

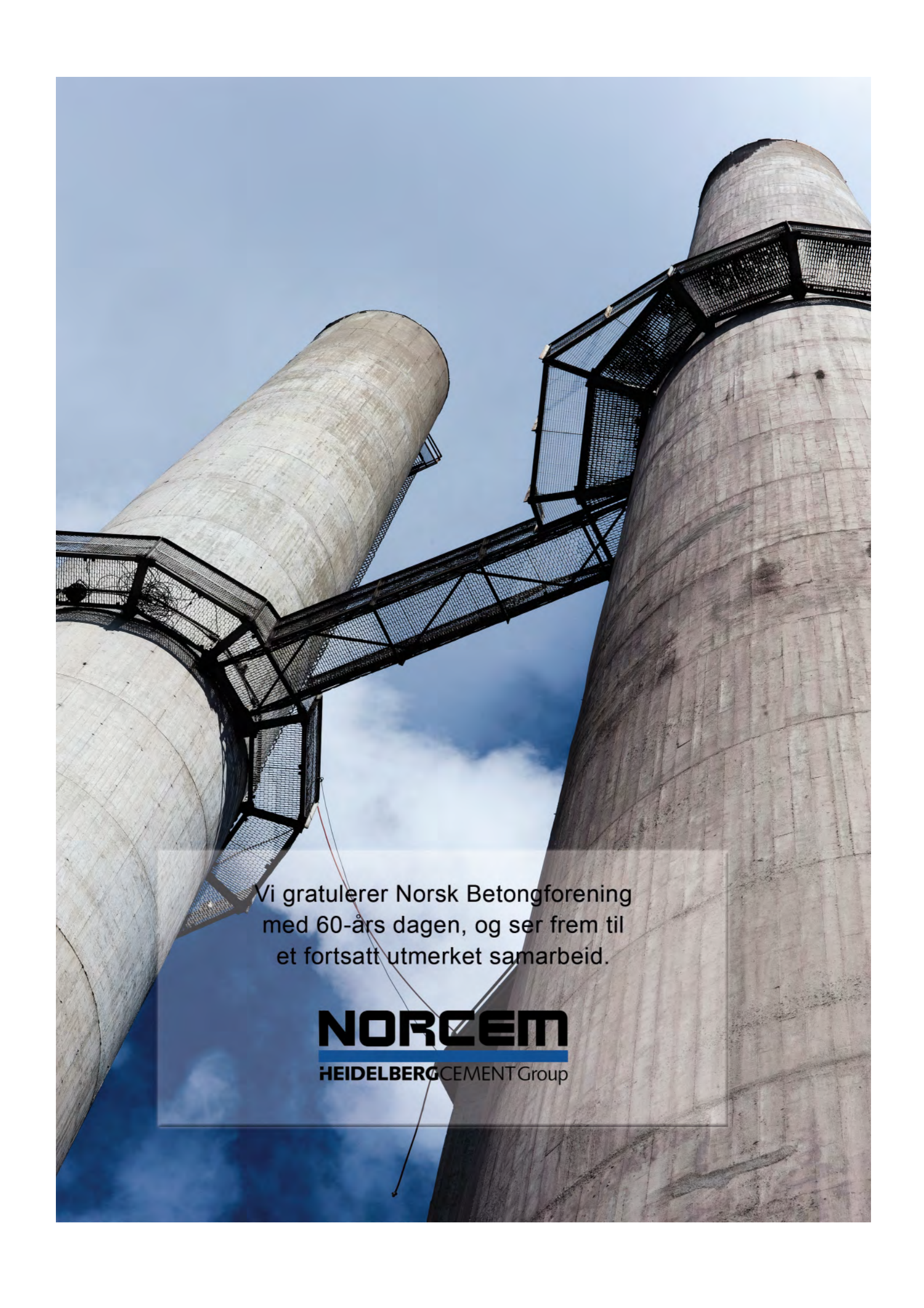
**Norsk Betongforening 60 år**

---

**The Norwegian Concrete Association  
60th. anniversary**



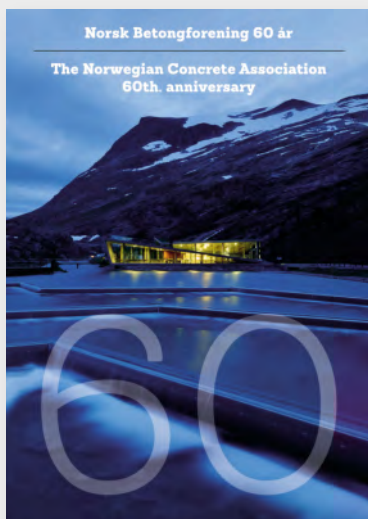




Vi gratulerer Norsk Betongforening  
med 60-års dagen, og ser frem til  
et fortsatt utmerket samarbeid.

**NORCEM**  
HEIDELBERG CEMENT Group





Denne publikasjonen er laget av Byggeindustrien på vegne av Norsk Betongforening.  
This publication was made by Byggeindustrien on behalf of the Norwegian Concrete Association.

**Redaktører/Editors:**  
Arve Brekklus, Byggeindustrien  
Jan Eldegard, Byggutengrenser

**Redaksjonell komité/  
Editorial Committee:**  
Kjersti Kvalheim Dunham,  
Statens vegvesen  
Tor Arne Martius-Hammer,  
SINTEF Byggforsk/COIN  
Morten Bjerke, Norsk Betongforening

**Bidragstyper/Contributor:**  
Kirsti Skogseth, Byggutengrenser

**Design:**  
Rune Sørli, Byggeindustrien

**Annonser/Ad sales:**  
Byggeindustrien / kbt@bygg.no

**Trykk/Printing:** Stibo Printing Solutions

En digital versjon av denne publikasjonen er tilgjengelig på bygg.no.  
A digital version of this publication is available at bygg.no.



Arve Brekklus



Jan Eldegard



Morten Bjerke



Kjersti Kvalheim Dunham



Tor Arne Martius-Hammer

## Innhold/Content

- 4 Betongen har formet det moderne Norge  
Concrete has shaped the modern Norway
- 6 60-årsjubilanten/60th. anniversary
- 8 Norsk Betongforening/The Norwegian Concrete Association
- 14 Betong – verdens viktigste byggemateriale  
Concrete – the world's most important construction material
- 22 Nasjonale turistveger/National Tourist Routes in Norway
- 24 Gornitak
- 25 Rjupa
- 26 Selvika
- 27 Sohlbergplassen
- 28 Steinsdalsfossen
- 29 Strømbu
- 30 Trollstigen
- 31 Utsikten
- 32 Ørnesvingen
- 34 BETONGstudio - et nytt møtested og showroom  
BETONGstudio - a new meeting point
- 35 Arkitektstudenter lærer om betong  
Architecture students learning about concrete
- 36 Bærekraftige betongkonstruksjoner/Sustainable Concrete constructions
- 37 Fellesinnsats for bærekraft/Working for sustainability
- 38 Betong støtter et bærekraftig samfunn  
Concrete supports a sustainable society
- 40 COIN – Concrete Innovation Centre
- 44 PhD-studentene - en fundamental ressurs for COIN  
The PhD-students – a fundamental resource for COIN
- 54 Det mest utfordrende veiprojekt noensinne/Creating crossings
- 55 Samler unge betongentusiaster/Bring young concrete enthusiasts together
- 56 Evigung betongnestor/Youthful concrete veteran
- 58 Gratulasjoner til Norsk Betongforening  
Congratulates The Norwegian Concrete Association
- 60 Betongplattformer fra Nordsjøen og ut i verden  
Concrete platforms from the North Sea and into the world
- 66 Vil skrive tunnelhistorie med Draugen-hjelp  
Will make underground history with Draugen
- 68 Betongteknologi i Multiconsult  
Concrete technology in Multiconsult
- 69 Concrete technology in Multiconsult
- 70 LNG-terminalen i Lysekil
- 71 Lysekil LNG terminal
- 72 ElementNORs nye fabrikk/ElementNOR's new plant
- 73 Gardermoen T2
- 74 Global Maritime
- 75 Hamar Kulturhus/Hamar Cultural center
- 76 Quality Hotel 33
- 77 Kolsåsbanen/The Kolsås line
- 78 Midtåsen skulpturpavilliong  
The Midtåsen sculpture park
- 79 Skur 84
- 80 Utdanningsforbundet - Lærernes hus - «Smykkeskrinet»  
The Teachers House - Lærernes hus - «Smykkeskrinet»
- 81 Stavanger Konserthus /Stavanger Concert Hall
- 82 Tårnet på Jarlsø/The tower at Jarlsø
- 83 Vedal hovedkontor/New headquarter of Vedal
- 84 E6 Hålogalandsbrua/E6 Hålogaland bridge
- 85 Strindheimtunnelen/The Strindheim tunnel
- 86 Hardangerbrua/The Hardanger Suspension Bridge
- 87 Veidekke - administrasjonsbygg/Veidekke - administration building
- 88 Tiden går – Betongen består/Concrete withstands the test of time
- 92 Priser/Awards
- 96 NBs utviklingsfond/Norwegian Concrete Association development fund


**FORSIDE/FRONT COVER:** Trollstigen. Photo: Jarle Wæhler/Statens vegvesen



## Betongen har formet det moderne Norge

Uten betongen hadde ikke Norge sett ut slik det gjør i dag. Dette fantastiske byggematerialet har på mange måter formet det moderne samfunnet.

**Arve Brekkhus**  
Sjefredaktør Byggeindustrien

 Det var rundt 1900 vi i Norge for alvor så mulighetene som lå i byggematerialet. Sakte men sikkert har dette vokst seg frem som det fremste verktøyet i å bygge sammen landet og utvikle nye konstruksjoner som har gitt oss både energi og velstand.

Alle konstruksjonene som omgir oss i hverdagen blir realisert av byggenæringen – og i de fleste konstruksjonene spiller betongen en avgjørende rolle. Utformingen av de fantastiske veiene og bruene som binder landet sammen, dammer som gir oss verdens reteste strøm, og ikke minst noen av de mest kompliserte betongkonstruksjonene verden har sett som pumper opp olje og gass i Nordsjøen er eksempler på dette. Ingen av disse byggverkene hadde vært mulig å realisere uten bruk av betong. Flere av disse prosjektene har også blitt bygget med banebrytende teknologi som løftet norsk betongkompetanse opp i verdenseliten.

Denne kompetansen sto i en periode i fare for å forsvinne, men har nå fått en ny giv blant annet gjennom realiseringen av konstruksjoner utenfor landets grenser. Det finnes også flere spennende prosjekter på gang i Norge hvor man kan få bruk for denne unike kompetansen – blant annet ved byggingen av ferjefri E39 på Vestlandet. Her skal noen av verdens dypeste fjorder krysses – og her vil vi få eksempler på banebrytende teknologi – men hvor man kan hente inspirasjon fra tidligere offshore-installasjoner.

Betongen er i stadig utvikling. I løpet av de siste ti årene har man tatt i bruk mange nye tilsetningsstoffer som har gitt betongen nye bruksmuligheter. Man har for alvor også begynt å jobbe med alternativ armering – og ikke minst har man utviklet mer miljøvennlig sement.


Arbeidet med en videreutvikling av betong og betongens muligheter vil ikke stoppe opp – og vi vil garantert se konstruksjoner bli realisert som vi tidligere ikke trodde var mulig å bygge. Slike konstruksjoner vil vi også få se i Norge.

Selv om betong er et gammelt byggemateriale – er det likevel betongen som vil bygge fremtiden

## Concrete has shaped the modern Norway

Without concrete Norway would not be the country we see today. This wonderful building material has in many ways shaped our modern society.

**Arve Brekkhus**  
Chief Editor Byggeindustrien

 It was around 1900 we in Norway really discovered the opportunities that lay in concrete. Slowly this has grown forward as the foremost material in bringing the country together and creating new structures that have given us energy and prosperity.

All the structures that surround us in everyday life are created by the construction industry - and in most structures concrete play a crucial role. The design of the fantastic roads and bridges that bind the country together, hydropower that gives us the cleanest power, not to mention some of the most complex concrete structures the world has seen that pumps up oil and gas in the North Sea are examples of this. None of these structures had been possible to realize without the use of concrete. Several of these projects have also been built with cutting-edge technologies that brought Norwegian concrete expertise into the world elite.

This expertise was in danger of disappearing, but has now been given a new impetus through the realization of structures outside the country. There are also several exciting projects underway in Norway where one may need this unique expertise - including the construction of a new E39 in Western Norway. Here some of the world's deepest fjords have to be crossed - and here we will see examples of cutting-edge technology - with inspiration from former offshore installations.

The concrete is constantly evolving. Over the last decades many new additives has been adopted which have given concrete new applications. Some has seriously begun to work with alternative reinforcement – and of course the development of more environmentally friendly cement.

The work with a further development of concrete and its opportunities will not stop - and we will for sure see structures be realized that we had not previously thought were possible to build. Such constructions we also will also see in Norway.

Although concrete is an ancient building material - it is concrete that will build the future.





# BRILLIANT BUILDING

be inspired by



[www.byggutengrenser.no](http://www.byggutengrenser.no)





## 60-årsjubilanten



Det er en stolt jublant som i år feirer 60 år! En jublant som består av 1100 medlemmer, og hvor det bidras på mange arenaer!

Betongforeningen er en aktiv møteplass som samler fagfolk i alle betongrelaterte bransjer, og et sted hvor man fokuserer på fag, faglig innovasjon og som er ett imponerende nettverk av betongkunnskap. For mange har Norsk betongforening vært sentrum i egen faglig utvikling hvor ulike fora har gitt rom for nysgjerrighet, utvikling og fellesskap. Foreningen er en sentral aktør og pådriver for ett unikt samarbeid på tvers av fagmiljøene i betongbransjen; Entreprenører, betong- og delmaterialeleverandører, transportører, høyskoler og universitet, rådgivende konsulenter, forskningsmiljøer, standardisering og byggherrer.

Er det én ting som går igjen i Norsk Betongforenings historie og foreningens kultur, så er det evne til samarbeid og samspill. Det er medlemmene i Norsk Betongforening som skaper verdiene i fagforeningen. Viljen til å dele fagkunnskap er unik, og den kommer spesielt frem i det aktive arbeidet som er gjort og som er pågående med utviklingen av Publikasjonsserien til Norsk Betongforening. Publikasjonene fra Norsk Betongforening har høy status i betongbransjen og benyttes som en felles plattform for forståelse av og gjennomføringen av komplekse betongarbeider. Utviklingen av publikasjonene er dugnadsarbeid og det er en fabelaktig innsats som legges ned av foreningens medlemmer!

Sentralt i daglig drift av foreningen har de høy fokus på tilrettelegging for stadig å være oppdatert på dagens kunnskapen. Med Norsk Betongforening som kunnskapsformidler gjennom konferanser, publikasjoner, kurs og temamøter har foreningen lyktes i å samle frivillige med stor entusiasme for materialet og med en imponerende stå-på-vilje for å lykkes i alle ledd av verdikjeden som betongbransjen er.

Betong er gøy, spennende, utfordrende, bærekraftig og uttrykksfullt. Norsk Betongforening er en aktiv pådriver for ett kollektivt høyt kunnskapsnivå gjennom sitt brede tilbud av kurs. For de av oss som er oppfostret i det fantastiske miljøet i betongbransjen, er det en kilde til kunnskap, erfaringsutveksling og samarbeid. Uten alle ildsjelene som driver det frivillige arbeidet er det ikke mulig å ha en slik organisasjon! Åpenheten som foreningen står i sentrum av for å dele erfaringer styrker hele betongbransjen. Foreningens målrettede virksomhet for å støtte utviklingsprosjekter er en tradisjon som legger grunnlag for fremtidig utvikling av materialet og mulighetene det gir oss.

For all denne innsatsen vil jeg på vegne av styret i Norsk betongforening takke, både ildsjelene og deres arbeidsgivere, som lar dem bidra til det faglige arbeidet i Betongforeningen!

Jeg vil også spesielt fremheve aktiviteten i Yngres betongnettverk. Dette har vært et aktivt nettverk for de under 35 år, som de senere årene har blomstret opp! Her jobbes det aktivt med rekruttering og nettverksbygging. Disse er veldig viktig for vår fremtid, og spesielt omtalt i denne publikasjonen!

Jeg vil også til slutt få takke våre ansatte i Tekna/Betongforeningen for fantastisk innsats gjennom mange år! I de ti siste årene er det spesielt Knut Berg, Siri Engen, Siri Fause, Knut Lie Hansen, Morten Bjerke, Knut Bryne, Henny C. Braarud, Lilly K. Langnes og Ane Hagtvædt som har holdt julene i gang! Takk til dere alle!

Til alle medlemmer: Gratulerer med 60-års dagen! Jeg gleder meg til de neste 60!

**Kjersti Kvalheim Dunham**  
Styreleder Norsk Betongforening





*The Oslo Opera House  
Architect: Snøhetta  
Photo: Erik Berg*

## 60th. anniversary



The Norwegian Concrete Association is proud to celebrate its 60th Anniversary in 2014 with more than 1100 members that make important technical contributions!

The Norwegian Concrete Association is an active meeting arena that brings together everyone from students to specialists and forms an impressive network of concrete knowledge. For many the Association is a centre for personal development, learning and fellowship, and gives an arena for professional networking. The Association makes a platform for cooperation between contractors, concrete- and material suppliers, transporters, universities and higher education, consulting engineers, scientists, standardisation, project owners and end users.

An important feature in the history and culture of the Association is the ability to cooperate across the modes. It is the members in our Association that creates its value! The will and ability to share knowledge between us is particularly seen in the Publications provided by the Concrete association. The Publications makes us able to build even more complicated constructions, and is a common understanding of our rules of conduct. The Publications are created by voluntary work, and for that we are ever so grateful!

Knowledge transfer is high on the agenda, and The Norwegian Concrete Association is an active organizer of conferences, lectures, courses and technical meetings. In this way we bring people together, that has a genuine interest of concrete and the will to participate to make the whole industry improve.

Concrete is fun, exiting, challenging, sustainable and expressive. Through the wide range of courses we develop a better usage of the material and a better structural understanding. For our members this is a source for exchange of knowledge, experience and better understanding. The Association also supports research and

development within our field, and this makes the basic for further development of our business. Without our fantastic members, that voluntarily works for The Association, this would not be possible!

On behalf of the Board, I sincerely thank you all for your continually contribution and support for the work in The Norwegian Concrete Association!

The Younger Concrete Network should be mentioned in particular! This is a networking arena for professionals under the age of 35. The focus on recruiting is very important for us, and the Younger Concrete Network does fabulous work for us in that way. You can read a special article about this later in the magazine.

I would also like to give a special mentioning to those who have made the wheels spin at the office during the last decade; Knut Berg, Siri Engen, Siri Fause, Knut Lie Hansen, Morten Bjerke, Knut Bryne, Henny C. Braarud, Lilly K. Langnes and Ane Hagtvedt. Thanks for all your hard work!

To all of our members; Congratulations on our 60 year Anniversary!

**Kjersti Kvalheim Dunham**  
Chairman of the Board







## Norsk Betongforening



Norsk Betongforening har gjennom 60 år vært en drivkraft i utviklingen av betongen i Norge, og byggenæringen hadde ikke vært den samme uten foreningens utrettelige arbeid. Etter forslag fra sentrale personer i betongmiljøet, ble det arrangert et møte i NIF 13. oktober 1954, hvor man diskuterte etablering av en Norsk Betongforening. 26. oktober 1954 ble representanter fra NTH, NBI, NITO, RIF, EL, NIF og NBIF enig om å danne Norsk Betongforening. De første reglene ble vedtatt, og de sier at NB skulle være tilknyttet det som i dag er Tekna. På et konstituerende møte 14. januar 1955 var ca. 60 personer til stede ved etableringen av Norsk Betongforening.

### Foreningens første styre bestod av:

- Professor dr.techn. Inge Lyse, formann
- Overingeniør St. W. Stephensen, viseformann
- Sivilingeniør Niels Astrup
- Ingeniør Bjørn Michalsen
- Sivilingeniør Elliot Strømme

### Varamenn:

- Sivilingeniør Lau Eide
- Professor A. Markestad

NB er en profesjonell forening med ca. 1100 medlemmer (både enkeltpersoner og selskaper). Alle som er interessert i betong kan bli medlem. NB er en uavhengig organisasjon, tilknyttet Tekna - Teknisk-naturvitenskapelig forening. Arbeidet utføres på frivillig basis, og består av ca 9.000 arbeidstimer årlig. NB har et sekretariat bestående av tre heltidsansatte og tre deltidsansatte.

Norsk Betongforenings formål er å virke for norsk betongbransje blant annet ved å arbeide for:

- utvikling og bruk av betong gjennom å påvirke fagets rammebetingelser

## The Norwegian Concrete Association



The Norwegian Concrete Association has for 60 years been a key promoter of the development of concrete in Norway and the building industry had not been the same without the association's tireless work.

Key people in the concrete industry agreed in a meeting October 26th 1954 to establish The Norwegian Concrete Association (NCA). The first laws were made and they say that NCA should be affiliated to the Norwegian engineering association which today is Tekna. The constitutions meeting was January 14th 1955 with 60 people present.

### The Association's first board of directors was comprised of the following:

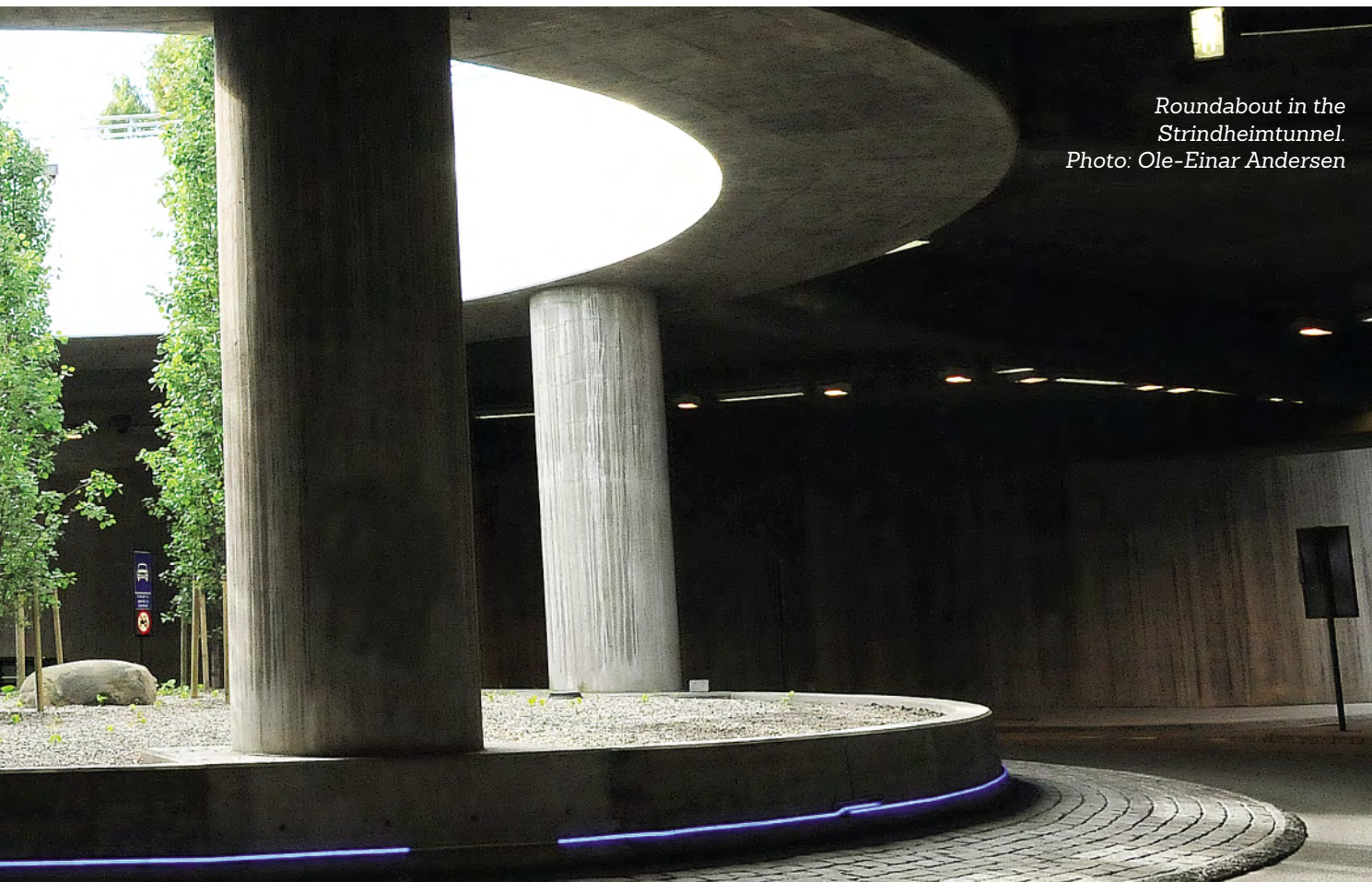
- Professor Inge Lyse, PhD technology, Foreman
- Head Engineer St. St. W. Stephensen, Vice-Foreman
- Civil Engineer Niels Astrup
- Engineer Bjørn Michalsen
- Civil Engineer Elliot Strømme

### Deputies:

- Civil Engineer Lau Eide
- Professor A. Markestad

NCA is a professional society with approximately 1100 members (both individual and companies). Anyone interested in concrete can become a member. NCA is an independent organization, affiliated to Tekna - The Norwegian Society of Graduate Technical and Scientific Professionals. The work is conducted on a voluntary basis and consists of approximately 9.000 man-hours yearly. The NCA has a secretariat consisting of three full-time and three part-time employees.





Roundabout in the  
Strindheimtunnel.  
Photo: Ole-Einar Andersen



- å fremme forskning og undervisning samt formidle kunnskap og informasjon

- rasjonelle metoder som sikrer betongens økonomiske, tekniske, miljømessige og estetiske kvaliteter

- å fremme norsk betongteknologi internasjonalt

- tilrettelegge et aktivt faglig miljø for medlemmene

For å bidra til oppnå disse målene, har NB etablert underutvalg engasjert i områder som er viktige for foreningen. Underutvalgene rapporterer til styret, som vist på side 12 og 13 i dette bladet.

## NBs publikasjoner

Publikasjonene fra NB er retningslinjer, anbefalinger og beste praksis basert på nasjonale standarder og forskrifter. Publikasjonene er utarbeidet av fagfolk oppnevnt av styret i NB. Det er totalt 36 publikasjoner som "Rasjonell armering i betongkonstruksjoner" (NB 8), "Betonggulv - Gulv på grunn og påstøp" (NB 15), "Spennarmeringsarbeider" (NB 14) og "Bestandighet av betongkonstruksjoner i marint miljø" (NB 35). Publikasjonene som er oversatt til engelsk er:

NB 7E Sprøytebetong for Bergsikring (2011)

NB 21E Bestandig betong med alkalireaktivt tilslag 2008)

NB 29E Veiledning for produksjon og bruk av selvkomprimerende betong (2002)

NB 32E Alkalireaksjoner i betong. Prøvmingsmetoder og krav til laboratorier (2005)

## Utdanning

Hvert år arrangerer NB ca 60 kurs og seminarer, med ca 2.000 deltagere. Kurs og seminarer blir publisert på websiden [www.betong.net](http://www.betong.net).

## BOR - Betongopplæringsrådet

BOR er en nasjonal sertifiseringsenhet, eid av bransjen, der NB har ansvar som sekretær. Sertifisering av ansatte er basert på kravene



The Norwegian Concrete Association stimulates Norwegian concrete trade and industry through activities with the purpose to:

- promote development and use of concrete by improving the operating environment of the industry
- promote research and education, and disseminate knowledge and information
- promote efficient methods of concrete construction in order to ensure the economical, technical, environmental and aesthetic qualities of the material
- promote the Norwegian concrete technology internationally and seek cooperation with other members of the Nordic Concrete Federation
- nurture an enthusiastic professional society for the members by arranging seminars, discussions, courses etc., and by involving members in technical committees

To contribute to achievement of these goals, NCA has established subcommittees engaged in areas important to the association. The subcommittees report to the executive board, as shown on page 12 and 13 in this magazine.

## NCA Publications

The publications from the NCA are guidelines, recommendations and best practice based on national standards and regulations. The Publications are prepared by professionals appointed by the board of the NCA. There are a total of 36 publications including "Rational reinforcement for concrete structures"(NB 8), "Concrete slabs on ground, overlays"(NB 15), "Prestressed concrete"(NB 14) and "Durability of concrete structures in marine environment"(NB 35). The publications which have been translated to English are:

NB 7E Sprayed Concrete for Rock support (2011)

NB 21E Durable concrete with Alkali Reactive Aggregates (2008)

NB 29E Guidelines for production and use of self-compacting concrete (2002)

NB 32E Alkali Aggregate Reactions in Concrete - Test Methods and Laboratories Requirements (2005)



i utdanning, kurs og relevant praksis. Omtrent 9. 000 mennesker er så langt sertifisert.

## De fire områdene for sertifisering er:

- Betongproduksjon og transport
- Utførelse av betongkonstruksjoner
- Reparasjon av betongkonstruksjoner
- Sprøytebetong

Mer informasjon finner du på [www.betongopplaering.no](http://www.betongopplaering.no).

## Betongtavlen

Hvert år siden 1961 har Norsk Betongforening sammen med Norske Arkitekters Landsforbund delt ut Betongtavlen for fremragende betongkonstruksjoner. Du kan lese mer om dette på side 94 og 95.

## Utviklingsfond

Siden 2010 har NB årlig delt ut 400-600.000 kroner til prosjekter som fremmer betongens økonomiske, tekniske, miljømessige eller estetiske kvaliteter. Prosjektene er relativt små i størrelse og legger vekt på praktisk gjennomføring med en kort tidshorison. Eksempler på prosjekter som har fått støtte er:

- Flytende oppdrettsanlegg i betong - fisk i betong
- Betong energipipe
- NOx reduksjon i tunnel med betongoverflatebehandling
- Utforming av skallkonstruksjoner
- Overflatebehandling av utendørs betongmøbler

## Stipender

En forskningspris på 25.000 kroner kan tildeles en ung person som har utført arbeid av høy betydning for den norske betongindustrien.

## Reisestipend

Norsk Betongforening kan årlig utdele inntil fem stipendier, hver på kr. 10.000,- til personer som for første gang (førstereis) presenterer et godkjent paper/bidrag på internasjonale konferanser i eller utenfor Norge. Konferansen skal være rettet mot betongfaget samt være prioritert av NBs Internasjonale komitee.

## Internasjonal virksomhet

Komiteens formål er å fremme norsk betongkompetanse internasjonalt, være en brobygger mot internasjonale organisasjoner, bidra til at internasjonal kompetanse bringes til det norske miljø og bidra ved norske bedrifters internasjonalisering.

fib er oppnevnt som den viktigste organisasjonen å jobbe med, og NB har sekretærrollen for den norske fib-delegasjonen. Det gir blant annet plass i fib-presediet. Også, RILEM, IABSE og ACI er viktige organisasjoner, sistnevnte gjennom en formell samarbeidssavtale.

## Nordisk Betongforbund

Nordisk Betongforbund er en samarbeidsorganisasjon mellom betongforeninger i de fem nordiske landene; Danmark, Finland, Island, Norge og Sverige. Ledelsen av forbundet endres hvert tredje år.

Hovedformålet med forbundet er å fremme samarbeid mellom medlemsorganisasjonene og betongspesialister i de nordiske landene, og dermed bidra til utvikling av betongteknikk. Dette oppnås gjennom å arrangere nordiske betongkongresser, produsere publikasjoner, komitéarbeid, samt å bidra til forskningssamarbeid, som for eksempel nordiske forskningsmøter om betong. Forbundet deler også ut Nordisk Betongforbunds Medalje etter bestemte regler. Forbundet har fullmakt til å representere de fem medlemsforeninger internasjonalt. "Nordic Concrete Research" kan kjøpes hos NB. Du kan finne mer informasjon på [www.nordicconcrete.net](http://www.nordicconcrete.net).

## NB som arrangør/medarrangør for internasjonale konferanser i 2013 og 2014:

2013:

- Straight Crossings, juni 2013 - Bergen, Norge - [www.straight-crossings.no](http://www.straight-crossings.no)

2014:

- CIC 2014 - Concrete Innovation Conference i Oslo 10.-13. juni 2014 - [www.cic2014.com](http://www.cic2014.com)



## Education

Each year the NCA has about 60 courses and seminars, with approximately 2.000 participants. The courses and seminars are published on the web-page [www.betong.net](http://www.betong.net).

## BOR – Concrete Certification

BOR is a national certification unit, owned by the industry, where NCA have the responsibility as secretary. Certification of management personnel is based on requirements of education, courses and relevant practice. Approximate 9. 000 people are so far certified.

## The four areas of certification are:

- Concrete production and transportation
- Execution of concrete structures
- Repair of concrete structures
- Sprayed concrete

More information can be found on [www.betongopplaering.no](http://www.betongopplaering.no).

## The Norwegian Concrete Award

Every year, since 1961, The Norwegian Concrete Association together with The National Association of Norwegian Architects have awarded The Norwegian Concrete award for outstanding concrete structures. You can read more about this on page 94 and 95.

## Development Foundation

Since 2010 the NCA has annually contributed 4-600.000,- NOK to projects that promote concrete's economic, technical, environmental or aesthetical qualities. The projects are relatively small in size and emphasis practical implementation with a short time horizon to market. Examples of projects which have received support are:

- Floating fish farms in concrete, fish in concrete
- Concrete piles with thermal exchange
- NOx reduction through concrete surface treatment in tunnels
- Shear force design of shell structures
- Surface treatment of outdoor concrete furniture

## Scholarships

Research scholarship of 25.000,- NOK can be awarded a young scientist that have conducted research of high significance for the Norwegian concrete industry.

## Travel grant

Every year young professionals can apply for a travel grant to do their first presentation on an international conference. As many as five grants, each of 10.000,- NOK, can be awarded each year.

## International activities

NCA has a special activity group to advance Norwegian concrete technology internationally, to bridge towards international organizations and to bring international competence to the benefit of the Norwegian concrete industry.

fib is appointed as the main organization to work with, and NCA constitutes the secretary of the Norwegian fib-delegation. It includes a member of the fib presidium, TG chairs and many TG members. But also, RILEM, IABSE and ACI are important organizations, the latter through a formal agreement of cooperation.

## Nordic Concrete Federation

The Nordic Concrete Federation is a collaboration organization of the concrete associations in the five Nordic countries; Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden. The leading country changes every third year.

The main purpose of the federation is to promote cooperation between the member associations and concrete specialists in the Nordic countries and thus contribute to the development of concrete technique. The purpose is achieved by arranging Nordic concrete congresses, producing publications, committee work as well as contributing to research cooperation, such as Nordic concrete research meetings. The Federation even distributes the Nordic Concrete Federation Medal according to specific rules. The Federation is authorized to represent the five member associations internationally. "Nordic Concrete Research" can be purchased at



## Siden det første styre ble valgt har foreningens formenn vært:

### Listed below are the Association's foremen, from the first board of directors:

1955-58 Professor, Inge Lyse, PhD technology  
1958-62 Civil Engineer Elliot Strømme  
1962-67 Civil Engineer Trygve Berntsen  
1967-69 Dr. Finn R. Haugli, PhD engineering  
1969-72 Dr. Kristoffer Apeland, PhD technology  
1972-75 Civil Engineer Erik Hoel  
1975-76 Civil Engineer Per Jahren  
1976-79 Civil Engineer Johan Kristian Bø  
1979-82 Chief Engineer Erik Lie  
1982-84 Civil Engineer Arne Skjelle  
1984-87 Civil Engineer Martin Wiig  
1987-89 Civil Engineer Jan Moksnes  
1989-92 Civil Engineer Sven Alexander  
1992-95 Civil Engineer Hanne Rønneberg  
1995-97 Civil Engineer Tor Ole Olsen

1997-00 Professor Magne Maage, PhD engineering  
2000-03 Civil Engineer Jan Eldegard  
2003-05 Civil Engineer Per Fidjestøl  
2005-08 Dr. Einar Aasved Hansen, PhD engineering  
2008-11 Dr. Terje F Rønning, PhD engineering  
2011- Civil Engineer Kjersti Kvalheim Dunham

## Foreningens sekretærer har vært:

### Association secretaries:

1955-57 General Secretary Bjarne Bassøe  
1957-58 Head Engineer Odd Fiskaa  
1958-63 Civil Engineer Odd Grønhaug  
1963-71 Civil Engineer Bjørn Slungaard  
1971-78 Civil Engineer Bjørn Olsen  
1979-09 Technical Manager Knut R. Berg  
2009-12 Technical Manager Siri Fause  
2012- Technical Manager Morten Bjerke



Bjørnsletta school.  
Photo: Trond Joelson



- Sprayed Concrete 2014 – det sjuende internasjonale symposium om sprøytebetong, arrangert i Sandefjord 16.-19. juni 2014 - [www.sprayedconcrete.no](http://www.sprayedconcrete.no)
- ICDC 2014 - International Congress on Durability of Concrete in New Delhi, India, 4.-6. desember 2014 - [www.icdc2014.com](http://www.icdc2014.com)

## Lokale medlemsgrupper

Norsk Betongforening (NB) og Norsk Forening for Betongrehabilitering (NFB) har i fellesskap etablert en rekke lokale medlemsgrupper rundt om i landet.

Gruppene arrangerer bl.a møter med foredrag om aktuelle betongfaglige temaer, ekskursjoner/befaringer og evt. andre betongrelaterte aktiviteter. Arrangementene skal være åpne for alle interesserte, og er normalt uten deltakeravgift for medlemmer av NB. Arrangementene blir publisert på Norsk Betongforenings hjemmesider og invitasjon sendes ut til medlemmer geografisk tilhørende den lokale gruppen. De lokale gruppene består av 5 - 7 personer.

Norsk Betongforening har regionale grupper i Oslo, Bergen, Stavanger, Trondheim, Narvik, Kristiansand/Sørlandet, Telemark/Vestfold og Østfold. Alle gruppene arrangerer seminarer og ekskursjoner i nærområdet.

## Enormt arbeid

Mange ildsjeler har lagt ned et enormt arbeid i foreningen. Det er viktig at både byggherrer, rådgivere, arkitekter, entreprenørskaper og andre fortsatt prioriterer dette arbeidet og at man frigir kapasitet slik at det fortsatt kan satses på forskning og utvikling. Dugnaden er ikke over. Det er også avgjørende at man opprettholder et godt samarbeid mellom utdanningsinstitusjoner, forskningsinstitusjoner, offentlige myndigheter og næringslivet.



NCA. You can find more information on [www.nordicconcrete.net](http://www.nordicconcrete.net)

## International Conferences hosted/co-hosted by NCA in 2013 and 2014:

2013:

- Straight Crossings 2013 – Bergen, Norway, June – [www.straight-crossings.no](http://www.straight-crossings.no)

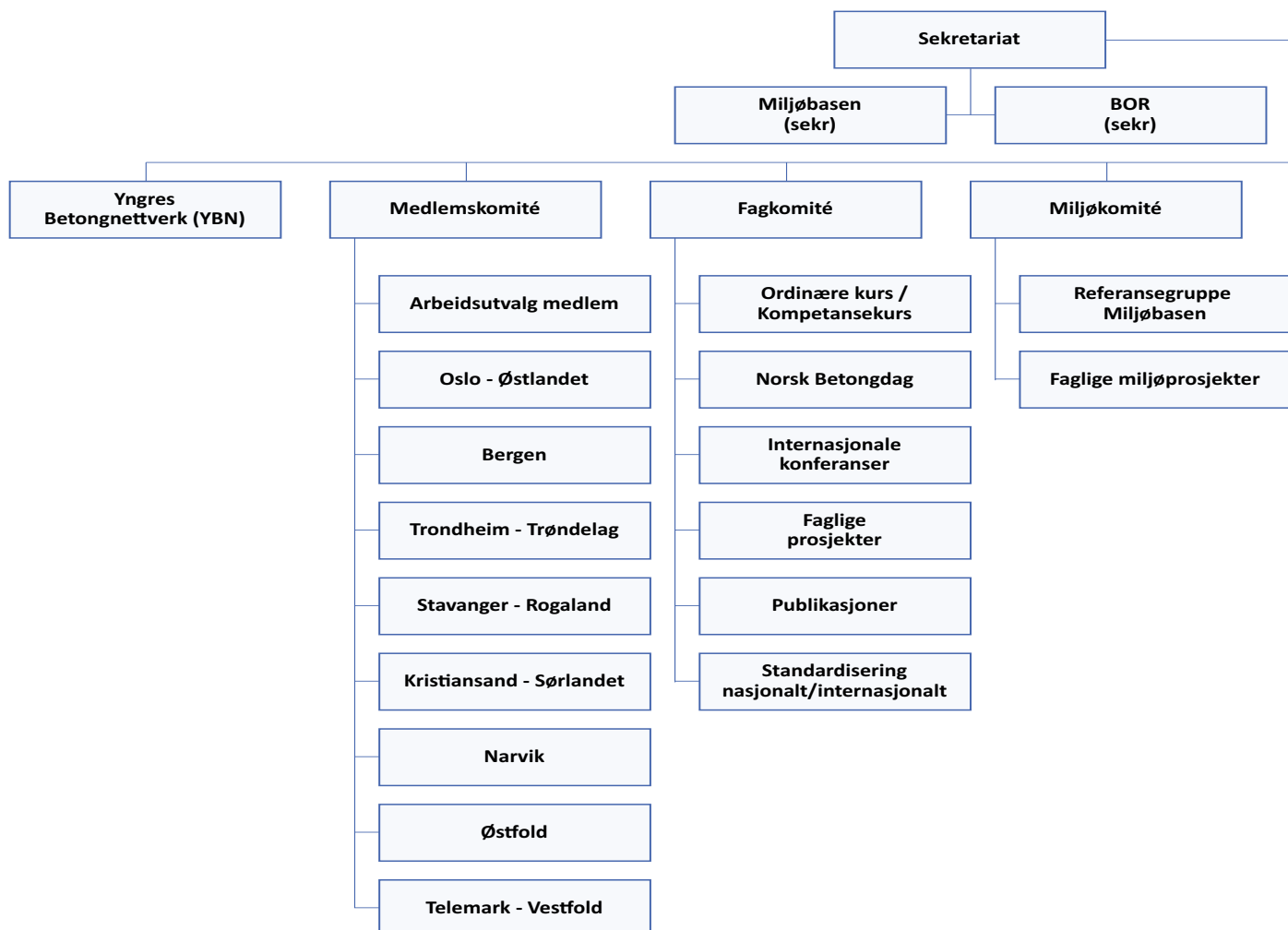
2014:

- CIC 2014 – Concrete Innovation Conference in Oslo, Norway June 10.-13th 2014 - [www.cic2014.com](http://www.cic2014.com)
- \* Sprayed Concrete 2014 – Seventh International Symposium on Sprayed concrete in Sandefjord, Norway June 16.-19th 2014 - [www.sprayedconcrete.no](http://www.sprayedconcrete.no)
- ICDC 2014 – International Congress on Durability of Concrete in New Delhi India, December 4-6th 2014 - [www.icdc2014.com](http://www.icdc2014.com)

## Local member groups

Norwegian Concrete Association and the Norwegian Association for Concrete Repair has together established a number of local member groups around the country.

The groups organize meetings including presentations on relevant concrete curricular themes, field trips / site visits and any other concrete related activities. The events are open to all interested and there is normally no registration fee for members of the association. The events are published on the Norwegian Concrete Association's website and invitation sent out to members geographically belonging to the local group. The local groups consist of 5-7 people. Norwegian Concrete Association has regional







groups in Oslo, Bergen, Stavanger, Trondheim, Narvik, Kristiansand / Sørlandet, Telemark / Vestfold and Østfold. All groups organize seminars and excursions in the surrounding area.

## A lot of effort

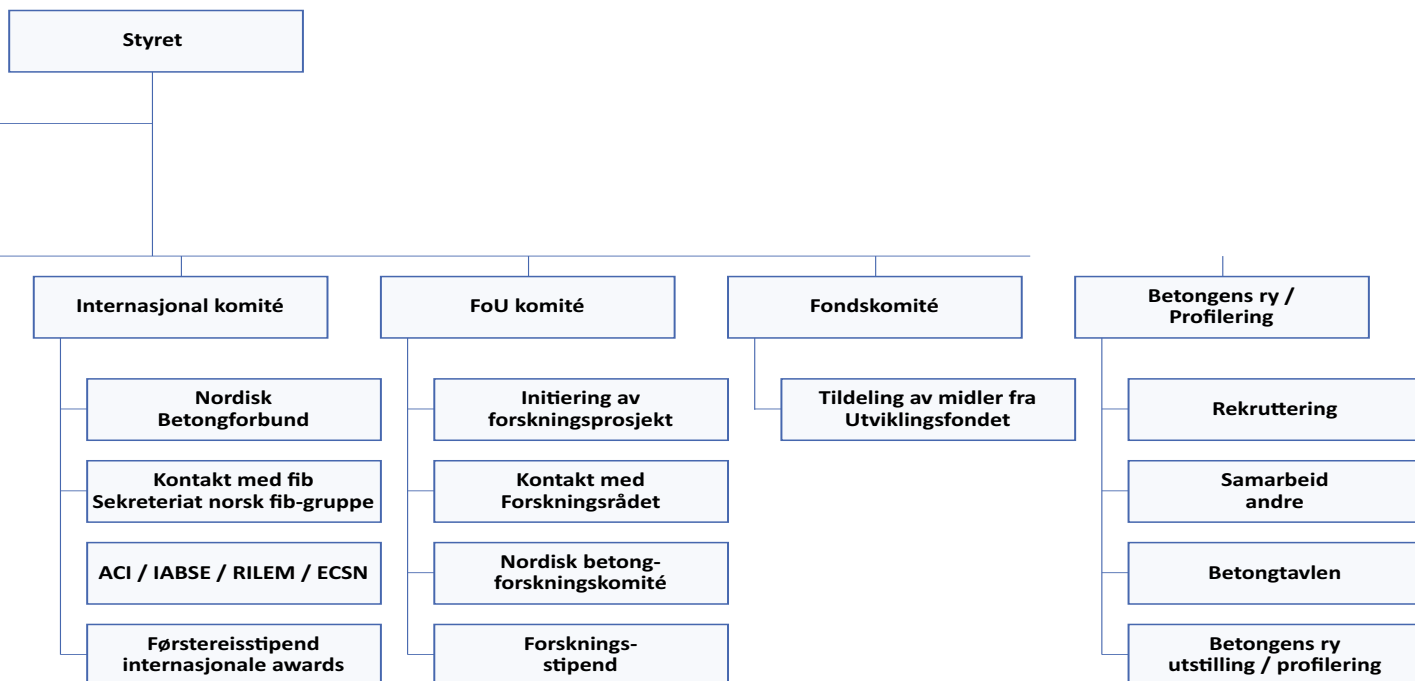
Many enthusiasts has put a lot of effort working for the association. It is important that both builders, consultants, architects, con-



Morten Bjerke, Daglig leder/CEO.



Kjersti Kvalheim Dunham, Styreleder/Chairman of the Board.



Organisasjonskart for Norsk Betongforening.

The Norwegian Concrete Association organization.



Tverlandsbrua.  
Photo: Torbjørn Braset/  
Statens vegvesen



### Betong – verdens viktigste byggemateriale



Betong er verdens viktigste byggemateriale. Nær sagt alle konstruksjoner rundt oss inneholder betong i en eller annen form: hverken sykehusene vi blir født i, boligene vi bor i, veien vi kjører på eller byggene vi jobber i kunne blitt realisert uten bruk av betong.

I hovedsak er betong et ganske enkelt konsept; man blander vann, stein/sand og sement – sementen reagerer kjemisk med vannet i prosessen som kalles hydratisering, og resultatet blir betong - og man har verdens mest robuste og formbare byggemateriale. Opp gjennom årenes løp har næringen stadig utviklet og forbedret betongens egenskaper og bruksområder – og byggematerialet er på ingen måte et enkelt produkt lenger. Ikke minst har ulike typer tilsetningsstoffer og stadig flere og bedre sementtyper gjort betong til noe helt annet enn hva det var da man i rundt 1900 virkelig begynte å bruke betong. I dag er det bare fantasien som setter grenser for hva betong kan brukes til.

Den norske sementindustri startet for alvor i 1888 da selskapet Christiania Cement Aktiebolag ble grunnlagt av svenske og tyske forretningsmenn. Selskapet bygde den første sementfabrikken på Slemmestad, og startet sementproduksjon i 1890. men det var ikke umiddelbart noen stor suksess. Fabrikken gikk konkurs flere ganger – før A/S Christiania Portland Cementfabrik ble etablert i

### Concrete – the world's most important construction material



Concrete is the world's most important construction material. Nearly every type of construction nearby includes concrete in some form: the hospitals where we were born, the roads we drive on, and the buildings where we work. None of these could have been constructed without the use of concrete.

Concrete is a fairly simple concept. A combination of water, rocks or sand, and cement. The cement reacts chemically with the water in a process called hydratisation, and the result is concrete, the world's most robust and malleable construction material. Over the years this industry has been continuously developing and improving the characteristics and applications of concrete – and this construction material is no longer a simple product. Various types of admixtures and newer, improved types of cement means that modern concrete is very different from the concrete used around 1900, when its popularity began to rise. Today the use of concrete is only limited by our imagination.

The Norwegian cement industry began in earnest in 1888, when the company Christiania Cement Aktiebolag, was established by Swedish and German businessmen. The company built its first cement plant at Slemmestad, and cement production began in 1890. This was not, however, an immediate success. The plant went





1892. Siden den tid har mye skjedd – og utviklingen skjøt først skikkelig fart når man kombinerte stål og betong. Fra å være et lite brukt materiale er det blitt det viktigste byggematerialet i nasjonen - og betongen har på mange måter skapt det moderne Norge slik vi kjenner i dag.

Alle landets viktigste byggverk er på en eller annen måte skapt med betongen som en bærende pilar. Det er ikke godt å si hvordan vi skulle bygget opp den store industrien rundt om i landet, hvordan vi skulle bygget sammen landet med moderne veier og bruer, hvordan vi skulle bygge landets mange og viktige institusjoner, hvordan vi skulle fått strøm fra dammer foruten betongen. Og ikke minst har betongen gjort Norges til et av verdens aller rikeste land gjennom oljen. De mektige betongplattformene i Nordsjøen har hentet og henter fortsatt opp olje og gass og fyller opp statskassen med penger. Norsk betongteknologi har vært og er innen visse områder i verdenstoppen. En viktig årsak til dette er det enorme innovasjonsarbeidet som fant sted på 1980- og 1990-tallet med utbyggingen av disse betongplattformene til Nordsjøen.

Opp gjennom tiårene har stadig nye teknikker og konsepter kommet til slik at man har klart å skape nye og bedre konstruksjoner- lengre bruer og mer spenstige byggverk. Opp gjennom årene fikk også arkitektene øyene opp for betongens muligheter. Dette har resultert i en lang rekke flotte bygg rundt om i landet. Vi har mye å takke dette fantastiske materialet for.

Norsk Betongforening har helt siden opprettelsen vært en drivende kraft i utviklingen av betong i Norge – og vært en medvirkende årsak til utviklingen vi har sett.



bankrupt several times until A/S Christiania Portland Sementfabrikk was finally established in 1892. Since then, a lot has happened, and development accelerated when they began to combine concrete with steel. Though concrete was once a seldom used material, it has now become the most essential construction material in the nation, and in many ways, concrete has created the Norway we know today.

All the most important buildings in the country have in some way been constructed with concrete, as a supporting pillar. It is hard to imagine how we could have established the nation's industrial sites, connected the country with modern roads and bridges, built the country's many important institutions, or obtained power from dams without concrete. And let us not forget that concrete has made Norway one of the richest countries in the world through oil. The mighty concrete oil platforms in the North Sea have helped to bring up oil and gas, and still do. They also fill the state treasury with money. Norwegian concrete technology has been, and continues to be one of the best in the world, in many sectors. One major reason is the enormous innovation that took place in the 1980s and 1990s, with the construction of these concrete oil platforms in the North Sea.

Over the decades, new techniques and concepts have continuously arisen, enabling us to create new and improved constructions – longer bridges and more resilient buildings. Over time, architects have also discovered the possibilities of concrete. This has resulted in a large number of beautiful buildings throughout the country. We have a lot to thank this fantastic material for.



Photo: Norcem

Norcems sementfabrikk i Brevik. Norcems cement plant in Brevik.

## De siste ti årene



I løpet av de siste ti årene har mye skjedd i både norsk byggenæring og betongbransjen.

Noe av det betongarbeidet som har imponert mest de senere årene, er utbyggingen av de unike prosjektene til Nasjonale turistveier i regi av Statens vegvesen. Her er det skapt en rekke spektakulære betongkonstruksjoner, og flere har vunnet den prestisjetunge Betongtavlen. Nasjonale turistveier teller nå 18 prosjekter, og mange av disse er tuftet på betong. Vi har viet god plass til denne utbyggingen i jubileumsheftet. Utbyggingen av turistveiene er langt fra avsluttet og fortsetter med uforminskert styrke.

Et annet viktig aspekt i perioden fra 2004 til 2014 finner vi innen COIN (Concrete Innovation Centre). Dette forskningsprosjektet har gjennom åtte år arbeidet for å bli ledende i Europa innen betongforskning. De har jobbet med utvikling av avanserte materialer, effektive konstruksjonsteknikker og nye designkonsepter kombinert med mer miljøvennlig materialproduksjon. Du finner langt mer om dette arbeidet i magasinet.

Det siste tiåret er også blitt miljøets tiår – noe som også har gjenspeilet seg innen betongbransjen. Det er arbeidet mye med å vise frem hvordan betongen kan brukes i et miljøperspektiv. De siste tiårene har sementindustrien arbeidet med å utvikle ny teknologi for å kunne redusere CO<sub>2</sub>-utslipp ved å utnytte alternative brensel, energieffektive prosesser, flyveaske og alternative råvarer. Bedrifter og organisasjoner i mur- og betongbransjen har også jobbet frem nye produkter og løsninger med forbedrede egenskaper både teknisk, økonomisk og miljømessig. Dette er selvsagt også viet plass i magasinet.

Betong er nå også i stadig økende grad blitt et produkt som har kommet inn i boligene våre. Det er slett ikke uvanlig å ha et betongbord i stuen, eller en kjøkkenbenk i betong. Flere firmaer har



The Norwegian Concrete Association has been a driving force in the development of concrete in Norway, ever since its creation. And it has been a contributing factor in the kind of development we have seen.

## The last decade

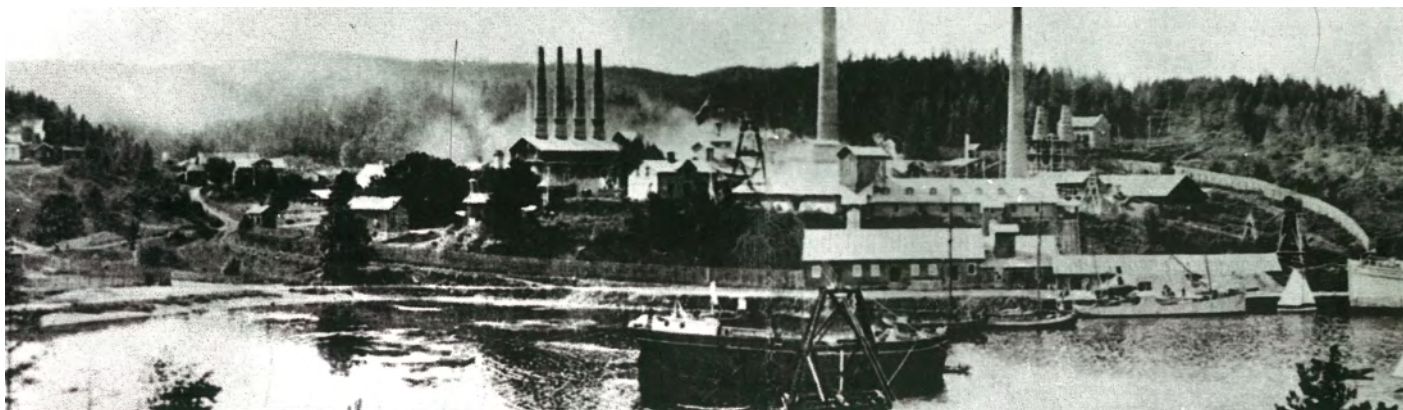
Over the last decade, a great deal has taken place in both the construction and concrete industries.

Some of the most impressive work performed with concrete over the last several years has been the construction of the unique projects for the National Tourist Routes in Norway, supervised by the Norwegian Public Roads Administration. A number of spectacular concrete constructions have been created, and several of them have won the prestigious Concrete Tablet Award/Betongtavlen. There have been 18 projects for the National Tourist Routes to date, and many of these are based on concrete. This anniversary booklet describes some of these constructions in detail. Construction of the tourist routes is far from complete, and will continue at an unabated pace.

Another important aspect of the period between 2004 and 2014 is COIN (Concrete Innovation Centre). For eight years, this research project has strived to become the leading European research actor in the concrete sector. They have worked to develop advanced materials, effective construction techniques and new design concepts with the production of more eco-friendly materials. Read more about this work in the magazine.

The last decade has also been called the environmental decade – something that is reflected in the concrete industry. A great deal of work has been invested in presenting ways in which concrete can be used in an environmental perspective. Over the past several decades, the cement industry has been working to develop new technology to reduce CO<sub>2</sub> emissions by the use of alternative fuel, ener-





Fra sementfabrikken på Slemmestad i 1906.

From the cement factory at Slemmestad in 1906.



blitt etablert som spesialiserer seg på å bygge ting og tang i betong, som folk kan ha i de moderne husene sine – boliger som gjerne også er produsert i betong.

Betong er virkelig blitt hot – og noe også arkitektene i stadig økende grad vet å benytte seg av. Selv om andre europeiske nasjoner ligger foran i denne utviklingen, er vi i Norge i ferd med å ta igjen utlandet på dette feltet.

Vi ser også litt på hva som skal skje fremover. Arbeidet med å bygge en ny ferjefri E39 på Vestlandet skrider fremover. Når dette prosjektet skal realiseres, noe som blant annet innebærer en kryssing av den mektige Sognefjorden, må man skape noen av verdens mest spektakulære og kompliserte betongprosjekter. Vi ser virkelig frem til at dette fantastiske prosjektet skal realiseres.

Norsk Betongforening har holdt stand som det viktigste samlingspunktet for alle som er interessert i og jobber med betong i næringen. Foreningen er en høyst oppegående 60-åring som ikke har tapt terreng. Ved siden av å holde på en stabil andel medlemsmasse med mye erfaring, har også den yngre garde nå virkelig begynt å få øynene opp for viktigheten av en slik forening og møteplass hvor man kan diskutere og jobbe med betong sammen med andre som deler den samme interessen. Blant annet er det nå startet opp Yngres Betongnettverk – og mange deltar aktiv i både ungdoms- og hovedforeningen. Dette er en utvikling som har vært viktig for at foreningen skal utvikle seg videre, om vi skal klare å løse fremtidens utfordringer.

## Noen milepeler og høydepunkter i moderne betonghistorie:

- 1889 – Den første armerte betongbroen ble bygd. Broen som hadde to spenn, hvert på 5 meter, ble bygd i landsbyen Stolt i Ungarn.
- 1903 – Den første skyskraperen av betong, Ingall-bygningen i Cincinnati i USA, ble bygd.
- 1904 – De første prefabelementene ble produsert.
- 1911 – Utviklingen av sprøytebetong startet.
- 1913 – Betongpumpen ble patentert.

*Norsk sementindustri startet for alvor i 1888 da selskapet Christiania Cement Aktiebolag ble grunnlagt av svenske og tyske forretningsmenn. Selskapet bygde den første sementfabrikken på Slemmestad, og startet sementproduksjon i 1890.*

*The Norwegian cement industry began in earnest in 1888, when the company Christiania Cement Limited, was established by Swedish and German businessmen. The company built its first cement plant at Slemmestad, and cement production began in 1890.*



gy efficient processes, fly ash, and alternative raw materials. Businesses and organisations associated with the masonry and concrete industries have also worked to develop new products and solutions with improved technical, economic and environmental features. This has also been presented in the magazine.

Concrete is becoming increasingly more common in our homes. It is not unusual to have a concrete coffee table in the living room, or a kitchen counter made of concrete. A number of companies have begun to specialise in constructing assorted products in concrete. These are products that people can have in their modern homes – homes that may also be constructed from concrete.

Concrete has become hot – something also architects are recognising to a larger extent and making use of. Although other European nations are still a few steps ahead in the development of this field, Norway will soon be catching up.

We will also be looking at future plans. The work on a new ferry-free, coastal highway route E39 in Western Norway is progressing. When this project arrives, involving a bridge across the mighty Sognefjord, we will be constructing one of the world's most spectacular and complicated concrete projects. We are certainly looking forward to the realisation of this marvellous project.

The Norwegian Concrete Association remains the most important meeting place for all those interested in, and working with, concrete in their businesses. The Association is a vigorous 60-year old, and is still going strong. In addition to maintaining a stable number of experienced members, younger professionals have also begun to see the importance of an association and meeting place where they can discuss and work with concrete, together with others who share the same interest. Recently they have started the "Younger Concrete Network" – and many of the younger members actively participate in both the youth association and the main association. This development is important for the further advancement of the association, if we are to solve future challenges.

## A few milestones and highlights of the modern history of concrete:

- 1889 – Construction of the first reinforced concrete bridge. The bridge, which had two spans, both 5 metres long, was built in the village of Stolt in Hungary.
- 1903 – Construction of the first concrete sky scraper, the Ingalls Building in Cincinnati, USA.

*Det engelske ordet for betong concrete kommer fra det latinske ordet concretus som betyr blandet eller grodd sammen.*

*The word "concrete" comes from the Latin word "concretus", meaning compact or condensed*

Det eldste funnet av et sementlignende bindemiddel er gjort ved bredden av elven Donau. Hyttegulvet som ble funnet er 25 cm tykt og laget av kalksement. Funnet er datert til ca. år 5600 f.Kr.

The earliest cement-like binding substance was found at the edge of the Danube River. The discovery was a 25 cm thick cottage floor, made of lime cement. This discovery is dated to 5600 BC.

Betong slik vi kjenner den i dag har en kort historie. Det var først et godt stykke ut på 1800-tallet at man begynte å bruke det byggematerialet vi kjenner som betong. Men da armert betong ble tatt i bruk i stor skala på tampen av 1800-tallet utviklet det seg raskt.

Concrete as we know it today has a fairly short history. The construction material we know as concrete was not in use as until the mid-1800s. When reinforced concrete began being used in the late 1800s, things progressed quickly.

Photo: Ådne Homleid



Det er lagt ned mye arbeid i å utvikle gode sprøytebetonger i Norge.

A lot of effort has been put into developing good sprayed concrete solutions in Norway.



- 1927 – Utviklingen av spennarmert betong ble påbegynt av Eugene Freyssinet.
- 1930 – Luftinnførende tilsetningsstoffer ble introdusert.
- 1936 – De første store betongdammene, Hooverdammen og Grand Coulee-dammen, ble bygd.
- 1970-tallet – Fiberarmeringen kom.
- 1973 – Operahuset i Sydney i Australia, bygningen som på grunn av sin karakteristiske arkitektur har blitt selve symbolet på byen, ble innviet.
- 1980-tallet – Utviklingen av de superplastiserende tilsetningsstoffene og SKB ble påbegynt.
- 1985 – Den første sementen som er tilsatt microsilica kom.
- 1989 – En av verdens mest berømte betongkonstruksjoner – Berlinmuren – falt.
- 1995 – Verdens største flyttbare betongkonstruksjon, den 472 meter høye og 678 000 tonn tunge oljeplattformen Troll A, ble slept ut til Troll-feltet og ble den største konstruksjonen som noensinne er blitt transportert.
- 1990-tallet – De kombinerte bro- og tunnelforbindelsene over Storebælt og Øresund ble bygd. (Kilde: Wikipedia)



- 1904 – Production of the first prefab elements.
- 1911 – Development of spray concrete.
- 1913 – The concrete pump was patented.
- 1927 – Development of pre-stressed concrete, begun by Eugene Freyssinet.
- 1930 – Introduction of air-entraining admixtures.
- 1936 – Construction of the first great concrete dams: Hoover Dam and Grand Coulee Dam.
- 1970s – Fibre reinforcement appeared.
- 1973 – Opening of the Sydney Opera House in Australia. This has become the symbol of the city, due to its characteristic architecture.
- 1980s – Development of superplastic concrete admixtures and self-compacting concrete (SCC).
- 1985 – Arrival of the first cement with microsilica.
- 1989 – Fall of one of the world's most famous concrete constructions – the Berlin Wall.
- 1995 – World's largest movable concrete structure, the 472 high and 678,000 ton oil platform, Troll A, was pulled out to the Troll gas field, becoming the largest construction ever to be transported.
- 1990s – Construction of the combined bridge and tunnel link across Storebælt and Øresund. (Source: Wikipedia)

By Arve Brekkhus





Pitun-Astokhskoye-B Platform Concrete Gravity Base Structure  
(Pitun-Astokhskoye field, offshore Sakhalin Island)

Multiconsult har en enestående erfaring og kompetanse på utbygginger i arktiske strøk. Vi har mer enn førti års erfaring med utvikling og prosjektering av betongkonstruksjoner offshore, både flytende og faste strukturer. Vi har hatt en sentral rolle i utviklingen av betonplattformer i utbyggingen av Sakhalin-I og Sakhalin-II i Russland og vi har vært engasjert i utforming av alle betongplattformer levert av Kvaerner etter 1990.

[www.multiconsult.no](http://www.multiconsult.no)

**Multiconsult**





The Gyldendal House  
Architect: Sverre Fehn  
Photo: Byggutengrenser/Trond Opstad









The Atlantic Road. Photo: Kjetil Schjølberg





## Nasjonale turistveger

Det finnes fortsatt veger som ikke bare har som hensikt å ta deg raskest fram. Nasjonale turistveger er vakre kjøreturer litt utenom det vanlige. Hver av de 18 strekningene har sitt særpreg og sine egne fortellinger. Statens vegvesen legger vegene til rette for deg som reiser. Dette gjør de med spektakulære utsiktspunkter, servicebygg, parkeringsplasser, møbler, stier og kunst. Dristig og nyskapende arkitektur i storslått natur er Nasjonale turistveggers særpreg.

## National Tourist Routes in Norway

There are still roads that are not merely designed to get you to your destination as quickly as possible. National Tourist Routes are beautiful drives with that little bit extra. The routes are carefully selected by the Norwegian Public Roads Administration, and each of the 18 routes has its own history and character. Their job is to make sure the routes are adapted to travellers' needs. We do so by building spectacular viewpoints with service buildings, car parks, furniture, paths and art.

På de neste sidene vil du se noen eksempler på disse praktfulle anleggene.

On the following pages you will see some examples of these magnificent projects.



## Gornitak



Med utgangspunkt i det opprinnelige steinhuset som lå ved Nesseby i Varangerfjorden har arkitekten tegnet en rasteplass som gir nytt liv til huset som ble brukt til ammunisjonslager under 2.verdenskrig. Navnet Gornitak (samisk Gorgnetak) betyr oppstigning, stedet der du kommer på land og kan starte oppstigningen til fjellet. Steinhuset er nå restaurert og inneholder toalett for rasteplassen.

Arkitekt: Margrete B Friis  
Landskapsarkitekt: Berg & Dyring.  
Hovedentreprenør: Mesta AS  
Fullført: 2006

## Gornitak



Using an original stone house at Nesseby on the Varanger fjord as a point of departure, the architect has designed a rest area that has given new life to this site, which was used for storing ammunition during World War II. The name Gornitak (in Sámi: Gorgnetak) means ascent, the place where you come ashore and can start the climb up the mountain. The stone house has now been restored and contains the service facilities for the rest area.

Architect: Margrete B Friis  
Landscape architect: Berg & Dyring.  
Main contractor: Mesta AS  
Completed: 2006





Photo: Helge Stikbakke / Statens vegvesen

## Rjupa



Rjupa og Vargebakkane er særpregede rasteplasser på stigningen mot Valdresflye på hver sin side. Området er svært værhardt. Rjupa har vidstrakt utsikt over Vinstervatn og oppgaven bestod i å forsterke steds karakteren, øke trafikksikkerheten og redusere slitasjen i terrenget. Gjennom enkle virkemidler er grensen mot det sårbare terrenget tydeliggjort samtidig som den visuelle tilgjengeligheten forblir generøs og understreker den horisontale åpenheten i landskapet.

Arkitekt: Knut Hjeltnes AS Sivilarkitekter MNAL  
Hovedentreprenør: Trafikk og Anlegg  
Fullført: 2006

## Rjupa



Rjupa and Vargebakkane are characteristic rest areas on the ascents on either side of the Valdresflye plateau. The area is extremely exposed to the effects of adverse weather. From Rjupa, there is a panoramic view over the Vinstervatn lake, and the assignment consisted in emphasizing the character of the location, improving traffic safety and reducing wear on the terrain. Using simple interventions, the boundary with the vulnerable terrain has been marked out while the visual accessibility remains generous, emphasizing the horizontal openness of the landscape.

Architect: Knut Hjeltnes AS Sivilarkitekter MNAL  
Main contractor: Trafikk og Anlegg  
Completed: 2006



Photo: Jiri Havran / Statens vegvesen

## Selvika



Rasteplassen i Selvika finnes på strekningen mellom Kokelv og Havøysund. Området ligger lunt til og er et yndet utfartssted for befolkningen i Havøysund på varme sommerdager. Den buktende gangstien som går fra vegen mot stranden inviterer den reisende til å se Selvika og det vakre landskapet fra forskjellige synsvinkler. Vandringen ender i et samlingspunkt med bål plass, bord og benker. En viktig forutsetning for rasteplassen var å gjøre den tilgjengelig også for rullestolbrukere. I stedet for å foreslå en dobbelløsning med rampe og trapp, lagde arkitekten en felles gangvei som kunne gi prosjektet en helhetlig karakter.

Hele konstruksjonen er støpt i lys grå betong som harmonerer med stedet. På avstand ser rasteplassen ut som en skulptur i betong med referanse til formasjonene i omgivelsene.

Arkitekt: Reiulf Ramstad Arkitekter AS  
Hovedentreprenør: T. Johansen Drift AS  
Fullført: 2013

## Selvika



The rest area at Selvika is located on the route from Kokelv to Havøysund. The area lies in a sheltered spot, and is a favourite picnic destination for the inhabitants of Havøysund on warm summer days. The path that snakes its way from the road to the beach invites the visitor to explore Selvika and its delightful landscape from various perspectives. The stroll ends in an open clearing with a place for a campfire, tables and benches. A key precondition for construction of this rest area was to ensure accessibility for wheelchair users. Instead of proposing a dual solution with a ramp and stairs, the architect designed a shared walkway that would lend a unified character to the project.

The entire construction has been cast in light grey concrete that blends in with the location. From a distance, the rest area looks like a concrete sculpture with references to the rock formations in its environment.

Architect: Reiulf Ramstad Arkitekter AS  
Main contractor: T. Johansen Drift AS  
Completed: 2013





Photo: Jarle Wæhler/ Statens vegvesen

## Sohlbergplassen



Carl-Viggo Hølmebakk ønsket å skape et utsiktspunkt langs vegen hvor opplevelsen av Rondane-massivet skulle ligne på inntrykket som formidles i Harald Sohlbergs maleri "Vinternatt i fjellene". Punktet fant han ved Atnsjøen med storslått og majestetisk utsikt til fjellene. Han forsto tidlig at de besøkende måtte løftes over bakkenivå og bygde en betongplattform som formelig svever i luften og bukker seg mellom slanke furutrær. Ristene i gulvet gir vann og lys til den myke skogbunnen dekket av mose og lav. Betongen er forskalet rundt trestammene. Skogbunnen er beholdt nesten urørt gjennom fundamentering på slanke søyler og det var bare nødvendig å felle ett tre under byggingen.

Arkitekt: Carl-Viggo Hølmebakk  
Hovedentreprenør: Mesta AS  
Fullført: 2006

## Sohlbergplassen



This rest area is located a good kilometre north of the Atnsjø Café, and was already an established vantage point from which the view towards the Atnsjøen lake and the mountains beyond could be admired. Here, Carl-Viggo Hølmebakk wished to create a roadside vantage point that would provide an impression of the Rondane massif evocative of Harald Sohlberg's painting "Winter Night in the Mountains". He found that spot near Atnsjøen lake, with a grand and majestic view of the peaks. He clearly saw that to reach this point, visitors had to be raised above ground level, and he constructed a concrete platform that virtually hovers in the air and curves around the slender pine trees. The steel-lattice floor provides water and light to the soft forest floor covered in moss and lichen. The formwork for the concrete was placed between the trees. By placing the foundations on slender pillars, the forest floor could be preserved in near-pristine condition, and only one single tree had to be felled during the construction project.

Architect: Carl-Viggo Hølmebakk  
Main contractor: Mesta AS  
Completed: 2006



Foto: Bjørn Andresen / Statens vegvesen

## Steinsdalsfossen



Steinsdalsfossen er en viktig innfallsport til Nasjonal turistveg Hardanger. Fossen er stor og mektig, og en spesiell fjellformasjon i selve fossefallet gjør det mulig å gå tørrskodd bak fossen. Steinsdalsfossen har stor trafikk gjennom hele turistsesongen og parkeringskapasiteten var for liten. I tillegg var den gamle stien opp til fossen preget av stor slitasje og dårlig stabilitet.

Området er oppgradert med en romslig parkeringsplass, nytt servicebygg med toalett og turistinformasjon. I tillegg er stien opp til fossen rustet opp og sikret. Servicebygget, med sine mange untradisjonelle vinkler rammer inn utsikten mot fossen. Bygningen og muren mot riksvegen er bygget i plateforskalt betong med en spesiell grønnfarge som harmoner med de vakre omgivelsene. Stien er utført som en eseltrapp og gir en behagelig vandring opp mot fossen.

Arkitekt: Jarmund/Vignæs AS

Landskapsarkitekt: Grindaker

Hovedentreprenør: GBS Entreprenør AS/Hardanger Maskin AS

Fullført: 2014

## Steinsdalsfossen



The Steindalsfossen waterfall is a key gateway to National Tourist Route Hardanger. The waterfall is large and mighty, since the river generally runs high. Because of a peculiar rock formation underneath the edge, visitors can walk behind the falling curtain of water while staying dry and safe.

Steindalsfossen is well visited throughout the summer season, and the car park was too small. In addition, the old path leading up to the waterfall was worn and had become unstable. The area has been upgraded with a spacious car park, a new service building with facilities and information stands, and the path has been upgraded and secured. The service building with its several untraditional angles points towards as well as frames the view of the waterfall. The building and the abutment wall towards the main road are constructed in plate-formwork concrete with added copper filings. This gives the concrete a particular green hue that causes it to blend into the verdant scenery. The path is shaped in a series of steps and provides for a comfortable stroll up towards the waterfall.

Architect: Jarmund/Vignæs AS

Landscape architect: Grindaker

Main contractor: GBS Entreprenør AS/Hardanger Maskin AS

Completed: 2014





Photo: Jarle Wæhler / Statens vegvesen

## Strømbu



Strømbu er en av hovedinnfallsporene til Rondane fra øst.

Plassen benyttes også som utgangspunkt for fotturer i Alvdal vestfjell. På Strømbu ønsket vi å skape et møtepunkt mellom fot- og bilturisten og lage et tilbud til begge grupper.

Lokalsamfunnet i Atndalen engasjerte seg også tidlig i planleggingsfasen for å få til en betjent kiosk som også kunne gi god lokal informasjon i turistsesongen - og slik ble det. Hovedbygningen består av et ute- og inneområde. Fra parkeringen leder en trapp deg til takterrassen med utsikt mot fjellene og elva. På innsiden finner du et hyggelig oppholdsrom med peis og benker hvor du kan betrakte naturen og området rundt elva gjennom store panoramavinduer. Toalettfasiliteter er plassert i en bygning for seg.

Arkitekt: Carl-Viggo Hølmebakk  
Hovedentreprenør: Mesta AS  
Hovedrasteplass, Nasjonal turistveg Rondane.  
Fullført: 2008

## Strømbu



Strømbu is one of the main gateways to the Rondane massif from the east. The site is also used as a starting point for hikes in the mountains to the west of Alvdal valley. At Strømbu, we wished to cater to the interests of hikers as well as motorists. The local community in the Atndalen valley took an interest in the planning process at an early stage to establish a staffed kiosk that could serve as an information centre during the tourist season, and this idea was also realized. The main building encompasses an outdoor as well as an indoor area. From the car park, stairs lead up to the roof terrace with a view towards the mountains and the river. Inside, there is an inviting waiting room with a fireplace and benches, from where you can enjoy the scenery and the area around the river through large picture windows. The service facilities are placed in a separate building.

Architect: Carl-Viggo Hølmebakk  
Main contractor: Mesta AS  
Completed: 2008

Photo: Jiri Havran/Statens vegvesen



## Trollstigen



For å bygge en attraksjon som begeistrer og står seg over tid, var det viktig å ta hensyn til det barske klimaet og stemningen i det unike naturlandskapet. Stål og betong ble derfor benyttet som grunnmaterialer i anlegget. Betongen fremstår som vakker og levende gjennom flere typer av overflatebehandling, fra vulkansk grove til silkemyke flater.

Hovedbygningen består av to huskropper som folder seg rundt hverandre. Bygget rommer blant annet kafé og informasjon, hvor du kan nyte det naturskjønne området og det rennende vannet. Alle retninger i landskapet og alle fjelltopper i nærheten har vært med på å gi den komplekse geometrien til bygget. Den andre bygningen er formet som en voll, og fungerer som en beskyttende barriere for elven Istra når den er på sitt høyeste. Innvendig huser vollen toaletter, kiosk og suvenirutsalg.

Gangvegene og trappene frem til utsiktspunktene har en jevn og god rytme og innbyr til vandring i og opplevelse av det mektige landskapet.

Den største utsiktsplattformen ligger dramatisk til i landskapet og stikker ut over en kant med et loddrett fall på ca 200 meter. Plattformen har forskjellige utsiktspunkt tilpasset modige og forsiktige besøkende.

Vannet har vært det viktigste elementet i den arkitektoniske utformingen av stedet. Terskler på vannspeilet bidrar til å regulere vannavrenningen. Mye av den nordiske og spesielt den norske kulturen er tuftet på forholdet til vann. På Trollstigen kan vannet oppleves som snø på fjellene, som et speil, rennende, kontrollert fallende eller dramatisk som et fossefall.

Arkitekt: Reiulf Ramstad Arkitekter AS  
Landskapsarkitekt: Multiconsult  
Hovedentreprenør: Christie & Opsahl AS  
Fullført: 2012

## Trollstigen



To build an exhilarating attraction that can endure over time, it was crucial to consider the harsh climate and atmosphere of this unique natural scenery. Steel and concrete were therefore chosen as the basic materials for this installation. With the aid of several types of surface treatment the concrete has been made to appear attractive and dynamic, from rough volcanic to silky smooth.

The main building consists of two interlacing corpuses. From the building, which includes a café and an information centre, you can enjoy the magnificent scenery and the swirling water. All the directions of the landscape and all the surrounding peaks have been considered in assigning this building with its complex geometry.

The other building is shaped like a mound and acts as a protective barrier to the river Istra when it runs high. Inside the mound there are service facilities, a kiosk and a souvenir shop. The walkways and stairs leading to the vantage points proceed at a well-paced rhythm that invites for a stroll to experience this mighty landscape.

The main viewing platform is dramatically located in the landscape, jutting out over an edge with a sheer drop of approximately 200 metres. The platform offers various vantage points adapted to courageous as well as more cautious visitors

Water has been a key element in the architectural design of this site. Thresholds along the waterline help regulate water runoff. Much of Nordic culture, and Norwegian culture in particular, is associated with water. At Trollstigen, water can be experienced in many forms: as snow on the mountains, as a mirror, as a swirling stream, as a regulated downward flow or as a dramatic cascade.

Architect: Reiulf Ramstad Arkitekter AS  
Landscape architect: Multiconsult  
Main contractor: Christie & Opsahl AS  
Completed: 2012





Photo: Trine Kanter Zerwekh

## Utsikten



Utsikten på Gaularfjellet er et av de flotte utsiktspunktene på strekningen. Rasteplassen ligger på toppen av stigningen fra Vetlefjorden i retning Moskog. Fra dette punktet får du et storslått utsyn over et frodig og vakkert landskap der riksveg 13 slynger seg oppover lia. Hovedmålsettingen for rasteplassen er å lage et utsiktspunkt som i sin utforming utnytter stedets beliggenhet maksimalt. Utsiktspunktet skal i hovedsak bygges av en trekantet betongflate med hjørner som peker mot nord, sør og vest. Tanken er å lage en form som stimulerer til fysisk bevegelse og samtidig kan brukes aktivt som en sosial- og kulturell arena.

Arkitekt: Code arkitektur  
Landskapsarkitekt: Dronninga Landskap AS  
Hovedentreprenør: Veidekke Entreprenør AS  
Planlagt fullført: 2015

## Utsikten



Utsikten at Gaularfjellet is one of the magnificent vantage points along this route. The rest area is located on the top of the ascent from Vetlefjorden when driving towards Moskog. From this point, you can enjoy a spectacular view over a verdant and scenic landscape, through which National Road 13 winds up the hillside. The main objective of this rest area is to provide a vantage point whose design makes optimal use of the location. The vantage point will mainly be constructed in the form of a triangular concrete platform with corners pointing north, south and west. The idea is to establish a form that encourages physical activity, but that can also be used actively as a social and cultural arena.

Architect: Code arkitektur  
Landscape architect: Dronninga Landskap AS  
Main contractor: Veidekke Entreprenør AS  
Planned completion: 2015



Ill.: Code arkitektur



## Ørnesvingen



Ørnesvingen er et av de to spektakulære utsiktspunktene langs Nasjonal turistveg Geiranger - Trollstigen. Stedet ligger i vakker natur med fantastisk utsikt over Geirangerfjorden.

Målet med utformingen har vært å forsterke opplevelsen i disse dramatiske og unike landskapsrommene. Ørnesvingen består av to deler. I «balkongen» ligger tre dekker av plasstøpt, hvit betong forskjøvet i forhold til hverandre og som danner et landskap av trapper, benker og plasser mot fjorden og naturen. Eksisterende bekk renner på en glassflate over plassen og stuper utfor kanten ned mot fjorden. I «svingen» krager et betongdekke ut over den gamle vegmuren. Brede langsgående benker i prefabrikkert, slipt, hvit betong er buet etter kjørebanelens form og skiller bil- og gangtrafikk.

Arkitekt: 3RW - Sixten Rahlff

Landskapsarkitekt: Smedsvig Landskapsarkitekter AS

Kunstner: May Elin Eikaas-Bjerk

Hovedentreprenør: Christie & Opsahl AS

Fullført: 2006

## Ørnesvingen



Ørnesvingen is one of two spectacular vantage points along the National Tourist Route Geiranger – Trollstigen. The site is located amidst scenic natural surroundings with a breathtaking view over the Geirangerfjord. The design objective has been to reinforce the experience of this dramatic and unique landscape. The Ørnesvingen site consists of two parts. On “the balcony”, three slabs of white concrete have been cast in place at varying heights, creating a landscape of steps, benches and open spaces towards the fjord and the scenery. An existing stream runs over a glass plane across the site before hurtling over the edge down to the fjord. In “the curve”, a concrete floor protrudes out over the old abutment wall. Broad benches in prefabricated, ground white concrete follow the shape of the driving lane, separating motorists and pedestrians.

Architect: 3RW - Sixten Rahlff

Landscape architect: Smedsvig Landskapsarkitekter AS

Artist: May-Elin Eikaas-Bjerk

Main contractor: Christie & Opsahl AS

Completed: 2006

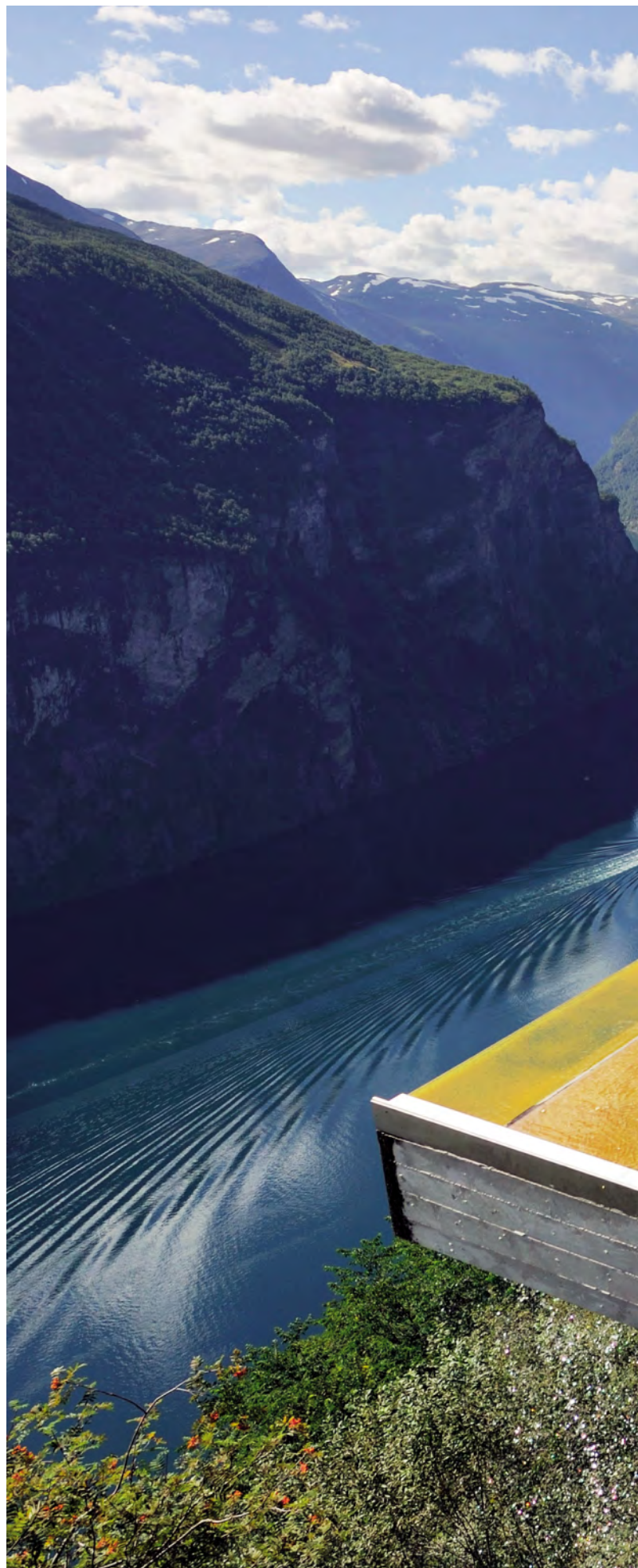


Photo: Jarle Wæhler / Statens vegvesen









### BETONGstudio - et nytt møtested og showroom



BETONGstudio er bygget opp av eksempler fra bransjen og er et tilbud til alle som har interesse for den synlige betongen. Hit kommer arkitekter, entreprenører, håndverkere, byggherrer for å orientere seg i muligheter og utfordringer. Det arrangeres også felles møter med alle involverte i prosjekter.

I BETONGstudio har vi laget et nøytralt møtested for å samle alle som på en eller annen måte er involvert i prosesser med betongarbeidet. Vi mener den enkleste måten å sikre gode resultater er gjennom god dialog og få felles forståelse for muligheter, utfordringer og forventninger.

For mange er betong fremdeles et negativt belastet ord. Det er ikke bare tungt, grovt og grått, men også ekstremt komplisert, stor risiko for uakseptable avvik og uforutsigbare resultater.

Dette vet vi i bransjen er både overdrevet, feil og misvisende. Vår oppgave er å bruke all kunnskapen om muligheter og metoder i aktiv dialog med dem som kanskje har andre ideer og tanker om bruksområde og opplevelse av kvaliteter og uttrykk.

Norsk Betongforening har vært med i arbeidet for å etablere BETONGstudio som er et direkte resultat av en workshop som Byggutengrenser arrangerte for betongbransjen i februar 2012 med temaet «Etterbehandling av betongoverflater». I løpet av denne samlingen konkluderte arkitekter, rådgivere og betongbransjen for øvrig at det er et stort behov for mer kompetanse rundt beskrivelser og utførelse av betongoverflater. I samarbeid med Norsk Betongforening og bedrifter i betongbransjen bygget Byggutengrenser og BRUKdesign deretter opp BETONGstudio som et show-room i Oslo for å gjøre denne kompetansen bedre tilgjengelig.

Nettstedet [www.betongstudio.no](http://www.betongstudio.no) ble også etablert for å kunne være en portal for å spre informasjon om muligheter med ulike betongoverflater, etterbehandlinger samt råd og tips om hvordan oppnå gode overflater.

BETONGstudio skal alltid være fylt med en utstilling av gode eksempler på betongoverflater gjennom lett tilgjengelige støpeprøver, eksempler på overflater, etterbehandlinger og gode veiledninger. Dette senteret skal være et sted der alle faggruppene kan møtes til konstruktiv dialog. Gjerne tidlig og underveis i byggeprosesser. BETONGstudio drives av BRUKdesign ved Benedikte Thallaug Wedset, i tett samarbeid med resten av betongbransjen.

### BETONGstudio - a new meeting point



BETONGstudio is the new spot to meet if you are interested in concrete surfaces. It is a showroom made by examples from all parts of the industry.

Architects, entrepreneurs, craftsmen, engineers and builders visit us to view a wide spectrum of options and to learn about techniques, limits and possibilities.

Our place is a neutral meeting point for those in some way involved with concrete surfaces. Our opinion is that to secure great results is through common references, knowledge and close dialog. We want to show possibilities and to ensure right expectations.

Concrete is still associated with words like cold, raw and gray and is to many people a negative charged word. The complexity, the chances we take, and risk for failure is often the main topics in discussions whether or not to use concrete as the final surface.

The knowledge in the concrete industry is fantastic and is able to meet these questions and claims with solutions. The challenge is to combine and use old methods and skills with new ideas and new interpretations and ratings of quality.

The Norwegian concrete association has participated in establishing BETONGstudio. The work started as a direct result of a workshop arranged by Byggutengrenser in February 2012. The topic was "treatment of concrete surfaces. During this meeting architects, engineers and participants from the concrete industry concluded the need of more knowledge about description of the exposed concrete surface.

In cooperation with The Norwegian concrete association and parts of the concrete industry Byggutengrenser and BRUKdesign built BETONGstudio as a concrete place to make options, methods and technics more available.

The website [www.betongstudio.no](http://www.betongstudio.no) was also established as a portal to spread information in matters concerning the concrete surface.

In BETONGstudio you will find a large amount examples showing methods, techniques, types of surfaces and ways of after treatment and impregnation.

This place is intended to be a spot where all branches and groups working with concrete can meet for a constructive and sheering dialog. It is recommended both early and during construction process. BETONGstudio is run by BRUKdesign, by Benedikte Thallaug Wedset in close cooperation with rest of the concrete industry.

By Jan Eldegard



## Arkitektstudenter lærer om betong



Den norske betongbransjen samarbeider med NTNU i Trondheim og AHO i Oslo for å gi grunnleggende betongkompetanse for arkitektstudentene. Aktivitetene er knyttet sammen gjennom engasjement av professor II-stillinger ved de to lærestedene samt utplasseringsuker i bedrifter og på byggeplasser.

Dette samarbeidet er organisert av Byggutengrensere som har god støtte fra Norsk Betongforening for delfinansiering av lærekraftene.

På hver av skolene deltar hvert år 70-80 studenter i betongundervisningen samt i en ukes utplassering i betong- og murbedrifter i Trøndelag

og på Østlandet. I tillegg til støtten fra Norsk Betongforening bidrar de deltagende bedriftene med materialer, kunnskap og dedikerte medarbeidere som gjør dette til en meget verdifull og lærerik opplevelse for studentene. Arkitektstudentene får et godt innblikk i de tekniske mulighetene med betong samt at de får jobbet med materialet ut fra deres egne tanker rundt betongdesign.

## Architecture students learning about concrete



The Norwegian concrete industry collaborate with The Norwegian University of Science and Technology (NTNU) in Trondheim and The Oslo School of Architecture and Design (AHO) to provide basic concrete skills for architecture students. The activities are linked together through the financing of adjunct professor positions at both institutions as well as one week of practical work in concrete factories and at construction sites.

This cooperation is organized by Byggutengrensere and has great support from Norwegian Concrete Association for partial funding of the adjuncts professors.

Each year 70-80 students from each of the schools are participating in the concrete education, and in a week's placement in concrete and masonry factories in Trøndelag and Østlandet. In addition to the support from the Norwegian Concrete Association the participating companies provides materials, knowledges and dedicated staff that make this a very valuable learning experience for the students. Architect Students gain an insight into the technical possibilities of concrete and they get the possibility to work with the material based on their own ideas for concrete design.

*Bildet viser basshøytaler i betong utviklet av Magnus Garvoll, student ved Arkitekt og designhøgskolen i Oslo (AHO). Magnus var utplassert hos Opplandske Betongindustri på Dokka og fikk prisen for beste studentprosjekt i 2013.*

*Sub-woofer made by Magnus Garvoll, student at The Oslo School of Architecture and Design (AHO). Magnus had his placement at Opplandske Betongindustri at Dokka and received the prize for the best student project in 2013.*



Photo: Nils Petter Dahle





Photo: Norcem

## Bærekraftige betongkonstruksjoner



I hundrevis av år har betongkonstruksjoner tjent samfunnet, gjort lokalsamfunn trygge å leve i og sikret pålitelig infrastruktur. Helse- og miljøforhold i konstruksjoner har etter hvert blitt mer og mer viktig og fokus på innemiljø, klimaendringer, energiforbruk og CO<sub>2</sub>-utslipp har økt. Den norske betongindustrien arbeider aktivt for å redusere miljøpåvirkningen av betongkonstruksjoner.

Betongens viktigste miljøegenskaper er knyttet til materialets lange levetid, lave behov for vedlikehold, muligheten for å bygge energieffektive hus og det faktum at betong svært ofte er basert på lokalt produserte materialer.

Det dominerende miljømessige fotavtrykk til betong har imidlertid i mange år vært CO<sub>2</sub>-utslipp knyttet til produksjonen av sement.

De siste tiårene har den norske sementindustrien arbeidet med å utvikle ny teknologi for å kunne redusere CO<sub>2</sub>-utslipp ved å utnytte alternative brensel, energieffektive prosesser, flyveaske og alternative råvarer. En ny type lavkarbonbetong er utviklet som et resultat av mange års målrettet arbeid med miljøutfordringene. Denne lavkarbonløsningen er brukt i flere byggeprosjekter innenfor den norske BREEAM NOR klassifikasjonssystemet og har raskt blitt en populær løsning for innovative eieomsutviklere.

Den norske betongindustrien har i mange år jobbet med miljødeklarasjoner (EPD) som hovedsystem for dokumentasjon av miljøegenskaper. Internasjonalt har den norske betongindustrien blitt anerkjent som en pioner for utvikling av kostnadseffektive "EPD-generatorer" for både ferdigbetong og prefabrickerte betongprodukter. Som et resultat av dette er mer enn hundre betongleverandører nå i stand til å presentere EPDer som kan anvendes for å utvikle de beste konstruksjonsløsningene med hensyn til miljøegenskaper.

For å kunne ta hensyn til den totale miljøvirkninger i levetiden til en betongkonstruksjon, har Norsk Betongforening ferdigstilt en rapport i 2014 som angir effekten av- og potensialet for CO<sub>2</sub>-opptak i betong. Ved å ta hensyn til denne karbonatiseringsprosessen, vil EPDene kunne dokumentere netto CO<sub>2</sub>-opptak i løpet av levetiden til en betongkonstruksjon og med dette sikre bærekraftig bygging.

## Sustainable Concrete constructions



For hundreds of years, concrete constructions have served society and made communities safe to live in and secured reliable infrastructure. Health- and environmental properties of constructions have gradually become more important as focus on indoor environment, climate change, energy consumption and CO<sub>2</sub>-emissions have increased. The Norwegian concrete industry is actively working to reduce environmental impact of concrete constructions.

The most important environmental properties of concrete are linked to the material's long lifetime and minor needs for maintenance, the possibility to build energy efficient houses and the fact that concrete very often is based on locally manufactured materials. However, the dominating environmental footprint of concrete has for many years been the CO<sub>2</sub>-emissions linked to the production of cement.

For the last decades, the Norwegian cement industry has been constantly developing new technology to be able to reduce CO<sub>2</sub>-emissions by utilizing alternative fuel, energy efficient processes, fly-ash and alternative raw materials. A new type of low-carbon concrete is developed as a result of many years of dedicated work with the environmental challenges. This low-carbon solutions are used in reference building projects within the Norwegian BREEAM NOR classifications system and have rapidly become a popular solutions for innovative property developers.

The Norwegian concrete industry has for many years been working with environmental product declarations (EPDs) as the dominant system for documentation of environmental properties. Internationally, the Norwegian concrete industry has been recognized as a pioneer for developing cost efficient "epd-generators" for both ready-mix concrete and precast concrete products. As a result, more than 100 concrete suppliers are now able to present a specific EPD which may be used for developing the best solution for a construction with respect to environmental properties.

In order to take into account the total environmental effects in the life-time of a concrete construction, the Norwegian Concrete Association has finished a project in 2014 -aiming at defining the effect of CO<sub>2</sub>-uptake in concrete. By including this carbonatization, EPDs should document the net CO<sub>2</sub>-emission during the life-time of a concrete construction- securing sustainable building.

By Jan Eldegard



Photo: Byggutengrenser/Miplan



## MILJØhandlingsplanen for BETONG

### Fellesinnsats for bærekraft



Bedrifter og organisasjoner i mur- og betongbransjen har i lang tid jobbet fram nye produkter og løsninger med forbedrede egenskaper både teknisk, økonomisk og miljømessig.

For å sikre felles nytteverdi av arbeidet har Norsk Betongforening sammen med øvrig betongbransje utarbeidet en handlingsplan som skal bidra til enda bedre miljøvalg i bygg og anlegg.

Disse oppgavene er nå koordinert gjennom betongbransjens miljøhandlingsplan og innholdet presenteres gjennom prosjektets hjemmeside [www.miplan.no](http://www.miplan.no)

For å implementere disse planene, er Kristin Holthe fra Multiconsult fra april 2012 leid inn som miljøkoordinator og felles knutepunkt for enkeltprosjekter og rapportering.

Dette arbeidet er finansiert av betongbransjen gjennom bidrag fra Norsk Betongforening, FABEKO og Betongelementforeningen, mens Byggutengrenser er sekretariat og kontraktspartner for mur- og betongbransjen.

Deltakere i styringsgruppen for miljøhandlingsplanen:

- Kristin Holthe, Multiconsult (prosjektkoordinator)
- John-Erik Reiersen, Betongelementforeningen
- Hallvard Magerøy, FABEKO
- Arne Vatnar, Norsk Betongforening
- Per Brevik og Jan Eldegard, Byggutengrenser (sekretariat)

Norsk Betongforening er største eier av miljøhandlingsplanen og NBs miljøkomite har de siste årene også jobbet fram flere svært aktuelle rapporter. Den siste rapporten ble framlagt i september 2014 og omhandler karbonopptak i betong.

Miljøkomiteens rapporter de siste årene er:

Rapport nr 4, 2014: Karbonopptak i betong

Rapport nr 3, 2011: Permeabel betong og overflatevann - muligheter og utfordringer

Rapport nr 2, 2010: Økt fokus på miljø og klimaendringer – nye muligheter for betong

Rapport nr 1, 2009: CO2 utslipp - sement og betong, utfordringer og perspektiver.

Deltakere i NBs miljøkomite er:

- Knut Kjellsen, Norcem AS (leder)
- Kristin Holthe, Multiconsult AS
- Per Jahren, P.J.Consult AS
- Stefan Jakobsen, NTNU
- Agnar Løbak, Unicon AS
- Hallvard Magerøy, FABEKO
- Arne Vatnar, Skanska Norge AS
- Sekretariatet i Norsk Betongforening v/Knut Bryne

Dette er et svært viktig arbeid og bidrar til at betongens miljøegenskaper er meget godt dokumentert. Denne kunnskapen er et flott utgangspunkt for innovasjon og utnyttelse av betongen som bærekraftig samfunnsbygger.

### Working for sustainability



Companies and organizations within the concrete and masonry industry in Norway have for many years developed new products and solutions with improved properties with respect to techniques, economy and environment.

In order to achieve higher common values from this work, The Norwegian Concrete Association has developed an action plan together with the companies in the concrete industry aiming at developing efficient and environmental-friendly solutions within the construction industry.

These tasks are now coordinated through the environmental action plan and made available through the project's web site [www.miplan.no](http://www.miplan.no). Kristin Holthe from the company Multiconsult is as from April 2012 engaged as the project coordinator.

The work is financed by the concrete industry through Norwegian Concrete Association, the Norwegian Precast Concrete Federation and Norwegian Ready Mixed Concrete Organization (FABEKO), while Byggutengrenser is acting as secretary and contractual partner on behalf of the industry.

Participants in the steering committee are:

- Kristin Holthe, Multiconsult (project coordinator)
- John-Erik Reiersen, Norwegian Precast Concrete Federation
- Hallvard Magerøy, Norwegian Ready Mixed Concrete Organization
- Arne Vatnar, Norwegian Concrete Association
- Per Brevik and Jan Eldegard, Byggutengrenser (secretary)

The Norwegian Concrete Association (NB) is the main owner of the project and NB's environmental committee has produced several technical reports during the last years.

These reports are:

Report no 4, 2014: Carbon uptake in concrete

Report no 3, 2011: Pervious concrete and handling of surface water

Report no 2, 2010: Focus at environment and climate change

Report no 1, 2009: CO2 emissions from cement and concrete.

Participants in NBs environmental committee are:

- Knut Kjellsen, Norcem AS (chairman)
- Kristin Holthe, Multiconsult AS and [www.miplan.no](http://www.miplan.no)
- Per Jahren, P.J.Consult AS
- Stefan Jakobsen, NTNU
- Agnar Løbak, Unicon AS
- Hallvard Magerøy, Norwegian Precast Concrete Federation
- Arne Vatnar, Skanska Norge AS
- Knut Bryne, Norwegian Concrete Association (secretary)

The work in this committee is of high importance and supports concrete industry by documenting the environmental properties of concrete. This knowledge is a good basis for environmental innovation and utilization of concrete to build sustainable societies.

By Jan Eldegard





Photo: Ole H Rrokstrand

## Betong støtter et bærekraftig samfunn



Erling Dokk Holm, en aktiv skribent i norske aviser som har fokus på byutvikling, arkitektur og trender i samfunnet, har skrevet et essay som beskriver en fremtid bygget på og med betong: "Fremtiden meisles ikke ut i stein, den støpes i betong".

Befolkningen i Norge er økende. I 2012 var vi mer enn 5 millioner mennesker- kanskje ikke så mange, men vi er spredt ut over hele landet. Befolkningen vokser med ca 50.000 personer per år, og vi lever langs 2500 km av kystlinjen, på landsbygda, i fjellene og langs fjordene. Om 50 år fra nå, vil den norske befolkningen være på ca 7 mill. Viktigste næringene er olje og gass, fiskeri og havbruk, energiproduksjon og metall/prosessindustri. De fleste av disse selskapene er lokalisert langs kysten fra sør til nord noe som legger sterkt press på infrastruktur og transportkostnader. Som i de fleste andre land, er våre største byer under kontinuerlig utvidelse og behovet for boliger, veier, jernbaner og tunneler i sentrale strøk blir mer tydelig for alle. I Oslo-området er befolkningen anslått å dobles i 2030 sammenlignet med 2010. Det er sterk motstand mot å bruke det grønne områder utenfor bysentra for nye utvidelser og kampen om hvordan man skal klare å løse urbaniseringen pågår.

Det er en faktor som er svært viktig i slike debatter: Utdfordringene i fremtiden vil ikke kunne løses uten å ta med betongindustrien i disse prosessene.

Både industrien og reiselivsnæringen er avhengig av en effektiv infrastruktur for å være tilgjengelig for de internasjonale markedene. Når man tar med alle øyer og fjorder er den norske kystlinjen mer enn 83.000 km lang. Denne lange og bratte kysten gir store utfordringer ved bygging av veier, broer og tunneler, men skaper samtidig flotte muligheter for betongen. Byggearbeider i et hardt klima, både sommer og vinter er også krevende med hensyn til kunnskap og kompetanse i betong.

Basert på våre erfaringer med betongprosjekter både offshore og på land, ser Norsk Betongforening frem til videreutvikling av bransjen gjennom innovative produkter og løsninger. Vi er sterkt avhengig av menneskelig kapital for å oppfylle våre planer for samfunnet og trenger høyt utdannet personell i alle stillinger.

## Concrete supports a sustainable society



Mr Erling Dokk Holm, an active writer in Norwegian newspapers focusing on urban development, architecture and trends in society has written a comprehensive essay describing a future built on- and with concrete under the subtitle: "Future will not be carved out in stone, it will be casted in concrete".

The population in Norway is growing. In 2012 we were more than 5 million people- not that many, but we are spread out all over country. The population is growing at a rate of 50.000 persons per year and we are living along the 2500km of main coastline, in rural areas in mountains and along the fjords. In 50 years from now, the Norwegian population will be about 7 mill. Main industries are oil & gas, aquaculture and fisheries, energy production and metal/process-industry. Most of these companies are located along the coast from south to north hence putting strong pressure on infrastructure and transportation-costs. As for most other countries, our biggest cities are continuously expanding and the need for houses, roads, railroads and tunnels in central areas are getting more clear for everybody. In the Oslo-area, the population is estimated to be doubled in 2030 compared to 2010. There are strong resistance to use the green belt outside city centers for new expansions and the battle for how to solve urbanization is ongoing.

There is one factor which is very important in such debates: The challenges for future will not be solved without including the concrete industry in the processes. Both our industries and services within tourist industry are dependent on efficient infrastructure in order to be available for the international markets. Calculating all islands and fjords, the Norwegian coastline is more than 83.000 km long. This long and steep coastline is representing huge challenges for building roads, bridges and tunnels and at the same time creating a great opportunity for concrete. Construction work in rough weather- both summer and winter is also demanding with respect to knowledge and competence in concrete.

Based on our experiences from offshore and onshore concrete projects, the Norwegian Concrete Association is looking forward to further develop our industry through innovative products and solutions. We are strongly dependent on human capital to fulfill our plans for society and need highly educated personnel in all positions.

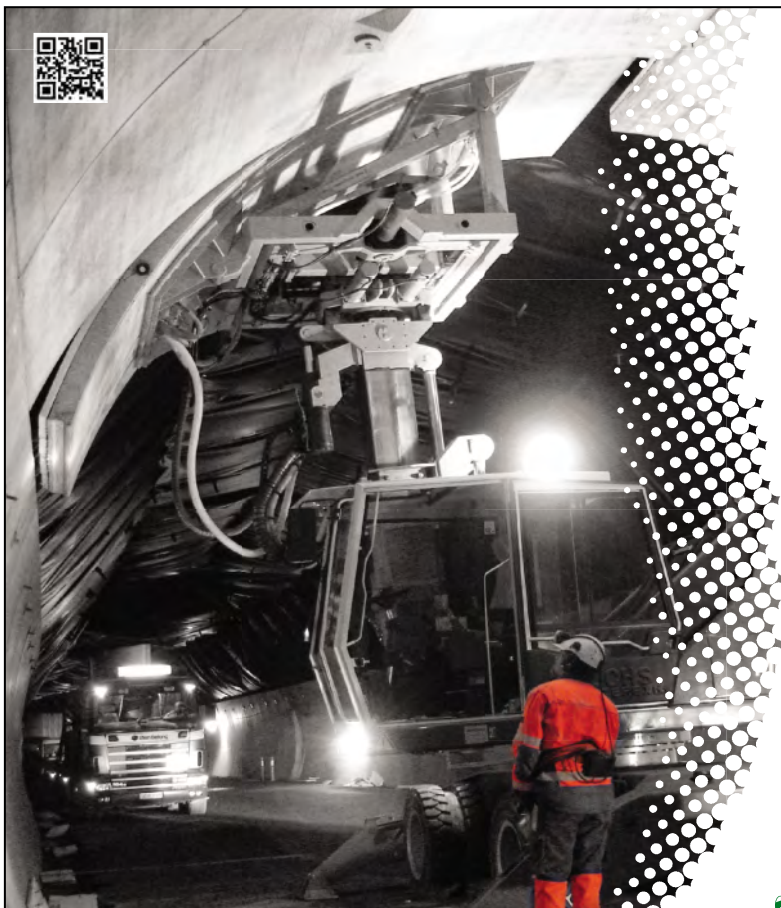
By Jan Eldegard





## Du finner våre tjenester der landet bygges

Ferdigbetong    Betongrør og kummer    Murblokker    Byggelementer  
Elementer til sikring av tunneler    Betongtransport og betongpumping



40 år

1974 2014

### VI LEVERER SIKKERHET

Betong gir trygge løsninger med lave levetidskostnader. Broer, midtdelere, tunneler, kaianlegg, infrastruktur og bygg.

Ølen Betong er en landsdekkende leverandør med 20 betongstasjoner, fabrikk for betongvarer, samt fabrikker for elementer til bygg og samferdsel.

- ferdigbetong fra mobile blanderer
- ig-rør og kumsystemer
- elementer for brann-, vann- og frostsikring av samferdselstunneler
- elementer til bygg

Tlf. 53 77 52 00    mail@olenbetong.no    olenbetong.no

 Ølen Betong    En solid framtid







## COIN – Concrete Innovation Centre



I 2006 etablerte Norges Forskningsråd (<http://www.forskingsradet.no>) 14 sentre for forskningsdrevet innovasjon, SFI, som et verktøy for å stimulere industrien til mer innovasjon. Hensikten er å bygge opp og styrke norske forskningsmiljøer som arbeider i tett samarbeid med partnere fra innovativt næringsliv og innovative offentlige virksomheter, gjennom langsiktig forskning. COIN - Concrete Innovation Centre er en av disse 14 SFI, og var det eneste innen materialer og konstruksjoner som fikk bevilgning. I det etterfølgende gis eksempler på hovedresultatene, etter nesten 8 års arbeid. Mer informasjon finnes på [www.coinweb.no](http://www.coinweb.no).

Partnerne i COIN representerer verdikjeden i bransjen, og de representerer ledende multinasjonale selskaper i betong og byggenæringen. Alle partnerne er representert i styret. De viktigste tiltakene for å etablere koblinger og integrasjon mellom partnerne, og for å sikre kompetanseoverføring mellom dem, er å ha felles aktiviteter fra prosjektinitiering og planlegging til gjennomføring og rapportering.

Forskningsarbeidet er utført av ansatte ved SINTEF, NTNU inkludert 16 doktorgrader, og av brukerpartnere (in-kind). De tekniske aktivitetene i COIN er organisert basert på samfunnsmessige og industrielle behov, så vel som på innovasjonsstrategier forankret i konsernledelsen for industripartnere. Arbeidet er organisert i tre fokusområder:

- F1) Miljøvennlige betongkonstruksjoner
- F2) Økonomisk konkurransedyktig utførelse
- F3) Teknisk ytelse

I en midtveis selvevaluering sa industripartnere at det er viktig å ha et sentralt forskningscenter, med referanse til mange fordeler, også utenom de tekniske vinningene.



In 2006 the Research Council of Norway (<http://www.forskingsradet.no>) established 14 Centres for Research-based Innovation, CRI, as a tool to stimulate the industry to further innovation. The purpose is to build up and strengthen Norwegian research groups that work in close collaboration with partners from innovative industry and innovative public enterprises, through long-term research. COIN – Concrete Innovation Centre is one of these 14 CRIs, and was the only one within materials and structures. A glance of main achievements from COIN, after nearly 8 years of work, is presented in the following. More information can be found on [www.coinweb.no](http://www.coinweb.no).

The consortium partners of COIN represent the value chain of the business sector, and they represent leading multinational companies in the cement and building industry. The main measures to establishing links and integration between the partners, and to ensure competence transfer between the partners, are to have joint activities from project initiation and planning to report.

The research work is performed by the staff at SINTEF, the Norwegian Institute of Science and Technology (NTNU) including 16 PhDs, and by the industrial partners (in-kind). The technical activities in COIN are organized based on the social, environmental and industrial needs, as well as on the innovation strategies anchored in the corporate management of the industry partners. The work is organized in 3 focus areas:

- 1) Environmental friendly concrete structures
- 2) Economically competitive construction
- 3) Technical performance

In a midterm self-evaluation, the partners of COIN said that it is important to have a central research centre and that it contributes to, referring to a number of benefits also outside the technical achievements.





COIN har blitt godt kjent og blitt et utstillingsvindu for betongforskning i Norge. Denne sentraliseringen, og det faktum at de fleste av resultatene er offentlige, har gjort det betydelig enklere for miljøet utenfor COIN-partnerne, offentlige myndigheter inkludert, å ha tilgang til konkrete forskningsresultater (f.eks. via [www.coinweb.no](http://www.coinweb.no)), og å vise viktigheten av betong. Direkte bruk av resultatene i utdanningen ved NTNU bidrar til å utdanne ingeniører med state of the art kunnskap, til fordel for næringsliv og samfunn.

## Bærekraftige bindmidler og herdeakselerator

Den enkleste måten å lage betong mer bærekraftig på er å erstatte klinker i sement eller sement i betong, med andre sementerende materialer, f.eks flyveaske, som har et lavere "karbonavtrykk" enn klinker eller sement. En kombinasjon av 30% flyveaske og 5% kalkstein har vist seg å gi høyere styrke enn 35% flyveaske alene, noe som betyr at kalkstein har høyere virkningsgrad enn flyveaske i form av styrke. Erstatning med 35% kalsinert mergel (en varmebehandlet "billig" leire) viste mye høyere styrke enn noen av de andre erstatningene. Erstatning med kalsinert mergel opp til 50% viser også betydelig redusert kloridinntregning.

Disse blandingssementene har som regel lavere reaksjonshastighet ved tidlig alder, som fører til lav tidlig trykkfasthet. Derfor ble det utviklet en herdeakselerator, som også ble patentert. En kombinasjon av små doser av en natrium-tiocyanat, dietanolamin og glycerol ("tre-komponent blanding"), viste seg å være effektiv i å forbedre tidligfasthetene.

## Robusthet av selvkomprimerende betong, SKB

Ett hinder for mer utstrakt bruk av SKB er mangelen på enkle verktøy for å beskrive og kontrollere stabilitet, samt forståelsen av stabilitetsmekanismene. Arbeidet viste at vanlige stabilitetstestmetoder, og spesielt metoder for statisk stabilitet, ikke gjenspeiler stabilitetsutfordringene på byggeplass. Derfor er det et behov for bedre egnede metoder, noe som ble utredet i prosjektet. De grunnleggende prinsippene for matriksfasen ble undersøkt ved bruk av en foreslått modell for sedimentering og bleeding, og en ny testmetode for fersk matriks ble utviklet basert på kontinuerlig registrering av poretrykk i ulike høyder.

## Duktill høytrekkfasthetsbetong (Fiberarmert betong)

Målene er formulert som: (1) Å gjøre FoU-arbeid som stimulerer til og gjør bruk av fiber mulig i bærende betongkonstruksjoner. Det ble utarbeidet en veiledning for dimensjonering av slike konstruksjoner. (2) Videreutvikle en vanlig betong med høy resttrekkfasthet, eksemplifisert med et mål om 15 MPa. Den gode sammenhengen som er oppnådd mellom strømningssimuleringer, Computer Tomografi (CT-) scanning, analyserer av bilder av sagde seksjoner og mekanisk prøving, indikerer klart at videre forskning på disse områdene vil føre til forbedret praksis med sikrere og mer økonomisk bruk av fiberbetong generelt. Arbeidet viser at optimalisert proporsjonering og fibertypevalg, har tillatt ganske høye fibermengder og fortsatt tilfredsstillende bruksegenskaper.

## Forbedret kvalitet av knust sand

En konklusjon fra arbeidet er at den fineste delen av knust sand må få størst oppmerksomhet i videre forskning. En av de viktigste oppgavene, med en direkte kobling til industri og samfunn, vil da være å utvikle knuse- og prosesseringsteknikk som vil forbedre kvaliteten på den fineste delen av sanden. Dette ble håndtert ved å studere hvordan knuseprosess-parametere påvirker den ferske betongens egenskaper (reologi). Resultatene avslørte de viktigste forskjellene mellom forskjellige typer av knusere, og det ble kartlagt enkelte knuseparametere som kan ha avgjørende betydning for den ferske betongens reologi. Arbeidet gir grunnlag for veiledninger til de som bygger og bruker knusere.

## Klassifisering av betongoverflater

Målet er å utvikle et klassifiseringsverktøy for å beskrive glatte betongflater objektivt, for å unngå subjektive beskrivelser som



COIN has become well known and the display window for concrete research in Norway. Hence, this centralisation, and the fact that most of the results are public, has made it considerably easier for the environment outside the COIN partners, public authorities included, to have access to concrete research results (e.g. via [www.coinweb.no](http://www.coinweb.no)), and to see the importance of concrete. Also, the direct use of the results in the education at NTNU contributes to educate engineers with state of the art knowledge, to the benefit of the industry and society.

## Sustainable binders and hardening accelerator

The easiest way of making concrete more sustainable is to either replace clinker in cement, or cement in concrete, with supplementary cementing materials, e.g. fly ash, that have a smaller "carbon footprint" than clinker or cement, respectively. A combination of 30% fly ash/5% limestone has proven to give higher strength than 35% fly ash only, meaning that limestone has higher efficiency factor than fly ash in terms of strength. A 35% calcined marl replacement showed much higher strength than any of the other replacements. Also, replacement with calcined marl up to 50% show really lowered intrusion of chlorides.

Using fly ash blended with higher replacement level of OPC is limited by the low rate of reaction at early age of fly ash, leading to low early compressive strength. Therefore, a hardening accelerator was developed and now patented. A combination of small dosages of a sodium thiocyanate, diethanolamine and glycerol ("3-component admixture") appeared to be effective in enhancing the early strength of OPC-FA.

## Robustness of self-compacting concrete, Scc

One obstacle for more extended use of SCC is the lack of understanding on concrete stability and simple tools for describing and control of stability. The work revealed that commonly used stability test methods, static stability methods in particular, do not reflect the stability challenges occurring on site. Hence there is a need for better test methods. The fundamental stability principles of the matrix phase are investigated by the use of a proposed conceptual model for sedimentation and bleeding. A new sedimentation test method for fresh matrix was developed based on continuous recording of the pore water pressure at various heights.

## Ductile high tensile strength concrete (Fibre reinforced concrete)

The objectives are formulated as: (1) To do R&D work which stimulates and makes use of fibres possible in load carrying concrete structures, and a guide to design such structures were developed. (2) Further develop an ordinary concrete with high residual tensile strength, exemplified with target of 15MPa. The good agreement which is achieved between flow simulations, Computer tomography (CT-) scans, image analyses of sawn sections and mechanical testing clearly indicates that further research with these processes will lead to improved practice with safer and more economical use of fibres in general. The work shows that optimised proportioning and fibre types has allowed quite high amounts of fibres and still satisfactory workability.

## Improving the quality of crushed fine aggregates

One conclusion from the work is that the finest part of the crushed sand should get most of the further research attention. One of the main research directions, with a direct link to industry and society, would then be to develop a crushing and processing technique that would allow improving the quality of crushed fine aggregates. This was addressed by studying how the crushing process parameters, influence the fresh state properties (rheology) of concrete. The results revealed the principal differences between different types of crushers used, and it was mapped out some crushing parameters that can have crucial effect on the fresh concrete rheology. The work constitutes the basis for guides to crusher producers and processing.





kan føre til misforståelser, tidkrevende og kostbare konflikter for eiere, arkitekter og byggefirmaer. I det foreslåtte klassifiseringssystemet er gråskala variasjoner og porestruktur/porefordeling de viktigste parameterne. Systemet er basert på fotografier, og en forutsetning er da å finne en prosedyre som alltid gir de samme lysforholdene under fotografering. Dette løses ved hjelp av en "softbox" (stor paraply). Bildene blir deretter behandlet i en Matlab-basert programvare, kalt "BetongGUI" (vil bli kommersielt tilgjengelig) med to separate funksjoner; pore- og gråtone-variasjoner. Foreløpig har arbeidet konsentrert seg om å skaffe erfaring med robustheten av metoden, og til å generere en database for å kalibrere fotograferingsprosedyre in-situ samt programvaren. En prototyp foreligger i skrivende stund.

## Sprekkefrie betongkonstruksjoner

Det er her snakk om risiko for oppsprekking i tidlig alder cracking ("termoriss"), spesielt i tunge konstruksjoner hvor hydrasjonsgenerert varme kan føre til store temperaturforskjeller. Et nytt beregningsprogram, "Crack-TestCOIN", har blitt utviklet for formålet. Bruk av lavvarme-betong, feks ved bruk av flygeaske (FA), er gunstig av bærekraftige grunner. Så langt ser det ut til at det optimale FA innholdet er rundt en tredjedel av det totale bindemiddelinholdet. Når høyere FA-innhold blir brukt, synes den negative effekten av redusert strekkfasthet å være større enn den positive effekten av redusert hydratiseringsvarme.

## Kloridinntregning og elektrisk motstand

En grundig litteraturgjennomgang har vist at den nåværende state-of-the-art ikke bidrar til å forbedre dagens praksis. Den viser også at de verdiene for teoretiske kloridinnhold som vanligvis brukes, er basert på erfaring med Portland sement; kritiske kloridinnhold for moderne bindemidler er generelt sett ukjent. Vårt eksperimentelle arbeid indikerte hvordan målemetodene for det kritiske kloridinnholdet kan forbedres slik at resultatene er mer pålitelige og realistiske. På grunnlag av teoretiske, probabilistiske betraktninger, er det foreslått hvordan laboratorieresultater kan bli overført til praksis.

Det kan forventes en korrelasjon mellom korrosjonsprosessen av stål i betong, og den elektriske motstanden i betongen. En litteraturgjennomgang viser imidlertid at avhengigheten varierer mellom studier av ulike betonger, og én enkel sammenheng kan derfor ikke etableres mellom korrosjon og ledningsevne.

## Alkali-Silika reaksjoner (AAR)

COIN har som mål å vurdere om betongprisme-metoder utviklet for vurdering av alkali-silika reaktivitet av tilslag, kan være egnet for generell AAR-prøving av betong. Fokus har vært på intern fukttilstand i prismene og graden av utvasking av alkalier fra prismene ved AAR-eksponering. Vårt arbeid har kontinuerlig gitt viktige innspill til arbeidet i RILEM TC-219 ACS-P (2007-2012), hvor målet er å utvikle et pålitelig ytelsesbasert prøvings-konsept. Basert på våre foreløpige resultater trakk umiddelbart RILEM-komiteen to av de tre RILEM-metodene.

## Lettilsagsbetong (LWAC)

Det er en generell skepsis til bruk av LWAC i tungt belastede konstruksjoner på grunn av mer sprø materialoppførsel og glattere sprekkoverflater. I vårt arbeid er hovedhypotesen at fastheten og særlig duktiliteten i konstruksjonselementer er avhenging av lokale multiaksiale spenningsforhold som utvikles i trykksonen før brudd. Dette ble bekreftet av multiaksiale tester. Det førte til hypotesen om at fiberarmering kan være en god løsning. Dette ble bekreftet av en rekke store bjelketester for å studere den passive omsnøringseffekten av forskjellige konfigurasjoner i trykksonen. Forsøkene viste at en fiberarmert LWAC-konstruksjon kan tilfredsstille krav til energimlagring og kontrollert oppførsel, og til og med en kapasitetsøkning, når den er stålfiberarmert.

Bruk av LWAC i kombinasjon med normalvekstbetong er en annen mulighet for konstruksjonsoptimalisering med hensyn til vekt. Bjelkene som ble studert var komponert av ulike lag med



## Concrete surface classification

The goal is to develop a classification tool in order to describe smooth formed concrete surfaces objectively, in order to avoid subjective descriptions leading to misunderstandings and time-consuming and expensive conflicts for owners, architects and construction companies. In the suggested classification system, greyscale variations and pore size and distribution are the main parameters. The system is based on pictures. A prerequisite is then to find a procedure that always gives the same light conditions during photographing. This is solved by using a "soft box" (large umbrella). The pictures are then managed in a Matlab-based software, called "BetongGUI" (will commercially available) with two separate functions; pores and greyscale variations. Currently, work is undertaken to gain experience about the robustness of the method, and to generate a database to calibrate the picture-taking procedure in-situ and the software.

## Crack free concrete structures

The issue is risk of early age cracking (thermal cracking) in heavy structures where the hydration generated heat may cause large temperature differences. A new special purpose early age concrete calculation program, "Crack-TestCOIN", has been developed. The use of low-heat concrete is favourable for sustainability reasons. So far it seems like the optimum FA content, is around one third of the total binder content. When higher FA dosages are being used, the negative effect of the loss in tensile strength seems to be larger than the positive effect of reduced hydration heat.

## Chloride ingress and electrical resistivity

A thorough literature review has shown that the present state of the art does not allow improving current practice. Moreover, values for theoretical chloride contents commonly used are based on experience with Portland cement; critical chloride contents for modern binder types are in general unknown. Our experimental work indicated how measuring setups for the critical chloride content can be improved so that the results are more reliable and realistic. On the basis of theoretical, probabilistic considerations it is suggested how laboratory results might be transferred to practice. A correlation could be expected between the corrosion process of steel embedded in concrete and the electrical resistivity of concrete. A literature review shows however, that the dependency varies between studies of different concretes, and one single relationship cannot be established between corrosion rate and conductivity.

## Alkali-silica-reactions

COIN has aimed to evaluate whether concrete prism tests (CPTs) developed for assessment of alkali-silica reactivity of aggregates, might be suitable for general ASR performance testing of concrete. Focus has been on the internal moisture state in the test prisms and extent of alkalis leaching out from the prisms during the ASR exposure. Our work has continuously given important input to the work in RILEM TC-219 ACS-P (2007-2012), where the objective is to develop a reliable performance testing concept. Based on our preliminary results, the RILEM committee immediately withdrew two of the three RILEM methods.

## Lightweight aggregate concrete (lwac)

There is a general scepticism regarding the use of LWAC in heavily loaded structures because of the more brittle post-peak material behaviour and smoother crack surfaces. In our work, the main hypothesis is that the strength and especially the ductility of structural concrete members depend on local multiaxial stress conditions that develop within the compressive zone prior to failure. This was confirmed by multiaxial tests. It led to the hypotheses that fibre reinforcement could be a good solution. This was verified by a series of large beam tests, to study the passive confinement effect of different configurations in the compression zone in a structure. The experiments demonstrated that a reinforced LWAC structure, may satisfy requests for energy dissipation and controlled behaviour, and even a capacity increase, in the post-peak response when steel fibre reinforced.





Photo: Trond Joelson



forskjellig betong, enten støpt vått-i-vått eller "vått-på-herdet", og med virkelig lovende resultater.

Utvikling av selve letttilslaget (LWA) er en parallell aktivitet for å ytterligere forbedre konkurransedyktigheten av LWAC. Ulike strategier for å forbedre de mekaniske egenskapene av ekspandert leire-tilslag er testet med svært gode resultater. Ny forståelse av de styrke- avgjørende faktorerene samt bruddegenskapene av letttilslag ble oppnådd.

### Isabrasjon

En spesialbygd testrigg ble benyttet for å simulere virkningen av isbevegelse mot betongoverflater. Innretningen tillater variasjon i ulike parametere som for eksempel istrykk, temperatur, hastighet og materialkvaliteter. Ved å utsette nye materialer for de samme testforhold som materialer hentet fra konstruksjoner med lang-siktig feltet eksponering, kan vi estimere forventet levetid for de nye materialene. Resultatene har bidratt til betongskafte på offshorekonstruksjoner eksponert for dravis, kan gjøres uten de dyre stålkappene.

### Acknowledgements

COIN har et årlig budsjett på NOK 25 mill, og er finansiert av Norges forskningsråd (ca. 40%), brukerpartnere (ca 45% hvorav ca ¼ er kontanter) smat ved SINTEF og NTNU (i alt ca 15%). Senteret ledes av SINTEF, med NTNU som forskningspartnere, og brukerpartnere: Kværner, Norcem, Statens vegvesen, Mapei, Skanska, Unicon, Veidekke og Weber Saint Gobain.



Using LWAC in combination with normal weight concrete is another possibility of structural optimisation with respect to weight. The beams studied are composed by different layers of concrete either cast wet-on-wet or at different times, and with really promising results.

Development of high performance LWA is a parallel activity to further improve the competitiveness of LWAC. Different strategies to improve the mechanical properties of expanded clay aggregates have been tested with very good results. New understanding of the strength determining factors as well as the fracture behaviour of LWA was achieved.

### Ice abrasion

A purpose-built test rig was used to simulate the effect of ice sliding against concrete surfaces. The rig allows variation in different parameters such as ice-pressure, temperature, velocity and material qualities. By exposing new materials for the same test conditions as materials collected from structures with long-term field exposure, we can estimate the expected design lifetime for the new materials. The results have helped to design the exposed ice zone of arctic offshore concrete shafts without the expensive steel lining.

### Acknowledgements

COIN has an annual budget of NOK 25 mill, and is financed by RCN (approx. 40 %), industrial partners (approx 45 % of which ¼ is cash) and by SINTEF and NTNU (in all approx 15 %). The Centre is directed by SINTEF, with NTNU as a research partners and with the present industrial partners: Kværner, Norcem, the Norwegian Public Roads Administration, Mapei, Skanska, Unicon, Veidekke and Weber Saint Gobain. Early age crack assessment of concrete structures.

By Tor Arne Martius-Hammer, SINTEF Byggforsk



## The PhD-students – a fundamental resource for COIN

The 16 PhD students have in terms of hours done almost half the work in COIN. Their work has substantially contributed to building the basic competence in the topics that the partners pointed out, and in many cases directly to the innovations made in COIN. In connection with the mid-term evaluation of COIN concluded the international experts appointed by the Research Council after interviewing many of them, the following: "We are impressed with their evident quality and commitment to their research. They were all articulate and enthusiastic about their work."

## PhD-studentene – en fundamental ressurs for COIN

De 16 PhD-studentene har i antall timer gjort nesten halvparten av arbeidet i COIN. Deres arbeid har i vesentlig grad bidratt til å bygge opp den grunnleggende kompetansen innenfor de temaene som partnere har pekt ut, og i mange tilfeller direkte til innovasjonene gjort i COIN. I forbindelse med midtveiseevalueringen av COIN konkluderte de internasjonale ekspertene utpekt av Forskningsrådet, etter en intervjujurunde med mange av dem, følgende: "We are impressed with their evident quality and commitment to their research. They were all articulate and enthusiastic about their work."

## Early age crack assessment of concrete structures

PhD student Anja Klausen



Although concrete as a building material has got many benefits, more challenging areas also exist. Early age concrete is subjected to volume changes caused by hydration reactions. If these movements are restrained by the geometry of the concrete structure or by adjoining structural parts, stresses will be generated in the newly cast/hardening concrete, and may again lead to cracking and thus functionality, durability-, and esthetical problems. The cracking tendency is magnified in massive concrete structures as for example walls on slabs, large culverts and dams.

The volume changes of concrete and the associated cracking risk of a concrete structure can however be predicted by use of calculation methods. On the basis of such calculations, proper choice of concrete type and execution methods on-site can be taken to minimize or if possible avoid cracking. Hardening phase crack risk assessment of concrete structures is the main topic of the current Ph.D. work. Another important objective is the ongoing work to get the updated Temperature-Stress-Testing-Machine System (TSTM) at NTNU operational and available for testing upon request from the industry. The TSTM constitutes advanced test equipment which is able to directly simulate the strain- and stress development, and thus the crack risk, during the hardening phase in a selected section of a concrete structure.

## Ung betong – rissskontroll med herdeteknologi



Til tross for at betong som byggemateriale har mange fordeler, eksisterer det også mer utfordrende områder. I herdefasen utsettes betongen for volumendringer forårsaket av hydratiseringsreaksjoner. Dersom disse volumendringene er forhindret på grunn av indre og/eller ytre fastholdning, vil det genereres spenninger i betongen, som igjen kan føre til gjennomgående opprissing av konstruksjonen og dermed også funksjonalitets- bestandighets- og økonomiske problemer. Faren for opprissing er større i massive betongkonstruksjoner, som for eksempel vegger på bunnplater, store kulverter og damanlegg.

Volumendringer i ung betong, samt den tilhørende risikoen for opprissing av betongkonstruksjonen, kan imidlertid forutsees ved bruk av beregningsmetoder (herdeteknologi). Slike beregninger kan danne et viktig grunnlag for valg av betongtype samt utførelsesmetoder på byggeplass, slik at rissrisikoen kan reduseres, og om mulig også unngås. Rissskontroll av ung betong ved hjelp av herdeteknologi er hovedtemaet i det pågående Ph.D.-arbeidet. Et annet viktig mål er å ferdigstille verifiseringen av Temperature-Stress-Testing-Machine (spenningsriggen) ved NTNU slik at den blir tilgjengelig for forsøk på forespørsel fra industrien. Spenningsriggen er et avansert testutstyr som er i stand til direkte å simulere tøyning- og spenningsutviklingen, og dermed rissrisikoen, under herdefasen i et valgt utsnitt av en betongkonstruksjon.



## Fiber

PhD student Giedrius Zirgulis



Being a brittle material concrete can be greatly improved by adding fibres. The addition of fibres does not change the performance of the concrete in compression, but significantly changes its performance in tension: fibres bridge cracks, delays the crack propagation or if used together with conventional reinforcement (e.g. in beams) distributes the cracks more evenly and thus reduces the crack-widths. The addition of fibres is also used to control cracks developing from plastic and drying shrinkage, and to make concrete more impact resistant as well.

When fibres are used in Self Compacting Concrete (SCC), the fibres ability to orientate in accordance with the flow becomes important. For example when a structural element is subjected to tensile forces, fibres oriented parallel to the main tensile stress direction would be most effective and at the contrary, if all fibres are normal to the stress the effect of fibre reinforcement vanishes. Correct characterization of fibre orientation may save material costs, because the fibre dosage can be optimized.

During my research I have made comparison between various fibre detection techniques, and investigated how factors as casting, surface roughness, reinforcement layout and tie bars (bars used to tie moulds when casting a wall) affect the orientation of fibres. During the investigations a computer simulation tool for concrete flow and fibre orientation developed at DTU was used. The practical results showed good agreement between various fibre detection techniques and between simulated fibre orientation and orientation detected using CT scanning. The obtained knowledge can be used for recommendations of casting technique in order to achieve desired fibre orientation, and also for choosing the right fibre detection technique for quality control and determination of material properties.

## Fiber



Fordi ren betong er et sprøtt materiale med lav strekkfasthet, tilsvarende omtrent 10% av trykkfastheten, kan tilsett fiber av materialer med høy strekkfasthet forbedre materialelegenskapene betraktelig. Tilsetning av fiber endrer ikke betongens trykkfasthet i betydelig grad, men strekkfastheten forbedres vesentlig; Fiber overfører spenninger over riss, reduserer omfanget av opprissing, og fordeler riss jevnere dersom de brukes sammen med tradisjonell armering (for eksempel i bjelker). Fiber-tilsetning blir også brukt til å kontrollere oppsprekking som skyldes plastisk- og uttørkingssvinn og gjør betong mer slagfast.

Dersom fiber brukes sammen med selvkomprimerende betong kan en annen av fibrenes egenskaper utnyttes, nemlig deres evne til å orientere seg med strømmen. Fiberorienteringen er en viktig karakteristikk for fiberarmert betong. Når elementer utsettes for strekk, vil for eksempel fibre som ligger parallelt med strekkretningene være mest effektive, og tilsvarende vil effekten av fiberarmert elimineres derom alle fibre ligger normalt på spenningsretningen. Å ta hensyn til fiberorientering på sikkert grunnlag kan redusere materialkostnadene i stor grad.

I min forskning har jeg sammenlignet ulike metoder for å påvise fiberorientering som en materialelegenskap. Jeg har undersøkt hvordan faktorer som støping, forskalingsoverflate, armering og forskalingsstag påvirker fiberorienteringen. I undersøkelsene av hvordan fiberen flyter ble et simuleringsprogram utviklet ved DTU benyttet. Forsøksresultatene viste sammenhengen mellom forskjellige påvisningsmetoder, som for eksempel datasimulering, manuelle metoder og CT-skanning. Kunnskapen kan brukes til å anbefale riktig støpeteknikk for å oppnå ønsket fiberorientering samt som grunnlag for å velge riktig metode for kvalitetskontroll og påvisning av materialelegenskaper.

## The concrete resistivity as Service Life parameter

PhD student Karla Hornbostel



The main objective of the PhD project is to identify and quantify the factors affecting the relationship between corrosion rate and concrete resistivity and thus enhance service life prediction models. The process of reinforcement corrosion in concrete is associated with the transport of ions through the concrete microstructure. Ions are charged and the ability of a material to withstand transfer of charge determines its electrical resistivity. A connection between the corrosion processes of steel embedded in concrete and the electrical resistivity of concrete is thus expected. A comparison of different investigations showed that the scatter of the corrosion rate-resistivity relationship is high [1]. It was concluded that using concrete resistivity as an indicator of the rate of corrosion in existing structures requires further understanding of the mechanisms dominating the corrosion process. Ongoing studies focus on to which extent the propagation of chloride induced corrosion is correlated to the actual resistance in the corrosion cell, here called the "system resistance". Preliminary results indicate that the corrosion rate is stronger correlated to the system resistance than to the bulk concrete resistivity.

## Den spesifikke elektriske motstanden som bestandighetsparameter



Hovedmålet med doktorgradsprosjektet er å identifisere og kvantifisere faktorer som påvirker forholdet mellom korrosjonshastighet og elektrisk motstand i betong, og dermed øke kunnskapen om betongkonstruksjoners levetid. Bestandighet og levetid av armerte betongkonstruksjoner er knyttet til transport av ioner gjennom betongens mikroporestruktur. Betongens evne til å transportere ladning (overføring av strøm) er avhengig av dens elektriske motstand. En sammenheng mellom korrosjonsprosessen av stål i betong og elektriske motstand er derfor mulig å etablere. En litteraturgjennomgang [1] viste at forskjellen er stor mellom ulike undersøkelser om forholdet mellom korrosjonshastighet og betongs spesifikke elektriske motstand. Det ble konkludert med at den spesifikke elektriske motstanden skal brukes for vurdering av korrosjonshastighet i eksisterende konstruksjoner ytterligere undersøkelser er nødvendig. Hensikten med videre forsøk er å undersøke i hvilken grad den elektriske motstanden i korrosjonscellen, her kalt "systemmotstand", kan korreleres til korrosjonshastigheten for kloridindusert korrosjon. Foreløpige resultater fra et eksperimentelt forsøk tyder på at korrosjonshastigheten er sterkere knyttet til systemmotstanden enn til den generelle spesifikke elektriske motstanden i betong.

## Deteriorated reinforce concrete beams

PhD student Mahdi Kioumarsi



Laboratory and field observations of deteriorated reinforced concrete (RC) beams show that in corroded beams not only loss of cross section varies along the tensile rebars, but also loss of cross section differs between rebars. While much numerical work has progressed to assess the structural performance of corrosion damaged RC beams [1-4], there is to the authors' knowledge no work on numerical analysis considering spatial variation of cross section reduction in tensile rebars.

This PhD thesis is focusing on the structural impact of reinforcement corrosion in RC beams. The main goal of this study is to quantify spatial variation effects and the possible interference of localised corrosion on the bending ultimate limit state. Results show that the interaction of pits leads to a gradual reduction of the ultimate carrying capacity for decreasing distances between the pits, starting at a critical distance. Based on the obtained results, a modified analytical design rule was suggested to calculate the residual ULS by taking into account the ratio of pit distance in longitudinal direction on adjacent bars to rebar distance. The modified analytical design rule was carried out through Monte-Carlo simulation to quantify effect of the interference of pits on probability of failure. According to results considering the interference of pits has a significant effect on the probability of failure of naturally corroded under-reinforced beam.

## Bjelker med korrodert stangarmering



Observasjoner av skadde armerte betongbjelker utført både i laboratoriet og felt, viser at ikke bare varierer tverrsnittsreduksjonen for armeringen langs stengene, men også at tverrsnittsreduksjonen varierer fra stang til stang. Det er mange numeriske beregninger som tar sikte på å beregne den konstruktive oppførselen for bjelker med korrodert armering. Men så langt forfatteren vet, er det ingen numeriske analyser som har tatt hensyn til romlige variasjoner av tverrsnittsreduksjonen for strekkarmeringen.

Mitt doktorgradsarbeid fokuserer på den konstruktive oppførselen for bjelker med korrodert stangarmering. Hovedmålet med dette arbeidet har vært å kvantifisere effekten av armeringskorrosjonens romlige variasjoner, og mulig innvirkning fra ulike korrosjonsskader på bøyekapasiteten. Resultatene viser at samvirke mellom groptæringsangrep fører til en gradvis reduksjon av bøyekapasiteten ved minkende avstand mellom gropene, og at det er en kritisk verdi for denne avstanden.

Basert på de oppnådde resultatene, er det foreslått en modifisert analytisk modell for beregning av reststyrke. Modellen tar hensyn til forholdet mellom avstanden mellom groptæring i lengderetningen og avstanden mellom tilstøtende armeringsjern. De modifiserte beregningene for å kvantifisere effekten av samvirke mellom groptæringer på sannsynligheten for brudd er utført ved Monte Carlo simuleringer. Resultatene viser at hensyntagen til samvirke mellom groptæringer har en signifikant innvirkning på sannsynligheten for brudd for naturlig korroderte underarmerte bjelker.

## Hardening accelerator for Fly Ash Blended Cement

PhD student Dinh Hoang



Using fly ash blended cement (OPC-FA) in construction results in benefits in many aspects of technology, environment impact as well as economic efficiency. However, the use of OPC-FA with higher replacement level of OPC by FA is limited by the low rate of reaction at early age of fly ash, particularly at low temperature. The low reactivity leads to low early compressive strength affecting to the time of construction.

Several chemicals, which potentially can be used to accelerate the early strength development of OPC-FA, were tested alone and in combination. The European standard EN-934-2 was used to evaluate the effect of the tested chemicals on the strength development. A combination of small dosages (total less than 0.5%) of sodium thiocyanate, diethanolamine, glycerol ("3-component admixture") appeared to be effective in enhancing the early strength of OPC-FA. The accelerating effect of the 3-component admixture on the hydration of OPC-FA was investigated and the results indicate that the admixture accelerates the hydration of OPC, while the pozzolanic reaction of FA is not promoted. In the presence of the 3-component admixture the dissolution of interstitial phases in OPC was increased. Consequently, gypsum was consumed more rapidly, which led to a more rapid and larger formation of hemicarboaluminate. The formation of hemicarboaluminate resulted in consumption of CH originating from the hydration of silicate phases in OPC. The 3-component admixture also promoted the dissolution of silicate phases leading to an acceleration of the hydration of these phases. A synergistic effect on the acceleration of the hydration of OPC-FA was observed when applying the 3-component admixture. The sample using the 3-component accelerating admixture had a higher rate of hydration compared to samples using the chemicals individually. The increase in maximum rate of heat evolution in the sample using the 3-component admixture was higher than the sum of increases in maximum rate of heat evolution released from samples using the three chemicals individually. In addition, the 3-component admixture had an increased accelerating effect on the hydration OPC-FA system compared to that of plain OPC at both low and normal curing temperature.

## Herdeakselerator for flygeaske i blandingssementer



Bruk av sement med flygeaske har mange fordeler både teknisk sett og med hensyn på miljøaspekter såvel som økonomisk. Tilsetning av en høyere andel av flygeaske har imidlertid begrensninger fordi flygeaska reagerer sakte i tidligfasen, spesielt ved lave temperaturer. Den lave reaktiviteten fører til at den tidlige trykkfastheten er lav, og dette påvirker framdriften på byggeplass.

Flere kjemikalier, som potensielt kan bli brukt til å akselerere utviklingen i tidligfasthet for OPC-FA, ble prøvd alene og i kombinasjoner. Den europeiske standarden EN-934-2 ble brukt til å evaluere effekten av kjemikaliene på utviklingen av trykkfasthet. En kombinasjon av små doseringer (til sammen mindre enn 0,5 %) av natriumthiocyanat, diethanolamin og glycerol ("3-komponents tilsetningsstoff") viste seg å være effektiv med hensyn til å øke tidligfastheten for blandingssementer.

Det ble påvist en synergieffekt på akselerering av hydratiseringen i standardsement med flygeaske når 3-komponentstilsetningsstoffet ble anvendt. Ved bruk av 3-komponents-herdeakseleratoren var økningen i varmeutviklingshastighet større enn summen av økningen ved bruk av de 3 stoffene hver for seg.



## Development of high performance lightweight aggregates

PhD student Markus Bernhardt



Artificial lightweight aggregates (LWA) are almost spherical, porous particles with a low density. They are used in many applications like lightweight concrete, lightweight bricks, as insulation material for road construction or as filter material for water. In civil engineering applications like bridges or offshore constructions there is a constant need for lighter and stronger materials, which can be satisfied for instance by lightweight concrete. The strength of the lightweight concrete is then again dependent on the strength and type of utilized LWA. During the COIN project a superior artificial lightweight aggregate made from clay was developed that might improve the mentioned applications or even open up the use of lightweight aggregates in novel fields. Expanded clay aggregates were heat treated and slowly cooled subsequent to the normal production process. The result was an LWA that showed more than double the strength of normally produced expanded clay aggregates.

## Utvikling av letttilslag med høy styrke



Kunstig letttilslag (LWA) består av kuleformede og porøse partikler med en lav densitet. LWA har mange bruksområder som lettbetong, lette mursteiner, isolasjonsmateriale til veibygging eller filteringsmateriale for vann.

I tekniske applikasjoner som broer eller offshorekonstruksjoner er det et konstant behov for lettere og sterkere materialer, dette kan tilfredsstilles for eksempel ved bruk av lettbetong. Styrken til lettbetong er igjen avhengig av styrken og typen av letttilslag som brukes.

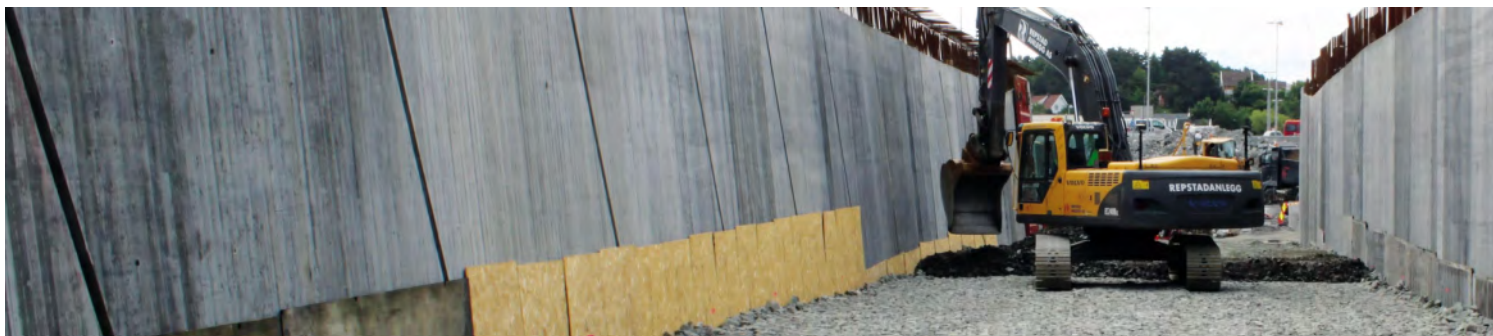
Under COIN prosjektet ble det utviklet en bedre super-LWA som kan forbedre de nevnte egenskaper eller åpne opp helt nye bruksområder for dette materialet.

Ekspandert leire ble varmebehandlet og langsomt avkjølt i henhold til den vanlige produksjonsprosessen. Resultatet ble en LWA som hadde mer enn dobbel styrke i forhold til normalt produserte tilslag.

We realise the world's most  
**amazing and  
demanding  
projects**

- Concept Development
- Engineering
- Construction
- Installation

**KVÆRNER**<sup>TM</sup>



## Development of concrete technology for the Arctic - Ice abrasion on marine concrete structures

PhD student Egil Møen



Ice abrasion is a severe degradation mechanism responsible for reduced service life in marine concrete structures exposed to sea ice. The phenomenon is caused by ice-concrete friction forces and results in gradual loss of concrete cover. There are many unknown factors related to design and material selection of concrete structures exposed to ice abrasion. It has therefore been an objective to identify key parameters and simulate a few of these under simplified conditions experimentally. The work started by developing a test rig to simulate the effect of ice sliding against concrete surfaces. Ice abrasion properties of concrete as function of concrete compressive strength, ice- pressure and temperature were studied experimentally. The testing was done by sliding a vertically oriented fresh-water ice cylinder in a repetitive back and forth motion on the surface of the concrete specimens. The most important results from the conducted experiments can be summarized as follows:

- Ice-concrete coefficient of friction decreased with increasing ice pressure and concrete compressive strength.
- Abrasion rates increased with increasing ice pressure.
- Abrasion rates decreased with increasing material strength.
- Mortar abrasion was closer to the bulk abrasion for concrete with high strength.
- The empirical equations derived from the experiments gave fairly good estimates of in-situ abrasion depths when benchmarked against structures with known abrasion depths.

Another part of the work comprised a field study of three severely abraded lighthouses in the Gulf of Bothnia. Distribution of ice abrasion depths on these lighthouses were investigated and discussed in terms of concrete material properties and ice conditions. The most important results from the field study can be summarized as follows:

- Largest abrasion depths were observed on the faces oriented parallel with the dominating ice drift direction(s).
- Abrasion depths on faces oriented diametrically opposite to each other increased linearly with the amount of ice drift along these faces.
- The rate of abrasion increased significantly with decreasing annual ice drift. The trend was most pronounced for the faces with the lowest annual ice exposure.
- Anderson-Darling statistics revealed that a 3-Parameter Weibull distribution was well suited to represent the in-situ abrasion depths for the three inspected lighthouses.

## Utvikling av betongteknologi for arktiske strøk - Isabrasjon på marine betongkonstruksjoner



Isabrasjon er en nedbrytningsmekanisme som forårsaker redusert levetid for marine betongkonstruksjoner utsatt for sjøis. Fenomenet skyldes friksjonskrefter mellom is og betong og resulterer i gradvis tap av armeringsoverdekning over tid. Det er flere parametere som påvirker design og materialvalg for betongkonstruksjoner utsatt for isabrasjon. Det har derfor vært et mål å identifisere de mest sentrale parametere og simulere noen av disse under forenklete forhold eksperimentelt. Arbeidet startet med å utvikle en testrigg for å simulere effekten av is som skurer på betongoverflater. Abrasjonsegenskapene til betong ble undersøkt basert på variasjoner i istrykk, istemperatur og betongens trykkfasthet. Prøvingen ble utført ved at en vertikalt orientert issylinder i trykk beveget seg frem og tilbake på overflaten til betongprøvestykkene. De viktigste resultatene fra laboratorieforskningene kan oppsummeres som følger:

- Friksjonskoeffisienten mellom is og betong avtok med økende istrykk og betongfasthet.
- Abrasjonsrater økte med økende istrykk.
- Abrasjonsrater avtok med økende materialfasthet i betongen.
- Mørtelabrasjon var nærmere bulk-abrasjonen for betong for prøvestykker med høy fasthet.
- Empiriske uttrykk avledet fra forsøkene gav et rimelig godt estimat på in-situ abrasjonsdybder målt mot konstruksjoner med kjente abrasjonsdybder.

En annen del av arbeidet omfattet en feltstudie av tre alvorlig abraderte fyrårn i Bottenviken. Fordelingen av isabrasjonsdybder på disse fyrårnene ble undersøkt og diskutert med hovedvekt på betongens materialegenskaper og lokale isforhold. De viktigste funnene fra feltstudien var som følger:

- Største abrasjonsdybder ble observert på de sidene av konstruksjonen som er orientert parallelt med dominerende isdriftsretning(er) på stedet.
- Abrasjonsdybder på sider av konstruksjonen med diametralt motsatt orientering, økte lineært med mengden isdrift langs disse sidene.
- Abrasjonsraten økte signifikant med avtakende årlig isdrift. Denne tendensen var mest uttalt for de sidene som hadde lavest årlig isdrift.
- Anderson-Darling statistikk avdekket at en 3-Parameter Weibull fordeling var velegnet til å representere in-situ abrasjonsdybder for de tre inspiserte fyrårnene.





Photo: Ådne Homleid

## Alkali-silica reactions – performance testing

PhD student Jan Lindgård



Alkali-silica reaction (ASR) is a common deterioration mechanism for concrete structures, both in Norway and worldwide. The damage is caused by a chemical reaction where so-called alkali-reactive aggregates react in the high pH environment in concrete. This leads to expansion and cracking of the concrete. The following expansion and cracking of the concrete might lead to severe damage, in particular on infrastructure like bridges and dams. Such alkali-reactive aggregates are present in most regions in Norway. For environmental and economic reasons, it is however important to exploit these resources in concrete. This can be done by using new, more environmental friendly cement types or additions in the concrete. The capability of these new cementing materials to prevent ASR must be documented by accelerated performance testing. Several such test methods are in use around the world. Unfortunately, many sources of errors exist. A relevant question is thus, are the results reliable? The PhD study has looked into this issue, both theoretically and by performing an extensive laboratory test program. Several recommendations for improvement of existing test methods are given. The PhD work is part of an international work within RILEM trying to develop more reliable future test methods. The project is followed up within the COIN program and in a new project (2014-2018).

## Alkalireaksjoner – funksjonsprøving



Alkalireaksjoner er en vanlig skademekanisme for betongkonstruksjoner, både i Norge og resten av verden. Skaden forårsakes av en kjemisk reaksjon der såkalte alkali-reaktive bergarter reagerer i det høye pH-miljøet i betongen. Påfølgende utvidelse og oppsprekking av betongen kan gi alvorlige skader, spesielt på viktig infrastruktur som bruer og dammer. Slike alkali-reaktive bergarter finnes i de fleste regioner i Norge. Av miljø- og økonomiske hensyn er det viktig å utnytte disse lokale ressursene i betong. Dette kan gjøres ved å bruke nye, mer miljøvennlige sementtyper eller tilsetninger. Disse nye materialenes evne til å hindre alkalireaksjoner må imidlertid dokumenteres ved akselerert laboratorieprøving. Flere slike metoder blir brukt internasjonalt. Dessverre finnes det mange feilkilder. Et relevant spørsmål er derfor om testresultatene er pålitelige. PhD-avhandlingen gransker dette temaet, både teoretisk og ved gjennomføring av et omfattende laboratorieprogram. I avhandlingen blir det gitt flere anbefalinger til forbedring av eksisterende testmetoder. PhD-arbeidet inngår også i et pågående arbeid som skal utvikle framtidige internasjonale prøvingsmetoder. Prosjektet er videreført i et oppfølgingsprosjekt i COIN, og senere i et BIA/KPN prosjekt (2014-2018).

## Optimised structural performance with fibre reinforced lightweight concrete and normal concrete

PhD student Linn Grepstad Nes



The Ph.d. thesis presents a study of the structural behaviour of hybrid concrete structures in terms of beams. The beams are composed by layers of normal weight concrete and fibre-reinforced lightweight concrete. Layers of concrete are cast both “wet-on-wet” and with a time difference of one week. The idea is to utilise the ductility and strength of the normal weight concrete in compression, while conventional longitudinal reinforcement takes care of the tensile stresses. Fibre-reinforced lightweight concrete with density of about 1250kg/m<sup>3</sup> is used as filling material to lower the self-weight of the structural element and constitutes most of its cross-section.

A motivation for this type of hybrid concrete structure is possibilities in combining pre-cast elements with a structural top layer cast in place. Compared with other pre-cast normal weight concrete slab elements used as both formwork and the lower part of the resulting element, the hybrid concrete elements might need less additional support before the top layer is cast. It might also reduce the need for crane capacity and low self-weight enables longer spans.

In order to ensure a structural overlay, the bond between the layers is essential. Bond is strongly related to curing conditions, relationship between the elastic modulus of the different concretes and condition of the substrate. In addition to contribution to structural behaviour, the outer layer of normal weight concrete will ensure sustainability against aggressive environments.

## Optimalisert strukturell ytelse med fiberarmert lettbetong og normal betong



Ph.d. prosjektet omhandlar ein studie av den konstruktive oppførselen til hybride betongkonstruksjonar, i form av bjelkar. Bjelkane er samansett av ulike lag av normalbetong og fiberarmert lettbetong. Lag av betong er støytte både «vått-i-vått» og med ei veks mellomrom. Prinsippet går ut på å utnytte duktiliteten og styrken til normalbetong i trykk, medan konvensjonell lengdearming tar strekk-krefte. Fiberarmert lettbetong med densitet ca 1250kg/m<sup>3</sup> er brukt som «fyllmateriale» for å senke eigenvekta til konstruksjonselementet og utgjer størstedelen av tverrsnittet. Motivasjon med denne type hybride betongkonstruksjonar er moglegheiter for å kombinere prefabrikkert betongelement med ein konstruktiv påstøyp, støypt på plassen. Samanlikna med til dømes plattendekke, kan bruk av denne typen element redusere behovet for midlertidig understøtting i byggefasen eller redusere behovet for krankapasitet. Lågare eigenvekt kan også gjere det mogleg med lengre spenn. Konstruktiv påstøyp føreset heft, noko som er påverka av herdetilhøve, forhold mellom E-modul og underlag. Sett bort frå konstruktiv verknad, vil normalbetong i ytre lag sikre bestandighet mot ytre påverknadar (aggressive miljø, slitasje etc)

### Blended cement with reduced CO<sub>2</sub> emission - utilizing the fly ash-limestone synergy

PhD student Klaartje de Weerd



A doctoral dissertation from NTNU has contributed to the development of a new type of low carbon cement that provides a reduction in CO<sub>2</sub> emissions of 50 percent compared to the 90s cements.

The cement industry accounts for around five percent of all human made CO<sub>2</sub> emissions. When developing new types of cement, it is possible to save large amounts of energy and resources and greenhouse gas emissions are reduced significantly. The synergic effect that we discovered between fly ash and lime stone in Portland composit cement has given a new type of environmentally friendly cements on the Norwegian market. Ved cement production, it releases large amounts of CO<sub>2</sub>, about 1 ton of CO<sub>2</sub> per ton of clinker if no action is taken. About 40 percent comes from burning fuel, milling etc., and 60 percent from the decarbonisation of limestone to form clinker minerals.

One way to reduce CO<sub>2</sub> emissions is to replace parts of clinker with other materials such as slag, limestone powder, fly ash, silica fume and natural pozzolan. Substitute materials is subject to availability (quantity, price and transport), and therefore depends on the cement plant's geographic location.

Replacing parts of the crystal holders with a combination of fly ash and limestone are more effective than using only one of the parts. Limestone powder accelerates the early hydration more than fly ash, while fly ash helps to strengthen the development at later stages by pozzolanreaction. When fly ash and limestone powder are mixed together there is a synergistic chemical reaction between them. This leads to greater volume of hydrates, which reduces porosity and increases the compressive strength.

### Lavkarbonsement



En doktoravhandling fra NTNU har bidratt til utviklingen av en ny type lavkarbonsement som gir en reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp på 50 prosent i forhold til 90-tallets sementer.

Sementindustrien står for rundt fem prosent av alle menneskeskapte CO<sub>2</sub>-utslipp. Ved utvikling av nye sementtyper kan store mengder energi og ressurser spares, og utslippet av klimagasser reduseres betydelig. Den synergiske effekten som vi oppdaget mellom flyveaske og kalksteinsmel i Portland kompositsementer har gitt en ny type miljøvennlige sementer på det norske markedet. Ved sementproduksjon slippes det ut store mengder CO<sub>2</sub>, omtrent 1 tonn CO<sub>2</sub> per tonn klinker hvis ingen tiltak er iverksatt. Rundt 40 prosent kommer fra forbrenning av drivstoff, finmaling mv., og 60 prosent fra dekarbonisering av kalkstein for å danne klinkermineraler.

En måte å redusere CO<sub>2</sub>-utslippene på er å erstatte deler av klinkeren med andre materialer, slik som slagg, kalksteinpulver, flyveaske, silikastøv og naturlige pozzolaner. Type erstatningsmaterialer avhenger av tilgjengelighet (mengde, pris og transportmuligheter), og avhenger derfor av sementfabrikkenes geografiske beliggenhet.

Ved å erstatte deler av klinkerne med en kombinasjon av flyveaske og kalkstein er mer effektivt enn å kun bruke en av delene. Kalksteinpulver aksellerer den tidlige hydratasjonen i større grad enn flyveaske, mens flyveaske bidrar til å styrke utviklingen på senere stadier ved pozzolanreaksjon. Når flyveaske og kalksteinpulver blandes sammen skjer det en synergisk kjemisk reaksjon mellom dem. Dette fører til større volum på hydratene, noe som reduserer porositeten og øker trykkstyrken.

### Different Types of Cement in Combination with Industrially Produced Aggregate

PhD student Rolands Cepuritis



The motivation for the PhD-work has been the upcoming shortage of natural sand to produce concrete. In contrast to the previous attempts, the project has aimed at implementing a holistic approach for solving the problem. This means that the whole concrete-aggregate chain from rock blasting to crushing to further classification to characterisation and concrete mixing has been analysed. The first studies indicated that the most important issue to be solved to reach the goal of producing concrete with 100 % crushed aggregates, is the question of the high fines content in crushed sand, and the research work therefore mainly has focused on fines in the size range 0 to approx. 250 microns. Further work has included investigating properties and performance in fresh concrete of crushed rock fillers from 10 different Norwegian rock types representative of relevant aggregate sources and bedrock variation. The results of these investigations allow for suggesting the best methods for characterisation of crushed filler properties and introduce principles to follow when proportioning concrete with these materials. Particular focus has been on a variety of methods and approaches to particle size distribution and specific surface and how to interpret result from different methods (laser diffraction, sedimentation, image analysis, micro-CT, BET etc.). In proportioning the applicability of specific surface and its dependency of rock type has been investigated in particular. The work also demonstrates how the intrinsic performance of crushed fillers in fresh concrete can be changed by utilising the static air-classification technology.

### Ulike sementtyper kombinert med industrielt fremstilt tilslag



Motivasjonen til PhD-arbeidet har vært den kommende mangelen på naturlig sand for å produsere betong. I motsetning til tidligere forsøk, har prosjektet tatt sikte på å gjennomføre en helhetlig tilnærming for å løse problemet. Dette betyr at hele betong-tilslag kjeden fra sprengning til knusing til ytterligere klassifisering og karakterisering til betongblanding har blitt analysert. De første undersøkelsene viste at det viktigste problemet som må løses for å nå målet for produksjon av betong med 100 % knust tilslag, er spørsmålet om det høye finstoffinnholdet i knust sand og forskningsarbeidet har derfor hovedsakelig fokusert på finstoffinnholdet i størrelsesområdet fra 0 til ca. 250 mikron. Videre arbeid har inkludert undersøkelser av egenskaper og innvirkning på fersk betongsreologi av finstoff fra 10 forskjellige norske bergarter representative for aktuelle steinbrudd og bergarts variasjon. Spesielt fokus har vært på kornfordeling og spesifikk overflate inklusive tolkning av ulike metoder (laserdiffraksjon, sedimentering, billedbehandling, mikrocomputertomografi, BET etc.). Ved proporsjonering har særlig betydningen av spesifikk overflate og dets avhengighet av bergart blitt undersøkt. Resultatene fra forsøkene peker på de beste metodene for karakterisering av egenskaper til knust finstoff og innfører prinsipper ved proporsjonering av betong med disse materialene. Arbeidet viser også hvordan innvirkning av knust finstoff på fersk betongsreologi kan endres ved å utnytte statisk vindsiktningsteknologi.



## Fibre Reinforced Concrete: Evaluation of test methods and material development

PhD student Sindre Sandbakk



Concrete is a structural material with excellent properties when subjected to compression, but the abilities to resist tensile stresses are rather poor. The concrete's tensile zone is normally reinforced with large continuous steel bars, a combination which ensures an excellent construction material. Placing the re-bars generates many man-hours, which means that the reinforcement work accounts for a considerable part of the total concrete cost. An alternative to the conventional re-bars is fibre reinforced concrete. Fibre reinforced concrete is concrete reinforced with small randomly distributed discontinuous fibres instead of large unidirectional continuous steel bars. In cases where the strength and ductility of fibre reinforced concrete is sufficient with regard to the actions, fibre reinforced concrete can be an adequate and cheaper alternative to conventionally reinforced concrete. If fibres are used together with conventional re-bars, both the total load carrying capacity and the stiffness of the structure will increase, and the crack widths will decrease. Today, fibre reinforced concrete is mostly just in sprayed concrete (rock control) and in slabs on ground. The objective in this PhD-thesis has been load-carrying structures, where fibre reinforced concrete is not used in Norway today. The reason why fibre reinforced concrete is not used in these types of structures in Norway today is mainly due to: 1) the lack of design rules, 2) the fact that fiber reinforced concrete normally shows a strain-softening behavior, which means that the strength is quickly reduced once the maximum capacity is reached. By use of experimental investigations in the lab together with theoretical evaluations, it is shown that it is possible to make fibre reinforced concrete with similar qualities as conventional reinforced concrete. This means that it is possible to use this kind of concrete also in load carrying structures for instance in floors in buildings. It is also shown theoretical expressions that can be used as input to establish design rules for fibre reinforced concrete in load carrying structures. Sindre Sandbakk did his PhD-work at SINTEF, but works presently as a consultant at Norconsult.

## Firberarmert betong: Evaluering av testmetoder og materialutvikling



Betong er et konstruksjonsmateriale som har utmerkede egenskaper når den er påkjent av trykkrefter. Derimot har betong heller dårlig evne til å tåle strekkrefter. Av denne årsak plasserer man vanligvis armeringsstenger i betongens strekksone. Betong armert med stål er dermed et utmerket konstruksjonsmateriale. Det genererer mye arbeid å plassere armeringen, hvilket betyr at armeringsarbeidet bidrar til en stor del av de totale kostnadene ved bruk av betong. Et alternativ til å bruke armeringsstenger er å bruke fiberarmert betong. Fiberarmert betong er betong armert med små stål-/plastfibre (evt andre materialer) som blandes inn i betongen av betongleverandør. I de tilfeller hvor fiberarmert betong har tilstrekkelig styrke og duktilitet til å tåle de kreftene som betongen blir påført, kan fiberarmert betong være et fullgodt og billigere alternativ til konvensjonell stangarmert betong. Fiberarmert betong kan også benyttes i kombinasjon med armeringsstenger, noe som gir både sterkere og stivere konstruksjon. I tillegg vil rissviddene bli redusert. Fiberarmert betong benyttes i dag i stor grad i sprøytebetong til bergsikring og som erstatning for armeringsstenger i gulv på grunn. Fokusområdet for denne dr.avhandlingen har vært lastbærende konstruksjoner hvor fiberarmert betong ikke benyttes som erstatning for armeringsstenger. Årsaken til at fiberarmert betong ikke benyttes i slike tilfeller er i hovedsak todelt: 1) det eksisterer ikke regelverk i Norge for dimensjonering, 2) fiberarmert betong har vanligvis en sprøbruddoppførsel, noe som betyr at kapasiteten er raskt avtagende når maksimalnivået er nådd. Ved hjelp av laboratorieforsøk og teoretiske utledninger er det vist at det er mulig å lage fiberarmert betong som har tilsvarende egenskaper som vanlig stangarmert betong, og som kan erstatte stangarmert betong i for eksempel etasjeskillere i bolighus. Det er også vist teoretiske utledninger som kan brukes som input til arbeidet med å etablere beregningsregler for fiberarmert betong i lastbærende konstruksjoner. Sindre Sandbakk tok doktorgraden sin ved SINTEF, men jobber pr i dag hos Norconsult.

## Reinforcement corrosion in concrete caused by chlorides

PHD student Ueli Angst



This thesis approached the issue of chloride induced reinforcement corrosion from various angles. First, a non-destructive chloride measurement technique was studied. Second, the critical chloride content was reviewed; and in a third part, the mechanism of chloride induced corrosion was experimentally studied. The non-destructive method to measure chloride concentrations in concrete was based on ion selective electrodes. It was concluded that the sensors are feasible under laboratory, thus controlled, conditions, but that the application in the field is associated with large uncertainties. A review on the critical chloride content showed that this parameter scatters significantly in the literature and that the published data does not offer a basis to improve service life predictions. Many of the test setups used in the literature are not practice-related and prone to experimental artefacts. Thus, recommendations were in the present thesis made for a realistic test setup. The work particularly highlighted the relevance of the specimen size (the smaller the specimen, the higher the critical chloride content), and the implications of this for both experimental testing and probabilistic service life modelling. Finally, investigations by means of scanning electron microscopy revealed the presence of a bleed-water zone on the underside of horizontal reinforcement, that was found to play a major role in corrosion initiation.

## Armeringskorrosjon i betong forårsaket av klorider



Denne doktorgradsavhandlingen angrep problemstillingen med armeringskorrosjon som skyldes klorider fra forskjellige innfallsvinkler. Først ble en ikke-nedbrytende kloridmålingsteknikk testet. Deretter ble en litteraturstudie av det kritiske kloridinnholdet gjort, og til slutt ble korrosjonsmekanismene som følge av kloridinnmengning prøvd eksperimentelt. Den ikke-nedbrytende metoden for å måle kloridkonsentrasjoner i betongen var basert på ion-selektive elektroder. Konklusjonen var at måling med sensorer er gjennomførbart i laboratoriet under kontrollerbare forhold, mens det i felt vil være større usikkerhet knyttet til denne metoden. En gjennomgang av kritisk kloridnivå viser at denne parameteren varierer betydelig i litteraturen og at publiserte data ikke danner noe grunnlag for bedre forutsigbarhet av levetidberegninger. Mange av prøveoppsettene som er brukt i litteraturen er ikke representative for realistiske feltbetingelser, og kan gi misvisende prøvingsresultater. Anbefalingene i denne avhandlingen tar derfor utgangspunkt i et realistisk prøvingsoppsett. Arbeidet belyser spesielt betydningen av størrelsen på prøvestykkene (jo mindre prøvestykke, desto høyere er det kritiske kloridinnholdet), og hvordan dette påvirker forsøkene og probabilistiske levetidsberegninger. Til slutt avdekket undersøkelser med skanning-elektron-mikroskop (SEM) at soner med vannutskillelse på undersiden av horisontal armering har stor betydning for initiering av armeringskorrosjon.

## Sedimentation and Bleeding of cement paste

PhD student Ya Peng



Ya Peng worked as structural designer for three years and research scientist for 5 years before she enrolled into the Department of structural engineering of NTNU to be the regular PhD student. She finished her PhD study from May. 2010 to Mar. 2014 with involved in two focus area of COIN FA2.1 and FA2.3. Now she continues her concrete research in NTNU as a researcher. In her PhD research, she investigated the applicability of the generally used theories such as Stokes' law, Richardson-Zaki (R-Z) equation and Kozeny-Carman (K-Z) equation on particle sedimentation and bleeding of SCC. As a result, a conceptual model for sedimentation and bleeding of cement matrix was proposed as a 4-stage process with transformation from homogeneous suspension to various zones. New developed methods HYdroStatic Pressure Test (HYSPT) and in situ volume fraction test were applied to study the sedimentation and bleeding process for cement matrix with which the stabilizing effect of superplasticizer, VMA and fillers were all discussed. In addition, the turbid bleeding of cement paste for SCC was found for which the traditional measurement methods were not applicable, turbiscan method was investigated to study the complicate laminated bleeding phenomena of modern cement paste for SCC.

## Sedimentering og vannutskillelse i sementpasta



Ya Peng jobbet i tre år som konstruktør og 5 år som forsker før hun i 2010 startet på sitt doktorgradsarbeid ved Institutt for konstruksjonsteknikk ved NTNU. Doktorgraden ble fullført i mars 2014 og arbeidet var en del av to av COINs fokusområder (2.1 og 2.3). Nå jobber hun videre med betong som forsker ved NTNU. I sin doktorgrad undersøkte hun hvor anvendelige vanlige teorier som Stokes' lov og formlene til Richardson-Zaki (R-Z) og Kozeny-Carman (K-Z) er med tanke på partikkel- og vannutskillelse i SKB. På bakgrunn av dette ble det utarbeidet en begrepsmodell som beskriver hvordan sedimentering og vannutskillelse ved ulike sementresepter kan forandre homogen utbredelse til ulike soner i 4 trinn. En nyutviklet metode kalt HydroStatisk PressTest (HYSPT) og in situ volume fraction test ble gjennomført for å undersøke stabiliseringseffekten SP-stoff, VMA og finstoff har på sedimentering og vannutskillelse i ulike sementresepter. Tradisjonelle målemetoder for å måle vannutskillelse fra sementpasta viste seg å ikke holde mål. "Turbiscan"-metoden ble derfor brukt til å undersøke den kompliserte fenomenet med vannutskillelse i moderne pasta for SKB.



Photo: Trond Joelson

## Influence of the concrete flow on the mechanical properties of fibre reinforced concrete

PhD student Elena Vidal Sarmiento



Synergies between fibre reinforcement and self-compacting concrete have been demonstrated in terms of both the mechanical response and the production efficiency. However, often large scatters are found in test results for fibre reinforced structural elements caused by an inhomogeneous distribution of the fibres. This research focuses on the characterization of the flow-induced inhomogeneities of the fibre reinforcement in load-carrying structures, and the impact of such inhomogeneities on its structural response. The experimental results prove that variations in the fibre orientation and fibre volume content are primarily responsible for the large scatter in the mechanical behaviour. This outcome has led to the development of a numerical approach that is able to accurately capture the structural response of a fibre reinforced member by incorporating the inhomogeneities of its fibre distribution.

## Innflytelse av betongstrømmen på de mekaniske egenskapene til fiberarmert betong



Synergier mellom fiberarming og selvkomprimerende betong har blitt vist for den mekaniske responsen og produksjonseffektiviteten. Det er imidlertid ofte stor spredning i testresultatene for fiberarmerte konstruksjonselementer forårsaket av en inhomogen fordeling av fibrene. Dette forskningsarbeidet fokuserer på karakterisering av de strømningsinduserte inhomogenitetene av fiberarming i lastbærende konstruksjoner, og virkningen av slike inhomogeniteter på konstruksjonens respons. De eksperimentelle resultatene viser at variasjoner i fiberorientering og fibervoluminnhold er primært ansvarlig for den store spredningen i den mekaniske oppførsel. Dette resultatet har ført til utviklingen av en numerisk metode som er i stand til å beskrive nøyaktig responsen av et fiberarmert konstruksjonselement ved å implementere inhomogen fiberfordeling.



# Ferdigbetong – mulighetenes materiale







Ill.: Statens vegvesen

## Det mest utfordrende veiprojekt noensinne



Ekstreme konstruksjoner og integrerte energitilnærminger gjør E39 til det mest utfordrende veiprojekt noensinne i Norge.

I juni i fjor ble det enighet i Stortinget om regjeringens ambisjon for den 1100 km lange kystveien E39 fra Kristiansand i sør til Trondheim i Midt-Norge. En investering på over 150 milliarder kroner over 20 år er ment å oppgradere korridoren til en fergefri og moderne standard. I dag er det åtte fergeforbindelser langs korridoren med krygstider som varierer mellom 10 og 45 minutter. Fire til fem av kryssingene vil kreve lengre spenn enn verden har sett så langt.

Sognefjorden, som er ca 3,7 km bred og 1300 m dyp på eksisterende E39-fergeleie, har blitt brukt som en pilotstudie for nye konsepter for ekstreme bruere. Sognefjorden regnes som den vanskeligste og mest utfordrende fjorden å krysse. Mens dybden i Sognefjorden er ekstrem, finnes det også andre fjorder langs ruten som er 500-600 meter dype.

Konklusjonen er at å krysse Sognefjorden er mulig å få til med tre ulike konsepter: hengebru med ett spenn, flytebro eller rørbru. Alle konsepter hadde tilfredsstillende resultater med hensyn til bredde og dybde samt en seilingshøyde på 400, 20 og 70 meter, som er i dag de generelle krav innen dette området. Konseptene er utviklet for å absorbere kollisjonsenergi uten risiko for dødsulykker for trafikanter, passasjerer eller mannskap om bord på skipet om det usannsynlige som en skipskollisjon skulle inntreffe.

Mange av de aspektene ved E39-prosjektet er høyt profilerte områder i internasjonal forskning.

Den nåværende reisetiden mellom Kristiansand og Trondheim er ca. 20 timer, som dette prosjektet kan redusere til 12-13 timer.

## Creating crossings



Extreme structures and integrated energy approaches make the Norwegian Coastal Highway Route E39 the most challenging highway project ever in Norway.

In June last year, the Norwegian Parliament, Stortinget, agreed with the Government's ambition for the 1100-km-long coastal Route E39 from Kristiansand in the south to Trondheim in central Norway. An investment of 20 billion euros over 20 years is intended to upgrade the corridor to a ferry-free and modern standard. Today, there are eight ferry links along the corridor with crossing times varying between 10 and 45 minutes. Four to five of the crossings will require longer spanning structures than the world has seen so far.

The Sognefjord, which is about 3.7 km wide and 1300 m deep at the existing E39 ferry crossing, has been used as a pilot site for new concepts for extreme bridges. It is considered the most difficult and challenging fjord to cross. While the depth of the Sognefjord is extreme, the other fjords along the route are more typically some 500-600 m deep.

The conclusion is that crossing the Sognefjord is feasible using any of three concepts: single-span suspension bridge, floating bridge or submerged floating tunnel. All concepts studied satisfy width, depth and height sailing clearances of 400 metres, 20 metres and 70 metres, respectively, which are currently the overall design requirements in this area. The concepts are designed to absorb collision energies in the unlikely event of a ship collision without a risk of fatal accidents for road users or for passengers or crew on board the ship.

Many of the aspects of the E39 projects are high profile issues in international research.

The current travel time between Kristiansand and Trondheim is about 20 hours, which this project may reduce to 12-13 hours.





Yngres Betongnettverk springer ut fra Norsk Betongforening og skal være et tilbud til betonginteresserte under 35 år. Nettverket har 3-4 samlinger i året.

Younger Concrete Network emanates from the Norwegian Concrete Association and shall be an offer to interested people under 35 years of age. The network meets 3-4 times a year. Photo: Tekna

## Samler unge betongentusiaster



Det er nå over to år siden Yngres Betongnettverk (YBN) ble dannet. YBN springer ut fra Norsk Betongforening og skal være et tilbud til betonginteresserte under 35 år. Nettverket har som formål å fremme kunnskapsutveksling, rekruttering og interesse for faget.

– Vi ønsker å legge til rette for at de som er ferske i bransjen skal få mulighet til å bygge nettverk på tvers av bedriftene, sier YBN-komiteemedlem Oliver Berget Skjølvsvik, som til daglig jobber som rådgiver ved betongteknologiavdelingen i Skanska Teknikk.

Yngres Betongnettverk, som i stor grad bruker Facebook til å spre budskap om arrangementer og annet, har tre til fire samlinger i året. Tidligere i år har det vært både årsmiddag og sommersamling og i høst legger YBN opp til nettverksbygging i forbindelse med Norsk Betongdag. I tillegg blir det ekskursjon til Unicon på Sjursøya hvor det også blir et innlegg om Farrisbrua i Vestfold.

– Samlingene i Yngres Betongnettverk skal både ha et faglig og et sosialt innhold, sier Skjølvsvik.

Han trekker frem at YBN også er viktig med tanke på å rekruttere nye inn i betongfaget. I år hadde nettverket et eget arrangement for studenter ved NTNU. Der informert YBN om hva man kan jobbe med innen betongfaget og hvilke fag studentene bør velge hvis de vil jobbe med betong.

– Det er utrolig viktig at vi klarer å rekruttere flere folk til betongfaget. Det vil komme et generasjonsskifte som vi må sørge for å fylle opp, sier Skjølvsvik.

## Bring young concrete enthusiasts together



It is now over two years since Younger Concrete Network was formed. This network emanates from the Norwegian Concrete Association and shall be an offer to concrete interested people under the age of 35. The network aims to promote knowledge sharing, recruitment and general interest in the subject.

– We want to facilitate those who are new to the industry to have the opportunity to create networks between the companies where they work, says committee member Oliver Berget Skjølvsvik. He works as a counselor at concrete technology department at Skanska Teknikk.

Younger Concrete Network, which largely uses Facebook to spread news of events, and more, organizes three to four gatherings a year. Earlier this year there have been both the annual dinner and summer gathering, and this fall they will organize some networking in conjunction with Norsk Betongdag. In addition there will be an excursion to Unicon at Sjursøya. There will also be given some information about the Farris bridge in Vestfold.

– The gathering of Young Concrete Network will have both a professional and social content, says Skjølvsvik.

He points out that it's also important in terms of recruiting new peoples interested in concrete. This year they organized at network event for students at NTNU. There they informed about what you can work with in concrete and what subjects the students should choose if they want to work with concrete.

– It is incredibly important that we are able to recruit more people to work with concrete. There will be a generational gap that we need to make sure to fill up, says Skjølvsvik.

By Ådne Homleid

## Evigung betongnestor



Steinar Leivestad har viet sitt profesjonelle liv til betongen. 68-åringen er fortsatt i full sving i jobben han startet i en januar dag i 1971.

– Jeg har faktisk bare hatt ett ansettelsesforhold i hele min tid, forteller 68-åringen.

Etter å ha blitt uteksaminert fra NTH i Trondheim i 1969, startet han i begynnelsen av '71 jobben med å tegne betongkummer i Nordveien i Bærum for det som den gang het Sivilingeniør Elliot Strømme AS.

Nesten 44 år senere jobber Steinar Leivestad fortsatt i bedriften, som nå heter Norconsult.

– Jeg er pensjonert, men har en timebetalt løsarbeideravtale. Nå er jeg ansvarlig for revisjonsarbeidet for Eurokode 2, og jeg føler meg stadig som en av de mentalt yngste i rommet. Tyskland, England og Frankrike sier «Ikke rør», og jeg prøver å overbevise dem om at vi må rette fokus fremover, og ikke la oss hemme av alt gammelt og slikt vi har gjort før, sier 68-åringen.

Leivestad, som i 2009 ble utnevnt til æresmedlem av Norsk Betongforening, kan dog vise til mye han har gjort. I 1988-89 var han ansvarlig for prosjekteringen av Ekofisk-veggen, og han har blant annet vært dypt involvert i byggingen av Statfjord B og C, Gullfaks B og Troll A, verdens største flyttbare byggverk samt Hibernia utenfor New Foundland prosjektert for støt av isfjell på noen millioner tonn.

– Men jeg ser fortsatt like mye fremover som bakover, smiler den evigunge 68-åringen som bruker tiden i arbeid for Standard Norge.

## Youthful concrete veteran



Steinar Leivestad has devoted his entire professional career to concrete. 68 years of age, he's still going strong in the same job he first started doing in 1971.

– I've actually only had one place of employment my entire life, Leivestad admits.

After graduating from NTH in Trondheim in 1969, Leivestad first undertook the job of constructing manholes in Nordveien in Bærum in the beginning of 1971 for Sivilingeniør Elliot Strømme AS.

Almost 44 years later, Steinar Leivestad is still working for the same company, though the name is now Norconsult.

– I'm retired, but now I have a contract with Norconsult as a hired worker. These days I'm responsible for the revision of Eurocode 2, and I often feel like one of the mentally youngest persons in the room. Germany, England and France are all saying «Don't touch», while I'm trying to explain that we need to look ahead, and not to get bogged down in what we've done in the past, the 68 years old man says.

Leivestad, who in 2009 was issued an honorary membership in the Norwegian Concrete association, can look to a solid body of work from the past, though. In 1988-89 he was in charge of the design of the Ekofisk wall, and he has, among other things, been heavily involved in the construction of Statfjord B and C, Gullfaks B and Troll A, the world's biggest moveable building, as well as Hibernia outside New Foundland designed for impact by several million tonnes icebergs.

– But I still look as much ahead as I do backwards, the youthful 68 year-old says with a smile, spending his time in service for Standard's Norway.

By *Sindre Sverdrup Strand*



[www.betong.net](http://www.betong.net)

[nb@tekna.no](mailto:nb@tekna.no)



## Gratis studentmedlemskap

Ønsker du

- kontakt med betongbransjen?
- tilgang til publikasjoner og foredrag?

## Bli medlem i Norsk Betongforening!

Studentmedlemskapet inkluderer

- tidsskriftene
  - mur+betong ([www.murbetong.no](http://www.murbetong.no))
  - CEMENTNÅ.
  - Byggeindustrien sine betongnumre
- gratis nedlasting av publikasjoner og rapporter

Tegn medlemskap i dag på [www.betong.net](http://www.betong.net) under medlemskap og følg med på når det er medlemsmøter i ditt nærrområde.







Daværende formann i Norsk Betongforening Terje. F. Rønning (t.v.) gratulerte Steinar Berge Leivestad med æresmedlemskapet i 2009.

Former chairman of The Norwegian Concrete Association Terje. F. Rønning (left) congratulates Steinar Berge Leivestad with his honorary membership in 2009.

Photo: Arve Brekkhus

## KONTROLLRÅDET

[www.kontrollbetong.no](http://www.kontrollbetong.no)  
Tlf: 46 44 60 98

### DOKUMENTASJON AV BYGGEVARER IHT. TEKNISK FORSKRIFT 10 KAP. 3 AKKREDITERT PRODUKT- OG SYSTEMSERTIFISERING

Vårt kjerneområde er godkjenning og sertifisering av:  
Betongprodukter - tilslag og asfalt



#### Vi administrerer i alt 15 ulike godkjenning og sertifiseringsordninger innen områdene:

- Fabrikkfremstilte betong- og lettbetongprodukter
- Armeringsstål og sement
- Tilslag og asfalt
- Kumlokk og rammer av støpejern
- Puss- og murmørtler
- Prøvingslaboratorier og byggeplasslaboratorier
- Systemsertifisering iht. NS-EN ISO 9001 og 14001

Besøk [www.kontrollbetong.no](http://www.kontrollbetong.no) hvor du blant annet vil finne en ajourført database over alle godkjente og sertifiserte virksomheter. Mer enn 750 foretak er i dag tilsluttet våre ulike ordninger!



Terje Moe  
Gustavsen.

## Gratulasjoner til Norsk Betongforening

## Congratulates The Norwegian Concrete Association



På vegne av Statens vegvesen gratulerer jeg Norsk Betongforening med sitt 60-årsjubileum.

Vi har i mange år nytt godt av den faglige kompetansen som er samlet i Betongforeningen, og som kommer til uttrykk i NB Publikasjonene og kursene som holdes. Det er en stor fordel for oss som byggherre å kunne støtte oss på faglige dokumenter, og kunne henvise til slike bransjenormer i vårt eget regelverk. Samarbeidet NB har initiert om Betongopplæringsrådet, nyter vi også godt av som stor offentlig byggherre. Det gjør det enklere for oss å sikre god kompetanse på våre byggeplasser.

Som største anleggsbyggherre over tid er vi storforbruker av betong, og vårt fokus er at dette materialet skal gi oss bestandige konstruksjoner i vegnettet i lang tid. Norsk betongkompetanse har vært sterk i mange år, og forskning som bransjen driver sammen har vært en bærebjelke i betongutviklingen i Norge. Vi støtter dette og regner med at vi vil ha mange store spennende prosjekter sammen i tiden fremover. Ikke minst med tanke på store utfordringer vi ser i spenstige fjordkryssinger på Vestlandet, men også for forbedrede vedlikeholdsmetoder for de allerede 17.000 bruene og 1.100 tunnelene vi har i vegnettet i dag.

Vi synes det er veldig hyggelig at også vår satsning på arkitektur har gitt stor uttelling, og at vi fire ganger har vært mottaker av Betongtavlen. Det viser tydelig at Betong er viktig i våre veganlegg.

Vi har stor nytte av det faglige arbeidet og kunnskapsformidlingen som foregår i foreningens regi. NB er så absolutt en attraktiv møteplass for oss i Vegvesenet – enten det er Norsk Betongdag, temakvelder, kurs, konferanser eller andre arrangementer i regi av foreningens komiteer.

Jeg vil gratulere NB med jubileet fra en 60-åring til en annen! Vi ser frem til videre samarbeid i årene som kommer.

**Terje Moe Gustavsen**  
Vegdirektør



On behalf of the Norwegian Public Roads Administration I would like to extend my Congratulations to the Norwegian Concrete Association with its 60 years anniversary. We have

for many years benefited from the technical expertise in the Concrete Association, which is expressed through the Associations publications and seminars. It is a huge advantage for us as a client to lean on academic documents, and be able to refer to such standards in our own regulations. As a large public builder we also enjoy the benefits the cooperation the Association has initiated through the concrete training council. It makes it easier for us to ensure the skills and knowledge on our construction sites.

As the largest construction builder over time, we are a considerable consumer of concrete, and our focus is that this material will give us durable structures in the road network.

Norwegian concrete expertise has been strong for many years, and the research performed by the whole industry has been a mainstay of concrete developments in Norway. We support this and expect that we will have a number of big exciting projects together in the future. Not at least because of the great challenges we face in innovative fjord crossings on the west coast, but also to improve the methods of maintaining the existing 17,000 bridges and 1,100 tunnels we have in our road network today.

We are proud that our focus on architecture has been appreciated and resulted in a number of prizes, including "Betongtavlen". It clearly shows that concrete are important in the road sector. We have benefited greatly from the technical work and knowledge exchange that takes place in the association.

The Concrete Association is certainly an attractive meeting place for us in the Road Administration - whether this takes place in "Norsk Betongdag", theme nights, courses, conferences or other events organized by the Association's committees.

I want to congratulate The Norwegian Concrete Association with its 60th anniversary. We look forward to continued cooperation in the years to come.

**Terje Moe Gustavsen**  
Director General  
Norwegian Public Roads Administration



Gunnar Løvås



Jernbanen er storforbruker av betong. Det er det viktigste byggematerialet når nye baner skal bygges, og vi er stolte av å vise fram de mange flotte betongkonstruksjonene vi har. Ikke minst gjelder det mange imponerende broer. I tunnelene er gode betongløsninger mer og mer nødvendig. Vi er derfor glade for at det stadig arbeides med å utvikle betongfaget og gratulerer Norsk Betongforening med sine første 60 år!

**Gunnar Løvås, Fungerende jernbanedirektør**



The railway is a major consumer of concrete. It is the main material when we build new railways, and we are proud of our many great concrete structures. Above all this includes many impressive bridges. In the railway tunnels concrete solutions are more and more necessary. We are therefore pleased that the work to develop concrete continues and congratulate the Norwegian Concrete Association with its first 60 years!

**Gunnar Løvås, Acting Director General**  
The Norwegian National Rail Administration





*Liv Kari Skudal Hansteen*



På vegne av Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF), vil jeg gjerne overbringe våre hjertligste gratulasjoner til Norsk Betongforenings 60-årsjubileum! Vi vil gjerne takke dere for å bidra til utvikling av betong, det viktigste byggematerialet i Norge og på verdensbasis, som brukes i næringsbygg, overnattingslokaliteter, boliger, infrastruktur og industribygg.

RIF roser deres enorme bidrag til den teknologiske utviklingen, som har fått anerkjennelse og respekt fra betongmiljøer over hele verden. Deres innsats har bidratt til økonomiske, robuste og pålitelige konstruksjoner som nesten alle overalt kan nyte godt av. RIF ser frem til å fortsette det gode samarbeidet med å løfte frem kompetanse og kunnskap. Vi takker dere for deres kontinuerlige innsats for å forbedre og styrke kvaliteten på norske ingeniører og betongarbeidere, og vi ønsker dere lykke til med betongsymposiumet i 2017.

RIF ønsker dere mange flere år med suksess!

**Liv Kari Skudal Hansteen, administrerende direktør i Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF)**



On behalf of the Association of Consulting Engineers Norway (RIF), I would like to extend our heartiest congratulations to the Norwegian Concrete Association on your 60th Anniversary! We would like to thank you for contributing to the development of concrete, the most important construction material in Norway and worldwide, used in structures for trade, lodging, residences, transport infrastructure and industry plants.

RIF celebrates your tremendous contribution to technological development, which has earned the recognition and respect of the concrete technology environment globally. Your efforts have contributed to economical, robust and reliable structures enjoyed by nearly everyone everywhere. RIF looks forward to continuing our cooperation of bringing forward competence and knowledge. We thank you for your continuous efforts of improving and enhancing the quality of Norwegian engineers and concrete workers, and we wish you the very best of luck with the high-performance concrete symposium in 2017.

RIF wishes many more years of success to you and your members!

**Liv Kari Skudal Hansteen, CEO, Association of Consulting Engineers Norway**



*Harald Vaagaasar Nikolaisen*



Norges største kulturbygg er i ferd med å reise seg på Vestbanen i Oslo. Det nye Nasjonalmuseet for kunst, arkitektur og design utføres hovedsak i betong. Byggematerialet som ble oppfunnet av romerne har ikke blitt umoderne, men er fortsatt høyst aktuelt for å forme praktbygg.

Betong holder stand som verdens mest brukte byggemateriale fordi det er robust, står imot nedbrytning fra frost, vind, regn og sol. Betongbygg kan ha en levetid på flere hundre år og betong krever mindre vedlikehold enn mange andre materialer. Dessuten tar betong vare på energien og reduserer derfor energibehovet både til oppvarming og kjøling.

Operaen, Grieghallen, Norsk Bremuseum og Realfagbygget ved NTNU er kjente byggverk utført i betong. Utfordringen for betong er de negative miljøkonsekvensene som følger av at sementindustrien slipper ut store mengder av drivhusgassen CO<sub>2</sub>. Dette og andre forhold gjør at Statsbygg stiller klare miljøkrav til betongindustrien, blant annet bruk av lavkarbonbetong, at all armering skal være resirkulert og at miljøegenskapene til byggematerialene skal dokumenteres.

Betongindustrien fortjener honnør for å være tidlig ute med å investere i systemer for miljødokumentasjon. Det viser at norsk betongindustri er en fremtidsrettet næring.

**Harald Vaagaasar Nikolaisen  
Adm. dir.  
Statsbygg**



Norway's largest cultural building is about to rise at Vestbanen in Oslo. The new National Museum of Art, Architecture and Design will mainly be built using concrete. The building material which was invented by the Romans has not been outdated but is still highly relevant for shaping beautiful buildings.

Concrete remains the most widely used building material because it is durable, resists degradation from frost, wind, rain and sun. Concrete constructions can have a lifespan of several centuries and concrete requires less maintenance than many other materials. Furthermore concrete preserves energy which reduces energy demand for both heating and cooling.

The Oslo Opera House, the Grieg Hall, the Norwegian Glacier Museum and the Science Building at NTNU are all famous buildings made by concrete. The challenges concrete faces are the negative environmental impacts caused by the large amounts of greenhouse gas CO<sub>2</sub> the cement industry emits. This and other factors makes Statsbygg to set clear environmental standards for the concrete industry, including the use of low-carbon concrete, that all reinforcement shall be recycled and environmental characteristics of building materials shall be documented.

The concrete industry deserves credit for being among the first to invest in systems for environmental documentation. It shows that Norwegian concrete industry is a future-oriented industry.

**Harald Vaagaasar Nikolaisen  
Director General  
The Norwegian Directorate of Public Construction  
and Property Management/Statsbygg**

Sakhalin 1 in Sea of Okhotsk in Russia.  
Photo: Kværner



## Betongplattformer fra Nordsjøen og ut i verden



Siden Norwegian Contractors (nå forretningsenheten Concrete Solutions in Kværner) startet opp i 1971 har de designet, bygget og installert 25 betongplattformer (GBSer) i Norge og utlandet. Norwegian Contractors behersket svært komplekse betongkonstruksjoner, og en helt unik organisasjonskultur ble etablert med disse byggeprosjektene.

På 90-tallet bistod Norwegian Contractors Esso med bygging av tre betongplattformer i Canada og Australia – svært eksotisk for norske plattformbyggere på den tiden. Fra 1996 så ikke fremtiden lys ut for GBS-miljøet. Derimot fortsatte de erfarne betongspesialistene å jobbe standhaftig med olje- og gasskundene og ga aldri opp tanken på at det var et marked for betongplattformer ute i verden. Og i 2003 begynte ting å skje...

Tidligere NC-ansatte ble samlet i tillegg til ansettelse av noen av yngre årgang og det viste seg at kulturen fra NC-tiden var levedyktig samt at produktet var ledende i verdenssammenheng.

### EPCI-totalleverandør

Kværner utvikler prosjektspesifikke konsepter basert på mer enn 40 års erfaring. Egne konsepter er utgangspunktet for Kværners virksomhet. EPCI ansvaret inkluderer også oppbygging og drift av byggeplass inklusive dokk og eventuelt dypvannsted om kunden ønsker det samt gjennomføring av store marine operasjoner på prosjektene – ut av dokk, slep til feltet og installasjon på feltet.

En totalleverandør er avgjørende for produktet – kunden får én leverandør å forholde seg til som er fullt ut ansvarlig for byggheterheten. I komplekse konstruksjoner må byggheterheten ha et stort fokus for å sikre gjennomføring samt redusere kostnader og risiko i prosjektet.

## Concrete platforms from the North Sea and into the world



Since Norwegian Contractors (now the business unit Concrete Solutions in Kværner) started in 1971, they have designed, constructed and installed 25 concrete platforms in Norway and abroad. Norwegian Contractors (NC) has established a unique organizational culture through the design and construction of highly complex concrete structures.

In the 90s, Norwegian Contractors assisted Esso with construction of three concrete platforms in Canada and Australia. This proposed new opportunities and challenges for Norwegian platform builders at that time. From 1996 the future did not seem too bright for the GBS organization. However, the experienced concrete specialists continued to work persistently with oil and gas clients and never gave up the idea that there still existed a global market for concrete platforms.

Suddenly in 2003 things started to materialize...

Former NC employees and a younger generation of engineers were brought together to form a dynamic culture and once again had a viable world leading product.

### EPCI supplier

Kværner develops project-specific concept solutions based on more than 40 years of experience. In-house developed concepts are essential for Kværner's business. The EPCI responsibilities include not just the construction but the specific operations within the construction site. This includes operations at both the dry dock and the deepwater site depending on the client's request. They are also responsible for the execution of major marine operations on projects including out of the dock, tow to the field and installation at the field.





## Kunden i fokus

GBS er et særegent produkt spesielt velegnet for arktiske strøk og hvor det er store krav til lokalt innhold. Det krever en organisasjon med spesialkompetanse innen alle ledd. For å jobbe internasjonalt og med de store olje- og gasskundene må en være endringsvillig samt tolerere byråkratiet som følger med store, krevende kunder. Det er viktig å tilpasse seg kundens forventninger og etablere gode samarbeidsforhold og langsiktige relasjoner, samt å opptre etter gitte etiske standarder.

## Høyfast betong

Det er avgjørende å sikre robusthet under konseptutvikling (pre-FEED & FEED) for å kunne håndtere endrede laster, økt topside vekt og endrede krav til mekanisk utrusting i løpet av engineeringfasen.

Det har skjedd mye innen betongteknologi de siste årene og på de store betongplattformene oppnås trykkfastheter på over 100 MPa med god støpelighet både på horisontale støper og glideoperasjoner. Selvkompimerende egenskaper er nødvendig på grunn av tett armerte konstruksjoner med opptil 500kg/m<sup>3</sup> eller mer i enkelte konstruksjonsdeler.

Armeringstetthet styrer glidehastigheten og 1,2 – 1,4 meter per døgn er nedre grense for hva som er forsvarlig glidehastighet med høyfast betong.

I høyt belastede konstruksjoner er samspillet mellom engineering og produksjonen en avgjørende faktor for å sikre byggharhet. Dette samspillet er gjerne et av Kværners sterkeste kort og noe som gjør at kundene har tillit til deres gjennomføringsevne bekräftet gjennom mange prosjekter. I dag benyttes det vesentlig høyere andel flyveaske (≈30%) og silika (4-8%) i betong sammenlignet med offshorebetong for noen år siden. Samme fasthet oppnås samtidig som høy andel flyveaske gir et positivt bidrag til å redusere temperatur under herdeprosessen i betongen.



A total supplier is essential to a project as the customer has one supplier to rely on for the complete constructability of the product. In complex structures the constructability must have a strong focus to ensure implementation and execution as well as reducing cost and potential risk during the course of the project.

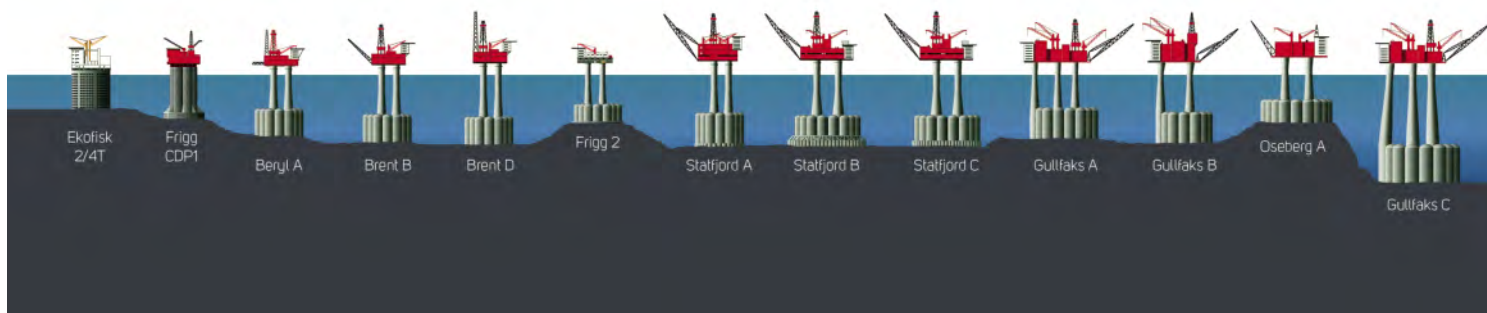
## Customer focus

A GBS is a distinctive product that is particularly suitable for the Arctic and where there are great specific local demands. It requires an organization with special expertise in all aspects. In order to work internationally and together with the major oil and gas clients, a company must be willing to change and tolerate the bureaucracy that comes with large, demanding customers. It is important to adapt to customers' expectations and establish a good long-term relationship in accordance with specific ethical standards.

## High performance concrete

It is essential to ensure robustness during concept development (pre-FEED and FEED) in order to handle future changes in loads, increased topside weight and changing demands of mechanical outfitting during the engineering phase.

There has been a lot of development with concrete technology in recent years and the large concrete platforms achieve compressive strengths of over 100 MPa with good workability for both conventional pouring and slipforming operations. Self-compacting properties are essential due to the high density of reinforcement with up to 500kg/m<sup>3</sup> or more in certain construction elements. The density of reinforcement is the governing factor for the slipform speed as 1.2 - 1.4 meters per day is considered the lower limit for proper slipform speed with high strength concrete. In highly utilized structures the interaction between engineering



Videreutvikling av tilsetningsstoffer gjør at betong kan produseres med et svært lavt w/b forhold. Det er verdt å merke seg at utviklingen innen betong mix derimot gir mindre robusthet i byggefasen – betong blir blant annet mer sensitiv for temperatur, glidehastighet og utførelse.

Prekvalifisering av materialer og betong mix kan være en omstendelig prosess ved gjennomføring av prosjekter i andre land som for eksempel Russland. Det bør beregnes inntil 1,5-2 år for komplett prekvalifisering av betong mix. Basert på Kværners erfaring gjennomføres prekvalifiseringstester både i Norge og lokalt i utbygninglandet for å sikre at testene tilfredsstillende alle krav.

Den lokale leverandørindustrien er sjelden tilpasset internasjonale krav og det legges mye arbeid i opprustning og videreutvikling av produsenter. Dette gjøres med en viss ydmykhet for å oppnå godt samarbeid og tillit samt skape en vinn-vinn situasjon for begge parter. Ikke sjelden må utstyret forbedres da det ikke holder mål for å produsere materialkvaliteten som kreves.

Omfattende oppfølging av materialproduksjonen og kvaliteten prioriteres høyt da betongens egenskaper er avhengig av riktig materialkvalitet. Kværner har utarbeidet egne spesifikasjoner for betongarbeider basert på norsk og internasjonal erfaring gjennom mange år.

Selv om NS blir benyttet i design, må nasjonale standarder for testing og utførelse benyttes under bygging i utlandet og en grundig GAP analyse (variasjoner) mellom NS/EN og nasjonale standarder utarbeides. Det er ikke alle nasjonale standarder som er tilpasset en «High Performance Concrete». I enkelte land er selve prøvemethodene annerledes og testing må utføres i henhold til både NS/EN og nasjonale krav for å dokumentere designkrav samt utarbeide dokumenter for nasjonale myndigheter. Testing av frostbestandighet utføres blant annet på en helt annen måte i Russland enn i Europa.

Også lokale laboratorier blir fulgt opp under testing for å sikre at testing utføres i henhold til standardene.

## Utfordringer i Arktiske strøk

Klimatiske forhold vurderes både i design og i byggefasen.

Temperatur og temperatur-svingninger i levetiden påvirker prekvalifiseringskrav til betong mix for å sikre en god frostbestandighet blant annet.

I arktiske strøk er det ulike lokale lastpåkjenninger og utfordringer:

- \* Canada: isfjell
- \* Nord-vest Russland: driv-is
- \* Øst-Russland: is-skuring

I forberedelsene til Sakhalin 1 i Øst-Russland utviklet og patenterte Kværner en spesial-mix som tåler konstant skuring gjennom vinteren år etter år – beregnet til en slitasje på 3 mm per år. Egne prøvemethoder ble implementert på SINTEF og i Vladivostok.

I byggefasen vinterstid med opptil -25°C og tidvis sterk vind er det behov for isolering og oppvarming av konstruksjonen. På sommeren kjøles betongen og dette er generelt viktig i tykke tverrsnitt, men også under glideoperasjoner for å minke risiko for betonggroing på glideforma og påfølgende skader i betong overflaten. På grunn av værforhold er det gjerne kun 2-3 måneder i året som har akseptable værforhold for slep og installasjon av plattformen.



and production is a crucial factor for ensuring constructability. This interaction may be one of Kværner's strongest assets and gives the customers confidence in their execution ability which is confirmed through the successes of numerous projects.

Today a substantially higher proportion of fly ash (≈30%) and silica (4-8%) are used in concrete in comparison with the offshore concrete produced a few years ago. The same strength is achieved and a high proportion of fly ash contributes to reducing the temperature during the concrete curing process. Further development of additives allows the concrete to be produced with a very low w/b ratio. However it is worth noting that the development of concrete mix provides less robustness in the construction phase – the concrete is more sensitive to temperature, slipform speed and performance.

Prequalification of materials and concrete mix is an important and comprehensive process for the execution of projects in other countries, such as Russia. It may take up to 1.5-2 years to complete the prequalification of a concrete mix. Based on Kværner's experience, the prequalification testing is executed both in Norway and in the country where the construction takes place in order to ensure that the testing meets all requirements.

The local industry supplier is rarely fully adapted to international requirements and a lot of effort is put in place for upgrading and development of manufacturers. This is done with a certain humbleness to achieve good cooperation and trust as well as creating a win-win situation for both parties. Often the production equipment must be improved to produce the material quality that is required.

Comprehensive monitoring of material production is a high priority as the concrete properties are dependent on proper material quality. Kværner has developed their own specifications for concrete works based on Norwegian practices and their international experience over many years.

Although the Norwegian standards are being used in design, national standards are used for testing and execution abroad and a thorough gap analysis (variations) between NS/EN and national standards are developed. However not all national standards are suitable for a "high performance concrete". In some countries, the actual test methods may differ from the NS/EN test methods and the testing has to be carried out in accordance with both the EN/EN and national requirements in order to define design requirements as well as prepare the necessary documentation for national authorities. Testing of freeze-thaw properties is for example performed entirely differently in Russia than in Europe. Local laboratories are being monitored during testing to ensure that testing is performed in compliance with the standards.

## Challenges in Arctic regions

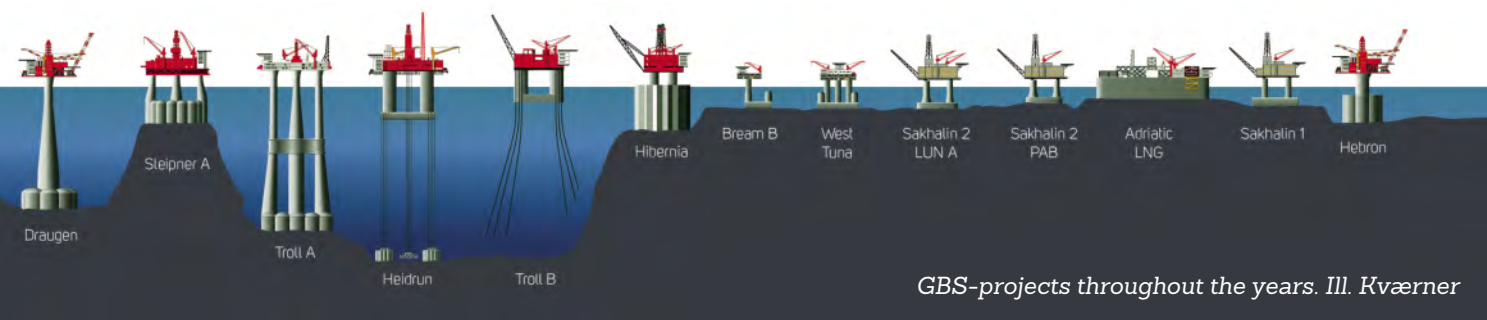
Climatic conditions are being assessed both in design and in the construction phase. The temperature and temperature variations during the lifetime of the structure influence the pre-qualification requirements for the concrete mix and to ensure good frost resistance among other things.

In the Arctic, there are various local ice load and challenges:

- Canada: icebergs
- North-west Russia: drifting ice
- East of Russia: ice abrasion

In preparation for the Sakhalin 1 in Eastern Russia Kværner deve-





GBS-projects throughout the years. III. Kværner



## Betong - bygges lokalt

Det er stort fokus på lokalt innhold for å vinne kontrakter i utlandet. Et av de store fortrinn med en betongplattform kontra en stålplattform er nettopp det høye lokale innholdet som oppnås med innkjøp og bygging.

Det er betydelig opplæring av lokale ansatte som kreves når relativt få GBS-eksperter skal lede et stort byggeprosjekt internasjonalt. Flere av de unge, dyktige ingeniørene blir ansatt og per i dag har Concrete Solutions i Kværner medarbeidere fra 11 nasjonaliteter.

## Nettverk, forskning og utvikling

De store utfordringene i arktiske strøk er avhengig av bærekraftig utvikling og samarbeid på tvers av landegrensene for kontinuerlig forbedringer innenfor sikkerhet, tekniske løsninger, kostreduserende tiltak samt effektivisering av byggemetoder.

Ved å bringe industrien, forskning og akademiske ressurser sammen kan man bedre løse utfordringene.

Flere av Kværners samarbeidspartnere i Norge og Europa har vært med på utviklingen gjennom mange år. SINTEF er en av



loped and patented a custom made mix that can withstand constant abrasion through the winter, year after year – the abrasion is estimated to be about 3 mm per year. Individual test methods were implemented at SINTEF and in Vladivostok.

During winter construction the temperature can reach -25 ° C and with occasional high winds there is a definite need for insulation and heating of the structure. During the summer, cooling of the concrete is essential and this is particularly important in thick cross sections and also during slipforming operations in order to decrease the risk of concrete growth on the slipform causing subsequent damage to the concrete surface. Due to climate conditions, there is normally a limit of 2-3 months per year where there are acceptable climate conditions for tow and installation of the platform.

## Concrete – built locally

There is a high focus on local content in order to win contracts abroad. One of the major advantages of a concrete platform versus a steel platform is that there is a high demand for local resources during procurement and construction.



Working together. Photo: Kværner





samarbeidspartnere som har vært engasjert på mange av Kværners prosjekter og er vel anerkjent blant internasjonale kunder. Kværner har tatt initiativ til samarbeid og utveksling mellom tre universiteter: NTNU i Trondheim, FEU i Vladivostok, Øst-Russland og Memorial University i St. John's, Newfoundland.

Kompetanse er nøkkelen – den må hentes der den finnes blant konsulenter, forskningsinstitutt, leverandører og lokale aktører.

## Mulighetene fremover

Fremtiden for betongplattformer er spennende – dette gjelder spesielt i Arktiske strøk, men også i andre deler av verden:

- \* Produksjonsplattformer for olje og gass
- \* Flyttbare boreplattformer
- \* LNG terminaler
- \* Arktisk dypvannsproduksjon og lagring
- \* Subsea energilagring

Konseptutvikling og markedsføring av nye løsninger tar tid og Kværner har betydelig aktivitet på dette feltet. Dyktige medarbeidere med kompetanse og erfaring samt mot til å satse er grunnlaget for å lykkes.



There is a considerable need for training of local staff when only a few GBS experts are leading a large construction project internationally. Currently Concrete Solutions Kværner has employees from 11 nationalities including many young and skilled engineers.

## Networking, research and development

The major challenges in the Arctic is dependent on a sustainable development and cooperation across national borders for continuous improvements within safety, technical solutions, cost reduction and streamlining construction methods.

By bringing industry experience, research and academic resources together it becomes more likely that we can resolve these challenges.

Several of Kvaerner's partners in Norway and Europe have contributed to the development over many years. SINTEF is one of the partners who has been involved in many of Kværner's projects and is well recognized among international customers. Kværner has taken the initiative to cooperate and exchange resources between three universities including: NTNU in Trondheim, FEU in Vladivostok (Russian Far East) and Memorial University in St. John's, Newfoundland.

Competence is the key and must be gathered wherever it exists - among consultants, research institutes, suppliers and local stakeholders.

## The opportunities ahead

The future of concrete platforms is exciting - particularly in the Arctic region but also in other parts of the world:

- \* Production platforms for oil and gas
- \* Removable drilling platforms
- \* LNG terminals
- \* Arctic deep-water production and storage
- \* Subsea energy storage

Concept development and marketing of new solutions takes time and Kværner has significant activity in this field. Skilled staff with knowledge and experience as well as the courage to pursue new goals is the foundation for success.

*By Kathrine Haldorsen  
Concrete Solutions Kværner*

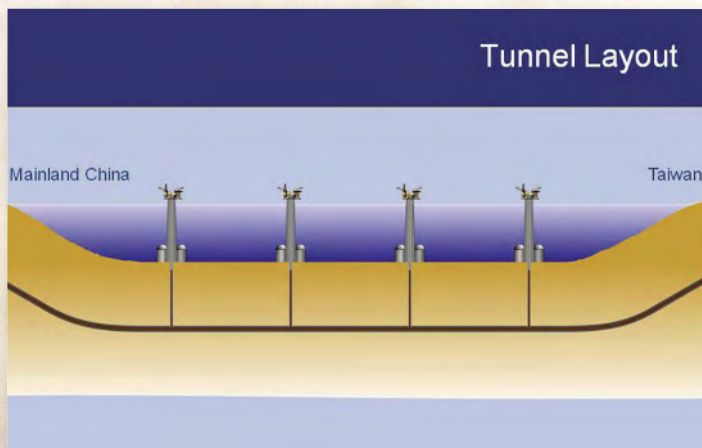
*Sakhalin 2 in Sea of Okhotsk in Russia.  
Photo: Kværner*











*Draugen-plattformer på rekke og rad danner pipesystemet i de ultralange undersjøiske tunnelene.*

*Draugen platforms in rows forming pipe systems in a ultra-long underwater tunnel.*



## Vil skrive tunnelhistorie med Draugen-hjelp



Oljeplattformen Draugen har skapt norsk byggehistorie en gang allerede. Får engelske ingeniører det som de vil, kan norsk Draugen-teknologi gjøre det igjen – som løsningen på hvordan man kan bygge ultralange undersjøiske tunneler mellom Kina, Japan og Korea.

Undersjøiske tunneler har i dag en lengdebegrensning på cirka 50 kilometer. Den barrieren tror de britiske ingeniørene Allan Sharp fra Aotech Limited og Gareth Mainwaring fra ingeniørgiganten Mott MacDonald det er realistisk å bryte med norsk Draugen-hjelp.

– Sharp har funnet ut at man kan unngå dagens lengdebegrensninger dersom man bruker vertikale piper for å åpne flere byggefronter. Slik kan man kutte betydelig ned på både byggetid og kost-

nader. Det som er hyggelig for oss er at pipesystemet han ser for seg å bruke, består av Draugen-plattformer, sier ansvarlig for forretningsutvikling i Dr. techn. Olav Olsen AS, Tor Ole Olsen.

Det er presentert planer for hvordan man kan bruke de norske betongkonstruksjonene til å bygge ultralange tunneler på over 200 kilometer på kortere tid enn det tok å bygge 50-kilometerstunnelen mellom Storbritannia og Frankrike.

– Får Sør-Korea, som i dag ikke har fastlandskontakt med andre enn Nord-Korea, en undersjøisk tunnel som knytter dem til Japan, kan det være med å endre verdensbildet, sier Olsen.





*Draugen-plattformen til Shell er trolig den dristigste plattformen som er bygd på det såkalte Condeep-konseptet.*

*The Draugen platform is probably the boldest platform built with the Condeep concept. Photo: NC*

## Will make underground history with Draugen



The oil platform Draugen has already once created Norwegian building history. If British engineers can make their planes come true, Norwegian Draugen technology can do it again with the solution to to build ultra-long undersea tunnel between China, Japan and Korea.

Undersea tunnels now has a length limit of approximately 50 kilometers. This barrier the British engineers Allan Sharp from AXTech Limited and Gareth Mainwaring from engineering giant Mott MacDonald think is realistic to violate with Norwegian Draugen help.

– Sharp has found that we can avoid the current length limitations when using vertical pipes to open several building fronts. With this solution it's possible to cut down significantly on both con-

struction time and costs. It is nice that the pipe system he envisions using consists of Draugen platforms, says Tor Ole Olsen at Dr. techn. Olav Olsen AS.

Plans on how to use the Norwegian concrete structures to build ultra-long tunnels over 200 km in less time than it took to build the 50-kilometer tunnel between Britain and France is already presented.

– Can South Korea, which currently does not have mainland contact with other than North Korea, connect to to Japan with an underwater tunnel it can change the world, says Olsen.

By Frode Aga





## Betongteknologi i Multiconsult



Multiconsult har gjennom mange år utviklet betydelig kompetanse innen design av marine betongkonstruksjoner.

De siste 40 årene har de vært sterkt involvert i utformingen av offshorekonstruksjoner i betong for olje- og gassindustrien både på norsk sokkel og internasjonalt. Prosjekteringen av betongplattformer er gjennomført i nært samarbeid med Kværner og deres forjengere.

Multiconsult har utviklet et markedsledende postprosesserings- og designprogram "MultiCon" som har blitt brukt til å prosjektere alle Kværners betongplattformer siden 1990. Programvaren gir en nøyaktig oversikt over alle individuelle lasttilfeller og kombinasjoner og utfører kodesjekker for alle deler av konstruksjonen. MultiCon gir transparente plott som viser nødvendig armeringsbehov og tilhørende utnyttelsesgrader.

Gjennom et industrielt doktorgradsprogram ved NTNU, utvikler Multiconsult en løsningsstrategi for storskala ikke-lineære elementanalyser (NLFEA) av armerte betongkonstruksjoner. Målet med forskningen er å:

- Velge en egnet løsningsstrategi til bruk i NLFEA av store, armerte betongkonstruksjoner.
- Validere den valgte løsningsstrategien ved å utføre benchmarkanalyser for et bredt spekter av konstruksjoner og belastingsforhold.

- Utvikle en fremgangsmåte for å innføre et sikkerhetsformat på store betongkonstruksjoner.

Multiconsult har i løpet av de siste 20 årene utviklet betydelig kapasitet innen kaldt klima og arktisk teknologi. I dag har Multiconsult en høykompetent gruppe som jobber med utfordringene som skal løses i nordområdene.

Isabrasjon er en viktig nedbrytningsmekanisme for betong som fører til redusert levetid for marine betongkonstruksjoner utsatt for havis. Fenomenet skyldes friksjonskrefter mellom is og betong og resulterer i gradvis tap av armeringsoverdekning. Multiconsult er engasjert i å utvikle løsninger for å håndtere isabrasjon på marine betongkonstruksjoner gjennom et doktorgradsarbeid ved NTNU. Som en del av arbeidet, har det blitt utviklet en spesialbygd testrigg for å simulere effekten av at is som skurer mot betongoverflater. Testutstyret brukes til å undersøke slitasegenskaper i betong utsatt for friksjonskrefter fra is.

Multiconsult har sammen med Kværner tette relasjoner til det russiske "Far Eastern Federal University" (FEFU) i Vladivostok. Samarbeidet omfatter arktisk/kaldt klima- og betongteknologi. Multiconsult har også bidratt aktivt til å få i stand et universitetssamarbeid mellom FEFU og NTNU. Videre har Multiconsult og Kværner tatt i mot russiske studenter gjennom egne internships-ordninger i bedriftene.





Photo: Multiconsult

## Concrete technology in Multiconsult



Multiconsult has over many years developed substantial expertise in design and engineering of concrete structures.

The last 40 years they have been heavily involved in design of concrete offshore structures for the oil & gas industry, both on the Norwegian Continental Shelf and internationally. The design and engineering work of the concrete platforms have been carried out in close co-operation with Kvaerner and their predecessors.

Multiconsult has developed a market leading post processing and design program "MultiCon" which has been used to design all Kvaerner's concrete platforms since 1990. The software keeps an accurate record of all individual load cases and combinations and performs code checks for all parts of the structure. MultiCon provides transparent plots showing the necessary reinforcement needs and associated utilization ratios.

Through an industrial PhD program at the Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Multiconsult is developing a solution strategy for large scale Non-Linear Finite Element Analysis (NLFEA) of reinforced concrete structures. The aim of the research is to:

- Select a proper solution strategy to be used in NLFEA of large reinforced concrete structures.
- Validate the chosen solution strategy by performing benchmark analyses on a wide range of structural forms and loading conditions.
- Develop a method for applying a safety format on large concrete structures.

Over the last 20 years Multiconsult has developed capabilities on cold climate and arctic technology. Today Multiconsult has a highly skilled group working with the challenges being met in the High North.

Ice abrasion is a severe degradation mechanism responsible for reduced service life in marine concrete structures exposed to sea ice. The phenomenon is caused by ice-concrete friction forces and results in gradual loss of concrete cover. Multiconsult is involved in developing solutions to handle ice abrasion on marine concrete structures through a doctoral work at NTNU. As a part of the work, there has been developed a purpose-built test rig to simulate the effect of ice sliding against concrete surfaces. The testing facility is used to investigate abrasion properties of concrete exposed to ice-concrete friction forces.

Multiconsult has, together with Kvaerner, close relations with the Russian Far Eastern Federal University (FEFU) in Vladivostok. The collaboration is within arctic- and concrete technology. Multiconsult has participated in facilitating university collaboration between FEFU and NTNU. Further, Multiconsult and Kvaerner have provided internships for Russian students from FEFU and continue to do so.

*By Egil Møen, Multiconsult*





Import-terminalen for LNG i Lysekil i Sverige blir formelt ferdigstilt i løpet av høsten 2014 og leverer allerede LNG til PREEM-raffineriet like ved.

The Lysekil LNG terminal project in Sweden is formally finished during the autumn of 2014 and is already feeding the PREEM refinery with LNG.

Photo: Norconsult



## LNG-terminalen i Lysekil



Med god erfaring fra perioden med prosjektering og bygging av betongplattformer i Nordsjøen (Gravity Base Structures), har Norconsult AS utviklet omfattende kunnskap knyttet til dimensjonering av atmosfæriske LNG-lagringstanker gjennom de siste tiårene.

En «full containment» kryogenisk lagringstank er konkurransedyktig når det gjelder kostnader og byggetid, og oppfyller de høyeste sikkerhetsstandarder i bransjen, dvs. Europeisk Standard EN 1473 og EN 14620. Dette konseptet er ansett å være det sikreste for lagring av flytende naturgass LNG.

Import-terminalen for LNG i Lysekil i Sverige blir formelt ferdigstilt i løpet av høsten 2014 og leverer allerede LNG til PREEM-raffineriet like ved. Utformingen av Lysekil-tanken er tilsvarende tanken som ble prosjektert av Norconsult AS og bygget ved Skangass Risavika sin LNG-fabrikk utenfor Stavanger. Lagringsvolumet for LNG ved begge disse anleggene er 30 000 m<sup>3</sup>, og lagringstemperaturen er -162 °C.

Tanken har totalt tre sikkerhetsbarrierer som skal hindre lekkasje;

- en innettank av stål, primærbeholderen
- Thermal Protection System (TPS)
- den ytre betongtanken, sekundærbeholderen

Det valgte lagringskonseptet med denne ytre betongkonstruksjonen er meget gunstig mht. risiko og sikkerhet. Sikkerhetsavstandene er betydelig redusert i forhold til andre tankløsninger. Dermed vil LNG-anlegget oppta et mindre område, og tilstøtende områder vil bli mindre påvirket i forhold til annet eller fremtidig bruk.

Tanken er utformet og konstruert slik at både den innvendige ståltanken og den ytre betongtanken uavhengig av hverandre skal være i

stand til å holde på LNG-produktet. Betongtanken utgjør en barriere i tilfelle det skulle oppstå en utilsiktet lekkasje eller en uforutsett kollaps av den innvendige ståltanken. LNG lagres altså i den innvendige ståltanken under normal drift og er bygget med bruk av 9% nikkel-stål.

En lining av karbonstål montert på innvendig side av betongtanken fungerer som tankens gasstetting. Betongveggen er forspent, mens taket formet som en kuppel, består av betong utvendig med et innvendig ståltak brukt som forskaling under støping. Ståltaket fungerer som den gasstette membranen i kuppelen og er sveist mot liningen i veggen. Betongveggen er støpt med bruk av glideforskaling, noe som er effektivt med hensyn til byggetid. Regelverket krever forskjellige betongresepter for de ulike konstruksjonsdelene, totalt fire forskjellige resepter er benyttet. Volumet mellom den utvendige betongtanken og innertanken er fylt med løs isolasjon. Den innvendige ståltanken hviler på trykkfast isolasjon montert over bunnplaten av betong.

Lagringstanken er dimensjonert for typiske ulykkeslaste som jordskjelv, eksplosjonstrykk, flyvende objekter og termiske brannlaste.

### Fakta:

Byggherre: Skangass AS  
Detaljert design: Norconsult AS  
Hovedentreprenør: Midroc Rodoverken AB  
Hovedstruktur:  
Betong: 4 300 m<sup>3</sup>  
Armering: 360 tonn  
Stålkonstruksjoner: 750 tonn





## Lysekil LNG terminal



With track records all the way from design of the gravity based concrete structures (GBS) in the North Sea, Norconsult AS has developed extensive design knowledge for atmospheric LNG tanks through the last decades.

The full containment cryogenic tank is competitive regarding cost and construction period, and fulfil the highest safety standards in the industry i.e. European Standard EN 14620 in accordance to EN 1473, and hence is the safest design available for LNG storage globally.

The Lysekil LNG terminal project in Sweden is formally finished during the autumn of 2014 and is already feeding the PREEM refinery with LNG. The design provided to the Lysekil tank is similar to the tank designed by Norconsult AS and constructed at the Skangass Risavika LNG Base Load Plant outside Stavanger, Norway. The LNG storage volume for the both is 30 000 m<sup>3</sup> at a temperature of -162 oC.

The full containment tank holds in total three barriers regarding safety to leakage;

- the steel inner tank, primary container
- the Thermal Protection System (TPS)
- the outer concrete tank, secondary container

The chosen storage concept with this outer concrete structure is favourable regarding risk and safety. The safety distance is reduced significantly compared to other storage tank solutions. Consequently the LNG plant covers less area, and adjacent areas will be less influenced regarding restriction related to other or future use.

The tank is designed and constructed such that both the inner tank and the outer tank are capable of independently containing the LNG. The latter is in case of accidental leakage or unforeseen col-

lapse of the inner tank. The steel inner tank of 9 % nickel-steel contains the LNG under normal operating conditions.

The concrete tank provides the primary vapour shell of the tank including a gas tight carbon steel liner at the inner face. The concrete wall is prestressed, while the dome structure consists of a steel roof used as formwork when casting the concrete dome. The steel roof is also serving as the gas tight membrane in operation. The concrete wall is constructed by use of slipforming which is efficient considering construction time. The code requires different concrete grades for the ingoing structural parts, in total four different concrete grades/recipes are introduced. The space to the inner tank is filled with loose insulation, while the inner tank is resting on compact insulation located above the concrete base slab.

Typical accidental actions governing for the storage tank are operational basis earthquake (OBE), safe shutdown earthquake (SSE), blast pressure, flying objects and thermal radiation.

### Facts:

Client: Skangass AS  
Detail design: Norconsult AS  
Main civil contractor: Midroc Rodoverken AB  
Main structure:  
Concrete: 4 300 m<sup>3</sup>  
Reinforcement: 360 ton  
Steel structures: 750 ton

By **Tor Kristian Sandaker** and  
**Trygve Isaksen**, Norconsult

Det er de senere årene ferdigstilt en rekke viktige og flotte betongprosjekter i Norge. På de følgende sidene ønsker vi å vise frem noen av disse – både de som er ferdige og tatt i bruk og noen som er under oppføring.

Over the last few years a number of important and beautiful concrete projects are completed in Norway. On the following pages we want to present some of these - both those that are finished and in use and some of which are under construction.



Photo: Element NOR AS

### ElementNORs nye fabrikk



ElementNOR nye fabrikk ligger ca 85 km sør for Tromsø. Den spesielle arkitekturen gjør at du automatisk kaster flere blikk, når bygningen kommer i syne.

Hvis du reiser med bil langs E6 vil bygningen som ligger kun 20 meter fra veien fange din oppmerksomhet. Heldigvis har veien ingen svinger så "distraksjonen" gjør ikke kjøringen farlig.

Bygningen rommer produksjon av betongelementer for boliger, industribygg og infrastruktur. Bygget er planlagt med mulighet for utvidelse. Den østlige vegg (215 meter lang) kan flyttes slik at bygningen vil ha det dobbelt av dagens volum.

Dette er en av fordelene med betongelementer. De kan brukes flere ganger og kan flyttes, og hele anlegget kan i tillegg bli flyttet til et annet sted.

#### Fakta:

Arkitekt: Arcon AS

Sted: Namsos, Nord-Trøndelag

Fullført: 2008

Entreprenør: ElementNOR AS

Leverandør av ferdigbetong: Overhalla Betongbygg AS

Leverandør av prefabrikkerte betongelementer:

Overhalla Betongbygg AS

### ElementNOR's new plant



ElementNOR's new plant is situated approximate 85 km south of Tromsø. The architecture will make you look twice, or more, when the building comes in your sight.

If you are travelling by car along E6 the building will catch your attention, placed just 20 meters from the road. Happily the road has no curves so the "distraction" does not make your driving hazardous.

Production of concrete elements for housing, industrial building and infrastructure are industrialized within the building. The building is planned and prepared for expansion of activities. The eastern wall (215 meters long) can be moved so that the building will have twice of today's volume.

This is one of the advantages with concrete elements. They are reusable and can be moved within the location or the whole plant can be moved to another location.

#### Facts:

Architect: Arcon AS

Location: Namsos, Nord-Trøndelag

Completed: 2008

Contractor: ElementNOR AS

Supplier of ready-mix concrete: Overhalla Betongbygg AS

Supplier of precast concrete elements: Overhalla Betongbygg AS





Photo: Spenncon AS

## Gardermoen T2



Prosjektet vil øke den eksisterende kapasiteten på flyplassen til 28-35 millioner passasjerer per år. Prosjektet innebærer planlegging og utforming av områdene på fly- og landsiden, utvidelse av eksisterende terminalbygg og en ny pir. I den første fasen vil kapasiteten øke til 28 millioner passasjerer per år, mens den øker til hele 35 millioner i den siste fasen. Flyplassen skal være i fremste klasse når det gjelder bærekraft. Bygningens form er optimalisert med hensyn til å dra nytte av solenergi og dagslys og å kunne dra nytte av lokale værendringer. Lav-karbon-teknologi slik som fjernvarme og termisk energi har vært hovedelementer i bærekraftstrategien. Oslo Lufthavn er allerede en av verdens mest energieffektive flyplasser, og den nye terminalen sertifiseres i klassen BREEAM Excellent. Bygningsrammen består av stål og prefabrickerte betongelementer i dekker, søyler og bjelker og i sandwich fasader.

### Fakta

Prosjekteier: Avinor AS  
Oppdragsgiver: Oslo Lufthavn AS  
Nytt terminalområde: 117 000 m<sup>2</sup> (eksisterende: 148 000 m<sup>2</sup>)  
Byggeperiode: 2011- 2017  
Arkitekt og konsulenter: Team\_T AS  
Narud Stokke Wiig Arkitekter og Planleggere AS  
COWI AS  
Norconsult AS  
Aas-Jakobsen AS  
Per Rasmussen AS  
Leverandør av prefabrickerte betongelementer: Spenncon

## Gardermoen T2



The project will increase the existing capacity of the airport to 28-35 million passengers per year. The project involves the planning and design of airside and landside areas, expansion of the existing terminal building and a new pier. In the first phase the capacity of the airport will rise to 28 million passenger per year, while in the second phase the number will increase to 35 million.

The design team aspires for the upgraded airport to be exemplary with regards to sustainability. The shape of the building has been optimized for taking advantage of passive solar energy and daylight, and is designed to be responsive to changing weather conditions. Low-carbon technologies such as district heating and natural thermal energy have also been key elements in the sustainability strategy. Oslo Airport is already one of the world's most energy efficient airports, and the new terminal is designed to achieve 'BREEAM Excellence'.

Building frame consists of steel and precast concrete elements in slabs and columns, beams and sandwich façades

### Facts

Project owner: Avinor AS  
Client: Oslo Lufthavn AS  
New terminal area: 117 000 m<sup>2</sup> (existing: 148 000 m<sup>2</sup>)  
Construction period 2011- 2017  
Architect and Consultants:  
Team\_T AS  
Narud Stokke Wiig Arkitekter og Planleggere AS  
COWI AS  
Norconsult AS  
Aas-Jakobsen AS  
Per Rasmussen AS  
Supplier of precast concrete elements: Spenncon



Photo: Block Berge Bygg AS

## Global Maritime



Bygget som ligger på den nordvestre delen av Forus er preget av gode materialkvaliteter innvendig og utvendig og et romslig atrium med to hengende møterom.

Kontordelen og parkeringshuset har en L-form. Bærende konstruksjon er i betongelementer; ytterveggselementer og hulldekker. Fasadene består av slipte og frilagte betongelementer som er frisket opp med utenpåhengende lette konstruksjoner kledd med metallplater. Disse konstruksjonene er like store som betongelementene. Bygging med elementer ga rask byggetid, noe som reduserte faren for fukt i konstruksjonen. Slipt betong og aluminiumsvinduer gir lang levetid og lave vedlikeholdskostnader.

### Fakta:

Byggherre: Global Maritime GM Eiendom AS

Arkitekt: Kvalvik & Kaada Arkitekter AS

Sted: Forus, Stavanger kommune

Ferdigstilt: 2011

Totalentreprenør: Block Berge Bygg AS

Betongelementer: Block Berge Bygg AS

## Global Maritime



The building which is located in the northwestern part of Forus is characterized by good material qualities inside and outside and a spacious atrium with two suspending meeting rooms

The office section and the carpark has an L-shape. The bearing structure is in precast concrete elements, exterior precast wall elements and hollow core slabs. The façade consists of polished and exposed concrete elements together with lightweight structures covered with metal plates. These structures have the same size as the concrete elements. Construction with precast elements reduces the construction period and the risk of moisture in the construction. Polished concrete and aluminum windows provides long lifetime and low maintenance costs.

### Facts:

Client: Global Maritime GM Property AS

Architect: Kvalvik & Kaada Architects AS

Location: Forus, Stavanger Municipality

Year: 2011

Contractor: Block Berge Bygg AS

Supplier of precast concrete elements: Block Berge Bygg AS





Photo: Hanne Maren Torpen Hokstad

## Hamar Kulturhus



Hamar har fått en ny praktfull storstue med en stor konsertsal, kinosaler, bibliotek og fantastiske øvingsfasiliteter for musikk, dans og teater. Bygningen er stor og enkel med tils dels store flater med innvendig eksponert betong.

Bygget fikk hedrende omtale fra juryen for Betongtavlen 2014 som uttalte:

«Det er en klar hovedkonstruksjon av store betongrammer som går gjennom hele den store regulære bygningen. Det er i tillegg markante betongvegger og opphengte og utkragede kinosaler i betong. Det er brukt mye betong i bygningen og denne er godt eksponert uten å være dominerende. Det er en fin balanse mellom bruk av røff betong og sobert tre.

På det utvendige dekket i gjennomgangen som deler den store bygningen i to er det lagt betongheller som kunstnerisk utsmykning. De er støpt i et presist og elegant mønster i mørk og lys betong. Figurene i mønsteret er inspirert av Hamars landbrukshistorie med gulrøtter, flasker og traktorer.»

### Fakta:

Tiltakshaver: Hamar kommune

Arkitekt: Tegnstuen Vandkunsten AS i samarbeid med Anderssen + Fremming AS

Kunst: Gunilla Klingberg (betongheller i inngangsparti)

RIB: Norconsult

Entreprenør: Martin M. Bakken

Kunstproduksjon: One Stone AB, Stelcon GmbH,

Klingberg Geschwind AB

Prosjektledelse: STEMA Rådgiving AS

Byggeledelse: Plan 1

## Hamar Cultural center



Hamar has got a new cultural center with a large concert hall, cinema halls, library and a fantastic training facilities for music, dance and theater. The building is large and simple with relatively large interior surfaces with exposed concrete.

The building received an honorable mention from the jury of Betongtavlen 2014 which stated:

"The main construction is made by large concrete frames that goes through the large building. The concrete walls are distinctive and the movie theater halls are all in concrete. A great amount of concrete is used in the building and the concrete is well exposed without being dominant. There is a fine balance between the use of rough concrete and sober wood.

On the exterior pavement in the passage that separates the two large building, special concrete paving are used as artistic elements. These pavings are casted in a precise and elegant pattern of dark and light concrete. The characters in the pattern are inspired by Hamar's agricultural heritage with carrots, bottles and tractors."

### Facts:

Owner: Hamar municipality

Architect: Tegnstuen Vandkunsten AS and AS Anderssen + Fremming

Art: Gunilla Klingberg (concrete tiles in the entrance hall)

RIB: Norconsult

Contractor: Martin M. Bakken

Art Production: One Stone AB, Stelcon GmbH,

Klingberg Geschwind AB

Project Management: STEMA Rådgiving AS

Construction Management: Plan 1



Photo: Byggutengrenser/Ole H Krokstrand

## Quality Hotel 33



Østre Aker vei 33 er oppført i naturbetong i 1968. Det er utsmykket med betongrelieffer av Odd Tandberg. Bygningen ble i 2007 ombygget til «Quality Hotel 33» med 242 gjesterom og konferansekapasitet til rundt 1000 personer. Hotellet har utpreget brutalistisk arkitektur og interiøret bærer preg av 60 tallets design, musikk og energi.

Bygget i Oslo var tidligere en del av Standard Telefon og Kabelfabrikk og en av byens største industriarbeidsplasser.

I 2007 påbegynte OBOS og Aspelin Ramm restaureringen av det gamle industribygget til det som i dag er blitt Hotel 33.

Bygget er tegnet av arkitekt Erling Viksjø. Flere av Viksjøs bygninger fra etterkrigsårene er signalbygg i Norge. Blant annet Elkem-bygget på Majorstua, som nå er NHOs hovedkontor, Hydrobygget på Frogner, Regjeringsbygget i sentrum og Bergen Rådhus. Arkitekt for rehabiliteringen har vært Mellbye Arkitekter AS

### Fakta:

Byggherre: Aspelin-Ramm eiendom AS og Obos forretningsbygg

Sted: Oslo

Byggeår: 1968

Arkitekt: Erling Viksjø

Restaurering: 2007-2008

Entreprenør for restaurering: Skanska Norge AS

Betong-/murarbeider: Murmester Fjeldheim og Knudsen AS

## Quality Hotel 33



Østre Aker vei 33 – was made in "Natural concrete" in 1968, and is adorned with concrete reliefs by Odd Tandberg. The building was rebuilt in 2007 to "Quality Hotel 33" with 242 guest rooms and conference capacity of approximately 1000 people. The hotel has a distinctive brutalist architecture and the interior has signs of the design, music and energy from the 60s.

The building was formerly part of the Standard Telephone and Cable Factory and one of the biggest industrial employer of the city.

In 2007, OBOS and Aspelin Ramm started the restoration of the old industrial building into what today has become Hotel 33.

The building was designed by architect Erling Viksjø. Several of Viksjø buildings from the post-war years has become signature buildings in Norway; The Elkem building at Majorstua, now NHO's headquarters, Hydro building at Frogner, the government building in Oslo and Bergen City Hall.

The architect for the rehabilitation was Mellbye Architects AS.

### Facts:

Owner: Aspelin-Ramm eiendom AS og Obos forretningsbygg

Location: Oslo

Completed: 1968

Architect: Erling Viksjø

Restoration: 2007-2008

Contractor: Skanska Norge AS

Concrete works and masonry: Murmester Fjeldheim og Knudsen AS





Photo: Jiri Havran

## Kolsåsbanen



Kolsåsbanen er en del av Oslos vestlige T-banenett som går fra Kolsås i Bærum til Oslo sentrum. Banen er oppgradert til metrostandard og T-banedrift. Strekningen Montebello stasjon–Åsjordet stasjon ble satt i drift 18. august 2008, mens nye Bjørnsletta stasjon ble åpnet 17. august 2010. 15. august 2011 ble driften forlenget til Ringstabekk stasjon og Bekkestua stasjon. 8. oktober 2012 ble driften forlenget ytterligere til Gjønnnes stasjon, den 15. desember 2013 til Haslum og Avløs stasjoner samt 12. oktober 2014 til Kolsås. Arne Henriksen arkitekter har tegnet alle stasjonene på Kolsåsbanen, unntatt Ullernåsen stasjon som er tegnet av Reiulf Ramstad arkitekter. Hele banestrekningen og stasjonene er bygget med betong som sentralt og bærende materiale og framstår nærmest som et utstillingsvindu for godt håndverk med betong.

### Fakta

Byggherre: Sporveien

Arkitekt: Arne Henriksen Arkitekter

Sted: Bærum

Ferdig: 2014

Entreprenør: HAB Construction, Veidekke Entreprenør

Hovedkonsulent: Aas-Jakobsen

## The Kolsås line



The Kolsås line is part of Oslo's western metro lines that runs from Kolsås in Bærum to the center of Oslo. The track is upgraded to metro standard. The distance between Montebello station and Åsjordet station was opened in August 2008, while the new Bjørnsletta station was opened in August 2010. In August 2011 an extension was made to Ringstabekk station and Bekkestua station. On October 8, 2012, the line was further extended to Gjønnnes station, on December 15, 2013 to Haslum and Avløs stations, and finally to Kolsås October 12, 2014. Arne Henriksen architects have designed all stations on Kolsåsbanen except Ullernåsen station that was designed by Reiulf Ramstad Architects. The entire line and all the stations are built with concrete as a central and dominating material, and appears almost as a showcase for good workmanship with concrete.

### Facts

Client: Sporveien

Architect: Arne Henriksen Arkitekter

Location: Bærum

Completed: 2014

Contractor: HAB Construction and Veidekke Entreprenør

Main consultant: Aas-Jakobsen





Photo: Trond Joelson

## Midtåsen skulpturpavilliong



Midtåsen skulpturpavilliong ble bygget for å romme et utvalg av kunsten til skulptøren Knut Steen, i den store parken på eiendommen til skipsreder Anders Jahre fra 1933.

Området inneholder en terrassert park med skulpturer, gamle eiketrær, furuer og beplantning. Parkområdet inneholder nye traseer, veier og toaletter.

Materialene som er benyttet er lys betong og glass, og demonstrerer friheten man har i et uoppvarmet bygg i betong.

### Fakta

Arkitekt: Lund Hagem Arkitekter  
Beliggenhet: Sandefjord, Vestfold  
Ferdigstilt: 2009  
Entreprenør TKS-Bygg AS  
Leverandør av ferdigbetong: Unicon AS  
Priser: Betongtavlen 2011

## The Midtåsen sculpture park



This pavilion was built to host the works of sculptor Knut Steen, in the grounds of the Midtåsen estate from 1933. The estate includes a terraced park with sculptures, old oak trees, pines and planting. The project includes new pathways, service roads and toilet facilities.

The materials are light concrete and glass, and the detailing demonstrates the freedom of an unheated structure in concrete.

### Facts:

Architect: Lund Hagem Arkitekter  
Location: Sandefjord, Vestfold  
Completed: 2009  
Contractor: TKS-Bygg AS  
Supplier of ready-mix concrete: Unicon AS  
Awards: Betongtavlen in 2011





Photo: Trond Joelson

## Skur 84



Skur 84 er en del av Oslo Havns (HAV) utviklingsprosess for virksomhetene som er lokalisert på Sjursøya, med bl.a. flytting og relokalisering av verksteds- og logistikkfasiliteter som tidligere har hatt sentrumsnære posisjoner. Bygget som er oppført i betongelementer er et nytt servicebygg inneholdende blant annet verksted/vaskehall, garasjer, kontorer og personalfasiliteter for havnepersonell. Ytterveggselementene i betong er utvendig preget med grafisk mønster.

### Fakta

Adresse: Skur 84, Sjursøya, Oslo  
Byggherre: Oslo Havn  
Arkitekt: NAV A.S | Arkitekter MNAL  
RIB: Cowi AS  
Entreprenør: Arealbygg AS/Skytta Bygg AS  
Utførende betong og flis: Arealbygg AS  
Leverandører betongelementer: Contiga AS  
Fasadedekor: Graphic Concrete

## Skur 84



Skur 84 is part of the Port of Oslo (HAV) development of the port activities located at Sjursøya. The building is part of the relocation of engineering and logistics facilities which previously was close city-center. The building is constructed by pre-cast concrete elements and contains the new service building, workshop, car wash, garages, offices and staff facilities for port personnel. The external wall is made of elements utilizing the concept of graphic concrete.

### Facts

Address: Skur 84, Sjursøya, Oslo  
Owner: Port of Oslo  
Architect: NAV AS | Architects MNAL  
Engineering Cowi AS  
Contractor: Arealbygg AS / Skytta Bygg AS  
Concrete and tiles by: Arealbygg AS  
Supplier of precast concrete elements: Contiga AS  
Facade decoration: Graphic Concrete



Photo: Trond Joelson

## Utdanningsforbundet - Lærernes hus - «Smykkeskrinet»



Kallenavnet til prosjektet kom opp som et navn i konkurransefasen, siden konferanserommet er hjertet av prosjektet, og synlig både i lengderetning og fra bakgården.

Det har også å gjøre med den skinnende glassfasaden med silketrykk på glasset. Prosjektet bruker eksponert betong som hovedmateriale, og via rør i gulvene og hovedtrappen i betong sirkulere varmt og kaldt vann. Solvarmen blir fanget gjennom glassfasaden og inn i den termiske betongmassen og lagres i jorden for å bli tatt opp i vinterhalvåret.

### Fakta:

Arkitekt: Element Arkitekter AS  
Sted: Oslo  
Fullført: 2009  
Entreprenør: Tronrud Entreprenør AS  
Leverandør av ferdigbetong: Unicon AS

### Priser :

Betongtavlen 2010  
Oslo Bys Arkitekturpris 2010  
Narud - Stokke - Wiigs jubileumspris for 2009  
Statens byggeskikkpris – hederlig omtale  
Byggherreprisen 2010  
Nominert til Mies van der Rohe Award 2011

## The Teachers House - Lærernes hus - «Smykkeskrinet»



The nickname for the project came up as a name in the competition phase, as the actual conference box/room is the heart of the project, which is quite visual in the longitudinal section, and from the backyard.

Also it has to do with the glooming of the art in the façade. The project use exposed concrete as the main interior material and tubes in the floors and the main concrete staircase circulate warm and cold water. The heat from the sun is collected through the glass facades into the thermal concrete mass and stored in the ground to be utilized for heating in wintertime.

### Facts:

Architect: Element Arkitekter AS  
Location: Oslo  
Completed: 2009  
Contractor: Tronrud Entreprenør AS  
Supplier of ready-mix concrete: Unicon AS

### Awards:

Betongtavlen 2010  
The city of Oslo Architectural Prize 2010  
Narud – Stokke – Wiigs jubilee-price 2009.  
Honorary mention for The Norwegian Award for Building Design  
Byggherreprisen -“The client prize” for 2010  
Nominated for the Mies van der Rohe Award 2011





Photo: Jiri Havran

## Stavanger Konserthus



Det karakteristiske for Stavanger Konserthus er at det inneholder to saler som er tilnærmet like store, men med helt forskjellig innhold og funksjon.

Fargepaletten er dominert av fargen på materialene. Det er mørk farget stål, lys grå granitt, aluminium og betong.

Formålet med fasaden var å oppnå en dyp rød glitrende farge, men likevel beholde betongens vekt og styrke. Valget var å bruke "glassbetong", et norsk betongprodukt som benytter gjenbrukt glass som tilslag. Den endelige fasaden av slipt betong består av 10% glassbetong og 90% farget betong. Den fargede betongen består av hvit sement og rødt jernoksid pigment, og rødt norsk granitt samlet, slipt og polert. De indre veggene mot lobbyen består av 75% glassbetong og 25% farget betong.

### Fakta:

Arkitekt: Ratio Arkitekter AS

Sted: Stavanger

Fullført: 2012

Entreprenør: Kruse Smith AS

Leverandør av ferdigbetong: Sola Betong

Leverandør av prefabrikerte betongelementer: AS Betong

Priser: Betongelementprisen 2012

## Stavanger Concert Hall



Characteristic for Stavanger Concert Hall is that it consists of two equally important and nearly same sized halls, but with completely different function and expression. The color palette is dominated by the color of the materials themselves.

These are dark stained steel, light grey granite, aluminum and concrete.

The aim of the facades was to achieve a deep sparkling red color, but still retain the concrete's weight and strength. The choice was to use "glass concrete", a Norwegian product using recycled glass as aggregates. The final polished façade consists of 10% glass concrete and 90% tinted concrete. The tinted concrete is made up of white cement and red iron oxide pigment, and red Norwegian granite aggregate, grinded and polished. The inner walls facing the lobby consists of 75% glass concrete and 25% tinted concrete.

### Facts:

Architect: Ratio Arkitekter AS

Location: Stavanger

Completed: 2012

Contractor: Kruse Smith AS

Supplier of ready-mix concrete: Sola Betong

Supplier of precast concrete elements: AS Betong

Awards: Betongelementprisen 2012



Photo: Trond Joelson

## Tårnet på Jarlsø



Tungindustrien på skjærgårdsøya ved Tønsberg er borte, nå er forvandlingen til en ren boligidyll i god gang. Som kontrast til den lavere bebyggelsen kneiser Tårnet ytterst mot syd, og kan by på ramsalt klima med en ubeskrivelig utsikt. Tårnet ligger ytterst på Jarlsø, og markerer innseilingen til Tønsberg fra store deler av Ytre Oslofjord. Bygget er 12 etasjer høyt, og har 30 leiligheter med høy standard og storslagen fjordutsikt. Første etasje er satt av til skreddersydde fellesarealer, med blant annet eget treningsrom med uv-badstu, fellesstue, gjestelugar og felles vinlager med egne venskap til alle leilighetene. Siden det er plassbygde yttervegger i slipt og synlig betong, har de ikke hatt behov for stillaser, men kunne gå rett på med å tette bygget.

### Fakta

Arkitekt: SPIR Arkitekter AS  
Sted: Jarlsø, Tønsberg kommune  
Ferdigstilt: 2014  
Byggherre: Jarlsø Eiendom AS  
Levering av Betongelementer og montering: Block Berge Bygg AS

## The tower at Jarlsø



The former heavy industries at the island Skjærgårdsøya near Tønsberg is gone, and the area is going through the transformation into a nice housing area. As a contrast to the lower buildings the tower emerge in the outer south, and offers the salty air with an indescribable view. The tower is situated in the end of Jarlsø, and marks the entrance to Tønsberg from large parts of the outer Oslofjord. The building is 12 stories high and has 30 high standard apartments and a magnificent sea view. The first floor contains custom common areas, including a private gym with UV sauna, a common living-room, guest cabins and a common wine storage with its own wine cabinet for all the apartments. Since the exterior walls are made of polished precast concrete, they did not need scaffoldings, and could start closing the building immediately after elements were lifted in place.

### Facts:

Architect: SPIR Architects AS  
Location: Jarlsø, Tønsberg  
Year: 2014  
Client: Jarlsø EiendomvAS  
Supplier of precast concrete elements and mounting: Block Berge Bygg AS





Photo: Ole H Krokstrand

## Vedal hovedkontor



Eiendommen ligger i Ullern bydel i Oslo. Områdets navn og historie stammer fra gamle Vækerø Hovedgård. Vedals nye hovedkontor ligger på et høydedrag rett over E18 med flott utsikt over Oslofjorden og Vækerø.

Dette er en bygning med utvendig kledning i grå tegl, mens de bærende innvendige veggskivekonstruksjonene er lys betong som er utført med en svært høy presisjon, særlig i den store adkomsthallen.

Atriumet har eksponert, slipt betong i gulvet, plateforskalet lys betong på veggene og synlige betongdragere i taket. Rommet har overlys med åpne gallerier rundt. Det er generelt lagt opp til svært gode lysforhold i bygget, med store vinduer og utsikt mot fjord og nærområder.

### Fakta

Tiltakshaver: Vedal Utvikling

Adresse: Vækerøveien 3, Oslo

Ferdigstilt 2012

Arkitekt: Arne Henriksen Arkitekter

Entreprenør: Vedal Entreprenør AS og Stenseth & RS Entreprenør

Byggeteknikk: Seim og Hultgren AS

Bygget fikk hedrende omtale under utdelingen av Betongtavlen 2013

## New headquarter of Vedal



The building is located in Ullern district in Oslo. The name and history of the area relates from the old Vækerø Manor. The new headquarter of Vedal is located on a ridge just above E18 with great views of the Oslo Fjord and Vækerø.

The building has exterior cladding in gray brick, while the bearing interior walls is made of concrete and performed with a very high precision, especially in the large access hall.

The atrium has exposed, polished concrete floor, concrete walls and exposed concrete beams in the ceiling. The light conditions are very good, with large windows and views of the fjord and adjacent areas.

### Facts

Owner: Vedal Utvikling

Location: Vøkerøveien 3, Oslo

Completed: 2012

Architect: Arne Henriksen Arkitekter

Contractor: Vedal Entreprenør AS and Stenseth & RS Entreprenør

Engineering: Seim og Hultgren AS

The building received honorable mention during the ceremony of

Betongtavlen 2013



Ill.: Cowi/Statens vegvesen

## E6 Hålogalandsbrua



Arbeidet med å bygge Norges nest lengste hengebru, Hålogalandsbrua er nå i full gang. I tillegg til selve Hålogalandsbrua bygger man til sammen 4,9 kilometer ny vei, to mindre tunneler samt det skal lages en 1,1 kilometer lang rassikrings-tunnel i Trældal, nord for Narvik.

Brua får et spenn på 1145 meter. Seilingshøyden blir på 40 meter. Tårnene får en høyde på 173 og 167 meter. Tårnene og senkekasene støpes med glidestøp. Det skal til sammen støpes 33.000 m<sup>3</sup> betong i konstruksjonene tilknyttet brua. Litt over halvparten av dette er tårnene, resten er i viaduktene.

### Fakta

Byggherre: Statens vegvesen  
Sted: Narvik  
Ferdig: 2017  
Entreprenør: NCC Construction

## E6 Hålogaland bridge



The Hålogaland bridge is now rising in the northern part of Norway. This will be the second longest suspension bridge in Norway. In addition to the Hålogaland bridge, 4.9 kilometers of new road, two smaller tunnels as well as a 1.1 km long landslide tunnel is built in Trældal, north of Narvik.

The bridge has a span of 1145 meters. The height is 40 meters from the road down to sea level. The towers' height will be 173 and 167 meters. Towers and caissons will be built using sliding casting. In total 33.000 m<sup>3</sup> of concrete will be used on the project.

### Facts

Client: The National Roads Administration  
Location: Narvik  
Completed: 2017  
Contractor: NCC Construction





Photo: Ole-Einar Andersen

## Strindheimtunnelen



Drøyt 20.000 kjøretøy passerer nå gjennom den nye Strindheimtunnelen i Trondheim hvert døgn. Tunnelen, som ble offisielt åpnet 24. juni 2014, beskrives som et av Norges mest utfordrende veiprojekter. Med denne tunnelen er utbyggingen av nye E6 mellom Trondheim og Stjørdal fullført.

Den 2,5 kilometer lange tunnelen er utformet som firefelts vei med to separate 9,5 meter brede løp. Hoveddelen er en fjelltunnel med fire kjørefelt i to adskilte løp på 2.134 meter og 2.120 meter, samt to rampetunneler på 367 og 387 meter. I hver ende er det betongtunneler på henholdsvis 100 og 350 meter. I denne seksjonen av tunnelen kostet hver meter drøyt to millioner kroner.

### Fakta

Byggherre: Statens vegvesen

Sted: Trondheim

Ferdig: 2014

Entreprenør: Skanska og NCC Construction

## The Strindheim tunnel



More than 20,000 vehicles now passes through the new Strindheim tunnel in Trondheim every day. The tunnel, which was officially opened on June 24th 2014, is described as one of the most challenging road projects in the country. With this tunnel the development of new E6 from Trondheim to Stjørdal is completed.

The 2,5-kilometer tunnel is designed as a four-lane road with two separate 9.5 meter lanes. The main part is a tunnel with four lanes in two separate lanes at 2,134 meters and 2,120 meters, and two ramp tunnels at 367 and 387 meters. At each end there are concrete tunnels, respectively 100 and 350 meters. In this section of the tunnel cost per meter comes to two million NOK.

### Facts

Client: The National Roads Administration

Location: Trondheim

Completed: 2014

Contractor: Skanska and NCC Construction



Photo: Ole H Krokstrand/  
Byggutengrenser



## Hardangerbrua



Hardangerbrua er en tofelts hengebru med et kjørefelt for fotgjengere og syklist. Hovedspennet er 1310 meter og brua har en total lengde på 1380 meter. Dette er den lengste hengebrua i Norge. Tårnene rager mer enn 200 meter over fjorden. Seilingshøyde under brua er 55 meter.

Byggingen av tårnene startet 7. oktober 2009 og ble ferdigstilt i mai 2011. Brua sto ferdig i 2013, og omfatter nærmere 30.000 kubikkmeter betong hvorav 17.000 kubikkmeter har vært brukt i tårnene. Den resterende mengden ble brukt av festakamrene for kablene samt tunnelportalene. Bruas tårn omfatter to betongsøyler hver bundet med tre tverrgående dragere.

Tårnene ble bygget ved bruk av klatreforskaling.

### Fakta

Byggherre: Statens vegvesen

Sted: Vallavik-Bu

Ferdig: 2013

Utforming av tårn og portaler: Forum Arkitekter

Betongarbeid brutårn, forankringer og viadukter: Veidekke

## The Hardanger Suspension Bridge



The Hardanger bridge is a two-lane suspension bridge with a lane for pedestrians and bicycles. The main span is 1310 meters and a total length of 1380 meters. This is the longest suspension bridge in Norway. The pylons are more than 200 meters above the fjord. The sailing height under the bridge is 55 meters.

The construction of the bridge pylons commenced on October 7, 2009 and was completed in May 2011. The bridge was finished in 2013, and comprise almost 30,000 cubic metres of concrete of which 17,000 cubic metres have been used in the pylons. The remaining mass comprises the anchorage chambers for the cables and the tunnel portals. The bridge pylons comprise two concrete columns each tied with three transverse girders.

The pylons were constructed using a climbing formwork.

### Facts

Client: The National Roads Administration

Location: Vallavik-Bu

Completed: 2013

The design of pylons and portals: Forum Arkitekter

Concrete work on pylons, anchors and viaducts: Veidekke



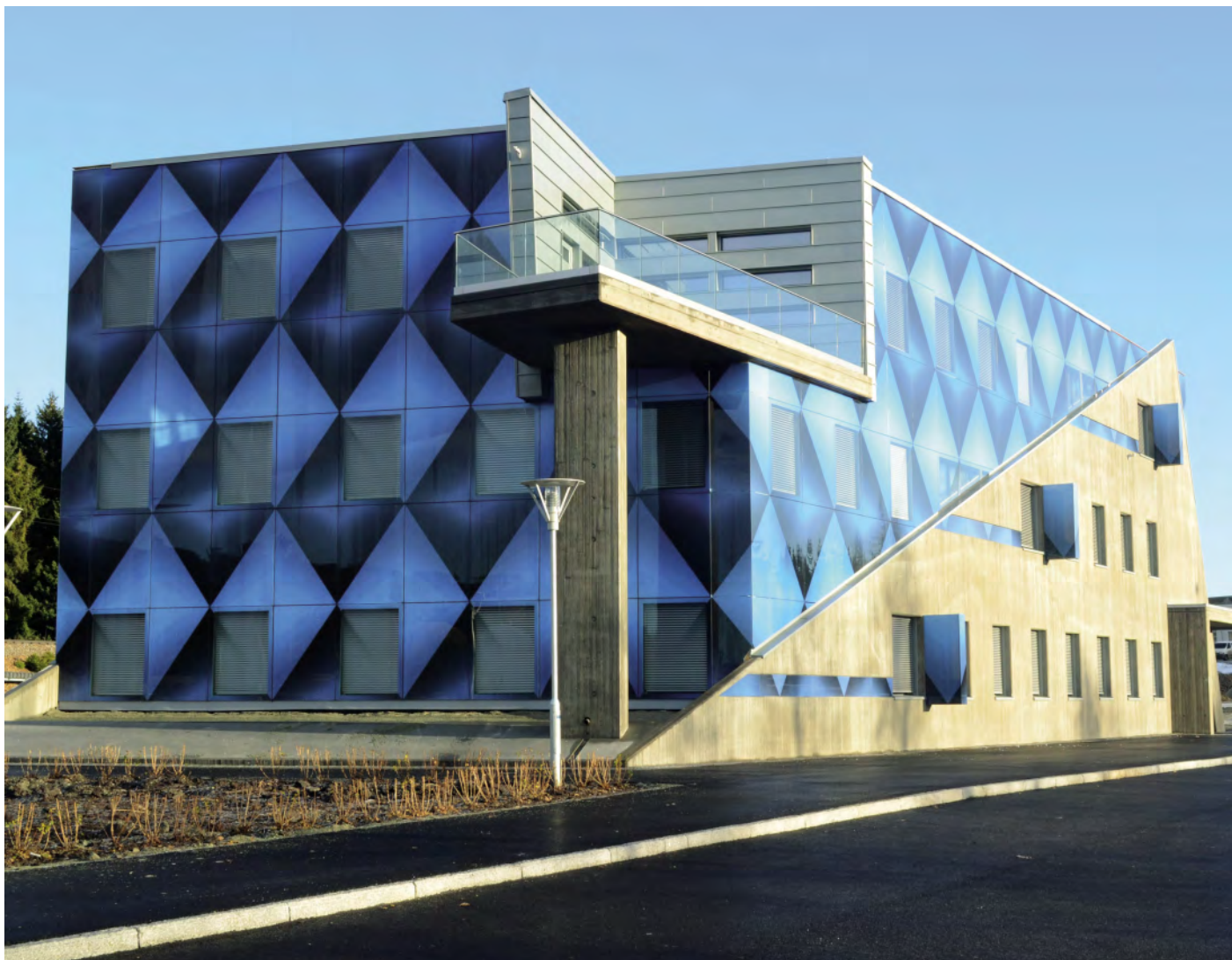


Photo: Cato Berntsen

## Veidekke - administrasjonsbygg



Veidekke Indre Østlands nye hovedkontor på Rudshøgda speiler entreprenørens kjernekompetanse; betongarbeider av høyeste klasse.

Fasaden på det tre etasjer høye bygget består av eksponert betong og printet glass.

Administrasjonsbygget består av et innvendig råbygg av betong. Innenfor råbygget er det også en innvendig kjerne av betong. Utvendig fasade av eksponert betong er støpt ensidig mot råbygget med 250 mm EPS mellom.

De innvendige betongveggene utgjør det meste av byggets termiske masse og står eksponert uten sparkling eller tradisjonell maling.

### Fakta

Byggherre: Veidekke

Sted: Rudshøgda

Ferdig: 2012

Arkitekt: Kraft Arkitekter

Entreprenør: Veidekke

## Veidekke - administration building



Veidekkes new local headquarters at Rudshøgda reflects the contractor's core business; concrete work of the highest class.

The facade of the three-storey building consists of exposed concrete and printed glass.

The administration building consists of an inner concrete framework. Within there is also an inner concrete core. The interior concrete walls make up most of the building's thermal mass and are exposed without filling or traditional paint.

### Facts

Client: Veidekke

Location: Rudshøgda

Completed: 2012

Architect: Kraft Arkitekter

Contractor: Veidekke



To av betongelementene til senketunnelen i Bjørvika er her ferdigprodusert på Hanøytangen.

Two of the elements to the submerged tunnel in Bjørvika are finished at Hanøytangen.

Photo: Ole Harald Dale

## Tiden går – Betongen består



«Det er vel få andre byggematerialer som har preget Norge og verden for øvrig som betong. Til tross for at vi snakker om et materiale som har sitt utspring i antikken, er det først og fremst i det siste hundreåret at betongen virkelig har funnet sin plass.»

Slik var innledningen i boken «Fra Farris til Troll» som jeg skrev i anledning Norsk Betongforenings 40-årsjubileum. Og betongen blir stadig viktigere for å sikre fremtiden.

Nå er det gått 20 år og foreningen kan feire 60-årsjubileum. Og fortsatt er betong det helt dominerende byggemateriale i Norge som det er ellers i verden. I løpet av de siste 20 årene er det forsket mye på betong. I Norge har ikke minst forskningssamarbeidet rundt Coin vært avgjørende for at vi kan lage en enda bedre, enda sterkere og enda mer bærekraftig betong.

Gjennombruddet for dette byggematerialet kom da man på en genuin måte kombinerte betong og stål. Betongens høye trykkfasthet og armeringsstålets høye strekkfasthet ga et byggemateriale som i løpet av et par/tre generasjoner har bygget den moderne verden. Betong er et unikt materiale som har en utrolig bredde. I dag bygges underverkene i betong.

Norge har på flere områder vært et foregangsland i å utnytte betongens egenskaper. I vår natur har betongens yttergrenser blitt testet ut. I løpet av den siste mannsalder er ett av verdens fremste betongmiljøer blitt bygget opp her i landet. Dette ble dokumentert i boken «Fra Farris til Troll» hvor utviklingen fra byggingen av Farris-dammen til byggingen av den gigantiske Troll A-plattformen ble beskrevet. Farrisdammen ble bygget i 1764 med sement fra Amsterdam. Hollandske arbeidere sto for selve jobben. Troll A-plattformen som ble tauet til havs i 1995, er et norsk-utviklet produkt bygget av norske eksperter basert på sement, tilsetningsstoffer og armering fra norske produsenter.

De mange store oppgavene innen kraftutbygging har ikke vært mulig uten bruk av betong. Vi har temmet vannet og skapt

## Concrete withstands the test of time



“There are few construction materials that have had as much of an impact on Norway, and the rest of the world, as concrete. Although we’re referring to a material that originated in ancient times, it’s only during the last century that concrete really found its place.”

This was the introduction to my book “From Farris to Troll”, written for the 40th anniversary of the Norwegian Concrete Association. And concrete is becoming increasingly vital to our future.

Twenty years have passed and the Association can celebrate its 60th anniversary. Concrete remains the predominant construction material in Norway, as in the rest of the world. The past 20 years have seen much research on concrete. In Norway, research collaboration with regard to Coin has been essential in allowing us to create a better, stronger and more durable concrete.

The breakthrough for this construction material came when concrete and steel were combined intentionally. The high compression strength of concrete and the high tensile strength of the reinforcing steel resulted in a construction material that built the modern world over the course of two or three generations. Concrete is a unique material with a vast number of uses. The modern wonders of the world are built in concrete.

Norway has, in many fields, been a pioneer in utilising the properties of concrete. In nature, the very limits of concrete have been put to the test. One of the foremost concrete communities in the world was developed in this country, over the course of a lifetime. This was documented in the book “From Farris to Troll”, which describes the development from the construction of the Farris dam to the construction of the gigantic Troll A platform. The Farris dam was constructed in 1764 using cement from Amsterdam. The work itself was carried out by Dutch workers. The Troll A platform, which was hauled out to sea in 1995, is a Norwegian





Vardåsen kirke er et godt eksempel på betongens muligheter. Kirken i Asker er tegnet av Østgaard Arkitekter og ble tatt i bruk i 2004.

The Vardåsen church is a good example of what is possible with concrete. The church in Asker is designed by Østgaard Arkitekter and was finished in 2004. Photo: Byggutengrenser



rikdommer til folket. Det gleder mange at man igjen har kommet i gang med vannkraftutbygging – og nye store betongdammer bygges. Det reises nye kraftlinjer fundamentert på betong – Ja, selv vindmøllene må stå på et solid betongfundament.

Oljeutbyggingen i Nordsjøen er ett eksempel på hvordan frem-synte nordmenn utnyttet betongen. Det er bygget plattformer så fantastiske, så spektakulære at man må tilbake til de gamle egypterne for å finne maken til byggverk. Skjønt de gamle egyptere må ha oss unnskyldt – våre byggverk er enda mer utrolige. Mange av de byggverk som får Betongtavlen viser også at man kan kombinere arkitektur og betong på en utmerket måte.

Og nå skal betong også redde oppdrettsnæringen.



developed project constructed by Norwegian experts based on cement, aggregates, admixtures, and reinforcing, from Norwegian producers.

The various major tasks associated with power development would be impossible to complete without the use of concrete. We have tamed the water and generated wealth for the people. Many people are pleased that hydroelectric development has begun again – and new dams made of concrete are being built. New power lines with concrete foundations are being raised – and even the windmills need a concrete foundation.

Oil platform installations in the North Sea are just one example of how visionary Norwegians have put concrete to use. These platforms are so amazing, so spectacular, we would have to go back to the ancient Egyptians to find anything remotely similar – and our apologies to the Egyptians, but we have to say that our constructions are even more incredible. Many of the constructions that receive The Concrete Tablet also demonstrate the fact that architecture and concrete can be combined in a remarkable manner.

And now concrete will save the aquaculture industry as well.

Concrete has helped connect this strange, multifaceted country. Today – there they are - the many bridges. They are slender, beautiful works of art that many people stop to admire. Concrete remains an important material, even in the numerous tunnels. Water and frost protection is vital in tunnels – and this is where concrete comes in. All other areas of our infrastructure need concrete, especially water and waste sectors.

Thousands of houses and cottages stand anchored on a solid foundation of concrete. Concrete is everywhere. We also find this material in many of the splendid modern churches. Many industrial companies, financial/office buildings, concert halls, sports facilities and schools are built on concrete. Concrete follows us everywhere – both in hand and spirit, as I wrote in the foreword of my book in 1995.

Not everything built from concrete is equally successful. But that is not the fault of the concrete itself. Our lack of expertise and



Photo: Arve Brekkhus



*Boliger i betong blir stadig mer vanlig. Denne eneboligen i Stavanger er tegnet av RAMP Arkitekter AS.*

*Photo: Trond Opstad*

*Homes made by concrete are becoming more common. This house in Stavanger is designed by RAMP Arkitekter AS.*



Betongen har vært med på å knytte dette rare, mangslunne landet sammen. I dag står de der de mange broene. Det er slanke, nydelige kunstverk som folk stanser opp for å beundre. Selv i de mange tunnelene er betongen et viktig materiale. Vann- og frostsikring betyr mye i tunneler – og her kommer betongen inn. Også på alle andre områder innen infrastrukturen er betongen viktig, ikke minst innen vann og avløp.

Rundt om står de tusener hus og hytter solid forankret på betong. Betong finner vi overalt. Vi finner også dette materialet i mange av de flotte kirkene som er bygget i moderne tid. Mange industribedrifter, forretnings/kontorbygg, konsertsaler, idrettsanlegg og skoler er tuftet på betong. Betongen følger oss overalt – både i hånd og ånd som jeg skrev i forordet i boken fra 1995.

Ikke alt som er bygget i betong er like vellykket. Men det er ikke betongens skyld. Vår manglende evne og kunnskap har noen ganger ført til at vi har misbrukt materialet – det gjelder både i form og kvalitet. Enten har vi ikke tatt oss tid til å bruke materialet rett, eller så har vi ikke brydd oss om å følge den gode strek. Man kan gremmes over hvordan arkitektene enkelte ganger har misbrukt det fantastiske materialet betongen er. Betong formes nemlig slik vi selv ønsker. Betong er hva man gjør den til. Men heldigvis hører misbruket til unntaket.



knowledge has at times led us to misuse the material – with regard to both form and quality. Either we haven't taken the time to use the material properly, or we simply haven't considered the aesthetics. One can only shudder at way in which some architects have misused this fantastic material. Concrete can be formed any way we wish. Concrete is what we make of it. Fortunately, however, the misuse is the exception to the rule.

The Norwegian Concrete Association has been a driving force in the development of concrete in Norway for 60 years. Many passionate spirits have invested a formidable amount of work in the association. It is essential that both entrepreneur companies and others continue to prioritise this work, and that we ensure continued research and development. Our cooperative efforts are not over yet.

Many organisations are working to promote concrete in Norway. Far too many, if you ask me. A consolidation has become absolutely necessary to ensure that resources can be utilised in the best possible manner.

It is otherwise essential to maintain a strong working relationship between educational institutions, research institutions, public authorities and the business sector.

With increasingly rough, wet and wild weather, new constructions must meet more stringent requirements. Concrete has all the properties needed to secure the country and its people. We live in an unstable world. We have also had a terrorist attack in our peaceful country. Many lives were lost, but there is no doubt that concrete saved many lives that day.

Wars are constantly being fought closer and closer to our borders, and there are a number of potential terrorists among us, trained by feudal lords.

Unfortunately we must now bring back old blueprints to erect new lines of defence to secure our democracy. That is something to think about.

*By Per Helge Pedersen*





Prosjekt: Lervig Brygge, Stavanger  
Hovedentreprenør: AF Gruppen  
Byggherre: Selvaag Bolig

**Sementleverandør: CEMEX AS**

**Sement: Lavvarmesement  
(CEM III/B 42,5 N)**

**Slagginnhold: 75%**

**Betongleverandør: Sandnes Betong AS**

**Gulvstøper: Vinstra Sementpuss AS**

**Støpe-etappe I: 3200 m<sup>2</sup>, 1450 m<sup>3</sup>**

**Støpe-etappe II: 2200 m<sup>2</sup>, 880 m<sup>3</sup>**

**INGEN FUGER,  
INGEN SPREKKER!**

**LAVVARMEMENT  
LAVKARBONSEMENT**

**Norges mest miljø-  
vennlige sement**





Ole Henrik Krokstrand mottok Norsk Betongforenings ærespris under Norsk Betongdag i 2013.

Ole Henrik Krokstrand received the Norwegian Concrete Association honorary award at the Norsk Betongdag in 2013.

## Æresmedlem

Æresmedlemskap gis til personer som en æresbevisning for «lang og tro tjeneste» for betongfaget og for Norsk Betongforening.

### Medlem

Sivilingeniør Trygve Berntsen  
 Prof. dr.techn. Anton Brandtzæg  
 Sivilingeniør Elliot Strømme  
 Professor, dr.techn. Inge Lyse  
 Sivilingeniør Johannes Rutle  
 Sivilingeniør Gunnar Dagestad  
 Sivilingeniør Christian F. Grøner  
 Professor Asbjørn Markestad  
 Overingeniør Harry Johansen  
 Sivilingeniør Otto Hegermann  
 Sivilingeniør William Loe  
 Dr. techn. Olav Olsen utnevnt  
 Professor Carl J. Bernhardt  
 Professor, dr.techn Ivar Holand  
 Sivilingeniør Jan Moksnes  
 Dr. Lars Aadnesen  
 Professor, dr. techn. Kristoffer Apeland

### Utnevnt

17.10.80  
 17.10.80  
 17.10.80  
 17.10.80  
 30.10.81  
 22.10.82  
 22.10.82  
 24.10.85  
 24.10.85  
 28.10.88  
 28.10.88  
 28.10.88  
 26.10.89  
 07.11.91  
 26.10.95  
 26.10.95  
 30.10.97

Sivilingeniør Bjørn Vik	30.10.97
Dr. ing. Thore Hagberg	27.10.00
Dr. ing. Birger Sjøpler	01.11.02
Sivilingeniør Sven Alexander	30.10.03
Dr. ing Finn Fluge	04.11.04
Professor Erik Valdemar Thorenfeldt	04.11.04
Professor, dr. ing. Magne Maage	23.10.07
Sivilingeniør Reidar Kompen	23.10.07
Sivilingeniør Steinar Helland	23.10.07
Fagsjef Knut R. Berg	21.10.08
Sivilingeniør Steinar Berge Leivestad	12.10.09
Seniorforsker Per Arne Dahl	20.10.10
Sivilingeniør Per Jahren	24.10.12
Sivilingeniør Per Fidjestøl	24.10.13
Sivilingeniør Ole H. Krokstrand	24.10.13
Sivilingeniør Tor Ole Olsen	30.10.14

## Honorary Membership

Honorary Membership is given to people as a badge of honor for "long and faithful service" working with concrete and Norwegian Concrete Association.



## Innsatspris

Innsatsprisen tildeles personer som yter en særskilt innsats innen foreningen eller betongfaget, og er tildelt følgende personer:

## The Efforts award

The Efforts award is given to persons who provide special efforts working with the association or in the field, and has been awarded the following persons:

### Vinner

Sivilingeniør Bjørn Vik  
Sivilingeniør Hanne Rønneberg  
Sivilingeniør Kjell Skjeggerud  
Dr. ing. Svein Willy Danielsen  
Fagsjef Knut R. Berg  
Dr. ing. Thore Hagberg  
Sivilingeniør Reidar Kompen  
Sivilingeniør Leidulv Vinje  
Professor dr.ing. Magne Maage  
Sivilingeniør Birger Søpler  
Sivilingeniør John Wilberg  
Forsker Per Arne Dahl  
Dr. ing. Finn Fluge  
Sivilingeniør Steinar Helland  
Sivilingeniør Cecilie Hagby  
Redaktør Per Helge Pedersen  
Redaktør Karin Borch  
Sivilingeniør Sven Alexander  
Sivilingeniør Per Fidjestøl  
Sivilingeniør Kåre Johansen  
Sivilingeniør Knut Bryne  
Dr. ing. Elisabeth Schjøberg  
Direktør Odd Arne Hansen  
Sivilingeniør Trygve Isaksen  
Markedssjef Terje Haave  
Sivilingeniør Sverre Smeplass  
Sivilingeniør Stein Bostrøm  
Sivilingeniør Jan Lindland  
Sivilingeniør Eivind Heimdal  
Dr. ing. Ernst Mørtzell  
Sivilingeniør Knut Lie Hansen  
Sivilingeniør Bente Lillestøl  
Ingeniør Torvaldur Noasson  
Billedkunstner Carl Nesjar  
Prosjektleder Siri Engen  
Ingeniør Kristin Eikemo  
Dr. ing. Øyvind Bjøntegaard  
Dr. ing. Tom Ivar Fredvik  
Dr. ing. Terje F. Rønning  
Sivilingeniør Bernt Kristiansen  
Sivilingeniør Jan Eldegard  
PhD Tor Arne Martius-Hammer  
Siviagronom Lise Bathen  
PhD Harald Justnes

### Tildelt

28.10.88  
28.10.88  
28.10.88  
28.10.88  
27.10.89  
27.10.89  
27.10.89  
27.10.89  
26.10.90  
08.11.91  
08.11.91  
22.10.92  
22.10.92  
11.11.93  
04.11.94  
04.11.94  
26.10.95  
26.10.95  
24.10.96  
24.10.96  
30.10.97  
30.10.97  
23.10.98  
23.10.98  
28.10.99  
28.10.99  
27.10.00  
27.10.00  
01.11.01  
01.11.01  
01.11.02  
30.10.03  
30.10.03  
04.11.04  
04.11.04  
21.10.08  
20.10.11  
13.10.11  
24.10.12  
24.10.13  
24.10.13  
30.10.14  
30.10.14  
30.10.14

## Forskningspris

Medaljen utdeles som en personlig belønning for særskilt stor innsats for betongteknikkens vitenskapelige eller praktiske utvikling i Norden. Medaljen tildeles nordiske borgere.

## The research award

The medal is awarded as a personal reward for special effort with the concrete scientific or practical development in the Nordic counties. The medal is awarded Nordic citizens.

### Vinner

Dr. ing. Børge Johannes Wigum  
Dr. ing. Øyvind Bjøntegaard  
Dr. ing. Jon Elvar Wallevik  
PhD Michael Angst Ueli  
PhD Klaartje De Weerd  
PhD Kien Dinh Hoang  
PhD Ya Peng

### Tildelt

28.10.99  
27.10.00  
30.10.03  
12.10.09  
21.10.10  
24.10.13  
30.10.14



# Vi liker tøffe utfordringer

LNS har deltatt i fl ere av landets største samferdselsprosjekter og bygd fl ere av de lengste veitunnelene. Vi har prosjekter i hele Norge og er også representert i Chile, Hong Kong, Island, Færøyene, Grønland og Svalbard.

LNS har hatt en eventyrlig utvikling de siste årene, og vi stopper ikke her. Vi har allerede satt oss nye, ambisiøse mål om å erobre nye høyder. Det ligger i ryggmargen vår.



Fjellstøtt - fra pol til pol

[www.lns.no](http://www.lns.no)

## BETONGTAVLEN 1961 - 2008

1961	Bakkenhaugen kirke, Oslo
1962	Lagerhus for biler, Hjortneskaiaen, Oslo
1963	Tromsøbroen, Tromsø
1964	Asker Rådhus, Asker
1965	Industriens og Eksportens Hus, Oslo
1965	Oslo Havnelager
1966	Vekterkvarteret, Moss
1976	Dam Zakariasvann, Tafjord
1977	Veritas-senteret, Høvik, Bærum
1976	Domkirkeodden, Hamar
1976	Romsås Tunnelbanestasjon, Oslo
1976	Condeep-plattformen
1978	Grieghallen, Bergen
1980	Bryggens Museum, Bergen
1981	Broene på Furuset, Oslo
1981	Universitetet i Trondheim
1985	Politihuset i Oslo
1985	Saltstraumen bro, Nordland
1985	Royal Garden Hotell, Trondheim
1985	Snarøya kirke, Bærum
1986	Kaffehuset Friele, Bergen
1986	Det Norske Teatret, Oslo
1987	Kredittkassens nye hovedkontor, Oslo
1988	Søvberget–Stavanger Kulturhus
1988	Torgeir Noheimshus, Stavanger
1989	St. Magnus kirke, Lillestrøm
1989	Førresvassdammen, Ulla Førre
1991	Trafikkanlegg E18 Stavanger Sentrum
1991	Enebolig i Elmholtstveien 6, Oslo
1992	Skarnsundet bro, Nord-Trøndelag
1992	Norsk Bremuseum, Fjærland
1993	Lysgårdsbakken, Lillehammer
1994	Veibro over Engervannet ved Sandvika, Bærum
1995	Troll A-plattformen
1996	Grenland Bru
1997	Tårn Gardermoen
1998	Rena Leir
1999	Hølanden bru
2000	Ivar Aasen-tunet
2000	Realfagsbygget NTNU
2001	Telenorsenteret på Kokstad
2002	Norges Varemesse
2002	Enebolig Berg Nåvik
2003	Villa Bakke, Sandvika
2004	Elgeseter bru, Trondheim
2004	Vardåsen kirke, Asker
2006	Svinesundbrua
2007	Sohlbergplassen
2008	Gyldendalhuset
2009	Nasjonalmuseet arkitektur
2010	Smykkeskrinet - Utdanningforbundets Konferansesenter
2011	Midtåsen skulpturpark, Sandefjord og Bjørvikatunnelen, en del av Operatunnelen
2012	Trollstigplatået - Nasjonal turistveg Geiranger-Trollstigen
2013	Selvika rasteplass
2014	Enebolig Holtet/Larsen, Hamar

## Betongtavlevinner 2014

«Enebolig Holtet/Larsen»



Villa Holtet/Larsen ligger i Stange i Hedmark. Denne villaen er en sjeldenhet både når det gjelder bruk av betong og ikke minst fullkommen formgivning.

Boligen ligger i et helt ordinært byggefelt like utenfor Hamar, men eiendommen er vestvendt og har strandlinje og en formidabel utsikt utover Mjøsa akkurat som de andre boligene som ligger på nederste rekke. Den skiller seg markant ut i forhold til nabobebyggelsen med sitt formspråk, men også ved at boligen er utført i betong, og bare betong, i alle etasjer.

Juryen uttaler bl.a. om vinnerprosjektet:

«At boligen er utelukkende i betong er oppsiktsvekkende i seg selv, men det som virkelig begeistrer er hvordan en beveger seg gjennom huset og hvordan dagslyset kommer inn. Her er bare rette linjer, ikke en eneste rund form eller et eneste knekt hjørne. Her er det måten lyset får sile inn og modellere alle de presise, rektangulære betongformene og formatene som imponerer. Det er så behersket, lekent og lett gjort at man bare må bukke. Prosjektet har tydelige referanser til modernismens mesterverk i sitt uttrykk, men er tolket på en helt særegen og personlig måte.

Dette er en usedvanlig bolig. Den vil utvilsomt være en inspirasjon til videre bruk av betong i boligprosjekter og andre prosjekter.»

- Tiltakshaver: Tom Olav Holtet og Urda Larsen
- Arkitekt: Carl-Viggo Hølmebakk
- Byggeteknikk: SWECO
- Spesialrådgiver konstruksjoner: Siv.ing. Finn-Erik Nilsen AS
- Entreprenør betong over grunnmur: M. Grønvold AS

## Winner of Betongtavlen 2014

Residence Holtet /Larsen



Villa Holtet/Larsen is situated in Stange, Hedmark. This villa is a rarity when it comes to the use of concrete and especially perfect design.

The villa is located in a quite ordinary housing area just outside Hamar, but the property is south facing and has shoreline and an excellent view of the lake Mjøsa just like the other residences located on the lower row of houses. It is unique compared to the neighboring buildings with its special design and the fact that the house is made of concrete, and concrete only -on all floors.

The jury says:

"The fact that the villa is made solely in concrete is remarkable in itself, but what really impresses is how one moves through the house and how daylight enters. There are just straight lines, not a single curved shape or a single broken corner. The way the light is entering and model all the precise rectangular concrete forms and formats is impressing. It is so restrained, playful and easily made that one just has to succumb.

The project has clear references to modernist masterpieces in its expression, and the idea is interpreted in a unique and personal way.

This is an exceptional property. It will certainly be an inspiration to the use of concrete in both residential projects and other projects. "

Facts:

- Owner: Tom Olav Holtet and Urda Larsen
- Architect: Carl-Viggo Hølmebakk
- Civil engineering: SWECO
- Special Adviser structures: Siv.ing. Finn-Erik Nilsen AS
- Contractor/Construction of concrete foundations: M. Grønvold AS
- Awards: Betongtavlen 2014





Photo: Nils Petter Dahle



www.vegvesen.no



**Statens vegvesen**  
Norwegian Public Roads  
Administration

**Planning and supervision of construction, operation and repairs**

- Knowledge management and transfer
- Innovative architecture
- Sustainable and Environmentally friendly construction



### NBs utviklingsfond

Norsk Betongforening (NB) ønsker å bruke av sitt overskudd til å stimulere aktivitet i betongbransjen. Fondet skal kunne tildele midler til formål eller prosjekter som ikke initieres av NB, men er i tråd med NBs gjeldende strategi, visjoner og formål. Fondet skal kunne støtte prosjekter som går over flere år.

Norsk Betongforenings utviklingsfond ble opprettet ved årsmøtet i Norsk Betongforening (NB) 12. oktober 2009. Første utlysning av fondet ble foretatt i juni 2010. Her er noen av prosjektene man har jobbet med:

### Norwegian Concrete Association development fund

Norwegian Concrete Association wants to use some of its profits to stimulate activity in the concrete industry. The fund may allocate funds for purposes or projects not initiated by the association, but is in line with the association's current strategy, vision and purpose. The fund may support projects that span multiple years.

Norwegian Concrete Association's Development Fund was established at the annual meeting on October 12th 2009. The first announcement of the fund was made in June 2010.

Here are some of the projects we've worked with:



### Flatdekker med stålfiber og spennarmering



Fondsmidler ble tildelt Betong Øst/Spenneteknikk i 2013 og er brukt til å videreutvikle flatdekker med stålfiber og spennarmering. Dekkene støpes uten tradisjonell slakkarmering og første dekke, utenom testdekkene, var et flatdekke (parkeringsdekke) med spenn mellom 8 og 9 meter. Lovende resultater viser at det har spesiell stor effekt på skjærkapasiteten og vil bli brukt til søknad om teknisk godkjenning.

### Prestressed tendons and steel fibre in flat slab



The funds were allocated to Betong Øst/Spenneteknikk in 2013 and is used to develop flat slab with steel fiber reinforcement and prestressing. The slabs are molded with traditional reinforcement and the first slab, besides the test slabs was a flat surface (parking) with spans between 8 and 9 meters. Promising results show that it has special large effect on the shear capacity and will be used to the application for technical approval.



## Akustisk demping



Eksponerte betongdekker til termisk lagring kommer ofte i konflikt med byggeforskriftens krav til akustisk demping. Brekke & Strand har utarbeidet en rapport viser hvordan man kan kombinere hyllevareprodukter for å oppnå tilstrekkelig demping i rommene samtidig som deler av betongen er synlig. Varmestrømsberegninger er også utført for å sammenlikne kapasiteten til betongen med og uten lydabsorbenter.

## Acoustic damping



Exposed concrete for thermal storage often come into conflict with requirements for acoustic damping. Brekke & Strand has developed a report that shows how you can combine commercial products to achieve sufficient attenuation while parts of the concrete is visible. Heat flow simulations are performed to compare the capacity of the concrete with and without sound absorbers.



## Frittstående dekkekonstruksjoner



Prosjektet til Hallingdal Betong omfatter en ny sandwichløsning for frittstående dekkekonstruksjoner vi kaller Plattendekker. Denne består av prefabriserte plattendekker som det plasstøpes et sjikt med superlett EPS-betong i kjerne og en tradisjonell betong i som toppsjikt. Dekket har med sin lave egenvekt gode egenskaper for lengre spennvidder, god isolasjonsevne, og mulighet for legging av tekniske føringer. Løsningen er godt mottatt i vårt lokale marked og gir oss økt ekstra inntekt til ferdigbetongdelen som er vårt hovedområde.

## Cantilever cover constructions



The Hallingdal Betong project includes a new sandwich solution cantilevered ceiling structures we call Plattendekker. This consists of prefabricated Plattendekker which is paved with a layer of super light EPS concrete core and a traditional concrete topsheet. The deck give with its low weight and long spans high thermal resistance and the possibility for solving technical constraints. The solution is well received in their local market and improve the companys additional income to the ready mix concrete part that is their main area.

## Det slippte betonggulvet ble supert! Hva skjedde?



Målsettingen med BRUKdesigns undersøkelser, med støtte av NBs Fondsmidler, er å avdekke hva som faktisk ble gjort i noen utvalgte, gode prosjekter. BRUKdesigns hvordan dialog og faglig utveksling praktiseres mellom de involverte i prosjekter der det skal brukes synlig betong, generelt og slippte betonggulv spesielt.

## The grinded/polished concrete floor is superb! What happened?



The objective with BRUKdesigns surveys, supported by NBs trust funds, is to reveal what really happened in the process towards the result in a couple of successful projects. We considered how dialog and professional exchange is practiced between those involved in projects with exposed concrete in general and grinded/polished concrete floors especially.



## Hvordan håndtere vedlikehold av betongfasader i EPD?



Prosjektet til Fabeko/Betongelementforeningen/Østfold-forskning har klarlagt betongfasaders vedlikeholdsbehov og inkludering av vedlikeholdsscenarioer i LCA og EPD.

Studien viser at det utføres lite vedlikehold av betongoverflater gjennom byggets levetid, i hovedsak rengjøring. I LCA og EPD inkluderes sjelden vedlikehold, reparasjon etc for bygg og byggevarer, til tross for at grunnprinsippet er hele verdikjeden og produktet i en bygningskontekst.

## How to handle the maintenance of concrete facades in EPD?



The project of Fabeko/Betongelementforeningen/Østfold-forskning has focused on maintenance requirements for concrete facades and how maintenance scenarios are included in LCA and EPD.

Maintenance of concrete façades are often not needed or performed during the service life of the building, except for cleaning in some cases. Maintenance, repair etc of construction products are often not included in in LCA and EPD.



## Tunge Ting



Norge er et land med varierende klima, med varme sommere, kalde vintre og mye nedbør. Vi ville derfor finne ut hvilken løsning som står seg best over tid med tanke på prosessering og etterbehandling av betongelementer som bord, benker osv. Med støtte fra Norsk Betongforenings Utviklingsfond har vi i Tunge Ting laget tolv benker som er plassert ut i et autentisk bruksmiljø på to forskjellige skoler i vårt nærområde. Alle har ulik type etterbehandling og er delt inn i forskjellige felter med ulik grad av sliping og påføring. Dette vil forhåpentligvis gi oss en klar indikasjon på hvilken metode som er den best egnete på lang sikt.

## Tunge Ting



Norway is a country with variable climate. Hot summers, cold winters and periodically a lot of downpour. Our intensification has been to find the best solution regarding processing and sealing of outdoor concrete furniture. With support from the Norwegian Concrete Associations Development Fund we in Tunge Ting have made twelve concrete benches. To make sure these obtain an authentic wear and use we have placed them at two local schools in our vicinity. Each one has been divided into different surface areas with various degrees of grinding and application of its unique sealer. Hopefully this will give us a strong indication on which method to choose for future projects.



Gjennomfør prosjektene  
dine i samarbeid med Mapei

Mapei har teknologisk avanserte produkter, sertifisert i henhold til gjeldende standarder. Våre produkter bidrar til god design og gode løsninger til store byggeprosjekter over hele verden. Bruk Mapei i ditt neste prosjekt.





Photo: Jarle Wæhler/Statens vegvesen



**NB** norsk  
betongforening

Postboks 2312 Solli, 0201 Oslo

[www.betong.net](http://www.betong.net)

**Byggeindustrien**

Stensberggt. 27, Pb 6831 St.Olavs plass, 0130 Oslo

[www.bygg.no](http://www.bygg.no)