

**Genopdagelse.** Da byggeriet blev industrialiseret, blev betonen ensformig, glat og firkantet, men nu er dansk forskning ved at genopdage håndværkets dyder gennem moderne robotteknologi. Målet er beton med organiske former, legesyge detaljer og sirlig ornamentik.

# Betonen blomstrer

Af CECILIE CRONWALD

**K**ransporsarkitektur. Sådan kalder man de tunge, grå betonbygninger, som i 1960'erne og -70'erne skød op i det danske landskab, ofte opført i hast og til små penge. Bygningerne var formet af hensyn til de store byggekraner og sammensat af firkantede, glatte betonklodser uden anden dekoration end de fugtpletter, fugleklatte og mosplamager, der har samlet sig på dem gennem årene.

Betonbyggeri er ikke just kendt for sine legesyge detaljer eller imødekommende overflader, og selv nyere byggeri har en tendens til at holde sig til de samme, firkantede geometrier. Men det forsøger en række ingeniører og arkitekter nu ihærdigt at lave om på.

En af dem er Johannes Rauff Greisen, arkitekt og nyslået ph.d. ved Teknologisk Institut, som de seneste fire år har arbejdet på at videreudvikle en nem, billig og industrialiserbar måde at støbe unik og skræddersyet beton på. Målet er at gøre den kreative beton, som hidtil har været forbeholdt dyre prestigeprojekter, til en del af vores hverdagsbyggeri.

»Der er da nogen, der siger 'hvorfor arbejder du med beton? Det er da det sidste materiale, man vil arbejde med som arkitekt!' Men jeg har det stik modsat. For her er der virkelig noget at gøre bedre. Og hvis man kan gøre det bedre, så kan man gøre det bedre for rigtig mange mennesker,« siger han

EGYPTERNE var de første, der eksperimenterede med noget, der mindede om beton, men det var romerne, der fandt ud af at gøre den holdbar. For mere end 2000 år siden opdagede de, at hvis de blandede brændt kalk, vulkansk aske, vand og knuste teglsten, så fik de et blødt materiale, som blev både solidt og vandfast, når det tørrede. Betonen kunne nemt formes til hvelvinger, buer og kupler, og den var fri for de kanter og ujævnheder, som gjorde det besværligt at bygge med sten og mursten. Den skulle bare hældes i en form og hærde, og så kunne betonen bagefter sættes sammen til imponerende strukturer – som kassetelloftet i Pantheons kuppel, der stadig står i dag.

Med Romerriget faldt blev betonen glemt, og den blev først genopdaget i 1800-tallet, hvor man først brugte den til broer og militæranlæg og senere fandt ud af at putte jernarmering i betonen for at gøre den stærkere. I starten af 1900-tallet var beton et populært, men dyrt materiale; i nogle tilfælde byggede man funkisvillager i træ og puds for derefter at beklæde dem med beton, og i 1921 svøbte man Einsteintårnet uden for Berlin i en blød, organisk betonoverflade.

Efter Anden Verdenskrig blev beton et af de foretrukne materialer i byggeriet. Nu skulle den først og fremmest gøre det muligt at bygge stort, hurtigt og billigt, og i takt med at byggeriet blev industrialiseret og rationaliseret, gik det ofte ud over den rumlige variation og de fine bygningsdetaljer. Modernistiske arkitekter som Le Corbusier var fortalere for *Béton brut* – den brutale beton – og den blev forbilledet for mange store planbyggerier i 60'erne og 70'erne, som ofte var af lav kvalitet, både æstetisk og byggeteknisk.

Det gav betonen et dårligt ry, men den lever ufortrødent videre som verdens mest



**Einstein-observatoriet uden for Berlin er et eksempel på, hvordan betonen blev brugt i den ekspressionistiske arkitektur i starten af 1900-tallet. De bløde former skulle være inspireret af Einsteins relativitetsteorier.** FOTO: LEIPNIZ-INSTITUT FÜR ASTROPHYSIK POTSDAM

anvendte byggemateriale. Beton er både billigt og bæredygtigt, fordi det kan fyldes med knust byggemateriale eller naturmaterialer, og på verdensplan bruger man dobbelt så meget beton, som man bruger stål, træ, plastic og aluminium tilsammen. I alt laves der omkring seks milliarder kubikmeter beton om året – omkring én kubikmeter per menneske på kloden.

»Beton er suverænt det mest effektive, det billigste og nok også det mest holdbare materiale, vi har. Og så er det nogle gange også det grimme,« siger arkitekt Johannes Rauff Greisen, som har brugt sit ph.d.-projekt på at undersøge, hvordan man kan bruge moderne robotteknologi til at skabe beton med interessante overflader og smukke detaljer.

»Ambitionen er at lave beton, der rører os. Ikke fordi det er noget grimt, gråt møg, men fordi vi ser og mærker, at det har et potentiale og en dybde, og måske også forstår, at der ligger et håndværk bag,« siger han.

DEN store fordel ved beton er, at det er blødt. Den uhardede beton er flydende og føjelig og kan indtage former, som ikke kan laves i andre materialer. Beton kan farves, og selve blandingen kan varieres for forskellige udtryk. Den kan lægge sig som et tæppe, den kan stables som legoklodser, eller den kan ligne keramik.

Men hvis betonens muligheder skal udnyttes, så kræver det, at man udarbejder støbeforme, som er skræddersyet til formålet. Den slags laves på byggepladsen af erfarne håndværkere, og det er både dyrt og tidskrævende. Derfor har den mere fantasifulde beton hovedsagelig været forbeholdt prestigebyggerier, som eksempelvis den nye tilbygning til Ordstrupgaard-museet nord for København, tegnet af den irakisk-britiske stjernearkitekt Zaha Hadid, mens især boligbyggerier har



**En prototype på et betonmøbel, som kan bruges i byrummet.** FOTO: JOHANNES RAUFF GREISEN

måttet nøjes med firkantede betonklodser, som kan støbes nemt og billigt i traditionelle forme.

Men hvad nu hvis man ikke behøvede håndværkere til at bygge støbeformene i hånden, men i stedet kunne lade en robot gøre det besværlige arbejde? Det var omtrent den idé, man fik på Teknologisk Institut for otte år siden, derfor anskaffede man sig en robot og gik i gang med at lære den at forvandle digitale ideer til tredimensionelle støbeforme.

Robotten startede som en del af projektet Unikabeton, som siden har forgrenet sig i en række nye projekter, blandt andet Johannes Rauff Greisens ph.d.-projekt og EU-projektet TailorCrete, som har deltaget fra blandt andet Danmark, Tyrkiet og Spanien, og som har fået 44 millioner med på vejen.

»Man får kun sådan en bevilling, hvis man

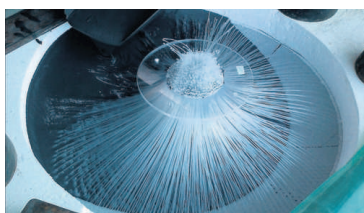
er på forkant. Vi var nogle af de første, der begyndte at arbejde med det her, og vi ved rigtig meget på det her område,« fortæller Mette Glavind, som er direktør for Byggeri og Anlæg på Teknologisk Institut.

ROBOTTEN, som står i et glasbur på Teknologisk Institut, er magen til de industrirobotter, der står på bilfabrikker verden over. Den består af en lang, gul robotarm med seks led, som kan bevæge sig frit i alle retninger, samt et hoved, hvorpå man kan montere forskellige skæreredskaber. Robotten er forbundet til en computer, og her kan man indlæse en digital model af den form, man gerne vil have. Derefter regner robotten ud, hvordan den mest effektivt kan fræse en støbeform ud af det stykke flamingo, der står foran den. Når formen er færdig, hældes betonen i – man





Robotten fræser formerne i polystyren, også kendt som flamingo. Når formen er brugt, kan materialet genbruges, hvilket gør metoden billig og bæredygtig. FOTOS: TEKNOLOGISK INSTITUT



Den digitale teknik kan udregne, præcis hvor lyslederne skal placeres, også i en krum flade.



Her kan robotens fræsespor ses i en færdig betonpavillon.



Ved at lægge duge over støbeformen kan man give betonen forskellige overflader.

kan eventuelt lægge en dug over formen – og når den er hærdet, har man sin betonfigur.

I løbet af de seneste år er det lykkedes Johannes Rauff Greisen og hans kolleger at skabe krumme og dobbeltkrumme betonstykker, de har lavet byrumsmøbler med organiske former og taktile overflader, og de har støbt store, dekorative, tredimensionelle mønstre. Med robotten kunne de pludselig arbejde med arkitektoniske træk som cisele-ringer, relief og ornamentik, som ellers forbindes med tiden før industrialiseringen.

»Ornamentet er mere end dekoration, det kan også bruges til at skabe sammenhæng og fortælle en historie. De støbejernsornamenter, man ser ved de franske metrostationer, de fortæller selvfølgelig, at nu er du ved en metrostation, men de er også organiske, de har rødder i jorden og gror op i byen, og på den måde fortæller de en historie om at leve i en by som en organisme,« siger Johannes Rauff Greisen.

Han mener, man kan bruge ornamentet til at få ny og gammel arkitektur til at hænge bedre sammen i bybilledet, både som en del af ny arkitektur og i restaurering af gamle bygninger.

»Man kan for eksempel lave nogle nye former for søjler eller relieffer, som spiller

sammen med den eksisterende historiske arkitektur. Vi skal ikke gå og kopiere gamle bygninger, men vi kan lave ornamentik, der får tingene til at hænge sammen og fylder nogle huller ud i vores historie,« siger han.

Johannes Rauff Greisen har også arbejdet med at dekorere betonen med lys. I en række eksperimenter har han programmeret robotten til at indsætte hundredvis af lysledere i betonstøbningerne med stor præcision. Når lyslederne er slukkede, kan de næsten falde i ét med betonen, men når man tænder lyset, tegner de billeder eller dekorationer på overfladen.

»På den måde kan vi skabe nogle betonoverflader, som har en dybde i bogstaveligste forstand,« forklarer han.

Endelig kan man bruge selve robotens arbejdsmonter til at give betonen en særlig struktur – en idé, der er født ud af teknikkens begrænsninger. Jo mere glat og detaljeret en støbeform skal være, jo mindre skærehoved skal robotten bruge, og jo længere tid tager det for robotten at fræse formen. Derfor har Johannes Rauff Greisen arbejdet med at lade robotens fræsemærker være en del af betonens færdige udtryk som en slags rillet fingeraftryk. På den måde får betonen en sær-

lig tekstur og en retning, lidt ligesom årener i et stykke træ.

»Hvis det her skal være effektivt og hurtigt, så er vi nødt til at acceptere, at vi laver noget, der ikke er poleret, hvor overfladen er en slags reference til, hvordan tingene er blevet til. Men det er måske netop den slags aftryk, som giver en værdi i dagligdagen, når man oplever arkitektur. Murstens mønstre er jo også en slags aftryk,« siger han.

DET er ikke, fordi al arkitektur skal være pyntet eller kurvet for at være interessant, understreger Johannes Rauff Greisen. Han nævner tegnestuen BIGs store projekter i Ørestaden, VM-bjerget og Stallet, hvor arkitekterne har gjort en dyd ud af at bruge de klassiske, firkantede betonkasser på nye måder. Men variation er godt, og det handler om at give arkitekterne frihed til at skabe de former, de gerne vil.

En af de arkitekter, der ser et potentiale i ideen, er Gregers Tang Thomsen, som er medejer af det dansk-tyrkiske arkitektfirma Superpool, og som har været en del af TailorCrete-projektet siden 2008.

»Vi prøver altid at strække et materiales muligheder til det yderste, så vi kan bruge det

mere kreativt. I dag, når vi tænker beton, så tænker vi som regel på noget gråt, kedeligt og uvenligt at røre ved, men med nye teknikker kan vi give betonen helt nye overflader – for eksempel kan det nærmest få karakter af læder,« siger han.

For ham er det især vigtigt, at man arbejder på at gøre teknikken til en del af industrien og dermed gøre den billigere. Det vil for alvor give en ny frihed til at udnytte betonen som flydende sten.

Han forestiller sig, at man blandt andet vil bruge de nye teknikker til at skabe møbler og legeredskaber til byens rum og i det hele taget tilføre det offentlige rum nye overflader, som er rare at røre ved og interessante at se på.

»Vi kan forhåbentlig give nogle mere spændende, rumlige oplevelser og bygge nogle former, der er mere venlige og tættere på vores egen krop,« siger han.

DE unikke betonformer vil også være nyttige i mere praktiske sammenhænge. Betonelementerne kan skræddersys, så de passer ind i eksisterende bygninger, eller tilpasses særlige funktioner. Gregers Tang Thomsens arkitektfirma arbejder eksempelvis med, hvordan man kan bruge unikke betonformer til at styre lys, skygge, luft og varme i en bygning, og på den måde tilpasse bygningens form til det klima, den ligger i.

»Det gjorde menneskene allerede intuitivt for tusinder af år siden, når de byggede deres huse, men det blev glemt et eller andet sted i industrialiseringen,« siger Gregers Tang Thomsen.

Lysledere i beton vil heller ikke kun fungere som pynt, men også som indlejret informationsteknologi. I kanten langs cykelstier vil man eksempelvis kunne indlægge lysledere, der lyser op i grønne farver, når man følger »den grønne bølge« fra lyskryds til lyskryds.

Hos Teknologisk Institut er man efterhånden langt med teknikken. De har blandt andet støbt unikke betonelementer til en vinduesniche på Den Blå Planet, Danmarks nye, store akvarium på Amager, og til efteråret vil firmaerne bag TailorCrete-projektet opføre deres svendestykke uden for Aarhus: En lagerhal helt uden traditionelle, rektangulære betonflader.

Også andre steder arbejdes der på at udvikle fremtidens beton. Hos Adapa i Aalborg kan man støbe dobbeltkrumme betonplader på en stor, fleksibel måtte, der styres af en computer, andre steder i verden arbejder man med at printe beton, og i Schweiz bygger man betonformer med flyvende robotter.

Men inden de nye produktionsmetoder for alvor kan gøre en forskel, skal de gøres til en del af industrien, mener Johannes Rauff Greisen. Det kræver, at industrien får øjnene op for de arkitektoniske muligheder – og at arkitekterne begynder at interessere sig mere for den industrielle produktionsteknologis muligheder, i stedet for kun at se begrænsningerne.

»Hvis man kunne få arkitekter til at synes, at industrien er lige så sjov, som designere har syntes i 100 år, så ville det være et stort skridt på vejen. Den industrielle designer ser industrien som en mulighed, et potentiale til at få større formfrihed, bedre design, mere komplekse produkter. Og hvis arkitekterne kan lære at forstå byggeindustrien på samme måde, så vil vi få et langt mere spændende byggeri,« siger han.