

TUSSEN MUREN

WONING IN ZELFVERDICTEND ZICHTBETON

ARCHITECTUUR | JANUARI 2009

82 | (2-) | Ef2 | (V6)

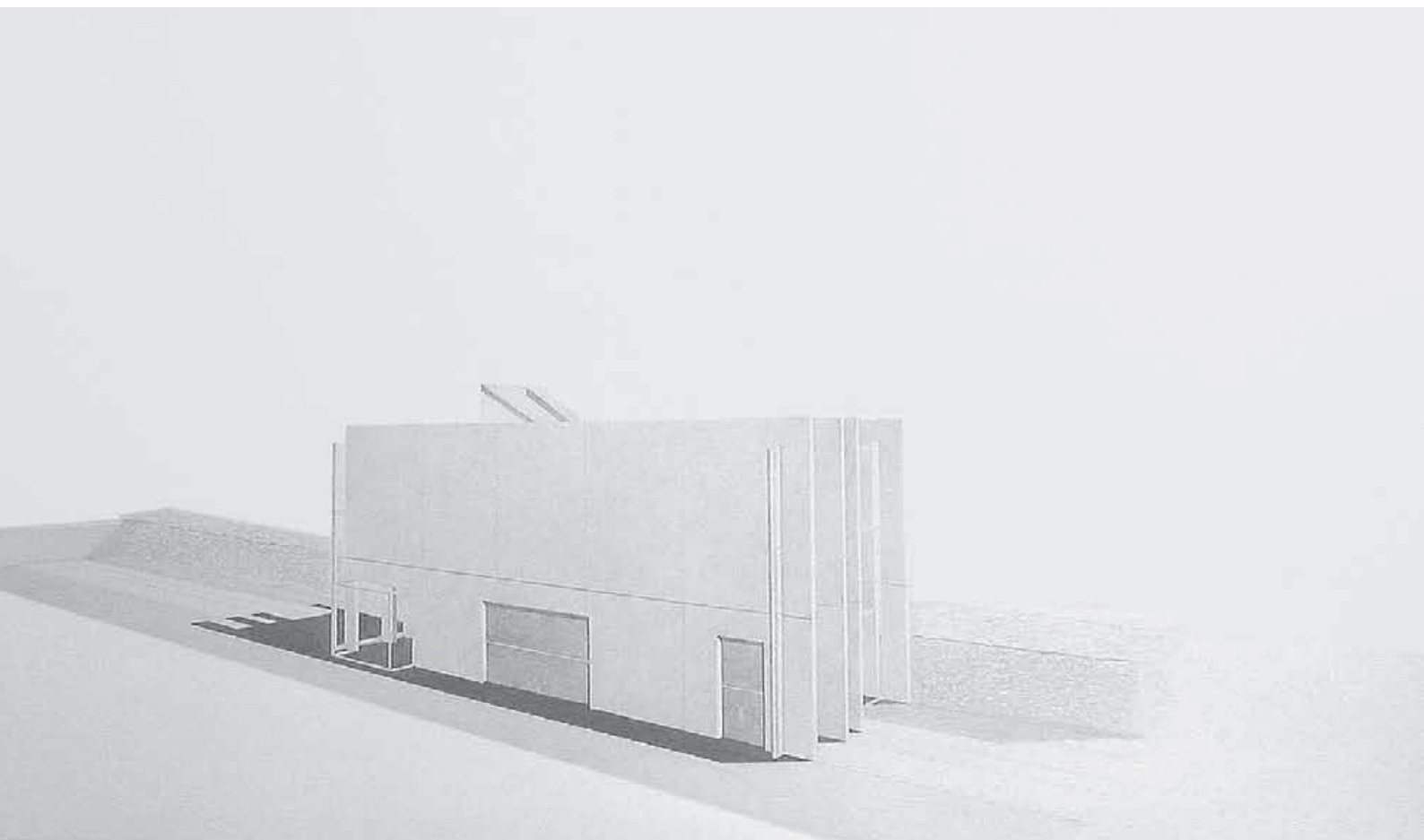
BB/SfB

- ARCHITECTUUR
- STRUCTUREEL CONCEPT
- KEUZE VOOR ZELFVERDICTEND BETON
- BETONASPECTEN









Langs een veldweg op de rand van een gewone verkaveling en het vlakke polderlandschap, staat een woning die door haar eenvoudige opbouw en betonnen materialisatie in het oog springt. De toevallige voorbijganger zal niet vermoeden dat aan deze woning een lang bouwproces met uitgebreide studie en diverse technische uitdagingen voorafging.

Zichtbeton was van in het begin het aangewezen materiaal om het ontwerp te realiseren. Alleen hield een uitvoering in klassiek ter plaatse gestort beton verschillende risico's in. In 2001 beslisten de bouwheer, de architect en de ingenieur te kiezen voor een nieuwe, beloftevolle betonsoort: zelfverdichtend beton. Een boeiende en unieke samenwerking ging van start. Geen van de partners had al veel ervaring opgedaan met zelfverdichtend beton. Maar de uitdaging werd aangegaan met veel enthousiasme en volharding.

- 1
Potloodschets.
- 2
Men betreedt de woning langs de zijkant.
- 3
Frontaal zicht. Vier evenwijdige muren lijken in de verkaveling geschoven.



2



3



4



5

ARCHITECTUUR



6



7

Met de pensioenleeftijd in het vooruitzicht, besloten de opdrachtgevers om een nieuwe woning te bouwen. Na een intensieve loopbaan wilden ze een rustpunt creëren waarbinnen hun jarenlange opgebouwde kunstverzameling een plaats kon vinden. Zij vroegen de architect om de utilitaire woonfuncties compact te houden en het ontwerp en de ruimte vooral toe te spitsen op de leefruimtes. De bouwheren stelden verder geen a priori en gaven de architect bij de conceptvorming carte blanche.

Ontwerpvoorstellen werden kritisch maar met een open geest bekeken. Door middel van referentiebeelden en het bezoeken van referentieprojecten werd snel ingestemd met het concept en zijn materialisatie.

Het rechthoekige en vlakke bouwterrein was gelegen in een verkaveling. Langs één zijde grenst het perceel aan het polderlandschap met in de verte windmolens en aan de horizon de autosnelweg Oostende-Veurne.

Het concept van de woning bestaat in essentie uit vier evenwijdige muren, waartussen de ruimtes worden gevormd. De muren lijken via lineaire betonnen elementen, die als sporen in de grindtuin zijn ingebed, uit het landschap in de kavel geschoven.

4 en 5 (vorige pagina's)
Voor- en achtergevel

6 en 7
Telkens de zelfde uitsparing in de evenwijdige muren vormen dwarsruimtes loodrecht op de hoofdrichting. De inkomruimte leidt naar de leefruimte.



8

Twee glasvlakken snijden de muren aan de voor- en de achterzijde af. Landschap en leefruimte vloeien in elkaar over.

In de woning wordt geleefd tussen de evenwijdige muren. Met repetitieve en gelijkvormige openingen in de verschillende muren krijgen ook dwarse ruimtes vorm.

De leefruimte ontwikkelt zich volledig tussen twee muren. Met een lengte van 23 m, een hoogte van 7,20 m en een breedte van 5 m heeft zij museale proporties. In deze dubbelhoge ruimte hangen twee vloerplaten, waarop zich de bibliotheek en de slaapkamer bevinden. In het midden van deze dubbelhoge ruimte kraagt met sculpturale allure een betonnen vlak dertien meter uit en zweeft luttele centimeters boven de vloerplaat van de bibliotheek. Zenithaal licht strijkt langs de wand neer. Het samenspel van betonnen vlakken, binnenvallend daglicht en ruimtelijke relaties resulteert in een caleidoscopische ruimte die bibliotheek, slaapkamer en leefruimte met diagonale doorkijken verbindt en de bewoner een prominente blik biedt op het alomtegenwoordige landschap.

Aan de westkant van het gebouw rijgen de utilitaire functies op het gelijkvloers en de verdieping zich aan elkaar tot één utilitair blok.



9

8 en 9

De bibliotheek hangt in de dubbele hoge leefruimte en is ook gericht op het landschap. Een hangende muur zweeft bijna rakelings over de bibliotheekvloer.



10

De keuze voor de materialen glas, staal en beton vloeit voort uit het ontwerp. De sterke, monolithische muren die als strepen in het landschap zijn getekend, eisen een materiaal dat dit karakter kan waarmaken. Massieve natuursteen in grote bouwelementen of ter plaatse gestort zichtbeton zijn de enige materialen die hiervoor in aanmerking komen.

Het ter plaatse gestort beton genoot de voorkeur. Bij goede uitvoering laat het materiaal de kunstwerken tot hun recht komen. De grijze kleur van het voegloze materiaal beconcurrert de kleuren en texturen van de kunstwerken niet. Het beton met de fijne aftekening van de stalen bekisting plaatst zich op de achtergrond.

Om de binnen-buiten-relatie van de woning te versterken zijn zowel de binnenafwerking als de buitenmuren in beton.

Mogelijks roept de combinatie van het eenvoudige, strakke plan en de sobere materialisatie met opvallend veel grijswaarden (beton, donkergrijs stalen schrijnwerk, glas, grindtuin,...) bij sommigen een kille omgeving op. De lichtinval, de ruimtewerking, de vergezichten en het lichtgrijze beton resulteren echter in een ruimtelijke rust. De stille omgeving en de kleurrijke eigenzinnige inrichting van de bouwheer maken de woning tot een aangename verblijfplaats.



11

10 en 11

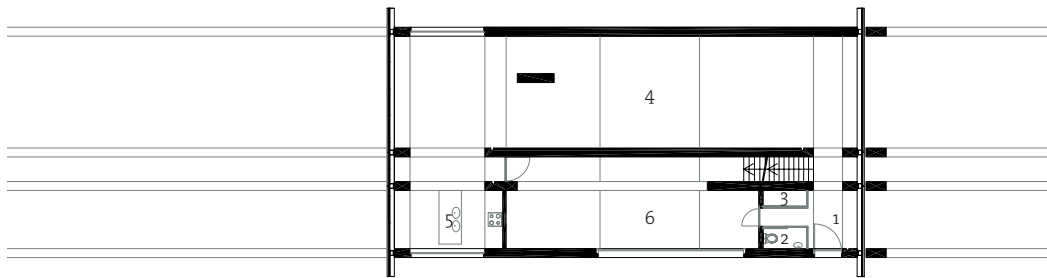
Zicht vanuit de leefruimte naar de grote slaapkamer aan de achterzijde. Diagonale zichten vanuit de leefruimte verbinden de ruimtes met elkaar.

12 en 13

Grondplannen. Vier evenwijdige muren zijn opgevat als vier strepen in het landschap.

14

Zicht vanuit de leefruimte op de keuken. Een dwarse ruimte wordt gevormd doordat doorheen de muren dezelfde openingen op dezelfde plaats zijn voorzien.



- 1 inkom
- 2 wc
- 3 vestiaire
- 4 leefruimte
- 5 keuken
- 6 garage
- 7 bibliotheek
- 8 kamer
- 9 badkamer
- 10 sas
- 11 berging

12



13



14

STRUCTUREEL CONCEPT

15 en 16
Zicht op de
voorspanstaaf geplaatst
in de bekisting van
de hangende muur.

17
Zicht op de dakplaat
waar de staaf in
geïntegreerd is.

18
Het uiteinde van de
muur zal zweven
boven de vloer van
de bibliotheek.

Na de eerste schetsen werd al vlug een definitief structureel model ontwikkeld. Dat model bestaat uit vier evenwijdige, 23 meter lange muren met een dikte van 40 cm. Tussen deze vier muren hangt een losse, vijfde muur.

De verticale draagstructuur is eenvoudig. Twee ontubbelde buitenmuren en twee binnenmuren dragen de vloerplaten. De vijfde, losse muur is zonder dragende functie en doorsnijdt de dakplaat. De twee buitenmuren bevatten enkele openingen voor ramen, deuren en een garagepoort. Het zijn hoofdzakelijk gesloten wanden.

Het horizontale, dwarse evenwicht van vier hoofdmuren wordt bereikt door de middelste twee wanden in te klemmen op de vloerplaat en de kelderplaat. De buitenste twee wanden

worden naar de binnenste afgesteund door de dakplaat en de vloerplaat van de verdieping. In de nutszone (garage, badkamer, berging) bevinden zich enkele dwarse wandjes. Om economische redenen zijn enkele van deze wandjes uitgevoerd in metselwerk.

Een scheidende wand tussen de grote slaapkamer en de leefruimte, die oorspronkelijk mee de dwarse stabiliteit verzekerde, werd na enig cijferwerk vervangen door een glaswand. Deze betonwand zou zeer moeilijk te bekisten zijn, omdat er zich langs een zijde een vide bevindt. Het schrappen van de betonmuur leverde bovendien een ruimtelijke meerwaarde op: een bijkomend zicht op het landschap vanuit de slaapkamer en een diagonaal doorzicht in de leefruimte.

De sculpturale, losse muur in de leefruimte is een wand die aan één uiteinde op een relatief, smalle kolom steunt en in de bibliotheek over de vloer zweeft. In werkelijkheid kraagt deze wand dertien meter uit en wordt hij met een voorspanstaaf verankerd in de dakplaat, een techniek uit de bruggenbouw. De voorspanstaaf is ingewerkt aan de bovenzijde van de muur en trekt het geheel naar de dakplaat. Het enige zichtbare spoor van de techniek is een kokerprofiel tussen de hangende muur en de dakplaat. Omwille van brandveiligheid diende de staaf te worden ommanteld met isolatie, een kokerprofiel en brandwerende verf. Twee dunne roestvrijstalen staafjes aan de bovenzijde van de muur beletten het rechts en links uitzwelken.



15



16



17



18



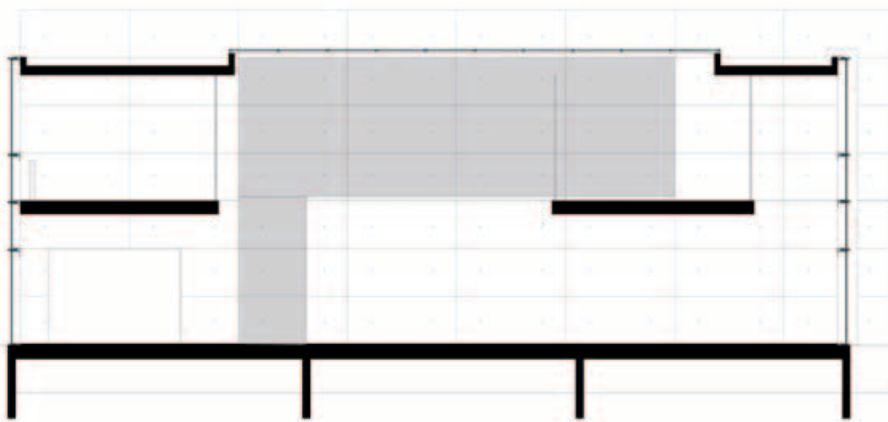
19



20



21



22

19
De hangende muur is ontkist.
De vloerplaten en dakplaat
moeten nog gestort worden.

20
De bekisting van de vloerplaten
is geplaatst. Aan de bovenzijde
van de hangende muur steekt
de spanstaaf uit die later met de
dakplaat verbonden wordt.

21
De afgewerkte hangende muur
zweeft luttele centimeters boven de
vloerplaat van de bibliotheekruimte.
Zenithaal licht strijkt langs de muur de
leefruimte en de bibliotheek binnen.

22
Snedes tussen twee muren met
zicht op hangende muur (grijs).
De muur staat enerzijds op
een zware kolom en kraagt
anderzijds dertien meter uit.



23



24



25



26

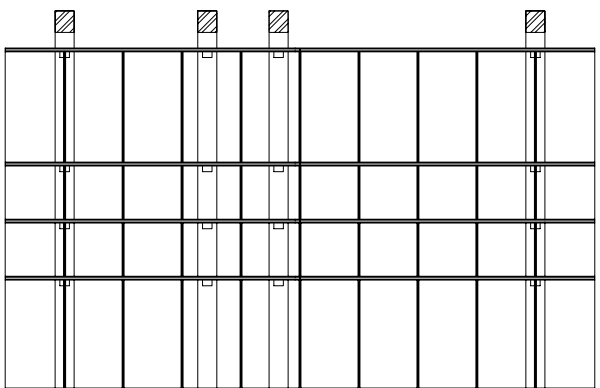
23
Staalstructuur van de voorgevel in opbouw.

24 en 25
Stalen supports bevestigen de
staalstructuur aan de betonmuren.

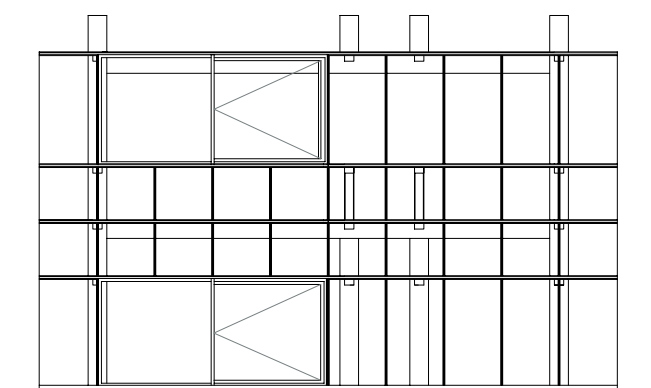
26
Afgewerkte raampartijen.

27 en 28
Voorgevel en achtergevel.
Horizontale stalen latten dragen de structurele beglazing.
In de achtergevel zijn twee stalen schuiframen voorzien.

De twee kopgevels zijn volledig beglaasd. Het glas is rechtstreeks gemonteerd op stalen liggers. Deze liggers zijn samengesteld uit drie massieve, stalen platten. Via stalen consoles worden zij bevestigd in de kopse kanten van de betonnen muren. Waar de wand niet wordt doorgetrokken tot tegen de glazen gevel zijn de stalen consoles 'verlengd' tot op de vloer (grote slaapkamer/achtergevel). Glasplaten van 120 cm breed en 120/240 cm hoog zijn naast elkaar met structurele voegen voorzien op de stalen liggers. In de achtergevel zijn twee stalen schuiframen voorzien.



27



28

KEUZE VOOR ZELFVERDICHTEND BETON

Zoals hogerop reeds gesteld, viel de materiaalkeuze op beton. Gezien de ruimtescheppende kracht die uitgaat van de rechte, monolithische vlakken was dat een logische beslissing.

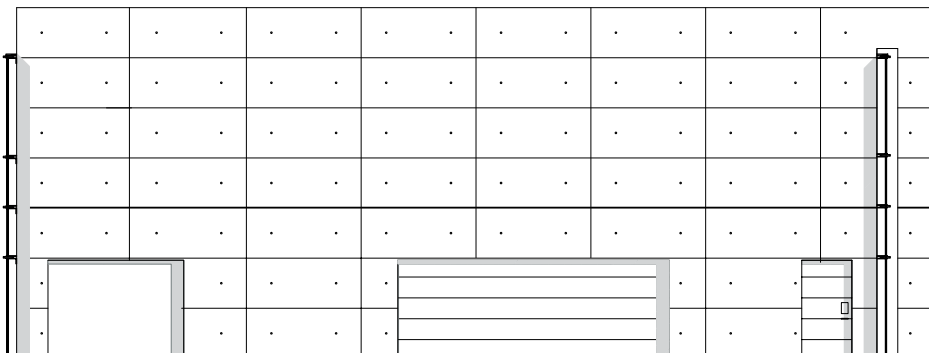
De beoogde kwaliteit van het beton was echter zo hoog dat de toepassing van klassiek getrild beton teveel risico's zou inhouden. Hoewel de bekistingsvorm heel eenvoudig is, is de uitvoering van de muren toch erg complex. Het is van belang dat het materiaal van de buitenmuren naar binnen doorloopt zodat elke muur overkomt als één architecturaal massief geheel. Om thermische redenen moeten de buitenste muren bovendien ontdubbeld worden. Met een dikte van slechts 17 cm wordt dat bij klassiek gestort beton bijzonder risicovol inzake trilfouten (grindnesten, luchtbellens, ...). De muren van 8,40 m hoog zouden daarenboven in dat geval zeker in 2 fasen gestort moeten worden wat kleurverschillen oplevert.

De idee groeide om een nieuwe betontechniek uit Japan, namelijk zelfverdichtend beton, toe te passen. De keuze voor zelfverdichtend beton

was de start van een lang proces met ettelijke vergaderingen tussen architect en ingenieur, vaak aangevuld met verschillende specialisten. Intensief overleg werd gepleegd over de bekisting, de ontkistingsoliën, de stortwijzen, de betonsamenstellingen,... Doorslaggevend in de finale keuze voor zelfverdichtend beton was de wil van een aannemer om zich in het materiaal te specialiseren. In de voorbereidingsperiode werden verschillende proefmuren gestort, waarvan zelfs één op ware hoogte (8,40 m).

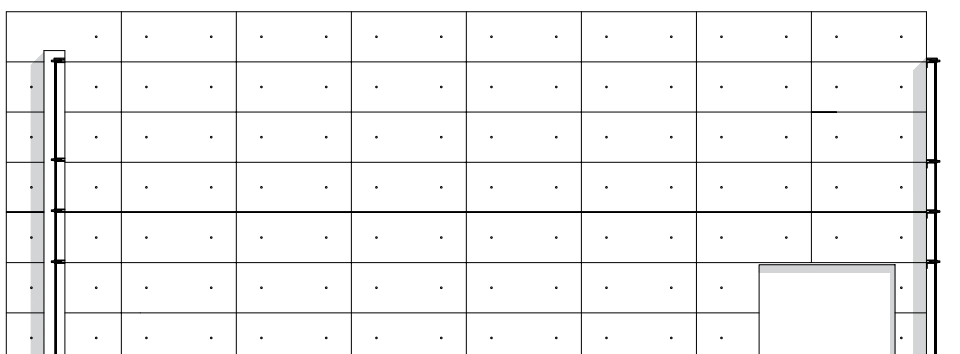
Naast de technische modaliteiten zijn er ook belangrijke visuele eigenschappen in overweging te nemen. Het aspect van zelfverdichtend beton is duidelijk verschillend van dat van getrild beton. Doordat de bekisting zich veel scherper aftekent op de betonhuid, gaat de gekende betontextuur wat verloren. De betonafdruk is bij gladde bekisting bijvoorbeeld veel vlakker en egaler van uitzicht dan bij klassiek ter plaatse gestort beton. Maar ook elke onvolkomenheid tekent zich bij zelfverdichtend beton scherper af. Er werd uiteindelijk geoordeeld dat de textuur en "materialiteit" van zelfverdichtend beton wenselijk was.

29



29 en 30
Zijgevels

30

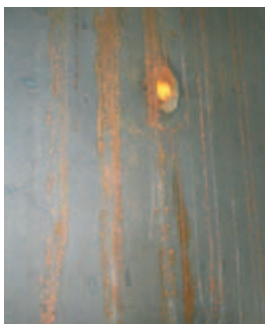




31



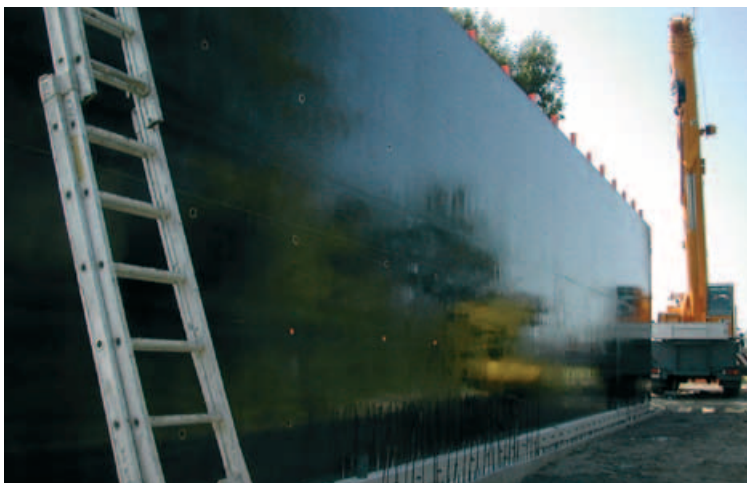
32



33



34



35

BETONASPECTEN

BEKISTING

De keuze voor een stalen bekisting volgde uit die voor zelfverdichtend beton. Met stalen bekistingsplaten is het immers mogelijk om een uiterst gladde betonhuid met perfecte, dunne voeglijnen en scherpe, rechte randen en hoeken te verkrijgen. De duurzaamheid van deze solide bekisting is hoog, de slijtage laag. De panelen kunnen vaak hergebruikt worden zonder kwaliteitsverlies van het betonoppervlak. Bij gebruik van dergelijk vloeibaar beton moet de bekisting waterdicht zijn. Binnenbekistingen in betonplex voor bijvoorbeeld doorgangen en andere uitsparingen in het beton dienen (met behulp van siliconen) waterdicht aan te sluiten met de stalen bekisting.

De gebruikte systeembekistingspanelen zijn 2,40 m op 2,40 m groot. Zij bestaan uit een stalen frame van kokerprofielen en twee 5 mm dikke staalplaten van 1,20 m op 2,40 m. Elk paneel heeft 4 centerpengaten die in combinatie met de andere panelen telkens op gelijke afstand van elkaar liggen. De dimensies van de muren zijn aangepast aan de module van de panelen en niet omgekeerd. Er werd enkel gebruik gemaakt van volledige panelen. De bekistingsvoegen werden overgenomen op de kopse kanten van de muren.

De gangbare maximale storthoogte van ongeveer 5 m bij klassiek ter plaatse gestort beton werd bij dit project dankzij het gebruik van zelfverdichtend beton opgetrokken tot de volledige muurhoogte, zijnde 8,40 m. Door in één fase te storten, konden heel wat risico's betreffende kleurverschillen en stortaansluitingen vermeden worden. Voor de aannemer bleek deze optie tevens economischer uit te vallen. Uit berekeningen volgde dat in de onderste rij panelen twee bijkomende centerpengaten per paneel (spanstaven van 28 mm dik) noodzakelijk waren om de hydrostatische druk op te vangen. De overige spanstaven waren 20 mm dik. De proef op de som volgde met de stort van een testmuur op de volledige hoogte van 8,40 m.

Een niet te verwaarlozen probleem is de roestvorming van de onbehandelde staalplaten. De platen dienen behandeld te worden met aangepaste olie om roestvorming te vermijden. De panelen moeten tevens met zorg gestapeld en bewaard worden. In principe dienen twee soorten oliën te worden gebruikt. Naast de noodzakelijke ontkistingsolie is het nodig om de panelen na het ontkisten te behandelen met antiroestolie. Het aanbrengen en terug verwijderen van deze tussentijdse olie is echter heel arbeidsintensief. Om die reden is er voor dit project geopteerd om slechts één olie toe te passen, die bruikbaar is voor de twee functies. Een heel gamma aan oliën werden beproefd aan de hand van testmuren. Tussen elke stortfase werd elk paneel minutieus gepoetst en ingeolied. De ontkistingsolie werd verneveld en het teveel met zuivere doeken weggenomen. Eenmaal zuiver, ingeolied en geplaatst, werden de panelen volledig beschermd en afgedicht tegen bevuilding tot aan de stort. Het gebruik van inox bekistingsplaten zou een oplossing kunnen zijn voor de roestproblematiek. Volgens de geconsulteerde fabrikant staat de kostprijs van roestvrij staal deze evolutie echter in de weg.

De voeglatten, stortnaden en uitsparingen werden op voorhand uitgetekend en voorzien in de bekisting. In het contactvlak van de vloeren met de muren werden zwaluwstaartvoeglatten uit kunststof geplaatst om nette aansluitingen tussen de verschillende stortfasen te verkrijgen. Hoewel de hoofdmuren van 8,40 m hoogte in één fase zijn uitgevoerd, werden er in dit project toch stortlatten voorzien om de muren een maat te geven.

Uitsparingen voor technieken en voor verlichting moesten reeds in de bekisting voorzien zijn. Hetzelfde geldt voor de uitsparing voor het plaatsen van het binnenglas.

De hoeken van de muren en de uitsparingen werden niet 'gebroken' door het aanbrengen van driehoekige hoeklatjes. De hoeken moesten scherp zijn en zonder kleurverschillen. Daartoe werden alle hoekaansluitingen voorzien van siliconen. Dit vereist de nodige zorg en is een arbeidsintensief werk.

Een stalen bekisting is een relatief dure keuze. Dat geldt zowel voor de huur, de plaatsing als de behandeling van de bekisting. Het gebruik ervan levert wel een goed eindresultaat op.



36



37

31 en 32
Alvorens de 23 meter lange muren te storten is er een proefmuur op ware hoogte gestort.

33
Stalen bekisting is onderhevig aan roestvorming.

34 en 35
De bekisting wordt ingeolied met ontkistingsolie. De olie wordt verneveld en het teveel wordt weggenomen met zuivere doeken.

36
Voor elk gebruik wordt de bekisting minutieus gepoetst.

37
De bekisting wordt steeds afgedicht om bevuilding te vermijden.

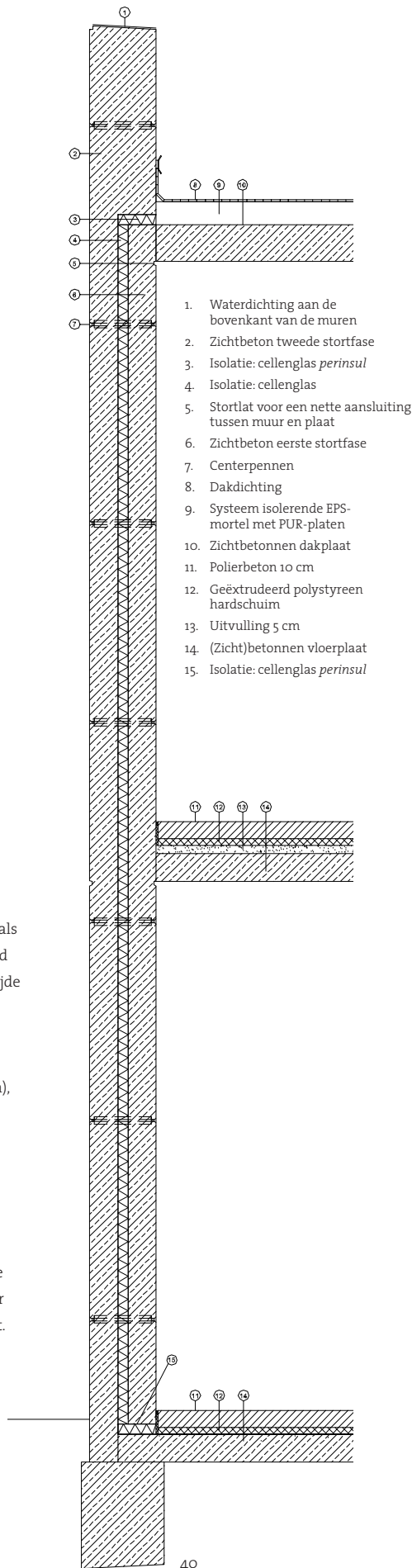
38 en 39
De volledige bekisting van één zijde van de muur.



38



39



ONTDUBBELDE MUREN

De vier evenwijdige muren van 23 meter lang zijn elk 40 cm dik. De west- en de oostgevel zijn ontdubbelde, geïsoleerde spouwmuren. De opbouw bestaat uit twee muren van 17 cm dik met 6 cm cellenglas er tussenin. Binnen- en buitenschil werden afzonderlijk gestort. Cellenglas is als isolatiemateriaal zeer geschikt om aan de hoge hydrostatische betondrukken te weerstaan. Met cellenglas wordt het platdrukken van de isolatie tijdens het storten voorkomen. Bovendien bezit het materiaal een hoge dampdiffusieweerstand. Met getrild beton zou de uitvoering van dergelijk smalle wanden, met vele elektriciteitsleidingen, uitsparingen en andere moeilijke aansluitingen een bijzonder riskante onderneming geweest zijn.

De andere, enkelwandige binnenmuren zijn eveneens 40 cm dik. In tegenstelling tot de buitenwanden, is de muurdikte hier een louter architecturale keuze die eenvormigheid in voor- en achtergevel beoogt.

In het stortschema van de ontdubbelde muren werd eerst de binnenschil gestort. Na het wegnemen van de buitenbekisting van deze binnenmuur werd het cellenglas verlijmd over de volledige oppervlakte. Vervolgens werd de buitenbekisting opnieuw geplaatst op de juiste afstand zodat ook de buitenschil kon gestort worden. De buitenmuur werd over de binnenschil gestort.

Het storten in twee fasen is de meest voor de hand liggende manier van werken. De bekistingstijd van de binnenschil is echter niet dezelfde als de bekistingstijd van de buitenschil. Hoe langer het beton in de bekisting blijft, hoe donkerder de kleur wordt. Hierdoor kunnen verschillende grijstinten optreden tussen muren met verschillende bekistingstijd. Er werd daarom zo veel mogelijk gestreefd om na 72 uur te ontkisten. De binnenbekisting van de binnenschil die aldus veel langer bekist bleef dan de buitenbekisting van de buitenschil, werd daarom gedurende de periode tussen de twee storten losgezet.

40
Principesnede
ontdubbelde muur:
de binnenmuur wordt als eerste bekist, bewapend en gestort. De buitenzijde van de binnenmuur wordt ontkist (de bekisting aan de binnenzijde blijft staan), isolatie en wapening van de buitenmuur worden aangebracht. De buitenbekisting van de buitenmuur wordt op de juiste afstand geplaatst en de buitenmuur wordt over de binnenmuur gestort.



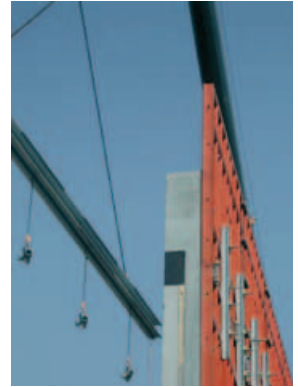
41



46



47



48



42



43



44



45

41
Opbouw van de bekisting
van de binnenmuur.

42, 43 en 44
Verlijmen van de isolatie.

45 en 46
Wapening van de buitenmuur.

47 en 48
De buitenmuur wordt over
de binnenmuur gestort.

De buitenschil van de spouwmuur is onderhevig aan temperatuurswisselingen. Zij zet uit in de zomer en verkort in de winter. Dit betekent dat bij een muur van 23 meter lang een lengteverschil van 2,8 mm optreedt per sprong van 10°C temperatuurverschil. Daarnaast dient de (drogings)krimp ingecalculeerd te worden. Om met deze beweging rekening te houden, werden de muren onderaan aan de uiteinden voorzien van een schuifstelsel dat enige beweging toelaat. Een verhoogd wapeningspercentage in de lengterichting beperkt de scheurwijdte in de wanden. Er werden geen uitzettingsvoegen voorzien zoals meestal het geval is. Dergelijke dikke voegen die gevuld worden met elastisch materiaal, passen immers niet bij de uiterst gladde betonhuid met ragdunne voegen en scherpe hoeken.

49
Een ingestort schuifstelsel aan de uiteinden van de muren moet beletten dat er in de 23 meter lange muren krimp-scheuren ontstaan. De schuifstelsels zijn glijopleggingen die onderaan de muur voorzien zijn.



49

STORTEN VAN HET BETON

Zelfverdichtend beton dient op een gelijkmatige wijze en met een maximale valhoogte van 0,5 m in de bekisting te glijden. Bij het pompen met valhoogte bestaat het risico op ontmenging en luchtbelvorming. Om die reden werd er beslist om van onderuit te pompen. In eerste instantie werd gedacht om de toevoer van het vloeibaar beton onder het maaiveld te voorzien, zodat de invoermond achteraf niet zichtbaar zou zijn. Dit idee werd uiteindelijk niet weerhouden en aan beide kopse kanten van de bekisting werden betonsloten geplaatst op ongeveer 40 cm boven het maaiveld. Het beton uit twee betonmixers vloeyde onder zijn eigengewicht 11,50 m ver en vulde de bekisting. Deze pomptechniek laat toe dat het beton al 'kabbelend' en 'rollend' de bekisting traag vult. De betontoevoer werd afgesloten door het inbrengen van een mes in het slot. De kopse kanten van de muren vertonen het spoor van deze laatste handeling onder de vorm van een perfect glad cirkelvlak.

Openingen voor deuren en ramen tot op de grond, splitsen de bekisting op in aparte compartimenten. Zonder bijkomende maatregelen zou de bekisting compartiment per compartiment vollopen en is de raam- of

50
Een platform ter grootte van de muren op het veld grenzend aan het bouwterrein stond toe de wapening voor te bereiden en snel te plaatsen. Hier de wapening van de oostgevel.



50

deurhoogte bepalend voor de valhoogte van het daaropvolgende compartiment. Omdat dergelijke valhoogtes bij zelfverdichtend beton tot ontmenging leiden, werd een systeem van communicerende vaten bedacht dat de verschillende compartimenten verbindt. Bij iedere muur werd op voorhand een ondergrondse plint tot maaiveldhoogte gegoten over de volledige lengte van de muur. In deze plint werden PVC-buizen ingestort. Deze buizen vormen een ondergronds by-pass systeem dat het beton toelaat om in de verschillende compartimenten gelijktijdig op te borrelen zonder valhoogte.

Een vaak voorkomend fenomeen bij zelfverdichtend beton is de aftekening van de wapening op het verharde zichtbetonvlak. Het probleem is nog onvoldoende gekend en is momenteel nog voorwerp van wetenschappelijk onderzoek. Hoogstwaarschijnlijk is het te wijten aan het 'stromen' van het vloeibaar beton langsheen de wapening. Factoren die het resultaat zouden kunnen beïnvloeden, zijn onder meer de stijgsnelheid (die het best laag kan worden gehouden), de afstand tussen de wapeningsstaven (die beter beperkt wordt gehouden) en de betondekking (die niet te klein mag worden gekozen).

Een te snelle uitdroging van het beton leidt tot krimp scheuren. Dat valt vooral bij warm weer voor. Om die reden werd aan de bovenkanten van de muren 'curing compound' aangebracht. Bescherming tegen regenweer gebeurde door de bekisting na elke stort af te dekken met zeilen.

Druipneuzen uit aluminium aan de bovenzijde van de muren waren niet wenselijk. Om in dat geval mosvorming en sporen van afdruiwend water te vermijden, werden de bovenkanten van de muren na verharding afgeslepen en geschuurd, zodat water dat op de bovenzijde valt naar het dak afloopt. De bovenkant is voorzien van een waterdichting.



51



52



53



54



55



56



57

51

De toevoer van het beton wordt aangesloten op betonsloten onderaan de bekisting.

52

De betontoevoer wordt afgesloten door middel van een stalen mes dat in het slot wordt geschoven.

53

Het spoor van het storten met een betonslot boven het maaiveld.

54 en 55

Een by-pass systeem laat het uiterst vloeibaar beton gelijktijdig opborrelen in de bekisting van 23 meter lang. Betonnen sokkels aan de onderzijde van elke muur zijn voorzien van PVC buizen.

56 en 57

De betonpompen worden aangesloten op de bekisting en de bekisting loopt zonder verdere handelingen vol.

ZELFVERDICTEND BETON

Zelfverdichtend beton is een beton dat louter onder invloed van de zwaartekracht en zonder trillen verwerkt kan worden, zelfs in een bekisting met een dichte wapening of met een ingewikkelde geometrie. Een hoge vloeibaarheid en een voldoende weerstand tegen ontmenging (stabiliteit) zijn twee essentiële eisen om beton als zelfverdichtend te kunnen beschouwen. Het vloeibare karakter wordt doorgaans verkregen door het gebruik van een superplastificeerder. De stabiliteit van het mengsel wordt verhoogd door toevoeging van een bijkomende hoeveelheid cement en/of minerale toevoegsels (kalksteenfiller, microsilica, enz.) en van een viscositeitsagent (cellulosederivaten, synthetische acrylpolymeren of een in water oplosbare natuurlijke gom)¹.

De betonsamenstelling gebeurt heel secuur: de verschillende bestanddelen moeten in zeer precieze en correcte verhoudingen worden verwerkt. Elk beton wordt gecontroleerd en getest door middel van de verschillende proefmethodes voor zijn vertrek uit de centrale. Naast de gebruikelijke tests zoals het beproeven van kubussen en cilinders (druksterkte) en de slump-flowtest (vloeimaat en benodigde tijd), beproeft de U-boxtest de maat voor de zelfverdichtendheid van de specie, de L-boxtest het vermogen om wapening en andere obstakels te passeren zonder te ontmenging of te blokkeren, de zeeftest de weerstand tot ontmenging, de V-Funneltest de viscositeit ...



De rheologische² eigenschappen zorgen ervoor dat de kans op grindnesten en holtes miniem is. Afhankelijk van de bekisting en de ontkistingsolie is ook de hoeveelheid luchtbellen zeer beperkt. Het betonoppervlak is, meer dan bij klassiek beton, de spiegel van de bekisting en kan aldus een heel glad resultaat opleveren. De kleurverschillen zijn beperkt en mogelijke gebreken veroorzaakt door het trillen zijn niet van toepassing. Dit beton laat toe om complexere en slankere bekistingvormen te vullen, het wapeningspercentages te verhogen en om wanden over een grotere hoogte in een maal te storten.

De voornaamste nadelen bij zelfverdichtend zichtbeton zijn de nodige zorg en de aanzienlijke arbeidskracht die aan het beton en de bekisting dienen te worden besteed. De perfecte waterdichtheid en reinheid van bekisting zijn essentieel om tot een goed resultaat te komen. Het beton is uiterst gevoelig voor oneffenheden in de bekisting, handelingen die de bekisting heeft ondergaan (stapeling op houten latten bvb), onreinheden, type ontkistingsolie, ... Andere nadelen zijn het nog beperkt aantal aannemers die ervaring hebben met het materiaal, de kostprijs van het materiaal en de verwerking.

¹ Hoofdstuk XII.7 'Zelfverdichtend beton' cursus betontechnologie BBG

² Stromingsleer, leer van vervorming van vloeibaar medium



De nabehandeling op de muurvlakken bestond uit het aanbrengen van een hydrofuge. Deze waterafstotende laag vermijdt bevuiling en mosvorming zonder het visueel aspect van de muren te veranderen. Deze behandeling dient zeker om de 7 jaar te worden herhaald. De binnenmuren werden afgewerkt met een antistofbehandeling, wat in een woning aan te raden is.

Voor de tussenvloer en de dakplaat werd gebruikgemaakt van een horizontale bekisting uit multiplexpanelen met een kunstharsfilm. Deze platen zijn op maat gemaakt en uitgelijnd op het patroon van bekistinglijnen van de stalen bekisting, die voor de muren werden gebruikt. De betonnen opstanden van de vloeren zijn eveneens voorzien van doorlopende bekistingssnaden.

De tussenvloer en de dakplaat worden aan de opgaande muren verankerd door middel van wachtdozen. Deze wachtwapening werd reeds bij de stort van de wanden met veel precisie in de bekisting gepositioneerd.

Om vuil en roestpartikels in de bekisting te vermijden, werd de netwapening zoveel mogelijk voorbereid op een groot platform in het open veld tegenover de kavel. Zo wordt het belopen van de bekisting beperkt.



59

INTEGRATIE TECHNIEKEN

De integratie van de technieken was geen eenvoudige zaak. Het concept van de technieken diende volledig op voorhand uitgedacht te zijn en moest integraal voorzien worden in de ruwbouwfase. Latere aanpassingen zijn immers quasi onmogelijk.

De meeste stopcontacten en de TV aansluiting zijn verwerkt in de vloer in messing contactdozen. De schakelaars, stereo-aansluiting, alarmsystemen, internet-aansluiting,... zijn geplaatst in daartoe op maat gemaakte inox platen die de betonuitsparingen bedekken. Van elke plaat werd een detailtekening gemaakt. In de platen werden de nodige openingen gemaakt met lasertechniek.

De verlichting van de leefruimtes en slaapkamers bestaat uit staanlampen die de ruimte voorzien van indirect licht. De andere ruimtes zoals de badkamer, keuken, garage, wc's, berging en hall werden voorzien van centrale lichtpunten. In uitsparingen in het beton werden de beide zijden van de trap uitgerust met ledverlichting afgedekt met matte plexi.

Sanitaire aan- en afvoer zijn samengebracht in een centrale koker in en boven de garage-ruimte.

Omdat hoge ruimtes het best verwarmd worden met vloerverwarming en om de plaatsing van storende verwarmingselementen en -buizen zoveel mogelijk te vermijden, heeft men ervoor gekozen om heel de woning te verwarmen met vloerverwarming.



60

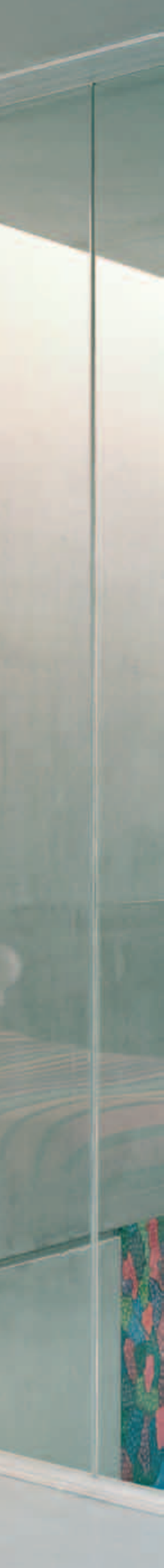
59

De schakelaars, stopcontacten, sensoren,... zijn geïntegreerd in op maat gemaakte inox panelen. Een exacte detailtekening wordt tot op de mm nauwkeurig vervaardigd met lasertechniek

60

In de ruwbouwfase, bij het storten van de muren, dienen de uitsparingen reeds voorzien te zijn. Nadien is het niet meer mogelijk om het systeem uit te breiden of te wijzigen.





Zichtbeton is teamwork

Diverse maatregelen en zorgvuldige opvolging zijn noodzakelijk om tot dergelijk hoge betonkwaliteit te komen. Zij is het resultaat van een goede samenwerking en inzet van elke schakel in het bouwproces.

De hoge kwaliteit kan maar bereikt worden dank zij de discipline en de nauwkeurigheid van de arbeider, de expertise en de wil tot perfectie van de aannemer en de voorschrijvers, de kennis en de beheersing van het materiaal, het zoekproces naar de beste technieken en producten, het bouwen van testmuren, het zorgvuldig detailleren, ... Niets mag aan het toeval overgelaten worden. Het is een continu streven om de omstandigheden zoveel mogelijk te beheersen: plannen in functie van de weersomstandigheden, toepassen van steeds dezelfde procedures en behandelingen van het beton, aanhouden van dezelfde bekistingstijden, steeds alle nodige beschermingsmaatregelen treffen .

belangrijkste actoren

bouwheer privé persoon

architect Annekatrien Verdickt - Brussel i.s.m. mentor architect Marc Belderbos - Deinze
Annekatrien Verdickt heeft sinds 2004 een architectuurpraktijk te Brussel met Jan Terwecoren.

Marc Belderbos begeleider - stagemeester van het project, met zelfstandige beroepspraktijk te Deinze. Tevens docent architectuur aan de Hogeschool Sint-Lucas Brussel en professor aan UCL in Louvain-la-Neuve.

stabiliteitsbureau studieburo Mouton bvba - Gent
zaakvoerder Guy Mouton / projectleider Bart Deridder
Studieburo Mouton bvba is een ingenieurspraktijk met meer dan 30 jaar ervaring in projectondersteunend meedenken en opbouwen van structurele concepten in nauwe samenwerking met de architect.
Guy Mouton is tevens docent architectuur aan de Hogeschool Sint-Lucas te Brussel en Gent.

raadgevend betontechnoloog Marc Vanthienen
verbonden aan de Katholieke Hogeschool Brugge-Oostende

hoofdaannemer bvba Furnibo - Veurne
zaakvoerder Bernard Joye / projectleider Steven Maeyaert
Furnibo is een algemeen aannemingsbedrijf dat ondertussen, 15 jaar na de opstart, werkt met 75 medewerkers. Het bedrijf is gespecialiseerd in ter plaatse gestort beton. Naast de vele projecten in zichtbeton bouwt het ook waterzuiveringsinstallaties, ondergrondse parkeergarages, appartementsgebouwen en sleutelklare totaalprojecten.

onderaannemer stalen binnen- en buitenschrijnwerk Rabaey - Veurne
onderaannemer sanitair en vloerverwarming Goens Johan bvba - Veurne
onderaannemer dakwerken ATAB - Gistel
onderaannemer elektriciteit Ceretec nv- Ploegsteert
onderaannemer vloeren in gepolierd beton Rapidsol bvba - Oeselgem
onderaannemer betegeling Boudolf - Gistel
nevenaannemer inox keuken Bossuyt nv - Kuurne
nevenaannemer binnenschrijnwerk Henk Vanderhaeghe - Woesten

betoncentrale Tanghe nv - Ichtegem
Leverde het zelfverdichtend zichtbeton.

bekistingspanelen Cometal
geleverd door Concrete Systems nv - Roeselare





A-1

Dit bulletin is een publicatie van:
FEBELCEM
Federatie van de Belgische Cementnijverheid
Vorstlaan 68 - 1170 Brussel
tel. 02 645 52 11 - fax 02 640 06 70
www.febelcem.be
info@febelcem.be

Auteur:
Annekatrien Verdickt

Met dank aan:
J. Apers, M. Belderbos, G. Mouton

Foto's: Kim Zwarts
Werfffoto's: Annekatrien Verdickt

Wettelijk depot:
D/2009/0280/06

V.u.: A. Jasienski

BIBLIOGRAFIE

«Bouwen met beton 2006/07» Tijdschrift voor architectuur. Internationale voorbeelden van eigentijds BOUWEN MET BETON
Uitgegeven door: Cemsuisse, FEBELCEM en Cement & BetonCentrum
Projecten zoals het Vitra conferentiepaviljoen van Tadao Ando te Weil-am-Rhein zijn belangrijke geraadpleegde case-studies geweest
Dossier Cement 21 - oktober 1999 «Dwalen in beton. Het conferentiepaviljoen van Tadao Ando in Weil-am-Rhein».
Uitgegeven door: FEBELCEM
Dossier Cement 36 - augustus 2005 «Zelfverdichtend beton»
Uitgegeven door: FEBELCEM
«Betontechnologie» Cursushandboek
Uitgegeven door: BBG - Belgische Betongroepering, 2006

infobeton.be