



Gebouw in vier enorme plakken

Nieuwe expositieruimte
Naturalis Biodiversity Center in Leiden

PROJECTGEGEVENS

project
Nieuwbouw en renovatie
Naturalis Biodiversity
Center

opdrachtgever
Naturalis Biodiversity
Center

architect
Neutelings Riedijk
Architecten

adviseur constructies
Aronsohn Constructies
raadgevende
ingenieurs bv

adviseur installaties
Huisman & Van Muijen

adviseur bouwfysica
DGMR

bouwkundig aannemer
J.P. van Eesteren TBI

installaties
Installatiecombinatie
ULC – Kuijpers vof

bouwperiode
december 2016
– mei 2019

Een constructief interessant onderdeel van Naturalis in Leiden is het nieuwe expositiegebouw, met daarin verschillende tentoonstellingsruimten. Het gebouw is vormgegeven als vier ten opzichte van elkaar versprongen delen. Dit leverde – samen met de zogenoemde trappenberg – een aantal interessante constructieve uitdagingen, maar ook mogelijkheden op.

Het gebouwcomplex van Naturalis siert sinds 1999 de westkant van Leiden

Met name dankzij de 62 m hoge depottoren (foto 1) is het gebouw een landmark voor de stad. De meeste mensen kennen Naturalis als museum, met als bekendste 'stukken' Herman de Stier en de in 2016 aangekochte T. rex. Naast de permanente tentoonstelling biedt het complex onderdak aan een enorme collectie, ondergebracht in de depottoren. Op dit moment beheert Naturalis een collectie van meer dan 40 miljoen stukken en die collectie groeit dagelijks. Voor de wetenschappelijke wereld vormt juist deze collectie het doel van een bezoek.

Uitbreiding

In 2010 is een samenwerking tot stand gekomen tussen het Zoölogisch Museum Amsterdam, de Universiteit Leiden, Wageningen Universiteit, Nationaal Herbarium Nederland en het Nationaal Natuurhistorisch Museum. Als gevolg van deze samenwerking is de collectie enorm gegroeid en werd aanpassing van de huisvesting in Leiden noodzakelijk. Om de uitbreiding mogelijk te maken, was een kavel grond beschikbaar, dat

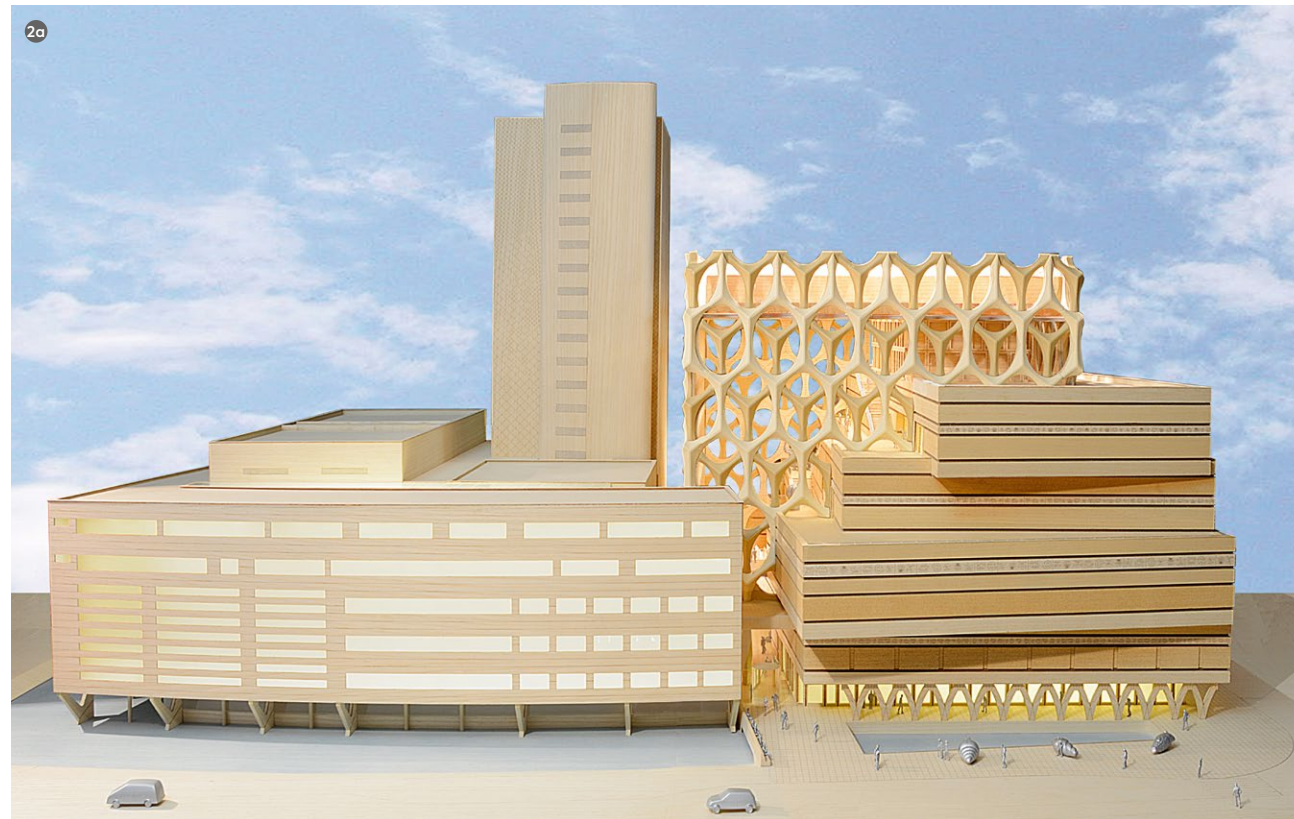
direct grenst aan het huidige onderkomen, alsmede een naastgelegen kantoorpand.

Het ontwerp

Het winnende ontwerp (zie kader 'Selectie' en fig. 2, 3 en 4) bestaat uit een nieuw expositiegebouw met daarin verschillende zalen. Tussen dit nieuwe gebouw en het bestaande gebouw ligt een nieuwe entreehal, over de volle hoogte van het expositiegebouw. Deze ingang ligt centraal, waardoor publiek, wetenschappers en staf direct na binnenkomst hun eigen route kunnen volgen (fig. 2 en 3). De entreehal is smal aan de

SELECTIE

Begin 2013 startte de selectie van een ontwerpteam met een architect en adviseurs voor de constructie, installaties en bouwfysica. Uiteraard via een selectieprocedure volgens de Europese regelgeving. Na een eerste selectie mochten vijf ontwerpteams een visie geven op de stedenbouwkundige inpassing en de architectuur. Het winnende team bestond uit Neutelings Riedijk Architecten, Aronsohn Constructies raadgevende ingenieurs, Huisman & Van Muijen en DGMR.



auteurs



IR. GEORGE HENKENS

Directeur
Aronsohn Constructies
raadgevende
ingenieurs bv



ING. KEES DE KONING

Senior Projectleider
Ontwerp
Aronsohn Constructies
raadgevende
ingenieurs bv



ING. KRIKOR CEKEM

Senior Projectleider
Uitvoering
Aronsohn Constructies
raadgevende
ingenieurs bv

onderzijde en verwijdt zich naar boven toe. Hierdoor ontstaat een groots atrium. Het doet denken aan de 'canyon' in het gebouw van Beeld en Geluid op het Mediapark, van dezelfde architect.

In de hal, tegen de expositieruimte aan, bevindt zich de zogenoemde trappenberg die de looproute benadrukt. Het is een ingenieus concept dat nog meer allure geeft aan de entree.

De entreehal wordt omsloten door een 'kroongevel'.

De bestaande vier torens (drie lage en een hoge, zie kader 'Torens') blijven gehandhaafd. Naast deze torens komt een nieuw laboratoriumgebouw. In het plan werd voorgesteld het net aangekochte kantoorgebouw te slopen. Aanvankelijk stuitte dat op de nodige weerstand maar gedurende het ontwerpproces heeft het ontwerpteam de opdrachtgever toch kunnen overtuigen en is het kantoor gesloopt.

In de loop van het proces zijn het programma en het budget nog aanmerkelijk

vergroot. Het gehele programma omvat circa 38.000 m² bvo, waarvan 19.000 m² renovatie in de oudbouw, 3000 m² laboratoriumgebouw en 17.000 m² nieuwbouw.

Constructief gezien zijn vooral het expositiegebouw, de trappenberg en de kroongevel bijzonder interessant. De kroongevel is beschreven in het *Cement*-artikel 'Complexe gevel vraagt bijzondere modellering' (*Cement* 2018/7, themanummer parametrisch ontwerpen). In dit artikel krijgt het expositiegebouw alle aandacht en komt ook de trappenberg aan bod.

Programma expositiegebouw

Een museum is tegenwoordig niet slechts een verzameling van vitrinekasten, maar veel vaker een experience. Dat geldt ook voor Naturalis. Het publiek wordt langs zalen geleid die rondom specifieke thema's zijn ingericht. Zo zijn er de thema's LiveScience, Ontmoeting, Seks (Verleiding), Mammoet, Koraal, Aarde, Mens, Dood, Dino's. Daarnaast zijn er onder meer ruimten voor onderwijs, een

auditorium en een restaurant (fig. 4).

Het expositiegebouw bestaat uit een aantal lagen van drie zalen op een rij (fig. 4 en 5). Deze zalen worden onderling gescheiden door twee kerngebieden met elk een breedte van 6 m. Binnen deze gebieden bevinden zich liften, schachten en trappen.

De zalen hebben alle in één richting (lengterichting van het gebouw, evenwijdig aan de trappenberg) een maat van 21 m (excl. uitstekende erkers). De maat in de andere richting verschilt van zaal tot zaal en is maximaal 36 m (fig. 6). Deze variatie heeft onder meer te maken met de trappenberg (zie kop 'Trappenberg'). Het was de wens al deze zalen zonder kolommen te ontwerpen.

De verdiepingshoogte is in basis 6,8 m, een maat die in verhouding staat met de lengte en breedte van de zalen. Voor sommige thema's of collectiestukken is dat echter lang niet hoog genoeg. Eén van de zalen is 10,2 m hoog en een ander 13,6 m (fig. 5). De laatste betreft de zaal waar de T. rex zal worden opgesteld.

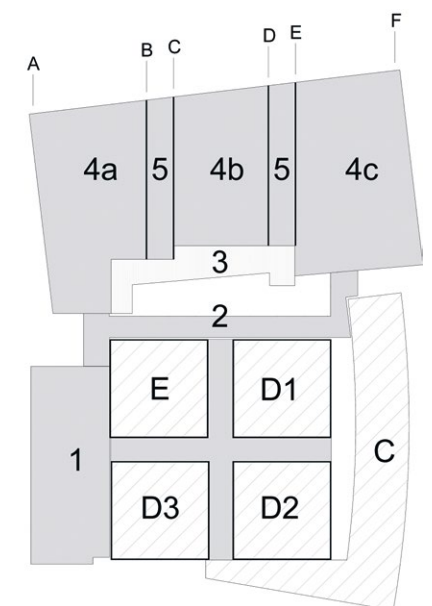
3

Nieuwbouw

- 1: laboratorium gebouw
- 2: entreehal
- 3: trappenberg
- 4a,b,c: zalen
- 5: kernen

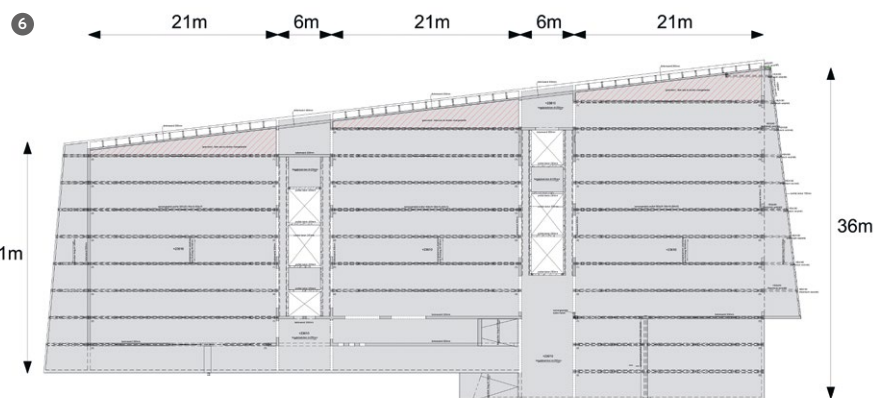
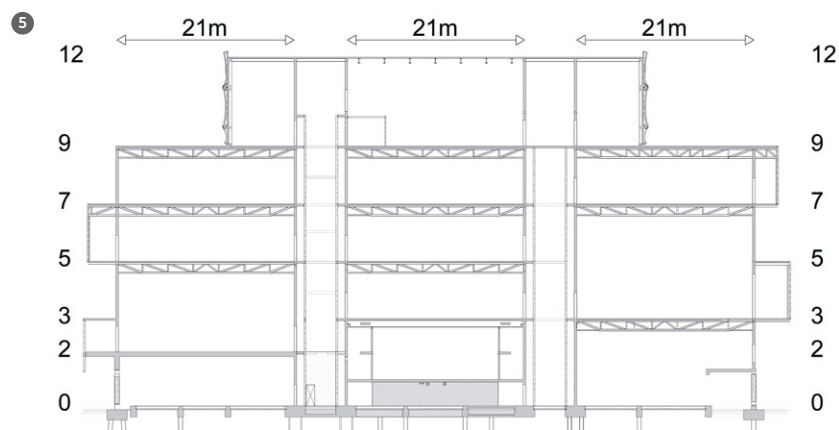
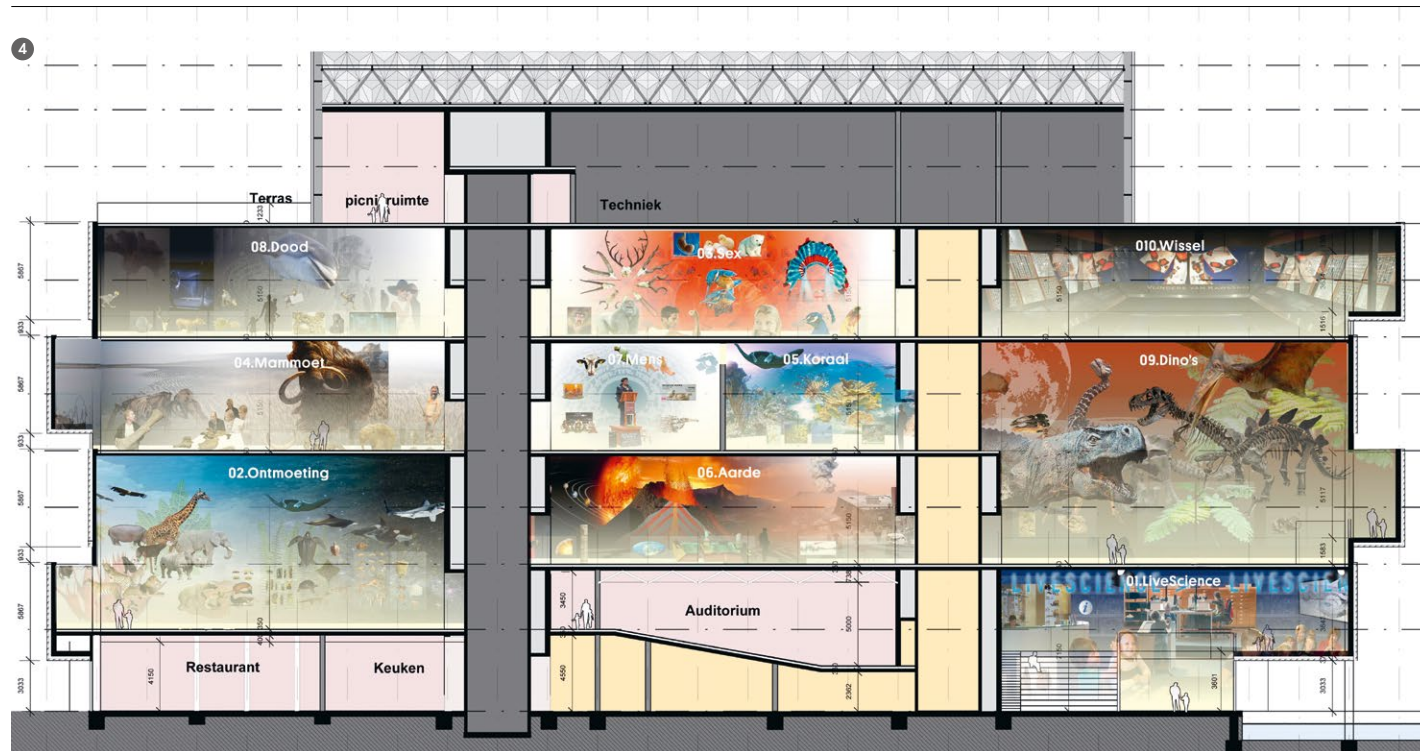
Bestaand complex

- C: kantoor blijft
- D1,2,3: museum wordt depot
- E: depot toren blijft



TORENS

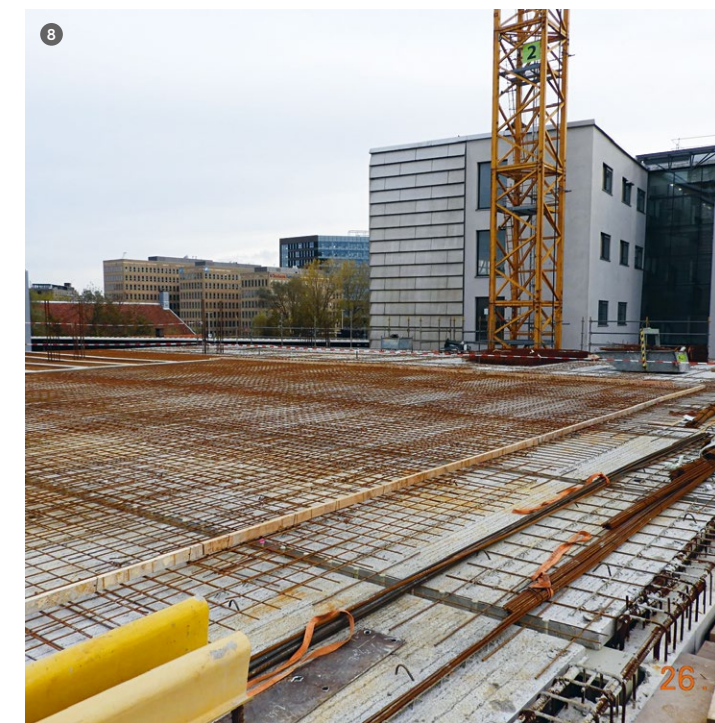
De hoge toren (E) blijft gehandhaafd als depot. De drie naastgelegen lage torens, waarin het museum was ondergebracht, zijn grotendeels omgebouwd tot depots. De verdiepingshoogten van deze torens zijn verlaagd van 6,8 m tot 3,4 m. De nieuwe vloeren zijn samengesteld uit staal-betonvloeren en in de vloer geïntegreerde stalen balken. Hierdoor was ook een nieuwe fundering onder de torens nodig.



Constructieve opbouw expositiegebouw

Voor het begrip van de constructie van het expositiegebouw is het van belang allereerst aandacht te schenken aan de wanden van de zalen.

Bij het ontwerp van Beeld en Geluid is door Aronsohn uitvoerig bestudeerd hoe de wanden logisch konden worden samengesteld. Er is toen geconcludeerd dat een rechthoekige betonnen wand de voorkeur verdiende. Het alternatief was een staalconstructie met daartussen panelen van een geschikt materiaal. Een betonnen wand heeft echter het grote voordeel dat overal en aan beide zijden van de wand een goede en sterke achtergrond beschikbaar is om er van alles aan te kunnen bevestigen. Bovendien is de wand overal vlak (geen stijlen en regels) zodat het ook flexibiliteit oplevert als er ooit andere wensen ontstaan. Belangrijk voordeel is verder dat een massieve betonnen wand dunner is dan een wand, opgebouwd uit staal en panelen. Ten slotte is een betonnen wand in staat in zijn vlak als constructieelement te werken (als balk of wandligger). Op basis van al deze argumenten is ook voor dit project gekozen voor betonnen wanden. Van



de mogelijkheid de wand als constructieelement te gebruiken, is bij nadere uitwerking op grote schaal gebruikgemaakt.

Vloerconstructie expositiegebouw

De maat van de zalen varieert zoals gezegd steeds in één richting. In de andere richting kent die maat veel meer regelmaat en is die bovendien het kleinst, namelijk 21 m. Daarom is de overspanningsrichting ook in de richting van die kleinste overspanning gekozen (fig. 6).

De zalen zijn ongeacht de hoogte ontworpen op een veranderlijke belasting van 500 kg/m² aan de bovenzijde en circa 50 kg/m² aan de onderzijde.

Vloertype

De hoogte van de zaal had invloed op de keuze voor het vloertype, vooral vanwege de uitvoeringswijze. In dit project was een vloertype dat een onderstempeling nodig had in de uitvoering geen goed idee. Er is gebruikgemaakt van liggers, h.o.h. 3 m, met daarop, van ligger naar ligger, zelfdragende voorgespannen prefab-betonplaten (zelfdragende breedplaten) van 90 mm dik (foto 7 en 8). Over deze platen is een druklaag van

60 mm aangebracht die zorgt voor spreiding van verticale belastingen en de schijfwerking van de vloer.

Bij de bepaling van de h.o.h.-afstand van de liggers speelde ook de wens mee om regelmatig grote objecten op te kunnen hangen. Nu is elke 3 m een constructie aanwezig die grote puntlasten kan dragen. De eerder aangegeven belasting aan de onderzijde van 50 kg/m² is voor de liggers uitgewerkt als zeven puntlasten van 450 kg elk of één puntlast van 1500 kg.

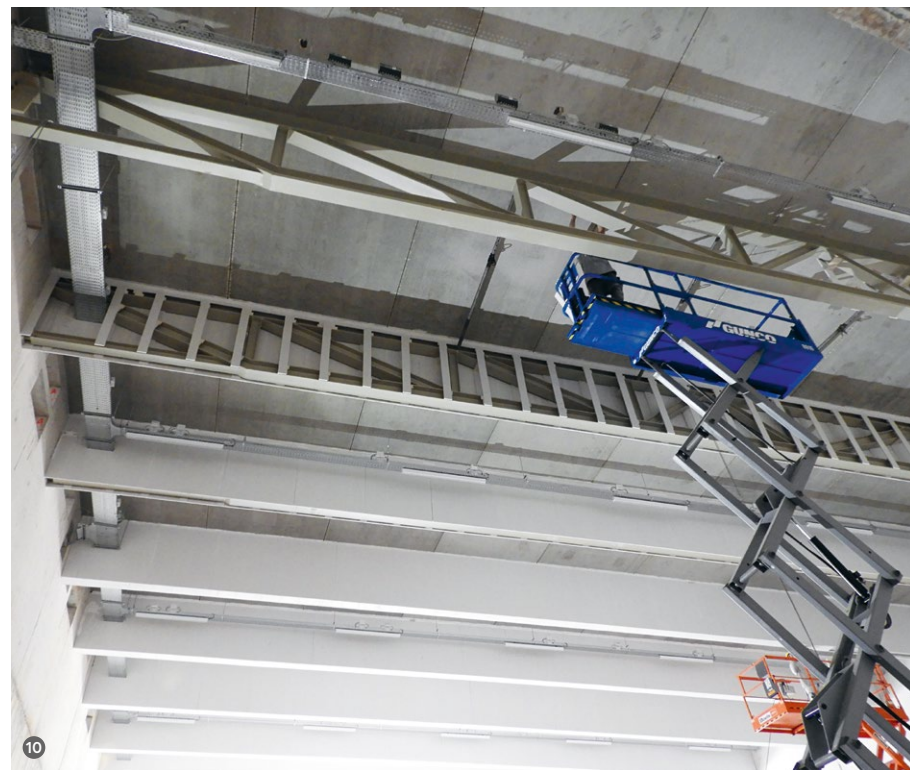
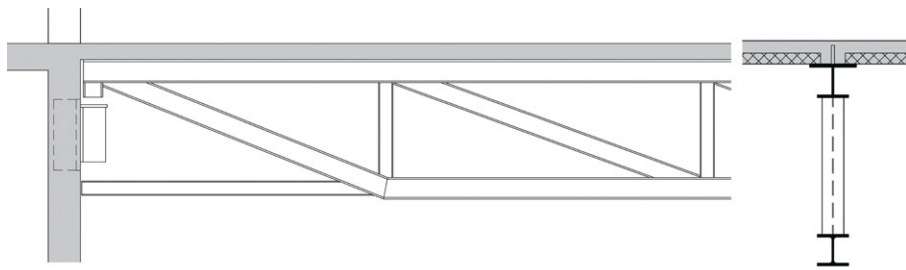
De liggerafstand sluit ook goed aan op een realistische maatvoering van de installaties in het plafond. Deze bevinden zich tussen de liggers en dat genereert veel sparings in de kernwanden. Een grotere afstand van de liggers geeft een te grote overspanning van de breedplaatvloer, en een kleinere afstand geeft een onnodig fijn installatienet hetgeen kostbaar is.

Liggers

Het was mogelijk de liggers uit te voeren als voorgespannen betonbalken. Dat zou echter problemen geven met de infrastructuur voor de gebouwinstallaties of de tentoonstellingsopstellingen, haaks op de liggeras.

De vloeren zijn uitgevoerd met zelfdragende breedplaten met daarop een druklaag, samen opgelegd op stalen liggers

9



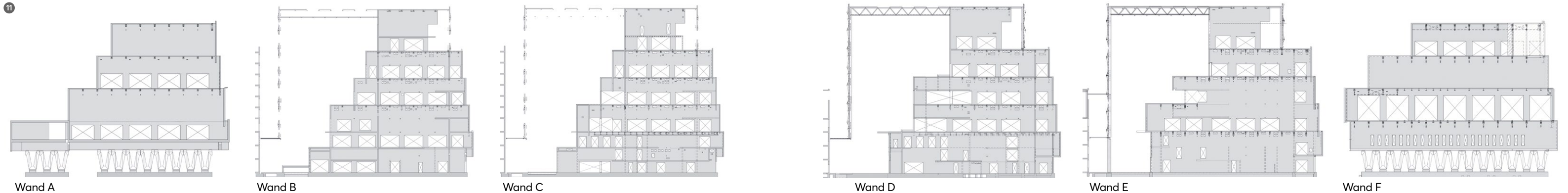
Daarom is gekozen voor stalen vakwerkliggers waarbij het mogelijk is installaties haaks op de liggeras door te voeren. Na veel overleg binnen het ontwerpteam is besloten de liggers een hoogte te geven van 1450 mm. Dit is inclusief de dikte van de betonvloer (150 mm). Hiermee werd de gewenste vrije hoogte mogelijk.

De vakwerkliggers zijn ontworpen als liggers op twee scharnieren met verticalen en trekdiagonalen (fig. 9). De afstand van de verticalen is 3 m. Deze maat sluit aan bij de gewenste posities van de hangpunten. De onderregel is een HEB200-profiel. De diagonalen en verticalen zijn ook HE-profielen, die echter in zwaarte variëren van 200B tot 140A. De bovenregel, die ook voldoende oplegvlak moest geven voor de vloerplaten, bestaat uit een samengesteld profiel met een brede bovenflens. Op de bovenflens zijn stiftdeuvels gelast voor de samenwerking van staal met beton (fig. 9). Deze betonflens werkt alleen mee voor de stijfheid en de kipstabiliteit en niet voor de sterkte. Hiervoor is gekozen omdat de vloeren anders zouden moeten worden onderstempeld tijdens de montage en dat was nu juist niet de bedoeling.

Brandwerendheid

De brandwerendheid is bepaald op 60 minuten voor de hoofd draagconstructies: 120 minuten met aftrek van 30 minuten voor de lage vuurlast en 30 minuten door de toepassing van een sprinklerinstallatie. De liggers worden bekleed met plaatmateriaal dat deze brandwerendheid verzekert (foto 10).

11



Trillingen

Er is uiteraard ook naar het dynamische gedrag van de liggers gekeken. Door de grote overspanning van de vakwerken en de beperkte constructiehoogte is de eigenfrequentie relatief laag. De modale massa van de betonvloer (die op de bovenrand van de liggers rust) zorgt ervoor dat de constructie desalniettemin voldoet aan klasse D van de HIVOSS-methodiek.

Kernen

Zoals eerder aangegeven bevinden zich tussen de zalen twee kernen. Deze verzorgen de stabiliteit in beide richtingen. De kernen bestaan uit twee betonwanden, dik 300 mm, op een onderlinge afstand van 6 m. De verdiepingshoogte in de kernen is 3,4 m, in de zalen is de verdiepingshoogte minstens twee keer zo groot. Om de zalen met elkaar te verbinden, zijn in de wanden grote openingen gehouden, maar die openingen zijn nooit hoger dan de verdiepingshoogte in de kern. De vloeren van de zalen sluiten aan op de vloeren binnen de kern (fig. 6). De kernwanden volgen de vorm van het atrium en zijn onderdeel van de trappenberg. De aanzichten van de kernen en de kopgevels zijn weergegeven in figuur 11. Aan de 'rechterzijde' zijn de langsegevels opgelegd. Aan de linkerzijde worden de wanden van de trappenberg opgelegd.

Kopgevels

De kopgevels, parallel aan de kernwanden, staan op een rij schuine kolommen die in prefab beton zijn uitgevoerd (fig. 11 wand A en F). Door de grote hoeveelheid openingen kunnen de kopgevels ook worden gezien als

wanden op kolommen, waarop weer nieuwe kolommen staan en daarop weer wanden.

Omdat de kolommen zijn uitgevoerd als schijven met een dikte gelijk aan die van de wanden, zijn de kopgevels ontwikkeld vanuit de gedachte dat het wanden zijn met grote gaten.

De kopgevels hebben zeer grote erkers met uitkragingen van wel 7 m (foto 12). Deze zijn gerealiseerd door vloerliggers van de zaal uit te laten steken en, afhankelijk of de erker zich erboven of eronder bevindt, de constructie te laten hangen of te laten staan.

Langsegevels

Wie het expositiegebouw van een afstand bekijken, ziet niet hoe in dit gesloten volume de zalen zijn gerangschikt. Wat men wel ziet, zijn als het ware vier reusachtige plakken die op elkaar liggen en ten opzichte van elkaar zijn verschoven en gedraaid (foto 13). De plakken hebben alle een dikte van 6,8 m (overeenkomend met de basishoogte van het complex), een breedte in de kopgevels van 27 m en een lengte aan de langsegevels van 75 m.

Voor de stapeling in de gevel waren enkele bijzondere constructieve oplossingen nodig. Maar de gevelopbouw loste ook een belangrijk ander constructief probleem op. De verschuivingen van de plakken introduceren immers horizontale vlakken in de gevel die, wanneer ze goed worden ontworpen, de horizontale belastingen op de gevel kunnen opvangen en afdragen op de kernen en de kopgevels. Hierdoor werd het mogelijk de ongesteunde lengte van de gevels te beperken tot de hoogte van één plak, dus 6,8 m. Deze maat was goed te maken met een

De verspringingen van de gevels introduceren horizontale vlakken die de horizontale belastingen op de gevel kunnen opvangen

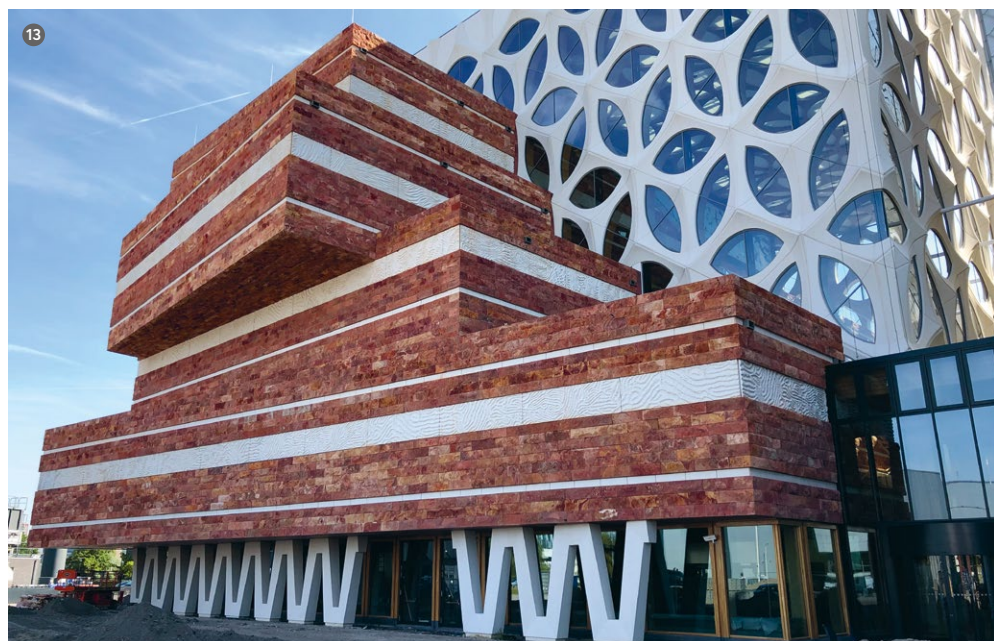
TEXTUUR

Wie het werk van Neutelings Riedijk Architecten kent, weet dat zij een uitgesproken en beschreven visie hebben op de textuur van gevels. Meer hierover staat in hun recente boek 'Ornament and Identity'.



12

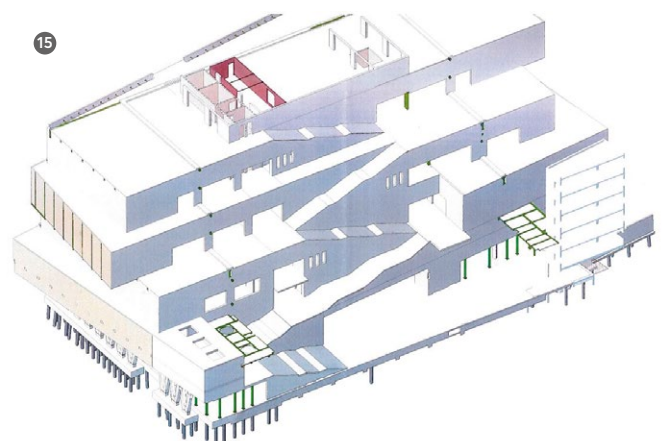
Gezien de vorm van de trappenberg is het beter te spreken van draaglijnen in plaats van wanden



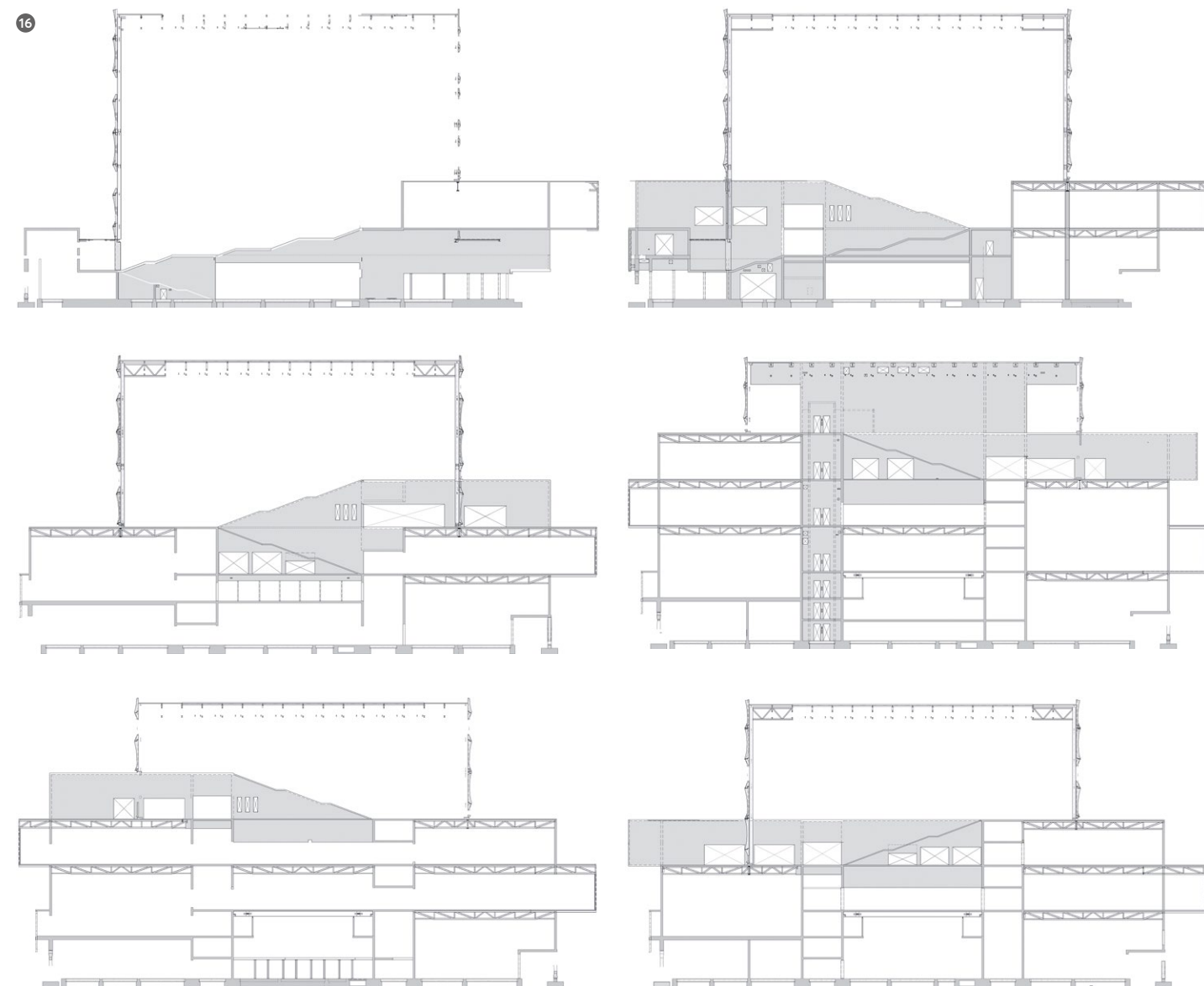
13



14



15



16

liggerwerking van de gesloten wanden. Deze wanden worden gedragen door de kernwanden en de kopgevels die loodrecht op de langsegevels staan.

Gevelbekleding

De gevels zijn bekleed met gebroken natuursteen (uit Iran en bewerkt in Portugal), met een dikte van soms wel 80 mm (foto 14). Tussen de natuursteen zijn linten opgenomen van tegels met afdrucken van fossielen. De gelaagdheid, zowel op grote schaal als op kleine schaal, wekt de suggestie van een geologische structuur.

Trappenberg

De trappenberg (fig. 15 en 16, foto 17), die men direct na binnenkomst in de entreehal aan de rechterzijde ontwaart, ziet er niet onmiddellijk uit als een constructief hoogstandje, maar is dat zeker wel.

De trappenberg bestaat uit trappen met een breedte van 3 m. De helling van de trap en de tussenbordessen zorgen ervoor dat de trappenberg bijzonder monumentaal is. De trap is uitgevoerd als een trapplaat die spant tussen betonwanden die vanuit de begane grond zijn opgetrokken. De treden zijn vervaardigd van hout.

Er zijn in totaal zes wanden nodig, haaks op de kernwanden. Ze dragen daarmee niet de vloeren van de zaal. De wanden verspringen over een afstand van 3 m ten opzichte van elkaar. Ze dragen op de kernwanden en de kopgevel, die er loodrecht op staan.

De wanden van de trappenberg zijn benut als wandliggers (fig. 16). Gezien de vorm gaat het eigenlijk niet om wanden. Beter is het te spreken over draaglijnen.

Het is bij dit soort constructies moeilijk de juiste wanddikte te kiezen. De wanden zijn al snel voldoende dik om de drukspanningen en dwarskrachten over te



kunnen brengen. Kritisch is wel of ze dik genoeg zijn om de wapening erin te verwerken. De maat moet betrekkelijk vroeg worden gekozen en dan is nog veel niet bedacht, ontworpen en onderkend. Het kost daardoor bij de uitwerking soms veel aandacht en inventiviteit van zowel de adviseur constructies als de aannemer en vlechter om die wapening correct te vlechten. Op sommige posities leek de wanddikte te klein, maar door scherp te ontwerpen kon met die wanddikte worden voorkomen dat de wanden op veel andere posities onnodig dik zouden worden.

Tot slot

Naturalis is een over de gehele wereld bekend instituut. Hun vernieuwde huisvesting zal dat vast ook worden. De realisatie van dit soort bijzondere gebouwen vereist een enorme inzet van iedereen die er aan werkt. Er worden een aantal unieke uitvoeringsmethodieken toegepast. Bovendien moet het niveau van de afwerking zeer hoog zijn, per slot van rekening wordt zo'n gebouw door heel veel mensen 'gezien'.

Dit betekent dat ook bij de ruwbouw veel zorg moet worden besteed aan de kwaliteit, wat een innige samenwerking vereist en de wil om dat te doen. 'Zonder wrijving geen glans', dus dan is het geweldig als het eindresultaat een gebouw is dat aan alle kanten straalt. ●

OVERIGE ONDERDELEN

Technische ruimte

De technische ruimte van het expositiegebouw is gelegen boven de zalen. De kanalen worden door grote schachten in de beide kerngebieden naar beneden geleid en middels sparingen tussen de stalen liggers in de zalen gebracht.

Fundering

Het expositiegebouw is gefundeerd op palen, type Fundex.

Dit type is gekozen om trillingen te voorkomen en daarmee hinder voor de collectie in de hoge depottoren en het historische Pesthuis aan de overzijde van de straat.

Beganegrondvloer

De beganegrondvloer is een geïsoleerde voorgespannen kanaalplaat boven een kruipruimte. De balkstructuur van deze vloer is zo gekozen dat er

een doorgaande leidingtunnel (hoog 1,5 m) mogelijk werd vanaf het hart van het expositiegebouw tot het laboratoriumgebouw.

Daken

Het dak boven het atrium is uitgevoerd in glas. Dit dak wordt gedragen door 2 m hoge vakwerken met een overspanning van 24 m. De afstand van de vakwerken is 3 m. De strook die

grenst aan de gevel is niet van glas maar van beton in verband met de gevelreinigingsinstallatie. Dit deel van het dak moest ook op grote hoogte worden vervaardigd, reden om net als voor de zaalvloeren zelfdragende breedplaatvloeren toe te passen met een druklaag. De rest van het dak is gesloten en eveneens uitgevoerd met zelfdragende breedplaten.