



De eerste aardbeving in de provincie Groningen werd in 1986 waargenomen. Sindsdien zijn er zo'n duizend geregistreerd. Vooral de zwaardere aardbevingen richten veel schade aan. Omdat analyses aantonen dat het aantal zwaardere bevingen zal toenemen, moet nieuwbouw in Groningen aan striktere veiligheidsnormen voldoen. Wat betekent dat voor het ontwerp voor de nieuwe Groningse Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen, de Zernikeborg?

Beelden **ECTOR HOOGSTAD ARCHITECTEN**

Het bureau van constructeur Roel de Jong, Wassenaar Ingenieurs, schreef zich met bureau ABT in voor de aanbesteding van de nieuwbouw van de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen van de RUG Groningen. Door deze samenwerking is ABT | Wassenaar VOF ontstaan. De Jong: "Toen de geluiden over aardbevingen in Noord-Nederland frequenter werden, besloten we dat samen op te pakken. Tegenwoordig profileren we ons ook als bureau voor seismisch advies."

De aardbevingen in Groningen zijn geen tektonische aardbevingen, maar geïnduceerde aardbevingen. Dat zijn bevingen die in de directe omgeving van een gasreservoir ontstaan. Het gas bevindt zich op een diepte van drie kilometer in een poreuze gesteentelaag. Gaswinning leidt tot compactie in die gesteentelaag. Op de breuklijnen wordt de spanning soms te groot. Zodra die spanning zich ontlad, is er sprake van een aardbeving. Het tempo van de gaswinning vormt een invloedrijke factor. In 2014 heeft de NAM



RUIMTE BIEDEN VOOR BEWEGING

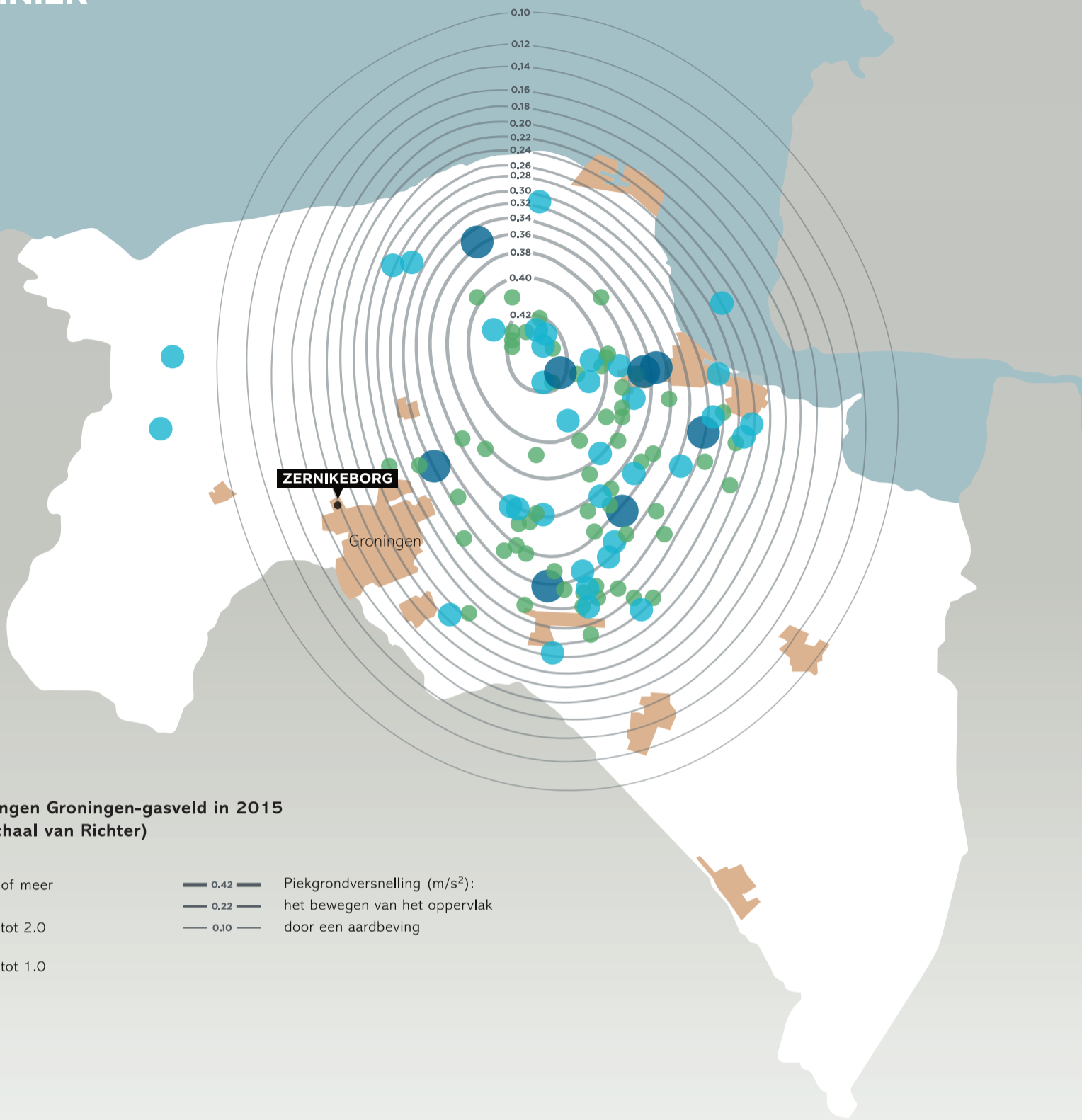
Aardbevingsveilig bouwen in Groningen

veel gas gewonnen, wat samenvalt met een piek in het aantal aardbevingen. De analyse laat zien dat het aantal zwaardere aardbevingen toeneemt. De zwaarste aardbeving tot nu toe vond plaats in 2012. Die had een kracht van 3.6 op de schaal van Richter. "In landen als Italië en Turkije lachen ze om een magnitude van 3.6", geeft De Jong toe. "Dat lijkt misschien niet zwaar, maar het maakt veel verschil of de aardbeving op dertig kilometer of drie kilometer onder het aardoppervlak plaatsvindt. De vrijkomende energie van een ondiepe, geïnduceerde aardbeving wordt over een veel kleiner deel van het aardoppervlak verdeeld. Daardoor is de beving heftiger, maar wel van kortere duur dan bij een diepe tektonische aardbeving met een vergelijkbare magnitude. Aan de oppervlakte merken we een horizontale en verticale versnelling van de ondergrond. Als je kijkt hoe de horizontale grondversnelling zich verhoudt tot Italië en Turkije, dan zie je dat de versnellingen in Groningen overeenkomen met wat in de zwaardere aardbevingsgebieden van Europa gebeurt."

**“WIJ
HEBBEN
GEEN
AARD-
BEVINGS-
CULTUUR,
DUS WE
PIKKEN
OVERAL
WAT
VANDAAN.”**

VEILIGE CONSTRUCTIE

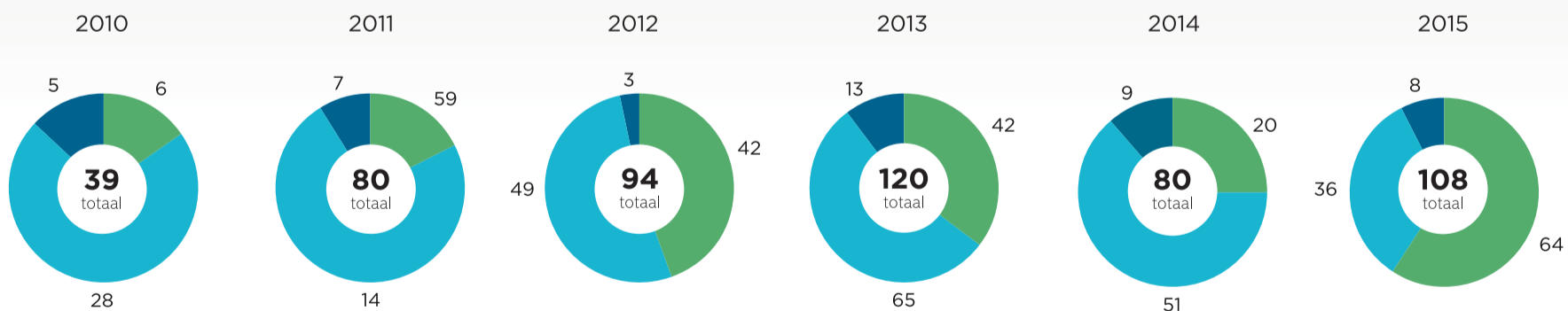
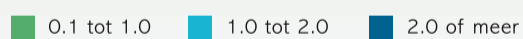
Als constructeur kan De Jong niet werken met de schaal van Richter, maar wel met die horizontale grondversnelling. Hij pakt er zelfs een tekenblok bij om te laten zien hoe dat werkt. "Als bij een aardbeving de ondergrond gaat verschuiven, zou een gebouw eigenlijk mee moeten accelereren. Maar een gebouw heeft een massa die eigenlijk niet mee kan komen, het wil op zijn plaats blijven staan. Elk gebouw heeft een eerste eigen frequentie. Het slingert in een eigen tempo een paar keer heen en weer en komt tot stilstand. De trillingen van een aardbeving kunnen in dezelfde frequentie zitten als in die van het gebouw. Dan ontstaat er een resonantie die wij 'opslingering' noemen. Dan worden de bewegingen van het gebouw groter dan de beweging van de ondergrond. We proberen gebouwen zo te ontwerpen, dat ze een veel lagere opslingering krijgen. Dat doe je door stabiliteitswanden in het gebouw te plaatsen die de bewegingsenergie absorberen. Het gebouw moet zo symmetrisch mogelijk zijn, of worden opgedeeld in meerdere los van elkaar



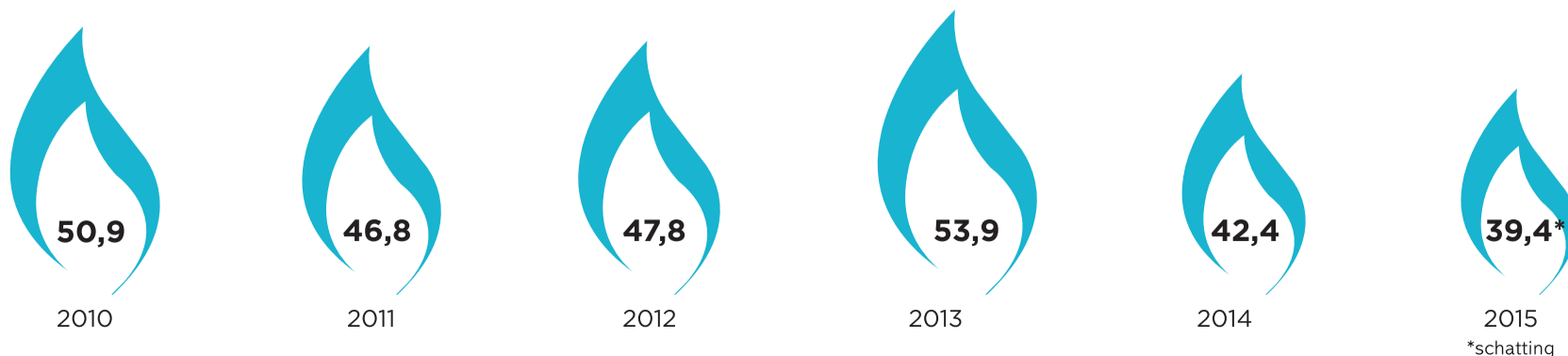
Aardbevingen Groningen-gasveld in 2015 (op de schaal van Richter)



Bevingen (aantallen) en magnitude (op de schaal van Richter), 2010-2015



Productiecijfers Groningen-gasveld tussen 2010 en 2015 (m³)



Bronnen: Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (NAM), Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI), Ministerie van Economische Zaken

staande regelmatige gebouwen. Gewoonlijk wordt een gebouw gestabiliseerd met een kern, maar dat gaat bij een aardbeving mis. In plaats van een kern moet je zelfstandige seismische wanden maken. Dat zijn dikke, zwaar gewapende wanden die trillingen moeten opnemen. Bij een zware aardbeving kan in die wanden scheurvorming optreden die de verplaatsing van het gebouw mogelijk maakt."

Gijs Weijnen is namens Ector Hoogstad Architecten betrokken bij het aardbevingsveilig maken van de Zernikeborg: "Je moet ervoor zorgen dat de verschillende gebouwvolumes op eenzelfde manier zijn geconstrueerd. Zernikeborg heeft een kamstructuur. Die structuur is opgedeeld in een aantal gelijksoortige kleinere gebouwen met een tussenruimte. Ze kunnen bewegen zonder tegen elkaar te stoten. Ruimte bieden voor beweging, dat is de essentie. Die versnelling is dusdanig dat je het niet kunt tegenhouden. Het klinkt misschien gek, maar je moet er dus juist voor zorgen dat het gebouw kan bewegen. Schade kun je voorkomen door de bouwkundige onderdelen hiervoor de ruimte te geven. Tegelijkertijd beweegt binnen die kleinere gebouwen ook weer van alles."

"*Story-drift*, noemen we dat", vult De Jong aan en legt uit dat daarmee wordt bedoeld dat de vloeren ten opzichte van elkaar bewegen. Bij lichtere aardbevingen blijft de constructie staan, maar raakt het leidingwerk of de gevel door *story-drift* zwaar beschadigd. "Alle terminologie komt uit de Verenigde Staten. Wij hebben geen aardbevingscultuur, dus we pikken overal wat vandaan. Voor praktische ontwerpzaken gebruiken we de

ZERNIKEBORG

Opdrachtgever
Rijksuniversiteit Groningen
Oplevering
2021
Bruto vloeroppervlak
ca. 63.000 m²
Bouwmanagement
Stevens Van Dijk
Adviseur constructies
ABT-Wassenaar v.o.f.
Adviseur installaties
Arcadis Nederland B.V.
Adviseur bouwfysica
DGMR Raadgevende Ingenieurs
Adviseur labinrichting
Prinzen advies,
dr. Heinekamp Benelux

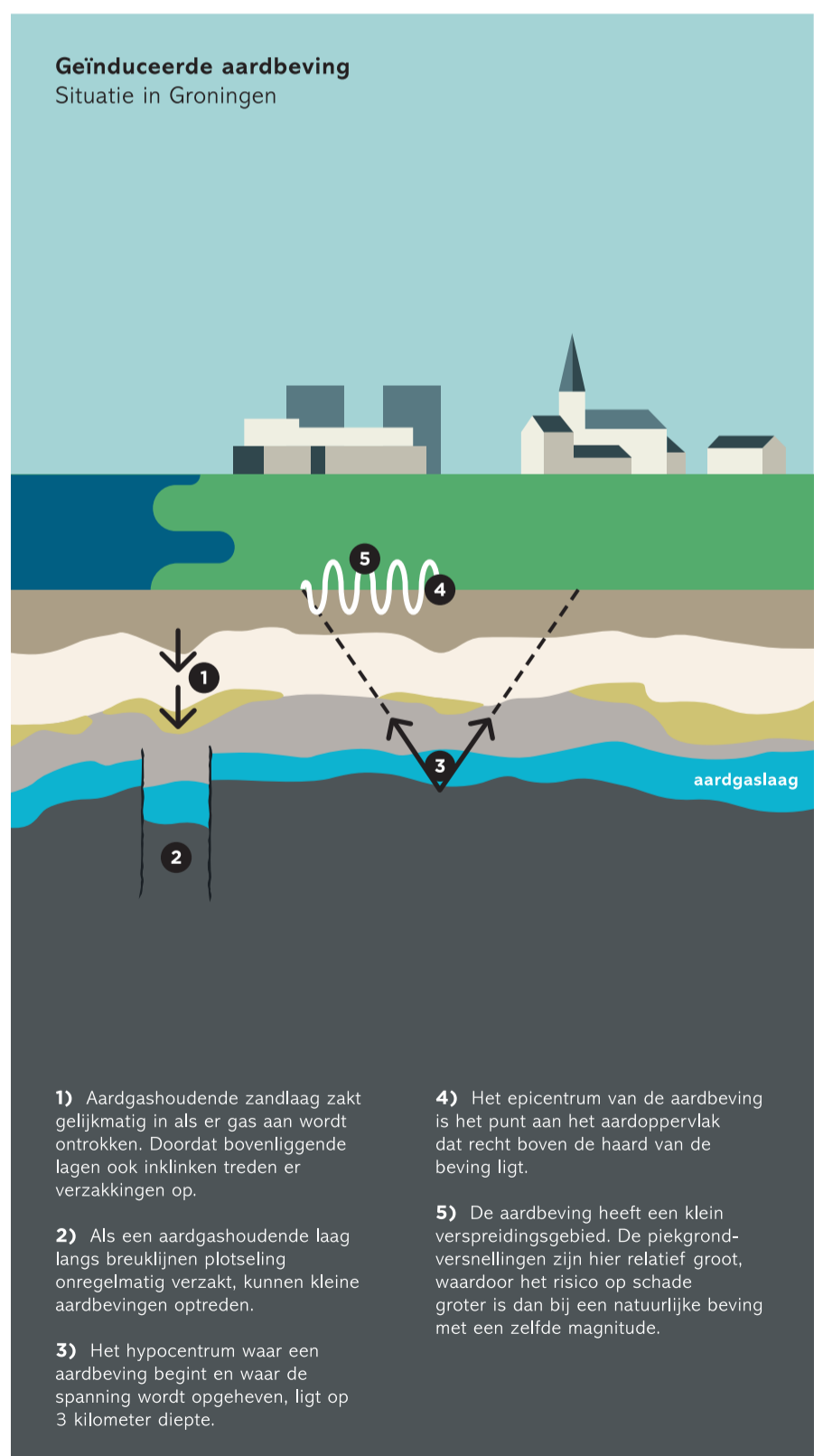
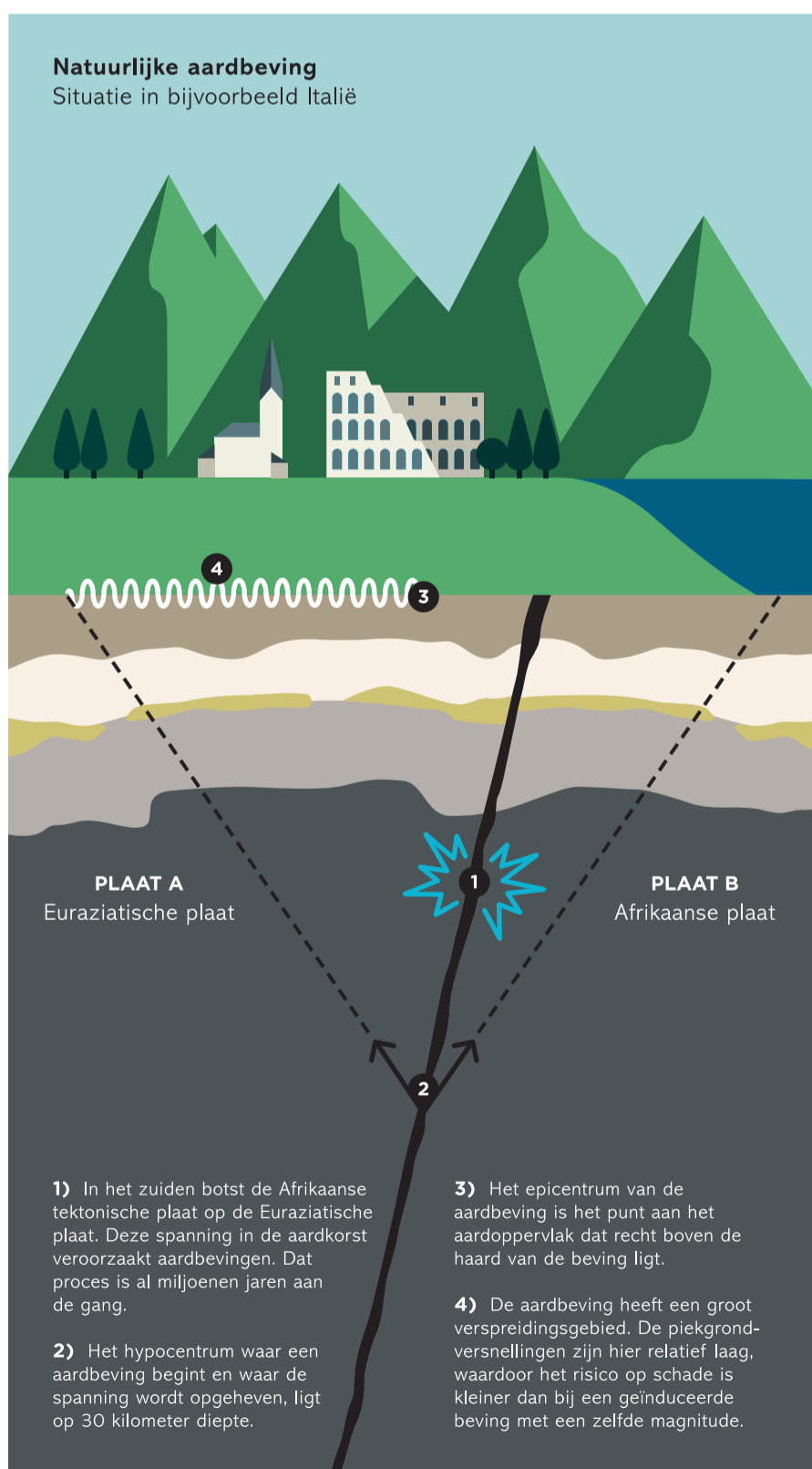
 Zernike Campus,
Groningen

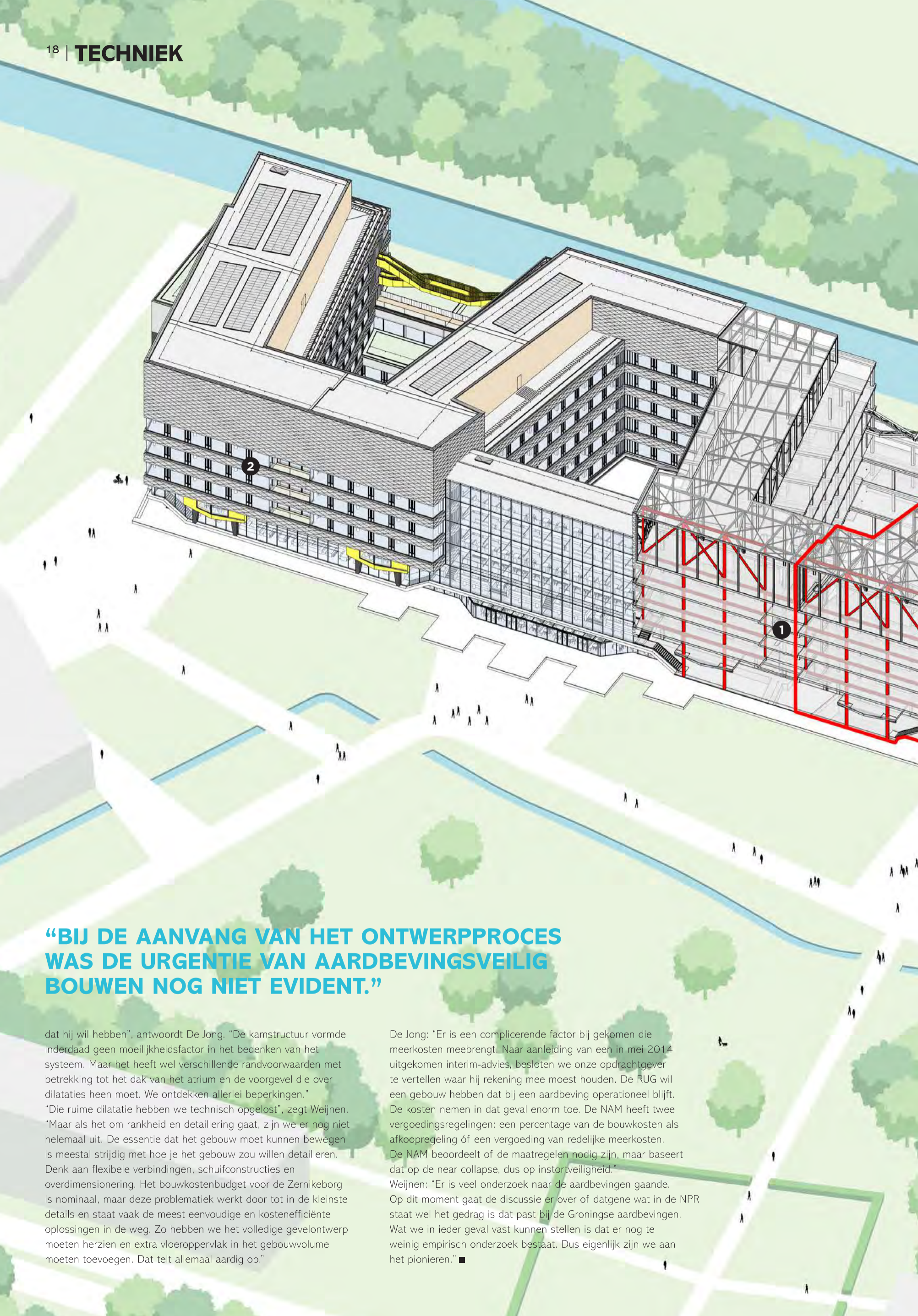
 rug.nl

Amerikaanse richtlijnen. Als rekennorm hanteren we de Europese richtlijn, die tegenwoordig ook een bijlage heeft die in Nederland van toepassing is. Iedereen in Nederland heeft recht op een bepaald niveau van veiligheid. Alle veiligheidsnormen zijn gebaseerd op de kans van één op de zoveel honderd jaar. De Nederlandse Praktijkrichtlijn (NPR) stelt als veiligheidsniveau dat bij een zware aardbeving die eens in de 475 jaar voorkomt, het gebouw net niet mag instorten. Bij een *near collapse* kunnen mensen het gebouw nog ontvluchten. De kans op een maatgevende aardbeving mag dan wel klein zijn, de mensen in het Groningse aardbevingsgebied hebben recht op hetzelfde veiligheidsniveau als de mensen in de rest van Nederland."

COMPLICERENDE FACTOREN

Weijnen vertelt dat de kamstructuur van Zernikeborg gebaseerd is op de mogelijkheden van de locatie en de gefaseerde planning van de bouw. Bij de aanvang van het ontwerpproces was de urgentie van aardbevingsveilig bouwen nog niet evident. "Gedurende het VO kwam deze problematiek in een stroomversnelling en moesten we ineens nadenken over aardbevingsveilig bouwen. De geometrie van het gebouw is gunstig. Het is een repetitie van dezelfde vorm zonder al te veel afwijkingen. Waar in dit gebouw zit voor jou als constructeur de grootste uitdaging?" vraagt hij aan De Jong. "Het ontwikkelen van een systeem dat zo min mogelijk impact heeft op het gebouw en waarbij de architect zoveel mogelijk ontwerprijheid heeft en dat de opdrachtgever het gebouw krijgt





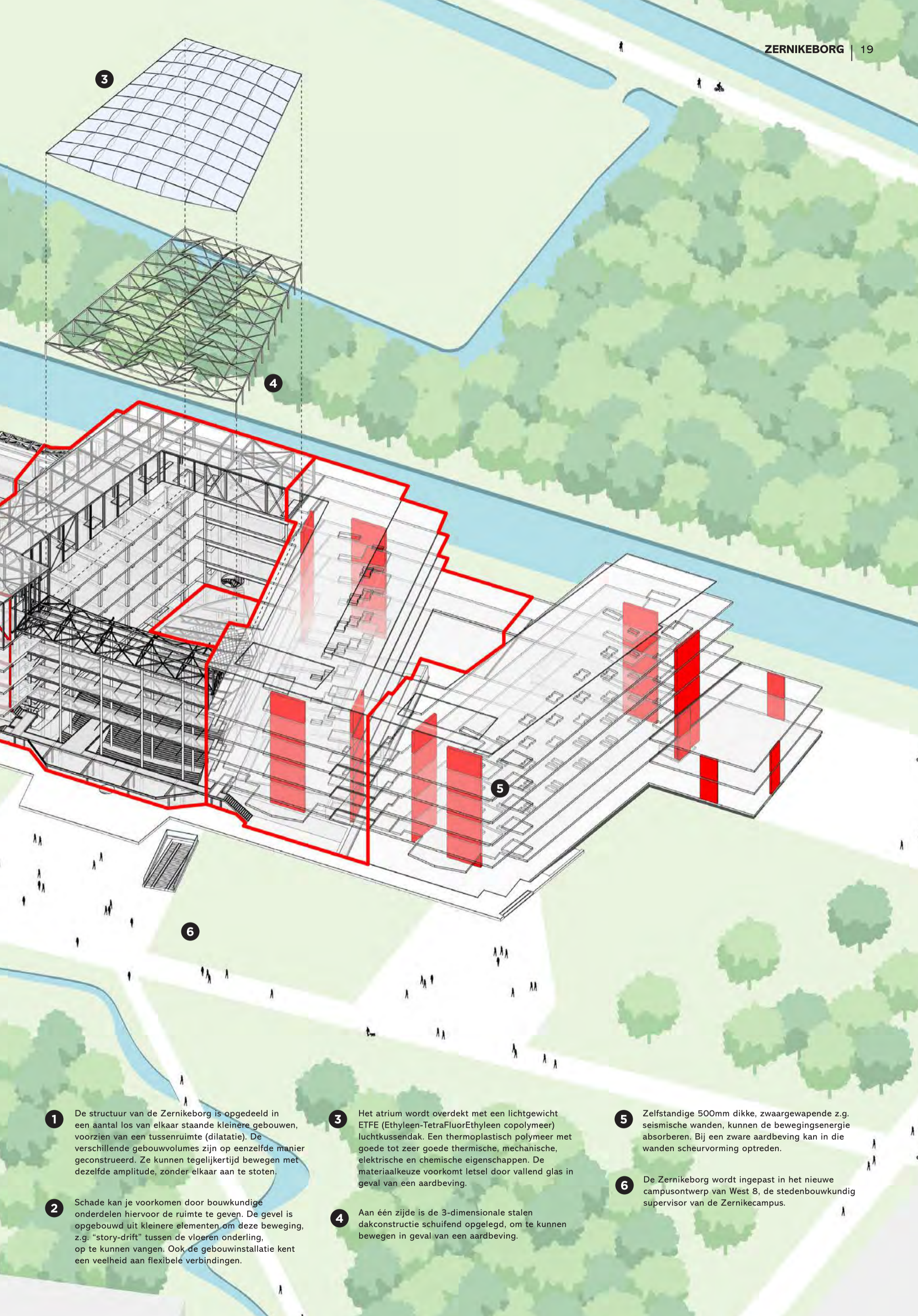
“BIJ DE AANVANG VAN HET ONTWERPPROCES WAS DE URGENTIE VAN AARDBEVINGSVEILIG BOUWEN NOG NIET EVIDENT.”

dat hij wil hebben”, antwoordt De Jong. “De kamstructuur vormde inderdaad geen moeilijkheidsfactor in het bedenken van het systeem. Maar het heeft wel verschillende randvoorwaarden met betrekking tot het dak van het atrium en de voorgevel die over dilataties heen moet. We ontdekken allerlei beperkingen.”

“Die ruime dilatatie hebben we technisch opgelost”, zegt Weijnen. “Maar als het om rankheid en detaillering gaat, zijn we er nog niet helemaal uit. De essentie dat het gebouw moet kunnen bewegen is meestal strijdig met hoe je het gebouw zou willen detailleren. Denk aan flexibele verbindingen, schuifconstructies en overdimensionering. Het bouwkostenbudget voor de Zernikeborg is nominaal, maar deze problematiek werkt door tot in de kleinste details en staat vaak de meest eenvoudige en kostenefficiënte oplossingen in de weg. Zo hebben we het volledige gevelontwerp moeten herzien en extra vloeroppervlak in het bouwvolume moeten toevoegen. Dat telt allemaal aardig op.”

De Jong: “Er is een complicerende factor bij gekomen die meerkosten meebrengt. Naar aanleiding van een in mei 2014 uitgekomen interim-advies, besloten we onze opdrachtgever te vertellen waar hij rekening mee moest houden. De RUG wil een gebouw hebben dat bij een aardbeving operationeel blijft. De kosten nemen in dat geval enorm toe. De NAM heeft twee vergoedingsregelingen: een percentage van de bouwkosten als afkoopregeling óf een vergoeding van redelijke meerkosten. De NAM beoordeelt of de maatregelen nodig zijn, maar baseert dat op de near collapse, dus op instortveiligheid.”

Weijnen: “Er is veel onderzoek naar de aardbevingen gaande. Op dit moment gaat de discussie er over of datgene wat in de NPR staat wel het gedrag is dat past bij de Groningse aardbevingen. Wat we in ieder geval vast kunnen stellen is dat er nog te weinig empirisch onderzoek bestaat. Dus eigenlijk zijn we aan het pionieren.” ■



1 De structuur van de Zernikeborg is opgedeeld in een aantal los van elkaar staande kleinere gebouwen, voorzien van een tussenruimte (dilatacie). De verschillende gebouwvolumes zijn op eenzelfde manier geconstrueerd. Ze kunnen tegelijkertijd bewegen met dezelfde amplitude, zonder elkaar aan te stoten.

2 Schade kan je voorkomen door bouwkundige onderdelen hiervoor de ruimte te geven. De gevel is opgebouwd uit kleinere elementen om deze beweging, z.g. "story-drift" tussen de vloeren onderling, op te kunnen vangen. Ook de gebouwinstallatie kent een veelheid aan flexibele verbindingen.

3 Het atrium wordt overdekt met een lichtgewicht ETFE (Ethyleen-TetraFluorEthyleen copolymeer) luchtkussendak. Een thermoplastisch polymeer met goede tot zeer goede thermische, mechanische, elektrische en chemische eigenschappen. De materiaalkeuze voorkomt letsel door vallend glas in geval van een aardbeving.

4 Aan één zijde is de 3-dimensionale stalen dakconstructie schuifend opgelegd, om te kunnen bewegen in geval van een aardbeving.

5 Zelfstandige 500mm dikke, zwaargewapende z.g. seismische wanden, kunnen de bewegingsenergie absorberen. Bij een zware aardbeving kan in die wanden scheurvorming optreden.

6 De Zernikeborg wordt ingepast in het nieuwe campusontwerp van West 8, de stedenbouwkundig supervisor van de Zernikecampus.