet generiske data fra LCA-databaser og produkt/branchespecifikke miljøvaredeklarationer (EDP'er) for byggevarer. **Et skærpet fokus på LCA-analyser forventes at øge efterspørgslen efter flere produktspecifikke miljøvaredata.**¹⁵⁴

EPD'erne udføres efter standarden EN15804:2012¹⁵⁵, som definerer, hvordan miljøpåvirkningen opgøres. Standarden blev revideret i 2019. De vigtigste ændringer er, at **den nye EN15804:2019 udvider antallet af livscyklusstadier** inkluderet i EPD'en, så også bortskaffelses- og genbrugs- og genanvendelsesfasen inkluderes.

Dertil **udvides beregningsmetoden** til også at indeholde "de CO₂ -udledninger, der er forbundet med arealanvendelse, ændringer i arealanvendelse og skovbrug" (LULUC)¹⁵⁶ (Land Use and Land Use Changes). Det indebærer, at også ændringer i kulstofindholdet i jord og biomasse som følge af ændret arealanvendelse indgår. De indirekte ændringer i arealanvendelse (iLUC) indgår fortsat ikke.¹⁵⁷

Frem til oktober 2022 er der en overgangsperiode, hvor man selv kan vælge, om man bruger den gamle EN15804 standard eller den nye. Derfor findes der heller ikke særligt mange EPD'er udført efter nye standard EN15804:2019. **Den nuværende version af LCAByg anvender fortsat EPD'er udarbejdet efter den "gamle" standard fra 2013.** Udarbejdes EPD'er efter den nye standard anbefaler EPD Danmark, at der laves et tillægsblad, der kommunikerer resultaterne af den gamle udgave, så EPD'en kan anvendes i fx LCAByg.¹⁵⁸

Det forventes, at BUILD og EPD Danmark også vil arbejde på at **integre EPD'er efter den nye standard i LCAByg.** Dette ville skabe et stort incitament i forhold til at få udarbejdet flere EPD'er efter den nye mere omfattende standard. Ellers er der en sandsynlighed for, at byggebranchen udarbejder standarder efter den gamle standard, som kan benyttes indtil oktober 2022.

Nye miljøvaredeklarationer for beton

Dansk Beton har udviklet et **nyt værktøj til at hjælpe betonbranchen med at udarbejde produktspecifikke eller projektspecifikke EPD'er.** Værktøjet er 3. parts verificeret, og med til at sikre transparente data for, hvor meget CO₂ forskellige betonprodukter udleder.¹⁵⁹

¹⁵⁴ Videncenter for Cirkulær Økonomi, [LCA for bygninger](#) Guide (ikke dateret)

¹⁵⁵ Note: EN15804 standarden beskriver struktur, indhold og principper af en miljøvaredeklaration (EPD) for byggevarer, og sikrer at de laves efter samme fremgangsmåder og præsenteres i et ensartet format.

¹⁵⁶ Videncenter for Cirkulær Økonomi (2020) [CO₂- og ressourceopgørelse - hvordan?](#) Guide

¹⁵⁷ Definition: indirect Land Use Change: "iLUC - Omfatter de udledninger der er knyttet til den arealændring som følger indirekte ved udnyttelse af et areal, sædvanligvis pga. de globale markedsforhold. Når et landbrugsareal omlægges fra dyrkning af fødevarer til dyrkning af fx energifgrøder, vil det betyde, at fødevarerne skal produceres andetsteds, fordi den globale efterspørgsel efter fødevarer antages at være uændret. I sidste ende kan dette således potentielt medføre, at der ryddes skov for at sikre areal til dyrkning af de efterspurgte fødevarer"
Kilde: Niras (2021) [LULUCF og iLUC](#)

¹⁵⁸ <https://www.epddanmark.dk/nyheder/ny-revision-af-en15804/>

¹⁵⁹ <https://www.danskbeton.dk/baeredygtighed/dansk-betons-epd-vaerktoej/>

EDP'erne kan indgå som grundlag i udarbejdelsen af livscyklusvurdering til brug for dokumentation af opfyldelse af krav i den frivillige bæredygtighedsklasse eller i certificeret byggeri som fx DGNB og Svanemærket.

Betonbranchen har i regi af Dansk Beton også taget initiativ til at få udarbejdet en række branche EPD'er for betonprodukter. EPD'erne (pr. marts 2021) dækker 14 forskellige typiske betonprodukter, som indeholder flere datasæt. I alt findes 39 datasæt for beton. Det fremgår af Dansk Betons hjemmeside, at **branche EPD'erne er baseret på dataindsamling for ca. 80 % af betonbranchen i Danmark**. Datasættene i branche EPD'erne opdateres løbende i takt med, at der kommer nye og mere repræsentative datasæt for de delmaterialer, der indgår i beton.¹⁶⁰

De nye branche beton-EPD'er giver et mere retvisende billede af miljø- og klimaprofilen for den beton, der anvendes i Danmark. Før var LCA-beregninger på beton baseret på generiske data fra det tyske Økobau, som i mangel af produkt- og branchespecifikke EPD'er har været anvendt i LCAbyg.

Pt. er EPD'erne for beton udformet efter den ældre EN15804:2012 standard. De er gældende frem til 20. juli 2025. Branchen kan vælge at opdatere EDP'erne efter den nye mere omfattende standard EN15804:2019, selvom der går en rum tid inden de nuværende beton-EPD'er udløber.

I takt med at der udvikles betonprodukter med reduceret CO₂-udledning, forventes betonprodukterne at indgå med mere "gunstige" værdier i miljøvaredeklarationerne og dermed i LCA-beregningerne.

Dertil forventes, at bygherrer i højere grad vil efterspørge de produktspecifikke EPD'er, som også favoriseres i DGNB. I DGNB indgår nemlig en "straffaktor", hvor miljøpåvirkningen tillægges 30 %, hvis den er beregnet på baggrund af generisk data, og 10 %, hvis den er beregnet på baggrund af branche EPD'er.¹⁶¹

18. Byggeprocessen

Bolig – og kontorbyggeriet i Danmark er i overvejende grad præget af at være opført i betonelementer enten som hele konstruktive systemer i særligt boligbyggeriet, eller som dæk, vægge eller facadeelementer i kombination med pladsstøbt beton og stålkonstruktioner.

I byggeprocessen benyttes beton på forskellig vis:

- Betonen kan blive leveret i flydende form med rotérbil fra fabrikken og støbt på byggepladsen (in situ).
- Betonen kan blive blandet på byggepladsen (in situ).
- Betonen kan blive støbt i forme, hvis der skal leveres præfabrikerede betonelementer (præfab).

De forskellige metoder kan godt kombineres. For eksempel benyttes der på Axel Towers i København både in-situstøbte og præfabrikerede søjler i byggeriet. Valg af metode afhænger af det konkrete projekt, omkostninger og leveringstilgængelighed.¹⁶²

¹⁶⁰ Find EPD'erne her: <https://www.danskbeton.dk/baeredygtighed/miljoevaredeklarationer-epd-marts-2021/>

¹⁶¹ Teknologisk Institut (2021) [Klimavenligt byggeri og LCA](#)

¹⁶² Dansk Beton (2018) [In-situ og elementer supplerer hinanden](#)

Generelt gælder, at byggeri med præfabrikerede elementer kan udføres med en høj præcision og dermed også med mindre spild af materialer. Med præfabrikerede elementer kan montering ske direkte efter levering på byggeplads, og gøre byggeriets afhængighed af vejrforhold mindre. Derved minimeres spild både i produktionen og på byggepladsen samt energiforbruget på byggepladsen. Byggeri i beton-elementer giver således høj effektivitet i bygge- og montagehastighed. Ligesom, at det giver gode muligheder for genbrug og genanvendelse ved afmontering.¹⁶³

Transporten af modulbyggeri (præfabrikerede elementer og moduler) til byggepladsen kan generelt være en udfordring på grund af den store vægt og de store størrelser. I Strategien for bæredygtigt byggeri (2021) fremgår, at muligheder for udvidelse af særtransport med henblik på fremme af modulbyggeri skal afklares, herunder hvordan opleverede barrierer kan imødekommes¹⁶⁴. Der må også forventes et fokus på miljøbelastningen ved transporten af store præfabrikerede elementer.

In-situ byggeri kan være særligt velegnet til specielle byggerier. Ved Axel Towers var det gældende, at alle dækkene, stort set kun kunne laves in-situ på grund af formen på huset.¹⁶⁵

Generelt forventes der at komme flere hybridbygninger i byggeriet, hvor materialer som både beton og træ kombineres, men potentielt også andre nye biobaserede materialer.

19. Indeklima-, lyd- og brandforhold mv.

Flere tekniske forhold gør sig gældende i forhold til anvendelsen af beton i byggeriet. Her nævnes blot kort indeklima-, lyd- og brandforhold.

Indeklima

Ifølge en rapport fra Teknologisk institut (2020) **opfylder beton krav til godt indeklima i forhold til emissioner og lugt**. Rapporten er baseret på indeklimamålinger af tre forskellige betontyper: fabriksbeton, letklinkerbeton og elementbeton. Emissioner og lugt blev undersøgt for alle tre betontyper, og alle kriterier i forhold til Dansk Indeklima Mærkning er overholdt.¹⁶⁶

Det forventes, at flere betonproducenter vil **indeklimamærke** deres produkter for derigennem at dokumentere, at betonen ikke medfører problemer. Dette er også med til at sikre point i forhold til DGNB-kriteriet om indendørs luftkvalitet¹⁶⁷.

Det **termiske indeklima** er et område, der forventes større fokus på isæri forhold til skoler, da et godt termisk indeklima har stor betydning for indlæring. I dag kan det være en udfordring, at varmebelastningen i flere skoler er øget på grund af flere elever i klassen, mere udstyr/krav til

¹⁶³ Indenrigs- og boligministeriet (2021) [National strategi for bæredygtigt byggeri](#)

¹⁶⁴ 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](#)

¹⁶⁵ Dansk Beton (2018) [In-situ og elementer supplerer hinanden](#)

¹⁶⁶ Teknologisk Institut (2020) [Indeklimamålinger på beton](#)

¹⁶⁷ Teknologisk Institut (2021) [Vejledning om Beton i det DGNB-certificerede byggeri](#). Udarbejdet i samarbejde med Dansk Beton, Contiga, CRH Concrete, DK Beton og Unicon.

dagslys, samtidig med at der er færre tunge konstruktioner i nyere bygninger, der ellers ville kunne være benyttet som termisk buffer.¹⁶⁸

I en ny 'Branchevejledning for indeklima i skoler' (2021) fremgår, at den termiske masse i en bygning har positiv indflydelse på det termiske indeklima, da temperaturvariationer dæmpes. Derfor forventes der fokus på at tunge, fritliggende konstruktioner tænkes ind i designprocessen for skolebyggeri, under hensyn til, at krav til **det akustiske indeklima** også kan overholdes.¹⁶⁹

Lydkrav

Bygningsreglementet indeholder også lydkrav. Overordnet set anses beton og andre tunge byggematerialer som velegnede til at isolere imod støj, og der findes mange gennemprøvede løsninger for dæk og vægge¹⁷⁰. Dårlig akustik kan dog være en udfordring især i nye moderne byggerier med store flader af beton og minimalistisk boligindretning.¹⁷¹

Holdbarhed

Byggeri i beton har ofte en meget lang levetid, hvilket især skyldes den store holdbarhed af betonkonstruktioner, som ifølge DTU-rapport (2017) med et rimeligt vedligehold har en næsten uendelig levetid¹⁷². En række faktorer kan dog forkorte levetiden af betonkonstruktioner. Teknologisk Institut nævner følgende faktorer:

- uhensigtsmæssigt design
- materialefejl
- udførelsesfejl
- ændrede eksponeringsforhold
- eller en pludselig opstået skade som følge af fx en brand eller påkørsel.¹⁷³

Brand

Bygningsreglementets kapitel 5 stiller brandkrav. Kravene er hovedsageligt funktionsbaserede, og beskriver det sikkerhedsniveau, som skal være til stede i det færdige byggeri. Det fremgår af en vejledning fra Teknologisk Institut (2021) om beton i det DGNB-certificerede byggeri, at **brandkrav ikke er en udfordring for betonkonstruktioner**. For det første fordi, at beton ikke kan brænde. For det andet fordi, at der findes en række anerkendte og gennemafprøvede løsninger, der sikrer tilstrækkelig lang tids bæreevne under en given brandpåvirkning.¹⁷⁴

¹⁶⁸ Teknologisk Institut, NIRAS og MOE (2021) [Branchevejledning for indeklima i skoler](#)

¹⁶⁹ Teknologisk Institut, NIRAS og MOE (2021) [Branchevejledning for indeklima i skoler](#)

¹⁷⁰ Teknologisk Institut (2021) [Vejledning om Beton i det DGNB-certificerede byggeri](#). Udarbejdet i samarbejde med Dansk Beton, Contiga, CRH Concrete, DK Beton og Unicon.

¹⁷¹ Videncentret Bolius (2019) [Beton og glas giver støj i moderne boliger](#)

¹⁷² DTU (2017) [Klimavenlig beton](#)

¹⁷³ Teknologisk Institut (2021) [Bygningsskader og tilstand - Betonskader](#)

¹⁷⁴ Teknologisk Institut (2021) [Vejledning om Beton i det DGNB-certificerede byggeri](#). Udarbejdet i samarbejde med Dansk Beton, Contiga, CRH Concrete, DK Beton og Unicon.

20. Kompetencer

Med det kommende krav i bygningsreglementet om livscyklusvurdering af nybyggeri fra 2023, jf. Strategien for bæredygtigt byggeri, skal der udbredes kompetencer i forhold til gennemførelse af LCA-analyser. Erfaringerne med LCA-beregninger i Danmark har ofte være begrænset til DGNB-certificeret byggeri.

Der er en lang erfaring med betonbyggeri i Danmark. Men generelt vil de stigende krav til bæredygtighed i byggeprojekter både i forhold til lavere klimaaftryk, men også i forhold til øget genbrug og genanvendelse af byggematerialer, herunder beton, fordre et forøget fokus på opbygning af nye kompetencer i hele byggeriets værdikæde, lige fra arkitekter, rådgivere og konstruktører til udførende entreprenører, nedrivningsvirksomheder etc.

Nedrivning bliver fx ikke længere "bare" nedrivning", men selektiv nedrivning, hvor bygningen demonteres så affaldet kan kildesorteres. Der skal også fx bruges mere tid i designfasen, så der ikke bruges mere beton end nødvendigt osv.

Der er rigtig mange parter involveret i at bygge mere bæredygtigt med en reduceret klima- og miljøbelastning. Derfor må der også forventes at komme et øget fokus på at styrke og oprette nye samarbejder på tværs i byggeriets værdikæde,

21. 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 tidshorizont 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 karbonatiseringen. 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 materialers 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 råstoffilladelser 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.

22. Målgrupper for fremsynsnotatet

Staten/politikerne: 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 'attributional' 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, indeklima, 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 spidslaster i varmeproduktion.