

## Betong og miljø – karbonatisering

Betongen tar over sin levetid opp igjen 15 % av den CO<sub>2</sub> som slippes ut ved sementproduksjonen pga av aldringsprosessen karbonatisering.

Betong er som kjent det mest benyttede byggematerialet i verden og tilgangen på betong er viktig for utviklingen av infrastrukturen i et hvert samfunn.

Klimafotavtrykket til betong er imidlertid høyt på grunn av tilvirkning av råmaterialene.

I løpet av primærbruksfasen bindes likevel karbondioksid fra luften tilbake til betongen gjennom aldringsprosessen karbonatisering.

Miljøkomiteen i NB har sammen med fagfolk i bransjen, utarbeidet en serie temaartikler basert på [miljøbrosjyren](#) «Visste du dette om betong og miljø?»



I artikkelen «**Betong og miljø – karbonatisering**» kan du lese mer om hvorfor karbonatisering skjer og hvordan dette kan utnyttes i vårt samfunn.

Dette er den **sjette** av flere temaartikler publisert i Byggeindustrien. Artikkelen er i sin helhet gjengitt under med tillatelse fra Byggeindustrien.

29 juni 2018

På vegne av  
Miljøkomiteen i Norsk Betongforening.

Knut Bryne og Morten Bjerke

# Betong og miljø – karbonatisering

Betong er som kjent det mest benyttede byggematerialet i verden og tilgangen på betong er viktig for utviklingen av infrastrukturen i et hvert samfunn. Klimafotavtrykket til betong er imidlertid høyt på grunn av tilvirkning av råmaterialene. I løpet av primærbruksfasen bindes likevel karbondioksid fra luften tilbake til betongen gjennom aldringsprosessen karbonatisering. Denne artikkelen viser hvorfor dette skjer og hvordan dette kan utnyttes.

**Seniorforsker Christian J. Engelsen, Ph.D.**

SINTEF Byggforsk

Hvorfor forbindes betong med høyt klimagassutslipp?

Betong består hovedsakelig av sand, stein, vann og sement. En kubikkmeter betong inneholder vanligvis 250-400 kg sement, som binder materialet sammen og gjør at betongen oppnår fasthet. Sementen fremstilles ved å brenne en blanding bestående av hovedsakelig kalkstein (vesentlig CaCO<sub>3</sub>) sammen med andre råmaterialer som kvarts, leire, skifer, o.l. Blandingen knuses og varmes opp i store, roterende ovner til en materialtemperatur på rundt 1450 °C. Her starter en kjemisk prosess som kalles kalsinering, hvor karbondioksid (CO<sub>2</sub>) drives bort fra kalksteinen slik at reaktivt kalsiumoksid (CaO) dannes. Prosessen kan enkelt beskrives slik:

$\text{CaCO}_3 + \text{varme} \Rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

Med råmaterialene som benyttes i dagens sementproduksjon, er det derfor nødvendig å drive CO<sub>2</sub> bort fra kalksteinen for at betongen skal stivne og oppnå ønsket fasthet. Kalsineringen bidrar derfor til et vesentlig klimagassutslipp. Totalutslippet fra verdens sementproduksjon utgjør angivelig rundt 4-6 prosent av alle menneskeskapte utslipp av CO<sub>2</sub>.

## Karbonatisering og opptak av CO<sub>2</sub> fra luften

Når betongen kommer i kontakt med luft starter en aldringsprosess som kalles karbonatisering. Under denne prosessen løser CO<sub>2</sub> fra luften seg med porevannet i betongen. Karbonatet som dannes fra karbonsyren (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) reagerer med oppløst kalsium (Ca<sup>2+</sup>), slik at CaCO<sub>3</sub> felles ut i poresystemet. Reaksjonen kan beskrives slik:

$\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3 \Rightarrow \text{CaCO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$

Karbonatiseringsprosessen binder derfor CO<sub>2</sub> fra luften kjemisk ved at stabilt CaCO<sub>3</sub> dannes, noe som medfører at pH i porevannet synker til under 10. Prosessen er den motsatte av kalsinering. For armert betong er det ikke ønskelig at karbonatiseringen skal utvikle seg innover til stålet, fordi den reduserte pH-verdien bryter ned de beskyttende passiveringsgjiktene av forskjellige jernoksider. Dette øker risikoen for armeringskorrosjon. For uarmert betong eller knust betong vil naturligvis armeringskorrosjon ikke finne sted.

Karbonatiseringsdybden fastslår man vanligvis ved å dusje en væskeløsning med en pH-indikator på en frisk bruddflate av betongen, for eksempel et meislet eller boret hull. For knust betong kan en metode være å måle pH verdien i vannet som har vært i kontakt med betongen. Dette er påvist i feltforsøk ved Taraldrud kontrollstasjon der knust betong ble benyttet i forster-



Fig. 1. I påkjøringsrampen til E6 fra Taraldrud kontrollstasjon syd for Oslo har Statens vegvesen benyttet bl.a. knust betong i forsterkningslaget.

Foto: Christian J. Engelsen, SINTEF Byggforsk

kningslaget, se fig 1. En synkende pH-verdi ble målt som samsvarte med karbonatisering av den knuste betongen, se fig. 2. Karbonatiseringshastigheten var også høyere for knust betong som ikke var tildekket med asfalt.

## Hvor mye CO<sub>2</sub> kan bindes til betong

Flere forhold innvirker på hvilken mengde CO<sub>2</sub> betongen binder fra luften og hvor raskt dette skjer. De viktigste er betongkvalitet, sementmengde, type bruk og stedspesifikke forhold. Sistnevnte inkluderer hvorvidt betongen er eksponert mot regn, innendørs eller utendørs, neddykket i vann eller tildekket. Type bruk kan grovt inndeles i hel betong (primærbruksfasen) og nedknust betong (gjenbruksfasen). En norsk undersøkelse har vist at 94 kg CO<sub>2</sub> blir gjennomsnittlig bundet per tonn sement benyttet i fabrikkbetong, betongelementer og betongvarer i Norge (Engelsen og Justnes, 2014). Dette tilsvarer mer enn 13% av det totale produksjonsutslippet til sement på omtrent 700 kg CO<sub>2</sub> per tonn sement. For en betong med en sementmengde på 320 kg/m<sup>3</sup>, tilsvarer karbonatiseringen omtrent 30 kg bundet CO<sub>2</sub> per m<sup>3</sup> betong. Undersøkelsen har benyttet en primærbruksfase på 100 år og har tatt hensyn til forholdene som innvirker på karbonatiseringshastigheten.

Resultatene over viser at betongen har potensiale til å binde mer CO<sub>2</sub>, siden mye av betongen ikke blir karbonatisert gjennom hele tykkelsen i løpet av primærbruksfasen. Beregninger viser at bindingspoten-

siale ligger fra 250-330 kg CO<sub>2</sub> per tonn sement (CEM I, CEM II/A-V og CEM II/B-S) som tilsvarer 80-100 kg per m<sup>3</sup> betong med samme sementmengde som nevnt ovenfor. Det er viktig å understreke at dette ikke er den teoretiske bindingskapasiteten som er høyere. Det er for eksempel antatt at maksimalt 50 % av all CaO i kalsiumsilkehydrat (C-S-H) danner CaCO<sub>3</sub> ved karbonatisering.

## Utnyttelse av CO<sub>2</sub>-bindingspotensialet

At CaO danner stabilt CaCO<sub>3</sub> i kontakt med luft og vann med svakt basisk pH, er et termodynamisk faktum som bør utnyttes bedre. For armert betong spesifiseres betongen slik at karbonatiseringen tar lang tid og ikke når inn til armeringsstålet i primærbruksfasen. I gjenbruksfasen er økt utnyttelse av CO<sub>2</sub>-bindingspotensialet mulig fordi betongens overflate økes ved nedknusing og eventuell armering fjernes (SINTEF Byggforsk, 2015). Flere eksisterende bruksområder i ubunden bruk er gunstige slik som for eksempel forskjellige typer støtemurer, se fig. 3. Fremtidens bruk av knust betong bør utvikles og tilrettelegges slik at hele potensialet utnyttes.

Dette inkluderer også bruk av knust betong i ny betong (bunden bruk) som da øker CO<sub>2</sub>-bindingspotensialet for betong i primærbruksfasen ved at tilslaget også kan karbonatisere. Knust betong kan også brukes som råmateriale i sementklinkerproduksjon, hvor kalsiumforbindelsene fra den hydraterte og delvis karbonatiserte

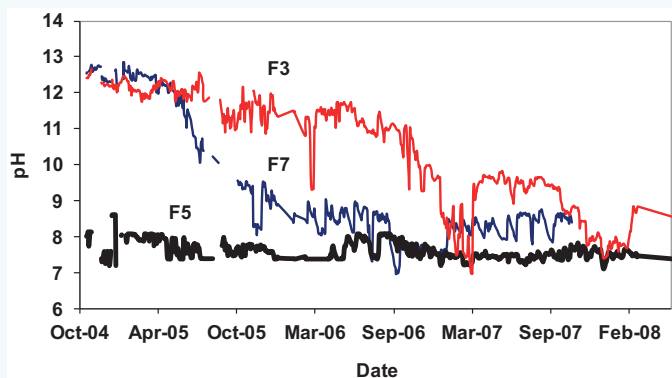


Fig. 2. Karbonatisering av betong. pH målt i avrenning fra resirkulert tilslag fra knust betong (F3) og naturlig tilslag (F5) benyttet i forsterkningslaget på Taraldrud kontrollstasjon. F7 er ikke tildeddekket med asfalt og karbonatiserer raskere (Engelsen et al., 2012).



**Fig. 3.** Støttemur bygget med knust betong i (Newport, Isle of Wight, England)

Foto: Jan Eldegard Hjelle, FABEKO

sementpastaen ikke vil bidra til økt netto kalsineringsutslipp av CO<sub>2</sub>. I begge tilfeller vil betongen holdes inne i materialkretsløpet og bidra til en sirkulær økonomi.

#### Referanser

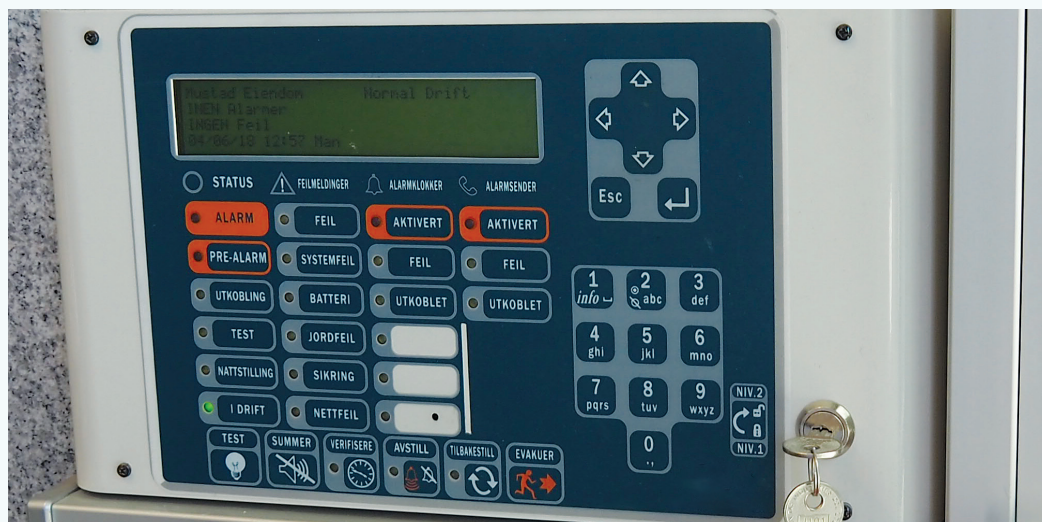
Engelsen, C.J. og Justnes H., CO<sub>2</sub>-binding by concrete - Summary of the state of the art and an assessment of the total binding of CO<sub>2</sub> by carbonation in the Norwegian concrete stock. SINTEF rapport SBF2014A0019 (2014) 61s.

Engelsen, C.J. . Wibetoe, G., van der Sloot, H.A., Lund, W., Petkovic, G., Field site leaching from recycled concrete aggregates applied as sub-base material in road construction. Science of The Total Environment 427-428 (2012) 86-97.

SINTEF Byggforsk, Resirkulert tilslag av tegl og betong, Byggforskserien byggdetaljer - mars 2015, anvisning 572.111.

#### Fakta

- Norsk Betongforenings Miljøkomité ønsker å spre kunnskap rundt temaet betong og miljø. NB har bedt fagfolk i bransjen ta for seg sentrale miljøaspekter med betong og presentere disse i en serie artikler. Denne er den 6. i serien og vil belyse hvordan karbonatiseringsegenskapene til betong kan utnyttes for å redusere betongens karbonfotavtrykk gjennom dens levetid.
- Norsk Betongforening arbeider aktivt for å vise betongens betydning og muligheter i forhold til ulike miljøutfordringer. Miljøkomiteén baseres på solid dugnadsinnsats og har en koordineringsrolle mot en felles betongbransje sine aktiviteter. Dyktige og engasjerte medlemmer har initiert, diskutert og gjennomført aktiviteter for et utvalg miljøtema. Miljøkomiteén har til nå utarbeidet 4 rapporter der norske forskningsmiljø er brukt aktivt til nødvendig utrednings- og utviklingsarbeid.



Illustrasjonsfoto: Standard Norge

## Standarden for brannalarmanlegg klar for revisjon

I 2013 kom det endelig på plass en egen standard for prosjektering, installasjon, drift og vedlikehold av brannalarmanlegg, NS 3960. Basert på noen års bruk er nå denne klar for revisjon. Det vil være en full gjennomgang og oppgradering, og den vil bli tilpasset nye europeiske standarder som har kommet til.

#### Knut Løe

Standard Norge

#### Vidar Seterløyen

Komiteleder

Før NS 3960 ble utgitt var det kun FG-regelverket, utover offentlige forskrifter, man hadde å se til når det gjaldt krav til brannalarmanlegg. Standarden ble godt mottatt av bransjen ved publisering, og for første gang hadde man ett dokument som samlet de fleste kravene for automatiske brannalarmanlegg.

#### Gjennomgang og oppgradering

Det er Standard Norge sin komité for brannalarmanlegg som har utarbeidet standarden. Reglene for standardisering sier at senest hvert femte år skal det vurderes om en standard skal revideres, og nå er turen kommet til NS 3960. Vurderingen er at standarden bør revideres slik at den blir oppgradert i forhold til endringer i europeiske standarder som får konsekvenser for NS 3960 og på bakgrunn av tilbake melding fra markedet og brukere i den perioden standarden har vært gjeldende. Det er også behov for å implementere de funksjonsspesifikke kravene for anvendelse og dimensjonering av brannalarmanlegg fra VTEK17, inklusive bestemmelsene for boligblokker og småhusbebyggelse. Revisjonsarbeidet vil også inkludere FGs regelverk

for brannalarm i driftsbygninger og veksthus (FG730 og FG740), som blir nye deler i den reviderte NS 3960.

#### Komponentene beskrevet i felles europeiske standarder

Selve komponentene i et brannalarmanlegg er beskrevet i NS-EN 54-serien av europeiske standarder. Serien består av 30 ulike deler som hver tar for seg de ulike komponentene i anlegget blant annet sentraler og detektorer. Utstyret er i kontinuerlig utvikling og det utvikles stadig nye delstandarder i denne serien.

#### Reduksjon av brannomkomne

Noralarm, som er en aktiv partner i arbeidet med revisjonen av NS 3960, mener at utstrakt anvendelse av brannalarmanlegg, som nødvendig aktivt brannsikringstiltak, er et viktig bidrag til å redusere antallet omkomne ved brann i publikumsbygg. I og med at det allerede med innføringen av TEK10 ble tatt inn skjerpede krav til bruk av brannalarm og røykvarslere, har dette bidratt til en mer positiv utvikling vedr. brannomkomne. Med innføringen av TEK17 videreføres disse prioriteringer for bruk av brannalarmanlegg i forhold til byggeforskriften. Når dette sikkerhetsnivået også legges til grunn for oppgradering av eldre bygningsmasse ut fra forskrift om brannforebygging, vil dette resultere i bedret brannsikkerhet totalt sett.

#### Sertifisering for kvalitetssikring

Kun personell som kan dokumentere nødvendig kompetanse og relevant praksis skal kunne prosjektere, installere, drifte og vedlikeholde brannalarmanlegg. Parallelt med introduksjonen av NS 3960 for prosjektering og drift av anlegg er det blitt innført nye regler, FG750/FG760, for sertifisering av foretak og utførende personer. Erfaringene viser at kompetanse på involverte utførende og pre-aksepterte løsningsforslag for anvendelse høyner kvaliteten på installerte anlegg. I tillegg bidrar dette til å høyne kvaliteten i installasjonene og redusere konsekvensene ved brann.

#### Fremdrift for revisjonen

I og med at NS 3960 ivaretar funksjonskravene i både byggeforskriften og forskrift om brannforebygging er den med på å konkretisere:

- hvordan anlegg skal utformes og dimensjoneres
- krav til alarmoverføring til brannberedskap for installerte brannalarmanlegg
- krav til optimalt konsept for drift og vedlikehold av installerte anlegg

Målet med revisjonsarbeidet er å ha et nytt forslag til standard klar for høring i august. Deretter er målet at den nye utgaven av NS 3960 vil være gjeldende fra nyttår. Overgangsordninger vil bli innført dersom det avdekkes behov for dette.