

SensoByg

- udvalgte resultater fra innovationskonsortiet Sensorbaseret overvågning i byggeriet

Oktober 2010



Succes fra sensor til software

Innovationskonsortiet SensoByg (Sensorbaseret overvågning i byggeriet) har i perioden 2007 til 2010 fokuseret på at skabe løsninger, der kan hjælpe byggeriet og anlægssektoren med ressourcebesparende og bæredygtig overvågning af bygge- og anlægskonstruktioner ved hjælp af indlejrede sensorer.

Baggrunden er en vision om, at sensorer i bygninger og anlægskonstruktioner både kan give nyttig information i byggeperioden og derefter løbende kan beskrive konstruktionernes tilstand. Alt sammen for at højne kvaliteten, øge levetiden og minimere omkostningerne til vedligehold.

SensoByg har i en række forsknings- og demonstrationsprojekter arbejdet med hele informationskæden fra de indstøbte, trådløse sensorer til de beslutningsstøttesystemer, der i sidste ende skal give overblik over de mange data og hjælpe de driftsansvarlige med at træffe de rigtige valg.

Det har på flere områder været en stor udfordring. En trådløs sensor til indstøbning i beton skal fx være tæt og robust for at beskytte elektronikken – men den skal også være i kontakt med den omgivende beton for at kunne måle fugtighed. Det er heller ikke en enkel sag at sende signaler til omgivelserne fra en sensor omgivet af beton og armeringsjern – og da slet ikke, når sensoren også skal være billig og kun må have et meget lille energiforbrug.

Trods det er SensoByg nået langt i retning af et komplet system. Samarbejdet mellem teknologisk service, universitetsforskning og en række virksomheder har dokumenteret, at visionen er realistisk, og at systemet kan fungere i sin helhed - fra sensor til software.

Derfor vil viden fra SensoByg utvivlsomt blive grundlag for praktiske løsninger i de kommende år. Både muligheder og udfordringer er dokumenterede, og den brede deltagerkreds sikrer god spredning af resultaterne.

I denne publikation har vi valgt at koncentrere os om de mest lovende områder, som vi beskriver på de følgende sider.

Mere dybtgående og teknisk viden findes i en række rapporter på www.sensobyg.dk



Optimalt vedligehold af infrastruktur

Den danske infrastruktur i form af broer, tunneler og havneanlæg har en værdi på et trecifret milliardbeløb og udgør en meget stor del af samfundets kapital.

Resultater fra SensoByg viser, at det er realistisk at optimere både opførelse og ikke mindst vedligehold af denne infrastruktur på baggrund af data fra sensorer, der er indstøbt i betonkonstruktioner. Data sendes fra sensorerne via dataopsamlingsudstyr til et forvaltningssystem med integreret beslutningsstøtte hos den ansvarlige for konstruktionens drift.

En sådan monitorering giver flere fordele. Det højere informationsniveau om konstruktionens tilstand kan i udvalgte situationer føre til længere levetid.

Samtidig kan samfundet opnå lavere omkostninger til vedligehold med reparation på det både teknisk og økonomisk set optimale tidspunkt. Ikke mindst de uforudsete – og dermed dyre – reparationer kan minimeres og i enkelte situationer helt undgås. Og endelig vil den optimale vedligeholdelsesstrategi føre til færre trafikantomkostninger.

Mulighederne

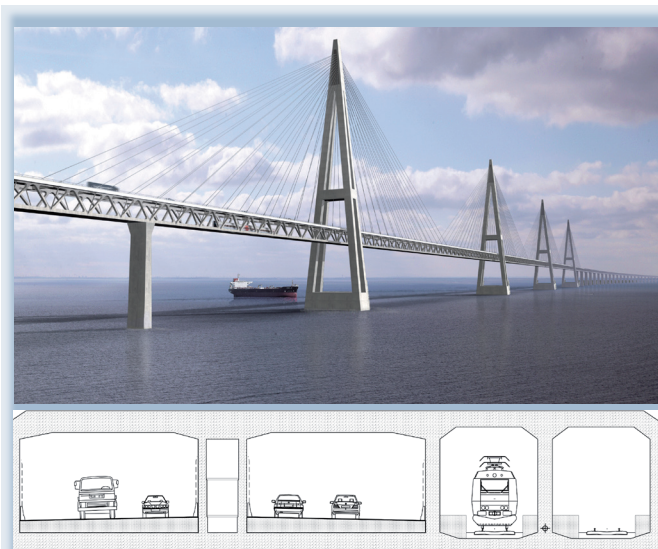
På baggrund af blandt andet SensoBygs resultater er det muligt at:

- Få viden om tilstanden af betonkonstruktioners fugtisolering med indstøbte, trådløse sensorer, som overvåger væsentlige parametre, primært fugtindtrængning. Derved kan typiske betonskader i en række situationer forebygges eller udskydes.
- Indstøbe sensorer enten ved opførelsen eller ved eftermontering.
- Opsamle, datalogge og sende sensordata til såvel et forvaltningssystem som et beslutningsstøttesystem.
- Få beslutningsstøtte fra nyudviklet software.
- Bruge sensordata ved nyanlæg til at vurdere betonmodenhed før epoxygrundning eller til dokumentation af betonkvaliteten under udførelse.

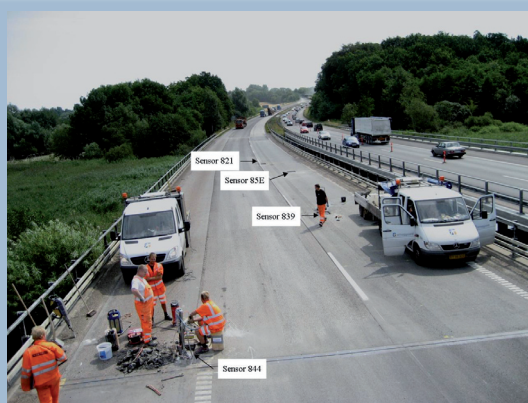
Udfordringerne

SensoByg har identificeret udfordringerne for at kunne indføre et intelligent monitoreringssystem for den danske infrastruktur. Det er blandt andet:

- Lavere pris på sensorer. Store konstruktioner som fx en motorvejsbro kræver mange sensorer for at opnå en pålidelig monitorering af hele konstruktionen.
- Passive sensorer. Moderne betonkonstruktioner designs til en levetid på over 100 år. Monitorering forudsætter derfor sensorer, der ikke er afhængige af batterier.
- Sensorernes trådløse rækkevidde kan med fordel forbedres, fx ved at udvikle en multihop-funktionalitet, hvor sensorer kan videresende data fra andre sensorer i konstruktionen.



Femern A/S har deltaget i denne del af SensoBygs aktiviteter med henblik på eventuelt at anvende de udviklede teknologier til den faste forbindelse mellem Danmark og Tyskland.



Sensorer i motorvejsbro

Ved renovering af motorvejsbroen ved Borrevejle Vig nær Roskilde blev der som led i SensoByg indstøbt trådløse sensorer til at måle fugt og temperatur. Sensorerne er placeret under broens fugtisolering med et dæklag på cirka 1 cm. De skal give input til tilstandsvurdering af broens fugtisolering og den underliggende betonkonstruktion.

Bygninger uden fugt- og vandskader

Både bygningsejere, forsikringselskaber og beboere har stor interesse i at undgå – eller i det mindste hurtigt opdage – fugtproblemer og vandskader, som årligt koster et milliardbeløb at udbedre alene i Danmark.

Det sætter fokus på driftsikre, intelligente drifts- og overvågningssystemer til byggeriet. Derfor har SensoByg udviklet og i praksis demonstreret et system til fugtovervågning af bygningskonstruktioner.

Systemet kan både bruges til fugtstyring i byggeperioden og efterfølgende til at opdage fx utætte fugtmembraner eller fejl på installationer – fra materialer over udførelse til vedligehold.

Systemet er baseret på sensorer, der måler fugt og temperatur. Sensorerne placeres i fx gulv eller vægelementer, før vådrumssikringen udføres og flisebeklædningen monteres. Det er muligt at eftermontere sensorer i eksisterende bygninger og på særligt udsatte steder.

Data fra sensorerne sendes trådløst til en opsamlingsenhed, hvorfra de sendes via Internettet til et beslutningsstøttesystem hos fx bygningens ejer eller vicevært. Beslutningsstøttesystemet kan ved hjælp af forskellige algoritmer, der er udviklet som led i SensoByg, løse en række opgaver som fx at advare mod risiko for skimmelvækst eller opdage utætheder.

Mulighederne

På baggrund af SensoBygs resultater er det muligt at:

- Tilstandsvurdere bygningskomponenter løbende med henblik på at detektere ophobning af fugt i fx tagkonstruktioner og derved forebygge råd og svamp.
- Få tidlig alarmering ved utætheder, fejl og skader.
- Overvåge risikoen for vækst af skimmelsvamp i en bolig på baggrund af målinger af fugt og temperatur.
- Tilstandsvurdere mange forskellige byggematerialer.
- Opnå bedre kvalitet i byggeriet på baggrund af viden om fugt i konstruktioner og materialer allerede i opførelsesfasen.

Udfordringerne

SensoByg har identificeret udfordringerne for at etablere et sensorbaseret, trådløst fugtovervågningssystem i bygninger:

- Energiforsyning af sensorer er den væsentligste udfordring. Sensorerne skal fungere i mange år, hvilket stiller strenge krav til batterilevetid. Eventuelt kan udfordringen klares ved udvikling af sensorer, der kan overgå fra aktiv til passiv funktion, når batteriet er brugt op.



Sensorer i gulvet

Placering af sensorer i et vådrum. Sensorerne fastgøres til armeringsnettet, og betonen udstøbes. Derefter etableres fugtmembranen, og der lægges fliser.

Betonelementer med endnu højere kvalitet

Betonelementer fremstilles under kontrollerede forhold – ikke mindst for at opnå en ensartet og høj kvalitet.

SensoByg har arbejdet med brug af trådløse sensorer til at dokumentere betonelementers modenhed og styrke ved hjælp af målinger af fugt og temperatur. Det kan optimere produktionsprocessen, fordi elementerne kan afformes så tidligt som muligt i fremstillingsprocessen. Tilsvarende gælder for afspænding af forspændte betonelementer.

Samtidig får producenten en væsentlig kvalitetsdokumentation, som efterspørges til krævende projekter – som fx ved opførelse af broer og tunneler af betonelementer.

Ideelt skal sensoren også kunne anvendes til lagring af data om elementets historie og placering i den færdige konstruktion.

Mulighederne

På baggrund af SensoBygs resultater er det muligt at:

- Vurdere betonelementers modenhed og styrke med henblik på optimal produktion.
- Nedsætte produktionstid og omkostninger.
- Levere kvalitetsdokumentation om det enkelte element.
- Mindske risikoen for revnedannelse ved overvågning af elementers kerntemperatur.
- Bruge temperaturdata til temperaturstyring af hærdeforløbet.

Udfordringerne

SensoByg har identificeret udfordringerne for at få det optimale udbytte af trådløse sensorer til indstøbning i betonelementer:

- Udvikling af en sensor, der ikke alene kan registrere fugtighed og temperatur under produktion, men også gemme data om fx støbning, afformning, fugt- og temperaturkurver, armering, lagring og placering i det færdige byggeri til brug ved såvel elementproduktion og opførelse af konstruktionen som senere vedligehold.

Betonbjælke med sensor

Som led i SensoByg har Betonelement A/S fremstillet en bjælke med indstøbt sensor. Sensoren er placeret i toppen af bjælken for at kunne registrere temperaturen og modenheden i overfladen, hvor der senere skal støbes dæk.



Nybyggeri uden fugtproblemer

Udtørring er en udfordring ved opførelse af nye bygninger. Et eksempel er betongulve, der skal have et tilpas lavt fugtindhold, før det er muligt at lægge et trægulv uden risiko for ødelagte gulvbelægninger. Tilsvarende skal vægge være tørre, før de kan males eller tapetses.

Det er vanskeligt at vurdere, hvornår betonkonstruktioner som gulve og vægge har nået en passende grad af udtørring. Derfor har SensoByg fokuseret på at optimere denne del af byggeprocessen med indstøbte, trådløse sensorer.

Indsatsen har dokumenteret, at indstøbte fugtsensorer kan give pålidelig og brugbar viden om, hvornår udtørringen er så langt fremme, at det er forsvarligt at gå videre med byggeriet. Med fugtsensorer kan man derfor undgå at forsinke og fordyre byggeriet på grund af fugtrelaterede skader.

Kombinationen af sensordata og et system til beslutningsstøtte vil desuden gøre det muligt at fremskrive udtørringsforløbet, så entreprenøren på forhånd ved, hvornår arbejdet med fx overfladebehandling kan begynde. Systemet vil også kunne give viden om hvornår og i hvilket omfang, det er nødvendigt at sætte ind med affugtning.

Data for fugtsensorer kan også medvirke til et godt indeklima ved at dokumentere, at konstruktionerne ved indflytning ikke har et fugtindhold, som kan medføre risiko for vækst af skimmelsvamp.

Mulighederne

På baggrund af SensoBygs resultater er det muligt at:

- Undgå ødelagte gulve. Alene i Danmark ødelægges der i dag nye gulvbelægninger for 150 mio. kroner årligt, fordi gulvet udføres før den underliggende beton er tilstrækkeligt tør.
- Optimere byggeprocessen med viden om, hvornår fx overfladebehandling, gulvlægning, maling eller tapetsering kan begynde uden risiko for fugtskader
- Få et vidgrundlag til at beslutte om og i hvilket omfang, det er nødvendigt aktivt at affugte konstruktionerne.
- Eftersive, at byggeriet er tørt og har et godt indeklima, således at Bygningsreglementets krav om tørt byggeri er overholdt.

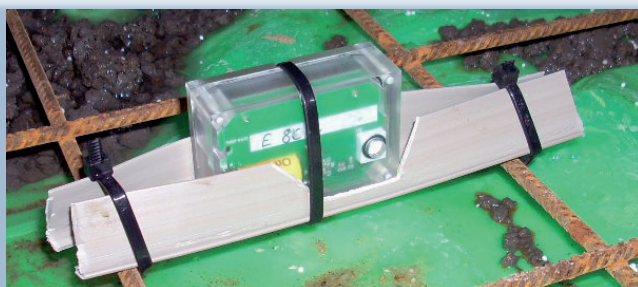
Udfordringerne

SensoByg har identificeret udfordringerne for at få det optimale udbytte af trådløse sensorer til registrering af fugt i byggematerialer og konstruktioner i byggefasen:

- Udvikling af et beslutningsstøttesystem, der kan bruges til at fremskrive udtørringens forløb, og som kan indregne effekten af aktiv udtørring.
- Udvikling af fugtsensorer, der efter byggeperioden kan bruges til at overvåge indtrængende fugt og rørskader.

Sensorer i gulv og vægge

Som led i SensoByg blev der ved to nybyggerier i henholdsvis Herning og Søborg indstøbt fugtsensorer i betongulve og vægelementer af letbeton. Til højre ses sensoren fastgjort til armeringen før udstøbning af gulv.



Et komplet system fra sensor til software

Fjernovervågning af bygninger og anlægskonstruktioner på baggrund af data fra indlejrede, trådløse sensorer er den overordnede vision for SensoByg. Den driftsansvarlige for bygningen eller konstruktionen skal kunne få et samlet billede af tilstanden på sin skærm og en alarm i tilfælde af handlingskrævende ændringer.

SensoByg har demonstreret, at det kan lade sig gøre ved at udvikle et innovativt og nyskabende monitoreringssystem, baseret på en nyudviklet sensor, der tåler indstøbning i beton. Sensoren sender data til en lokal modtager, som via nettet eller mobiltelefoni sender videre til et datasystem, der både kan registrere data og tilbyde den driftsansvarlige beslutningsstøtte.

Det udviklede system kræver videreudvikling for at blive praktisk brugbart. Men SensoByg har dokumenteret, at det kan lade sig gøre, og ikke mindst påvist, hvad der skal til for at komme videre.

SensoByg har således identificeret en række konkrete udviklingsopgaver, der skal løses for at nå frem til et produktionsmodent system.

Ingen af disse opgaver virker uoverkommelige, så der er næppe tvivl om, at SensoByg har støbt de teknologiske kugler til bygninger og anlægskonstruktioner med endnu længere levetid og betydeligt lavere omkostninger til vedligehold.

Mulighederne

På baggrund af SensoBygs resultater er det muligt at:

- Fjernovervåge tilstanden af bygninger og anlægskonstruktioner på baggrund af signaler fra trådløse, indbyggede sensorer.
- Sende signaler fra en trådløs sensor indstøbt i beton til en modtager uden for betonen.
- Færdigudvikle en produktionsklar fugt- og temperatursensor.
- Færdigudvikle et komplet system til tilstandsovervågning af bygninger og anlægskonstruktioner fra sensor til brugersoftware.

Udfordringerne

SensoByg har identificeret de elektroniske udfordringer for at anvende trådløse sensorer til at fjernovervåge tilstanden af bygninger og anlægskonstruktioner:

- Udvikling af en trådløs sensor med en rækkevidde i armeret beton op til ti gange bedre, end den sensor, der er udviklet i SensoByg.
- Udvikling af sensorer med flere målefunktioner end fugt og temperatur.
- Udvikling af sensorer med lang funktionstid, i princippet lige så lang tid som konstruktionens levetid. Måske med energiforsyning fra vibrationer fra trafik eller ved trådløs energioverførsel.
- Udvikling af softwarearkitektur og protokoller, så data kan transmitteres sikkert – og med vished for, at protokollerne vil kunne anvendes i meget lang tid fremover.

En unik sensor

Den seneste sensor, der er udviklet i SensoByg, kan indstøbes direkte i beton. Sensoren måler fugt og temperatur med et fast interval. Fugtmålingerne er især relevante i forbindelse med overvågning af betonens helbred. Temperaturen er især interessant i forbindelse med hærdningsforløbet.

Måleresultaterne bliver sendt ud via antennen (øverst). En modtager (receiver) udenfor betonen sender målingerne videre via GSM nettet til en computer efter ønske. Sensoren har meget lavt strømforbrug, så batteriet (gult) kan holde i 10 år.



Innovationskonsortiet SensoByg (Sensorbaseret overvågning i byggeriet) gennemførte sine aktiviteter i perioden 2007 til 2010.

Aktiviteterne i SensoByg var finansieret af de deltagende parter og Ministeriet for Videnskab, Teknologi og udvikling. Det samlede budget var på 27 mio. kr.

SensoBygs deltagere var en bred kombination af forskningsinstitutioner, teknologiske serviceinstitutter og virksomheder, der sikrer en god spredning af de opnåede resultater.

Deltagere i SensoByg

Teknologiske service

Teknologisk Institut
Alexandra Instituttet

Forskning

Lunds Universitet, Fuktcentrum
Statens Byggeforskningsinstitut (SBI) – Aalborg Universitet
DTU Elektro
Aarhus Universitet, Datalogisk Institut

Virksomheder

Arbejdernes Andels Boligforening (AAB)
Betonelement A/S
Brunata A/S
EXPAN A/S
Femern A/S
Forsikring & Pension A/S
Grønvold & Karnov A/S
KPC Byg
Mjølner Informatics A/S
Rambøll A/S
Tempress A/S
Vejdirektoratet

Læs mere på www.sensobyg.dk, hvor der også findes detaljerede rapporter fra SensoBygs mange delprojekter.

