

# De **basis** van het gebouw is de locatie en de inrichting van het gebied

**Basjan Snoeij**

Peutz

**Ingenieursbureau Peutz is bij de bouw van het nieuwe TNW-gebouw verantwoordelijk geweest voor de trillingsarme laboratoria. Peutz deed al veel ervaring op met trillingsarme labs op andere plekken, maar het TNW-gebouw was door de hoge eisen, de moerassige veengrond en het drukke verkeer in de omgeving een bijzonder project. Basjan Snoeij, senior adviseur bij Peutz: “Al voor er iets op papier stond, stonden wij in een weiland trillingen te meten.”**

De basis van het nieuwe TNW-gebouw is de gekozen locatie en de inrichting van het omliggende gebied. Zonder deze factoren was het bestaan van het TNW-gebouw met zijn trillingsarme labs onmogelijk geweest. Voordat de locatie voor een gebouw met deze eisen gevonden was, onderzocht ingenieursbureau Peutz diverse locaties op de TU-campus. In wat toen nog een weiland was, maakten de ingenieurs op de beoogde locatie voor de nieuwbouw een paar meetpunten om de hoogte en de frequentie van de omgevingstrillingen te meten.

De grond trilt altijd, al is dat voor mensen niet waarneembaar. Alleen wie bijvoorbeeld direct naast een groot, bewegend object zoals een vrachtwagen staat, voelt wat trillingen. Vaak is het verplaatsen van grote massa's in de omgeving de oorzaak van trillingen: treinen, vrachtverkeer, of zoals in de omgeving van het nieuwe TNW-gebouw schepen op de Schie en de tram die in de toekomst over de TU-campus gaat rijden. Binnen een gebouw veroorzaken lopende mensen, koelmachines, liften en goederentransport die trillingen. Ook zonder menselijke activiteiten blijven trillingen in de bodem aanwezig, bijvoorbeeld veroorzaakt door golfslag op het strand of aardverschuivingen, of het inklinken van de bodem bij droogte.





## Eisen

Trillingen konden ze in het nieuwe TNW-gebouw niet gebruiken. Een van de belangrijkste elementen in het ontwerp van het TNW-gebouw zijn de laboratoria voor bionanoscience, waar onderzoek wordt gedaan naar de bouwstenen van het dna. In dat onderzoek is verstoring funest. Snoeij: “Als je kucht waait je strengetje dna weg. Dus het is zaak dat er binnen het gebouw heel weinig verstoringen door onder andere geluid en trillingen zijn.”

Om een trillingsarm lab te ontwikkelen in de nieuwbouw van TNW moest eerst duidelijk zijn welke trillingen in het gebied aanwezig zijn. In dit geval waren het laagfrequente trillingen, tussen de één en zeven hertz, die bepalend waren op de nieuwbouwlocatie, en typerend zijn voor de Hollandse bodemsamenstelling van veen en moeras.

## Belang van de ondergrond

De TU Delft stelde de trillingseis VC-F voor het TNW-gebouw. Men keek daarbij met een schuin oog naar de prestaties voor het NanoLab van de Universiteit Twente, dat op een zandbodem staat en veel minder trillingen heeft vanuit de directe omgeving. De zoeklocatie binnen de TU campus had in vergelijking daarmee behoorlijk wat handicaps, waaronder de veenachtige bodem en een veel intensiever niveau van menselijke activiteiten en verschillende verkeersstromen. Snoeij: “We hebben ervaring uit het verleden met het ontwerpen van trillingsarme laboratoria, onder andere voor de universiteiten in Enschede, Utrecht en Amsterdam. Daar hebben we van geleerd dat de bodem erg belangrijk is. Als je iets goeds wilt hebben heb je een goede basis nodig, maar die basis is niet alleen de fundering van het gebouw. De basis is ook de plek die je uitkiest en de omgeving. Binnen een straal van driehonderd meter zijn zaken als toekomstige trams van belang. Vroeger was dat niet zo, toen hadden we minder zware eisen en keek je eigenlijk alleen naar de trillingsbronnen binnen het gebouw. Zeker in Enschede was de potentie aanwezig om een hele hoge trillingsnorm te halen, dus daar hebben we ook op ingestoken. Daarbij hebben we geleerd hoe belangrijk de omgeving was. Die kennis hebben we in Delft goed kunnen gebruiken en verder uitgediept. Wat dat betreft is het TNW-gebouw echt uniek.”

Een van de handicaps bij de ontwikkeling van het TNW-gebouw was dat er rekening moest worden gehouden met de tram die in de toekomst over de TU-campus gaat rijden. Peutz loste dat op door op basis van metingen bij trams elders een bodemmodel te maken. Op die manier kon Peutz voorstellingen doen over de trillingen die de tram zou veroorzaken op de zoeklocaties. Uiteindelijk is op basis daarvan de definitieve locatie voor de nieuwbouw gekozen. Maar ook de inrichting van het gebouw en de directe omgeving zijn afgestemd op de trillingen. De laboratoria zitten precies in het midden van

het gebouw, tussen de Rotterdamseweg, waar vrachtverkeer is, en de al aangelegde trambaan. De drukke doorgaande Kluyverweg, voorheen aangrenzend aan de nieuwbouwlocatie, is omgevormd tot een autovrij Kluyverpark. Er was geen plek te vinden waar de trillingsnormen gehaald zouden worden als de Kluyverweg zou blijven bestaan.

## Bijzondere vloeren

Er is in het ontwerp niet alleen rekening gehouden met het beperken van trillingen rond het gebouw maar ook met die in het gebouw zelf. Het gebruik van het gebouw, met name verplaatsingen op de vloer, veroorzaakt ook trillingen. Peutz ontwierp samen met de constructeur een bijzondere constructie onder de labvloeren om ook deze trillingen te minimaliseren. De vloeren onder de high resolution-labs, de hr-labs zijn het meest ingenieus. Om de gestelde eisen in deze labs te halen mag zelfs niet op de vloer worden gelopen. Er werd een oplossing bedacht waarbij de vloer van de labs vrij is gehouden van de rest van de constructie en waarbij over de trillingsarme vloeren rondom de meetopstelling nog eens een aparte loopvloer is gerealiseerd. De hr-labs liggen op een betonnen vloerplaat van 800 millimeter dik. Deze plaat heeft een eigen fundering met 30 heipalen per blok van 13 meter lengte die tot in de zandlaag in de bodem reiken. Zo zijn er drie betonnen vloerplaten voor de hr-labs. De heipalen staan in schoorstand, dat betekent scheef, voor meer stabiliteit. Ze zijn op een nauwkeurig berekende afstand van elkaar geheid zodat ze elkaar niet kunnen raken. Op de vloerplaat zijn ter hoogte van de meetopstelling aparte betonblokken geplaatst, verzonken in de loopvloer en volledig los gehouden om contacttrillingen met de loopvloer te voorkomen. Op die manier kunnen onderzoekers rond de meetopstelling lopen zonder deze te verstoren. Voor de mr-labs zijn ook betonnen vloerplaten gemaakt van 800 mm dikte, maar met een minder complex palenplan. Over deze vloeren mag wel worden gelopen; de trillingseis is minder streng.

Snoeij: “Om er zeker van te zijn dat deze constructie echt zou werken hebben we alles doorgerekend en met modellen gewerkt. We zijn begonnen met een blokje van tien bij tien meter met een paar paaltjes er onder, maar als blijkt dat dat niet werkt, dan maak je 'm wat groter, wat dikker en met meer palen. Dat leidt tot een rekenmodel en een vorm waarvan je denkt: “als we 'm zo maken, dan zouden we de eisen moeten kunnen halen.” Vervolgens zegt de constructeur: “Hartstikke leuk, maar hoe krijgen we die palen in de bodem?” Uiteindelijk komt er iets uit waarbij elke paal een bepaalde richting neemt, zodanig dat deze onderweg geen andere paal tegenkomt. Er is dus per paal heel nauwkeurig vastgelegd onder welke hoek hij de grond in moet. We hebben in het veld een proefheipaal geslagen en daarop trillingsmetingen gedaan met verschillende trillingsbronnen, om te controleren of ons reken-

model van de bodem klopte. Uit die metingen konden we de zekerheid halen dat het rekenmodel van de bodem en de vloeren, daadwerkelijk een betrouwbare prognose gaf.”

## Meten is weten

Snoeij: “De bouwcombinatie heeft de trillingseisen, de vloerconstructie en het heien heel serieus genomen. De heipaalconstructie zit zo dicht op elkaar dat je geen extra paal kan slaan als de eerste fout gaat. De bouwcombinatie heeft heel nauwkeurig bepaald in welke volgorde ze de palen zou slaan, en bij elke paal gecontroleerd of de stand van de heimachine goed was.”

Nadat de heipalen en de vloer gereed waren, heeft Peutz in de ruwbouwfase controlemetingen uitgevoerd. De bouwcombinatie was op dat moment bezig met de eerste verdieping, maar er waren nog geen installaties in het gebouw aangebracht. Peutz liet op een paar meter afstand van het gebouw een zandzak van twee ton vallen. Daarmee veroorzaakten ze trillingen die in de bodem en op de blokken in de hr-labs gemeten werden en kon Peutz verifiëren of het rekenmodel overeen kwam met de metingen. Snoeij: “Onze prognose op basis van het rekenmodel was voorzichtig. De gemeten trillingsoverdracht was beter dan verwacht. Dat gaf iedereen veel vertrouwen dat het met de rest van het gebouw ook wel goed zou komen.”

## Resultaten

Toen de laboratoria klaar waren en de installaties zoals de koeling, ventilatie en liften werkten, heeft Peutz de laatste controlemetingen uitgevoerd. Daarbij bleek dat de achtergrondniveaus op de blokken in de hr-labs ruimschoots onder de trillingseis VC-F zitten. In de avond, als er weinig verkeer is, wordt zelfs de hogere VC-G klasse gehaald, ook voor de frequenties tussen één en zeven hertz, wat voor dit type bodem uniek is. Dat is een klasse beter dan oorspronkelijk gevraagd. Bij andere laboratoria zijn ook heel lage trillingsniveaus gehaald, maar niet voor deze lage frequenties. Snoeij: “Met deze vloerconstructie en de inrichting van de omgeving is het gelukt om die VC-G klasse te halen. Wie het meest nauwkeurige onderzoek wil doen moet 's avonds of in het weekend naar het lab, maar dat hebben de onderzoekers er wel voor over.”

## Bijzondere ervaring

Snoeij: “Het werkmodel dat Aronsohn heeft gebruikt voor dit project is ons goed bevallen. Wat mij is bijgebleven in dit proces is de rol die de bouwcombinatie heeft gekregen en die ze heel serieus hebben genomen. Je kan op papier bedenken hoe iets fantastisch kan werken, maar je moet wel een bouwcombinatie hebben die dat opbouwt. Tijdens de uitvoering heeft de bouwcombinatie ons vaak vragen gesteld over de aanpak. Dat pleit voor ze. Op die manier hebben zij het resultaat kunnen halen dat wij hebben bedacht.”

“Tijdens het ontwerp van het TNW-gebouw hebben we veel geleerd over trams; wat ze doen, welke trillingen verschillende typen trams veroorzaken, wat bochten doen en welke invloed de fundering van een trambaan heeft. En we hebben geleerd dat als je iets wil bereiken, je alle partijen aan tafel moet brengen. Voor dit gebouw is de geplande keerlus van de tram verlegd, en dat hebben we kunnen doen doordat we aan tafel zaten met de TU Delft, de gemeente Delft, het Stads-gewest Haaglanden en de trammaatschappij. Ook het VSL is in dat proces betrokken, een nabijgelegen bedrijf dat eveneens trillingsgevoelige meetopstellingen heeft. Met al die partijen is het gezamenlijk gelukt om een trillingsarme plek voor het TNW-gebouw te maken.”

Snoeij: “Iedereen in het team committeerde zich aan de eisen die gesteld waren en aan de opgave om iets bijzonders te maken. Bepaalde voorzieningen in dit gebouw zijn uniek. Het besef hoe belangrijk trillingen zijn is op die manier doorsijpeld naar alle lagen van de uitvoeringsgroep.” Ik vind het heel bijzonder om nu in dit gebouw rond te lopen. Ik heb zelf in Delft gestudeerd en kan nu oud-studiegenoten en docenten bij TNW vertellen wat ik voor ze heb gedaan. Dat ik hieraan heb meegewerkt is een verhaal dat ik met veel trots en genoegen vertel.”



### Basjan Snoeij

Basjan Snoeij is senior adviseur bouwfysica en akoestiek bij Peutz. Hij is gespecialiseerd in trillingstechniek, en met name in trillingsarme laboratoria. Hij studeerde Technische Natuurkunde aan de TU Delft.