



Het kantoorgebouw Kraanspoor in Amsterdam is bewust licht gebouwd zodat de oude kraanbaan van de voormalige NDSM-scheepswerf kan dienen als fundering.

Minder afval en lager energieverbruik door geïndustrialiseerd proces

Ontwerpprincipes op de schop

De bouwsector draagt onevenredig veel bij aan de nationale afvalberg, het energieverbruik en de CO₂-uitstoot. Een andere aanpak van het bouwproces kan de bouwmassa halveren en een pand bovendien veel flexibeler maken. 'Daardoor is hergebruik veel minder ingewikkeld en is het niet langer noodzakelijk een gebouw al na twintig jaar te slopen.'

EEN MUUR VAN KOELKASTEN

De stichting Recyclicity, opgericht door 2012 Architecten in Rotterdam, wil het hergebruik van bouwmaterialen stimuleren door bouw- en slooptekens op elkaar te laten aansluiten. Met de ontwerpmethodiek Superuse is afval als bouw materiaal te gebruiken, met zo min mogelijk toegevoegde energie voor transport en verwerking. 'De sloper neemt de verwerking als uitgangspunt en kijkt alleen naar de gescheiden afvalstromen verbranden, storten en recycleren', vertelt Jan Jongert, directeur van 2012 Architecten. 'Om hergebruik mogelijk te maken moet hij op een heel andere manier slopen, omdat anders alles kapotgaat. Er zijn genoeg bouw-

materialen recyclebaar, maar de gebruikte bouwmethodie bemoedigt dit vaak. Om daar aandacht aan te besteden moet de sloper bovendien zeker zijn van afnemers. Nu bestaat er eigenlijk alleen handel in antieke slopedelen.' Om bouw- en slooptekens op elkaar af te stemmen ontwikkelde Recyclicity een communicatie-instrument: de oogstkaart. 'Bij geplande nieuwbouw is in deze database te zien wat er in de omgeving van het nieuwbouwproject aan slooppanden staat. De architect kan bouwmaterialen daarvan in zijn ontwerp opnemen', aldus Jongert. Op deze manier bouwde 2012 Architecten de Villa Welpeloo in Enschede. De

stalen draagstructuur van het gebouw is gemaakt van een oude weefmachine uit een textielfabriek, het glas voor de serre is restmateriaal uit een glashandelaar, en het gebruikte isolatiemateriaal en de houten vloeren en wanden komen uit een gesloopt bedrijfsgebouw. Overigens maakt deze werkwijze het bouwproces in plaats van industrieel juist weer ambachtelijker. Verder ontwierp 2012 Architecten met bouwvreemd industrieel afval de Witgoedwoning, gemaakt van oude koelkasten, en een espressobar, bestaande uit afgedankte wasmachines. 'Ontwerpers zijn niet gewend om vanuit het materiaal te denken', geeft

Jongert aan. 'Wij ontwikkelen daarom ook productbladen voor bouwvreemde materialen. Daarop is bijvoorbeeld te zien hoe dik een muur van koelkasten moet zijn om aan de isolatie-eisen te voldoen.' Jongert verwacht dat naarmate de stort- en verwerkingskosten van bouw- en industrieel afval toenemen hergebruik economisch rendabel kan worden. 'Nu ontbreekt die economische motivatie nog. Slopen en een nieuw gebouw neerzetten is nog even duur als hergebruik. Recycling wordt in Nederland ook vaak bemoeilijkt vanwege de veelzijdig toe-

gepaste gietbouwmethode met gewapend beton. In het gebied Tannhauser in Apeldoorn analyseerden wij vijf te slopen, naoorlogse betonnen flats op hergebruik, maar meer dan het loshalen van betonnen trappen en balkons zat er economisch gesproken niet in', aldus Jongert. Deze manier van bouwen bemoedigt ook hergebruik van de draagstructuur. Dat is veel makkelijker wanneer die alleen uit kolommen en vloeren bestaat, zoals het voormalige PTT-kantoor aan de Zeestraat in Den Haag. Het kale, betonnen skelet van dat gebouw staat

momenteel te wachten op zijn nieuwe functie: een vijfsterrenhotel met 190 kamers van hotelketen Hilton. 'De plattegrond van het kantoor is ideaal voor een hotel', vertelt ir. Wolbrand van der Vis van PBV architecten, dat samen met 01-10 Architecten het ontwerp maakte. 'Daardoor was hergebruik van de draagstructuur in dit geval zelfs goedkoper dan volledige sloop en nieuwbouw. In de woningbouw is dit vaak moeilijker doordat de oude panden slecht aansluiten op het moderne eisenpakket.' www.superuse.org



Opbouw van een woonmodule volgens de uitgangspunten van slim bouwen met een dunne leidingvloer, een skeletconstructie en lichtgewicht wanden.

'DE BOUWINDUSTRIE GENEREERT nu 35 % van al het afval, verbruikt 40 % van de energie, en bezet een kwart van al het goederenwegtransport in Nederland. Dat staat totaal niet in verhouding tot de ruim 5 % die de bouw bijdraagt aan ons bruto nationaal product.' Het zijn harde woorden van prof.dr.ir. Jos Lichtenberg, hoogleraar Bouwproductontwikkeling aan de TU Eindhoven en voorzitter van de Stichting Slimbouwen. Zijn gelijknamige boek *Slimbouwen* is een handleiding om op een andere manier te bouwen.

De achterban bestaat onder meer uit WVTTK architecten in Eindhoven, dat het proefgebouw EET heeft ontworpen. Uitgangspunt daarbij was een verlaging van de faalkosten door industrieel bouwen, flexibiliteit tijdens de ontwerp-, bouw- en gebruiksfase, en een reductie van gewicht, volume en energie. Het proefgebouw is niet alleen bedoeld om het slimme bouwproces te toetsen, maar ook om testopstellingen mogelijk te maken die de voordelen van het anders bouwen aantonen. De reeds gerealiseerde praktijkvoorbeelden laten alleen bepaalde aspecten zien, zoals het lichtgewicht kantoorgebouw Kraanspoor in Amsterdam. Het kantoor kreeg tijdens de internationale vastgoedbeurs MIPIM in Cannes dit voorjaar de Special Jury Award en de Green Building Award – een eerste teken dat slim bouwen aandacht begint te krijgen.

'Wij bouwen ongelofelijk zwaar', vindt Lichtenberg. 'De meeste traditioneel gebouwde, steenachtige gebouwen komen in de verhouding tussen bouwgewicht en nuttig oppervlak uit op 1000 tot 1500 kg/m². Ter vergelijking: een caravan



In het flatgebouw La Fenêtre, dat naast de sneberg Aza in Den Haag staat, is staalskeletbouw gecombineerd met vloeren van Infra.



de kosten bij nieuwbouw niet transparant zijn. 'Het afvoeren van bouwpuin zit in de aannemersprijs, eventuele sloop maakt deel uit van de begroting van de projectontwikkelaar. Ook de overheid betaalt mee, in de vorm van subsidies voor recycling of voor de herstructurering van stadsgebieden. De kosten lijken er niet te zijn, maar zijn in werkelijkheid schrikbarend hoog: het slopen, afvoeren en storten van afval kost momenteel ongeveer twintig eurocent per kilogram, terwijl de kale

nieuwbouwprijs zo'n tachtig eurocent per kilogram bedraagt. Dat betekent dat als de bouwkosten voor een vierkante meter vloeroppervlak 1000 euro bedragen, er nog eens 250 euro voor afval bijkomt. En de trend is dat afvalkosten alleen maar zullen stijgen. De consument en de maatschappij betalen nog altijd de rekening.' Lichtenberg denkt aan het geven van een financiële prikkel in de vorm van een verwijderingsbijdrage om zo het principe 'de vervuiler betaalt' ook in de bouw te introduceren.

heeft een verhouding van 75 tot 100 kg/m² en tijdelijke gebouwen van 150 tot 200 kg/m². Uiteraard is er sprake van een ander kwaliteitsprofiel, maar het verschil is toch wel opmerkelijk groot.' Met praktijkprojecten is volgens Lichtenberg aangetoond dat het door slim te bouwen mogelijk is met bestaande technieken eenzelfde kwaliteit te realiseren met een massa van 500 tot 600 kg/m². Deze opzienbarende gewichtsvermindering levert een aantal belangrijke voordelen op.

Zo komt het energieverbruik in alle productiefasen van de bouw lager te liggen. Al het toegepaste materiaal moet immers aan de aarde worden onttrokken en in een aantal stappen via halfafrikaat tot eindproduct worden verwerkt. Elke stap kost energie, zowel tijdens productie als tijdens transport. Dus hoe meer materiaal, hoe meer grondstoffen, hoe meer transport, hoe meer energieverbruik en hoe meer uitstoot van schadelijke stoffen en het broeikasgas koolstofdioxide. Dat is volgens Lichtenberg allemaal te halveren, met een gigantisch milieuvoordeel als gevolg.

Het idiote is dat veel van die massieve, praktisch onverwoestbare gebouwen alweer worden afgebroken als ze nog maar een kwart of een derde van hun levensduur hebben bereikt. Al het materiaal dat vrijkomt als afval, kost overmatig veel energie door de sloop, de afvoer en de verwerking. In Nederland is de bouwindustrie verantwoordelijk voor 35 % van het afval: op jaarbasis gaat het om 20 tot 22 miljoen ton bouw- en sloofafval op een totale afvalberg van 60 miljoen ton. Door het traditionele bouwproces en de lage efficiëntie ontstaat een derde van dat jaarlijkse bouw- en sloofafval, zeven miljoen ton, tijdens het bouwproces zelf.

De sector komt daar volgens Lichtenberg mee weg omdat

VLOEREN

De massa van gebouwen is te halveren door met name de vloeren dunner te construeren, stelt Lichtenberg. 'Meer dan 50 %, soms zelfs oplopend tot 75 %, van het totale bouwgewicht zit in de vloeren, terwijl de nuttige belasting doorgaans juist heel laag is: de vloer draagt voor 80 % alleen maar zijn eigen gewicht.' Door de steeds strengere geluidsisolatie-eisen worden de vloeren alsnog dikker. Zo steeg na een aanscherping van het Bouwbesluit in 2003 het gemiddelde vloergewicht van 550 naar 800 kg/m².

Volgens ir. Joost van 't Klooster van WVTTK architecten heerst in de bouwsector nog steeds de denkwijze dat alleen door meer massa toe te voegen aan de geluidsisolatie-eisen is te beantwoorden. 'Naast de vloer worden ook de woningscheidende wanden steeds dikker en massiever om aan de toenemende comfortwensen te voldoen. Maar vaak hoeft een draagmuur constructief gezien niet massief te zijn, een omgekeerde U-vorm met daarin een ontkoppelde lichtgewicht scheidingswand voldoet ook. Deze eenvoudig te realiseren oplossing zorgt dat het gebouw in de toekomst gemakkelijker is

GEEN LAST VAN LEIDINGEN

Het aandeel van elektriciteit-, water-, ventilatie- en communicatievoorzieningen in de bouwkosten groeit van nihil rond 1900 tot de huidige 30 à 40 %. Van dat bedrag is een aanzienlijk deel nodig om alle leidingen, die tot 1960 nog gewoon over de muur liepen, weg te werken. Nu worden ze verborgen achter panelen en boven verlaagde plafonds, ingestort in betonnen wanden en gietbouwvloeren of achteraf weggewerkt door sleuven te frezen in nieuw metselwerk en die na plaatsing weer dicht te smeren. 'De leidingen zijn toegevoegd aan het bouwproces en vervolgens kwamen er verborgentechnieken bij', zegt

prof.dr.ir. Jos Lichtenberg, hoogleraar Bouwproductontwikkeling aan de TU Eindhoven en voorzitter van de Stichting Slimbouwen. 'Deze verwevenheid van leidingen en bouwkundige constructies heeft het bouwproces steeds complexer en chaotischer gemaakt. Ook kan een gebouw moeilijk een nieuwe functie krijgen, omdat er nauwelijks flexibiliteit is. Het ontvlechten van leidingstructuren en het bouwkundige werk is dan ook een van de hoofddoelstellingen van slim bouwen.'

Het idee is om de horizontale distributie van leidingen in vloeren te regelen. In de door Lichtenberg ont-

wikkelde vloer Infra+ zit daarvoor een holle ruimte tussen de betonnen onderlaag en de topvloer. De stalen liggers in het beton bevatten uitsparingen waar de leidingen doorheen kunnen lopen. Zo'n vloer in combinatie met meerdere verticale leidingenkokers zorgt voor minder complexiteit, meer flexibiliteit en bouwhoogtewinst.

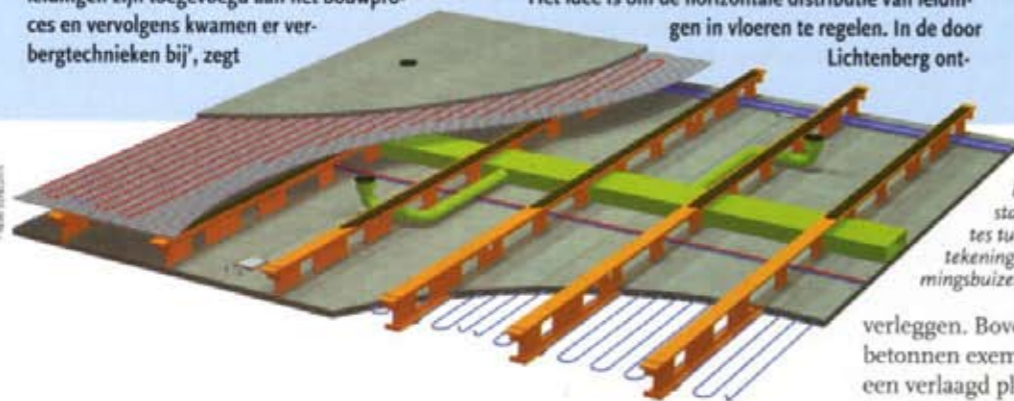
Bij de meeste projecten waar de vloer Infra+ is toegepast, vond de uitvoering van het leidingwerk zelf nog redelijk traditioneel plaats: het trekken van losse draden door elektriciteitsbuizen. 'Installateurs zijn nu nog gewend om op een tamelijk provisorische manier leidingen te trekken', vertelt ir. Joost van 't Klooster

van WVTTK Architecten. 'Leidingwerk wordt praktisch nooit aangelegd zoals het op de bouwtekening staat. Hier is absoluut een denkslag nodig.' Grotere flexibiliteit en industrialisatie is te bereiken met op lengte gemaakte, steekbare kabels. Het is duurder in materiaalgebruik, maar bespaart veel kostbare uren op de bouwplaats.

Als de etages in een gebouw verschillende eigenaren hebben, dan moet er een duidelijke scheiding bestaan in het leidingwerk. Een appartement kan de holle leidingenvloer van de bovenburen bijvoorbeeld niet gebruiken voor de

plafondverlichting. Een praktische oplossing van het bedrijf Infra+ is om in de betonschil dozen en meerdere losse leidingen op te nemen. De bewoner kan dan in het plafond een gat boren dat uitkomt in een van de leidingen en daar stroomdraden voor een lamp doorheen trekken. Dat is een hele verbetering ten opzichte van de vooraf aangelegde vaste lichtpunten die nooit op de goede plek zitten. Om de infrastructuur in de vloer aan te sluiten op die in de wanden, bestaan twee methoden. De eerste manier is om de installatiedelen vooraf in geprefabriceerde gevel- en wanddelen op

te nemen en later op de bouwplaats met stekkers aan de infrastructuur in de vloer te koppelen. Een alternatief is het opnemen van voorzieningen voor latere installatie in de gevel- en wanddelen, zoals sparingen, kabelgoten en schachten. Boven vloerniveau kunnen ook plintsystemen de flexibiliteit ondersteunen. Een voorbeeld daarvan is het Kiss-systeem, waarbij steekbare elektriciteitsdraden door een holle kunststofplint lopen. Bedrading in de wanden is verder te voorkomen met draadloze schakelaars en afstandsbedieningen. kiss.hager.nl



De vloer Infra+ bestaat uit een betonnen onderschil, stalen dragers en een zwevende topvloer. In de holle ruimtes tussen en in de dragers is ruimte voor leidingwerk. Op de tekening bevat de onderschil koelleidingen en de topvloer verwarmingsbuizen.

verleggen. Bovendien is de vloer zo veel dunner dan massieve betonnen exemplaren van 30 cm dik die zijn voorzien van een verlaagd plafond voor het leidingwerk, dat in de hoogte per zes verdiepingen ruimte is voor één extra bouwlaag.' Zoals de vloer van Infra+ illustreert, is slim bouwen er mede op gericht om een oplossing te vinden voor het leidingenprobleem (zie het kader 'Geen last van leidingen').

Een praktijktoepassing van staalskeletbouw in combinatie met vloeren van Infra+ is te vinden in La Fenêtre. Deze 70 m hoge en 17 verdiepingen tellende flat staat op stalen buisprofielen naast de snelweg A12 in Den Haag. De 115 appartementen in het gebouw zijn door de toepassing van verplaatsbare systeemwanden vrij (her)indeelbaar. Een tweede voorbeeld is het kantoorgebouw dat Ontwerpgroep Trude Hooykaas (OTH) realiseerde bovenop het voormalige kraanspoor van de voormalige NDSM-werf in Amsterdam. Hoewel La Fenêtre en Kraanspoor nu gelden als voorbeeldprojecten van slim bouwen, waren het de plaatselijke omstandigheden die bij beide projecten het gebruik van staalskeletbouw met vloeren van Infra+ afdwong. Het oorspronkelijke ontwerp van La Fenêtre ging uit van traditionele betonbouw, maar de locatie langs de A12 was daar niet geschikt voor. Bij Kraanspoor was het de bestaande betonnen fundering die een lichtere, stalen constructie vereiste.

LEEGSTAND

Het ligt aan de inrichting van het bouwproces dat de principes van slim bouwen niet standaard worden toegepast bij alle nieuwbouwprojecten, stelt Van der Zanden van Infra+. 'Het probleem is dat architecten zich over het algemeen niet met de techniek bemoeien en dat constructeurs daar juist alleen maar naar kijken. In de constructie plaatsen installateurs vervolgens hun apparatuur, die vervolgens weer moet worden weggewerkt achter verlaagde plafonds. Daardoor hebben gebouwen 10 tot 25 % meer volume dan nodig is. Bovendien zijn ze niet flexibel aan te passen aan eigentijdse ontwikkelingen, zoals internet en de recente warme zomers. Dat maakt veel Nederlandse kantoorruimten onwerkbaar, met als resultaat dat de leegstand inmiddels meer dan 20 % bedraagt. Dat staat gelijk aan een vloeroppervlakte van 6,4 miljoen m².'

aan te passen. Een andere, lichtere mogelijkheid is om van de massieve bouwmethode over te stappen op een skeletconstructie, bijvoorbeeld van hout of van staal.'

Dat laatste in combinatie met een lichtgewicht vloerconstructie paste WVTTK architecten zelf toe in het proefgebouw EET. Van 't Klooster legde in 2005 de basis voor dit gebouw met zijn afstudeerproject bij Lichtenberg, en werkte het na het afronden van zijn opleiding Bouwkunde aan de TU Eindhoven verder uit samen met collega-architect ir. Jackel Henkstra, in opdracht van adviesbureau A+ en met subsidie van het overheidsprogramma Economie, Ecologie en Technologie

(EET). Van 't Klooster en Henkstra richtten mede hiervoor WVTTK architecten op. 'In plaats van steeds meer massa toe te voegen geloven wij in het ontkoppelen van constructies om aan de geluidsisolatie-eisen te voldoen. Als er geen direct raakvlak bestaat

tussen materialen, is er ook veel minder geluidsoverdracht en kan de massa laag blijven. Loskoppelen kan zowel verticaal door buitenmuren van rijtjeshuizen constructief te scheiden als horizontaal door zwevende vloeren te gebruiken.'

Een goed voorbeeld is terug te vinden in de door Lichtenberg samen met A+ en Innobuild ontwikkelde vloer Infra+, die door het bedrijf Infra+ onder de merknaam Slimline Buildings op de markt is gebracht. WVTTK architecten heeft in het proefgebouw EET gekozen voor deze vloer, die bestaat uit een dunne betonnen onderplaat van 70 mm dik met daarin stalen liggers. Bovenop deze liggers, die in feite de draagstructuur vormen, bevindt zich een zwevende vloer. 'Dit houdt al veel geluidsoverdracht tegen', vertelt Ger van der Zanden, directeur van Infra+ en bestuurslid van de Stichting Slimbouwen. 'Dankzij de holle ruimte tussen en uitsparingen in de stalen liggers biedt de vloer meer dan genoeg ruimte voor het aanleggen van het benodigde leidingwerk. Als het gebouw na verloop van tijd een andere functie krijgt, dan zijn door de topvloer te verwijderen alle leidingen goed bereikbaar en te

'Gebouwen hebben 10 tot 25 % meer volume dan nodig is'



In de fabriek geproduceerde woonblokken maken het bouwproces veel efficiënter.

De directie van de Nederlandse Vereniging voor Bouwondernemers (NVB) deed begin dit jaar een oproep om die leegstand van de kantorenvorraad te voorkomen. De Stichting Slimbouwen reageerde daarop door te stellen dat de leden van de NVB, met goedkeuring van de overheid, nog altijd doorgaan met het voor leegstand opleveren van inflexibele gebouwen. 'Alleen door de technieken van slim bouwen toe te passen kunnen we die leegstand bestrijden', meent Van der Zanden. De directeur van de NVB, Nico Rietdijk, signaleert dat slim bouwen de sector langzaam maar bezig begint te houden, maar dat het aanpakken van de slechte communicatie en organisatie in de complete bouwsector veel belangrijker is dan het doorvoeren van technische innovaties. 'Die zijn allemaal prachtig, maar als de communicatie niet goed is, dan wordt het niets. De faalkosten in de bouw bijvoorbeeld zijn onvoorstelbaar hoog, waardoor ook de prijzen onnodig hoog zijn. Die situatie wordt langzamerhand onhoudbaar. De bouw moet

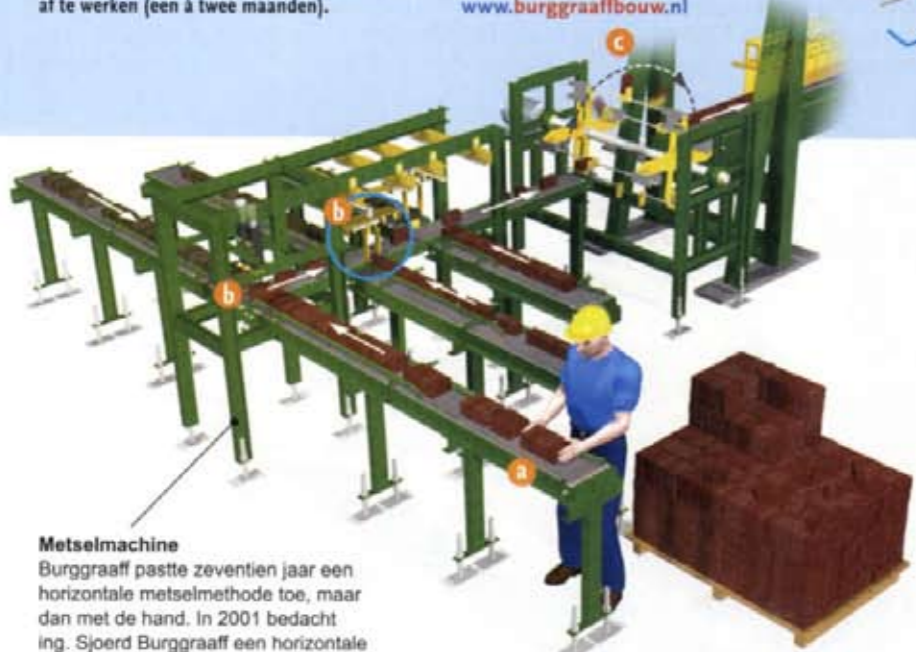
naar een totaal andere samenwerkingsvorm toe: er moet vanaf het begin betrokkenheid zijn van vaste partijen die in goed overleg werken voor van tevoren vastgestelde tarieven. Dit betekent een geweldige cultuurschok, maar er zijn reeds jonge, kritische geesten bij enkele bouwbedrijven die zich hiermee bezighouden. Over tien jaar, of misschien al eerder, zal hiervoor veel meer aandacht zijn. Als de communicatie verbetert, komt er vanzelf meer aandacht voor bouwtechnische innovaties.'

In de samenwerkingsvorm waarvoor Rietdijk pleit, moeten alle partijen bijvoorbeeld werken met dezelfde driedimensionale bouwtekeningen. 'Het is noodzakelijk dat elke partij deze tekeningen strikt aanhoudt', geeft Rietdijk aan. 'Zo kan de loodgieter zien waar de elektricien zijn leidingen trekt en vice versa. Dit zal motiveren en technische ontwikkeling stimuleren.' Ook WVTTK architecten maakt zich hard voor een nieuwe vorm van samenwerking, maar dan een veel radicalere.

INDIVIDUEEL EN INDUSTRIEEL

Het bedrijf Burggraaff in Leeuwarden bouwt sinds 1851 boerderijen, kantoren en woningen in Friesland. In 1982 introduceerde Burggraaff een prefabsysteem op basis van baksteen-betonskeletbouw. Uitgangspunt is om in een fabriek huizen te prefabriceren in circa honderd grote onderdelen die zo afgewerkt mogelijk zijn, om deze stukken met minimaal transport (zes à zeven vrachtwagens) naar een bouwlocatie te transporteren en daar zo snel mogelijk met een minimum aantal mensen (vijf à zes) te monteren (een à twee dagen) en af te werken (een à twee maanden).

Hoewel elk huis uniek is en op maat wordt gemaakt voor een individuele opdrachtgever, vindt de fabricage middels een industrieel proces plaats: industrieel bouwen. Dankzij de prefabricatie heeft Burggraaff het aantal manuren op de bouwplaats terug weten te brengen van 1200 uur bij traditionele bouw naar 600 uur bij het prefabsysteem. Burggraaff bouwt twee tot drie huizen per week, verspreid over heel Nederland.
www.burggraaffbouw.nl



Metselmachine
Burggraaff paste zeventien jaar een horizontale metselmethode toe, maar dan met de hand. In 2001 bedacht ing. Sjoerd Burggraaff een horizontale metselmachine die volautomatisch een complete buitengevel maakt.

Een woning in een dag
Een kraan moet een vrijstaande woning in één dag opbouwen. Omdat een kraan per dag maximaal honderd slagen kan maken, moet het huis uit honderd segmenten bestaan. Ook de fundatiebalken worden prefab aangevoerd. Eventuele heipalen zijn dan al geplaatst. Het is essentieel dat de vrachtwagens met bouwelementen gedurende de dag precies op tijd arriveren. Volgens Burggraaff lukt dat alleen door het hele proces, van productie tot logistiek, in eigen hand te houden.

MILIEUVRIENDELIJK

De productie van de complete woning op één locatie biedt voordelen. Zo wordt al het houtafval uit de timmerfabriek verwerkt tot spaanders om de fabriek en de kantoren te verwarmen. Dit bespaart 150.000 euro op jaarbasis. Alle beton in de betonfabriek wordt aangemaakt met regenwater dat op het dak van het bedrijf valt en wordt verzameld in een bassin van 2000 m³. Ten opzichte van traditionele bouw heeft Burggraaff slechts 10% afval.

KENGETALLEN

NAAM	Burggraaff prefabsysteem
BOUWTIJD	75% reductie
BOUWTRANSPORT	90% reductie
BOUWAFVAL	90% reductie

Leidingen
Alle leidingen voor elektra worden meegestort in het beton.

Alles in eigen hand

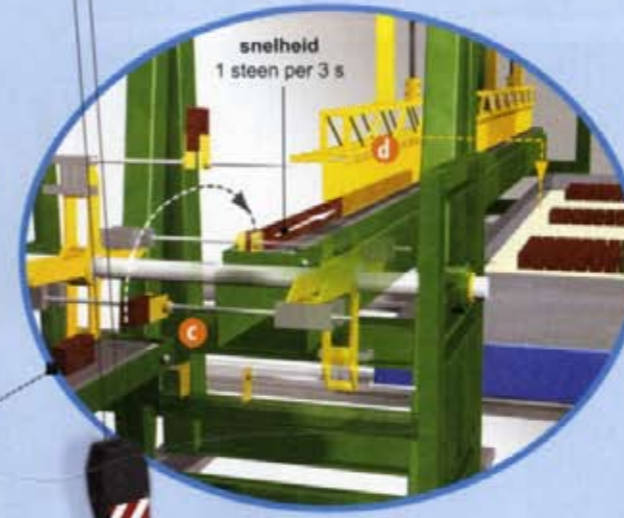
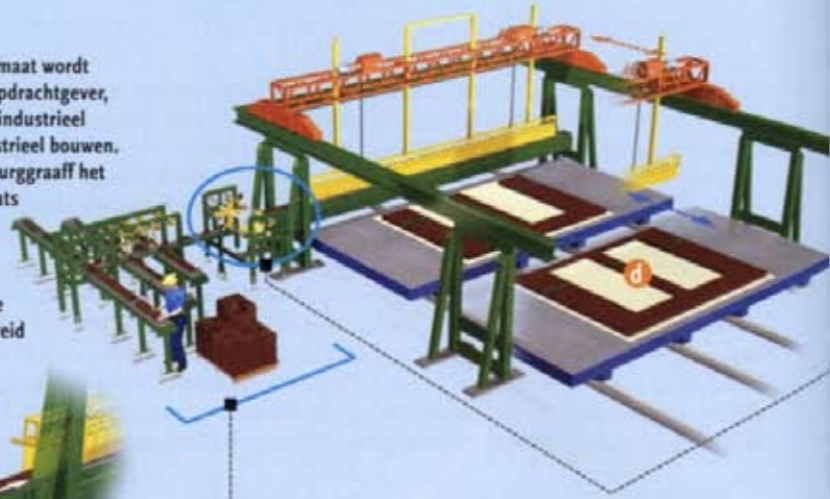
Bij traditionele bouw zijn tientallen partijen en leveranciers betrokken. Iedereen optimaliseert zijn eigen proces, wat het geheel suboptimaal maakt. Burggraaff ontwerpt en produceert vrijwel alle benodigde onderdelen voor een woning in zijn eigen fabriek. Hierdoor heeft het bedrijf bijna niet te maken met standaardmaten van toeleveranciers, waardoor de ontwerpers de detaillering en maatvoering van alle onderdelen optimaal op elkaar kunnen afstemmen.

Hoge nauwkeurigheid

Door de prefabricatie zijn alle onderdelen binnen te maken, onder ideale condities. Er hoeft niet in de regen gemetseld of getimmerd te worden. In de fabriek droogt het beton gelijkmatig en snel. Een laser geeft nauwkeurig de muurafmetingen en de plaatsen van leidingen aan. Computergestuurde machines maken vrijwel alle houten onderdelen. De hoge nauwkeurigheden zijn nodig omdat alle onderdelen op de bouwlocatie probleemloos in elkaar moeten passen, zodat de kraan permanent kan draaien.

Korte bouwtijd

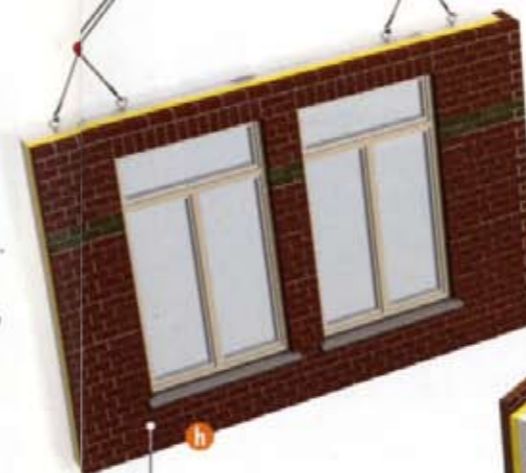
De bouwtijd van een Burggraaff-huis bedraagt een kwart van de gangbare traditionele bouwtijd.



- De operator legt bakstenen op een aanvoerband. De machine verwerkt 1300 stenen per uur in twee kleuren en drie formaten. Een metselaar metselt circa 800 stenen per dag.
- Twee banden en twee klemmen schuiven de stenen op een lopende band.
- Roterende grijpers zetten de stenen op een tweede lopende band. Tussen de stenen blijft een voegbreedte ruimte vrij of een uitsparing voor een raam of deur.
- Een lange klem pakt de rij stenen in zijn geheel van de band en plaatst die op een tafel van 9x4 m, de maximale afmeting die de Burggraaff-vrachtwagens kunnen vervoeren.
- Rond de stenen wordt een bekisting geplaatst. De bouwers storten vloeibare specie tussen de stenen. De stenen staan op schuimplastic waardoor de specie niet de hele voeg opvult.
- Op de stenen wordt 80 mm isolatieschuim gelegd. Roestvrij stalen spouwankers verbinden de bakstenen met de isolatielaag en de betonnen binnenmuur.
- Op de isolatie wordt wapening gelegd. Nu kan de 100 mm dikke betonnen binnenmuur worden gestort. Doordat de muur liggend wordt gestort en het beton een speciale samenstelling heeft, ontstaat een zeer gladde muur.
- Een kraan zet de muur verticaal in een droogruimte. Daar worden de hardhouten kozijnen en de beglazing aangebracht. De muur moet veertien uur drogen. Het voegen gebeurt vervolgens met de hand om de muren een natuurlijk aanzicht te geven.

Stijve doos

De betonnen muren zijn in de hoeken gekoppeld met stalen hoekbeugels. Specie en het gewicht van de muren en de betonnen verdiepingsvloeren zorgen dat de muursegmenten onwrikbaar op hun plaats blijven staan.



Demontabel
Een Burggraaff-huis is demontabel. Verplaatsen kost 40% van de nieuwwaarde.

Naden
Tussen de naden van de muursegmenten wordt zwelband geplakt dat door contact met vocht opzwellt. Buiten komt een kitvoeg. Een regenpijp verbergt de voeg.

KENGETALLEN

NAAM	Burggraaff-huis
FABRICAGE	5 dagen
MONTAGE	1-2 dagen
AFWERKEN	1-2 maanden

Minimaal transport

Voor een traditioneel gebouwde woning zijn circa tachtig vrachtwagenbewegingen nodig voor de aan- en afvoer van materialen. Bij een Burggraaff-huis wordt de complete woning in zes tot zeven vrachtwagens naar de bouwplaats gereden, een reductie van 90% aan transportbewegingen.

1 Binnenmuren

Tijdens de montage worden de gewapende lichtbetonnen binnenmuren (7 cm dik) los in het huis gezet. Ze passen in sleuven 2 in de buitenmuren. Tijdens het afwerken krijgen ze hun definitieve plaats en worden ze met bouten en cement vastgezet.

3 Vrije indeling

Alleen de betonnen buitenmuren (dus niet de bakstenen buitenlaag) zijn dragend zodat de binnenmuren overal zijn te plaatsen. Hierdoor is elke indeling mogelijk.

STANDAARDPRIJZEN

Burggraaff produceert elk huis volgens hetzelfde systematische fabricageproces, zodat de bouwkosten ook gestandaardiseerd zijn. Een aspirant-koper krijgt binnen een tot twee uur een prijsopgave voor zijn huis op maat. En een referentielijst met de laatste duizend klanten met adres en telefoonnummers. Alle prijzen staan ook op de website.

Illustratie & tekst: Eric Verdult
www.kennisinbeeld.nl © 2008

CONSTRUEREN MET COMPOSIT

Om de grote hoeveelheid materiaalgebruik in de bouw terug te dringen pleit de stichting Lightness Studios voor extreem lichtgewicht constructies, bijvoorbeeld gemaakt van composietmateriaal.

'Er is wel belangstelling voor het bouwen met composiet, maar het ontbreekt nog aan vertrouwen', zegt ir. Ed van Hinte, initiatiefnemer van Lightness Studios. 'Bouwwerken komen er door optimaal te construeren met composietmateriaal heel anders uit te zien. Daardoor wijkt een gebouw zo erg af van de conventie dat het voor de consument niet

acceptabel is. Een woning van composiet kan bijvoorbeeld 95 % lichter zijn, omdat de buitenmuren slechts een paar millimeter dik hoeven te zijn. Niet-dragende wanden kunnen bestaan uit minder hoogwaardige bio-composiet met een onschadelijke hars. Met kunststoframen zijn allerlei vormen te maken die met glas onmogelijk zijn.'

Omdat composietgebouwen zo licht zijn te construeren, is er zelfs geen noodzaak voor een diepe fundering. Verankering aan de grond volstaat, aldus Van Hinte. 'De fundering hoeft het gebouw alleen recht te houden

en te voorkomen dat het wegzakt. De verankering houdt het op zijn plaats.' Andere voordelen van composiet zijn dat de constructies gemakkelijk zijn te demonteren en te verplaatsen, stelt Van Hinte. 'En bij afbraak ontstaat er helemaal geen bouwpuin.'

Als voorbeeldproject van bouwen in composiet wil van Hinte een woontoren met een hoogte van 150 m ontwikkelen die in serie is te produceren. 'De toren zelf is alleen een drager. Met liften zijn lichtgewicht woonhuizen van composiet, hout of bamboe

Dossier
SLIM BOUWEN

omhoog te takelen. Naarmate de huizen hoger komen, moeten ze vanwege de hoge windkrachten steeds aerodynamischer zijn gevormd.' De ontwikkeling van deze woontoren zit nog in de opstartfase.

www.lightness-studios.nl

De espressobar van 2012 Architecten bestaat uit panelen van oude wasmachines.



'Het is noodzakelijk dat één partij het hele proces bewaakt', vindt Van 't Klooster van WVTTK architecten. 'Die moet niet onder tijdsdruk snelle beslissingen nemen of voor de goedkoopste optie kiezen, maar zorgen dat het slimme concept van het gebouw intact blijft. Wij zien hier een terugkeer van de bouwmeester, een rol die een ontwerpende aannemer of coördinerende architect kan vervullen. Voor een efficiënt bouwproces is het noodzakelijk dat de huidige harde scheiding tussen ontwerp en uitvoering verdwijnt. Een alliantie tussen partijen

met de bouwmeester als regisseur moet weer de verantwoordelijkheid nemen voor het totale proces van ontwerp tot uitvoering en beheer van het gebouw.'

In navolging van hoogleraar Lichtenberg is WVTTK architecten sterk voorstander van het scheiden van de processtappen in de bouw. Hierdoor zijn de verschillende vakdisciplines veel minder afhankelijk van elkaar, waardoor ze strak in de tijdplanning zijn op te nemen en niet op elkaar hoeven wachten. Het vereist wel dat bouwbedrijven hun processen anders structureren en inrichten. De bouw moet veel meer een industrieel proces worden, vergelijkbaar met bijvoorbeeld de auto-industrie.

WVTTK architecten deelt het bouwproces daarvoor op in vier processtappen: drager, enveloppe, leidingwerk en inbouw. In deze visie komt bij een nieuw bouwproject eerst een bedrijf dat de drager, de complete draagstructuur met vloeren, voor zijn rekening neemt. Een tweede bedrijf maakt de enveloppe, de gevels en het dak. De bewoner of gebruiker van het gebouw heeft vooral invloed op het leidingwerk en de inbouw, die strikt zijn gescheiden van de draagstructuur van het gebouw. 'Dat



Het betonnen skelet van het voormalige PTT-kantoor in Den Haag, dat een nieuwe functie krijgt als vijfsterrenhotel met 190 kamers.



maakt hergebruik veel minder ingewikkeld, waardoor het niet noodzakelijk is een gebouw al na twintig jaar te slopen', stelt Van 't Klooster.

De aanhangers van slim bouwen geloven sterk in dit functieneutraal werken om een pand zo flexibel mogelijk te maken. Bij het proefgebouw EET van WVTTK architecten ligt de trap van het gebouw rond de centrale leidingenschacht, waar ook het toilet is gesitueerd. Hierdoor blijft het vloeroppervlak van de resterende eerste en van de tweede verdieping vrij indeelbaar, bijvoorbeeld met een verplaatsbare of draaibare wand. De keuken en de douche zijn dankzij de vloer van Infra+ gemakkelijk op verschillende plaatsen aan te sluiten.

Woningbouwcorporatie Het Oosten uit Amsterdam volgt deze filosofie al gedeeltelijk met het concept Solids. De gedachte hierachter is dat de bewoner in een duurzaam gebouw een ruimte huurt die hij zelf ongehinderd kan indelen. Elk appartement, waarbij de trap, het toilet, de badkamer en de keuken rond de centrale leidingenschacht liggen, heeft een verhoogde vloer. Daardoor blijft er een maximaal vloeroppervlak waar de bewoner de vrije hand heeft. Eind 2009 levert Het Oosten de eerste Solids op in het Amsterdamse stadsdeel Oud-West en in IJburg.

Belangrijk voor de efficiëntie op de bouwplaats is het zo veel mogelijk industrialiseren van het gehele bouwproces. Hoe meer grote, kant-en-klare componenten worden aangeleverd, hoe minder vertraging ontstaat. Van 't Klooster: 'Prefab bouwen is noodzakelijk om de kwaliteit van het eindproduct te laten toenemen. Op de bouwplaats is die gezien het aanbod van personeel nauwelijks meer op het gewenste niveau te handhaven. Een product gemaakt in een fabriek is niet afhankelijk van één persoon en niet weersafhankelijk. Dat maakt de kwaliteit constanter en hoger.'

Bouwbedrijf Kooi in Appingedam begon enkele jaren geleden met de fabrieksmatige productie van het 1-2-3 Huis, een casco voorzien van al het noodzakelijke leidingwerk en de binnenbekleding. 'Alleen de buitenkant wordt ter plekke gemaakt, omdat niet te zien mag zijn dat het huis uit de fabriek komt', zegt Henk Schipper van Kooi. De woningen, waarvan het bedrijf er inmiddels 120 heeft opgeleverd, zijn modulair opgebouwd, zodat hergebruik mogelijk is. 'Wij produceren 50 % minder afval, zijn 20 % voordeliger en bouwen 50 % sneller.' Volgens Van 't Klooster is de hoogste efficiëntie te halen met zo groot mogelijke delen. 'Dat betekent minder werk op de

bouwplaats. De grootte wordt bepaald door het gewicht en de vervoerbare afmetingen. Licht bouwen is bij de ontwikkeling van prefabelementen een secundair, maar niet minder belangrijk voordeel. Minder gewicht verplaatsen is simpelweg goedkoper. Licht en compact bouwen zal prefabricage interessanter maken.' Schipper van Kooi laat weten dat het bouwbedrijf aan het nadenken is over licht bouwen.

De aanhangers van slim bouwen vormen nog maar een kleine groep, maar langzamerhand beginnen woningcorporaties erin te geloven, signaleert Van 't Klooster. 'Een ontwikkeling die langzaam voor verandering zorgt, is dat aannemers verantwoordelijk worden gesteld voor een langere periode na de oplevering. Projectontwikkelaars eisen nu soms al dat de aannemer na oplevering tien of vijftien jaar verantwoordelijk blijft voor beheer en onderhoud. Dit is geen uitzondering meer. Daar komt bij dat de overheid steeds meer inzet op duurzaamheid en CO₂-reductie. De overheid gaat vanaf 2010 alles duurzaam inkopen. Er ligt dus een grote opgave voor partijen om producten en werkzaamheden duurzaam aan te bieden.' Van der Zanden vult aan: 'Projecten als Kraanspoor en La Fenêtre trekken aandacht. Milieu wordt steeds belangrijker en slim bouwen speelt daar voor de bouwindustrie direct op in.' WVTTK architecten is van plan een waarderingssysteem te ontwikkelen dat duidelijk zichtbaar maakt op welke punten van slim bouwen een gebouw goed of slecht scoort. ●

'De huidige harde scheiding tussen ontwerp en uitvoering moet verdwijnen'

INTERNETBRONNEN

www.slimbouwen.nl

De Stichting Slimbouwen spant zich in om een andere manier van bouwen mogelijk te maken.

www.wvttkarchitecten.nl

WVTTK architecten in Eindhoven integreert de logistiek van de bouw in het architectonisch ontwerp.

www.slimlinebuildings.com

www.prefab-limburg.nl

Informatie over de dunne en lichte vloer Infra+

www.123huis.nu

Het 1-2-3 Huis is een fabrieksmatig gemaakte woning.

Dossier
SLIM BOUWEN

*Verplichte
verbuiging*