



## BETONNEN TAFEL HOUDT AMSTERDAM CS BOVEN NOORD/ZUID-LIJN

# Palen dwarsbomen metrolijn

DE AANLEG VAN DE NOORD/ZUID-LIJN IS SERIEUS BEGONNEN. HET SAMENWERKINGSVERBAND VOF STATIONSEILAND GAAT ALLE 9000 HOUTEN PALEN ONDER CS AMSTERDAM VERWIJDEREN. DE BOUW VAN DE NIEUWE FUNDERING DUURT DRIE JAAR.

HOEWEL AL SINDE 1994 WORDT GEWERKT AAN HET ontwerp voor de Noord/Zuid-lijn (de 9,5 km lange nieuwe metrolijn van Amsterdam-Noord naar Amsterdam-Zuid/WTC), heeft de gemeenteraad van Amsterdam pas op 9 oktober 2002 definitief ingestemd met de daadwerkelijke aanleg (zie ook *De Ingenieur* nr. 22/23, 13-12-2002). 'Toch zal het echte werk nu pas beginnen', meent ir. Bauke Schat, terwijl hij een schijf uitgedroogd hout ter grootte van een flinke taart op tafel legt. Schat werkt als ontwerper ondergronds bouwen bij de VOF Stations-eiland, een samenwerkingsverband tussen Arcadis Infra BV en Holland Railconsult, dat verantwoordelijk is voor het ontwerp van het deel van de Noord/Zuid-lijn onder het Centraal Station.

### FUNDATIE

'De schijf is afkomstig van een van de houten palen waarop het station rust. Toen in 1869 de bouw van het Centraal Station Amsterdam op een kunstmatig eiland aan de veenoevers van het IJ begon, werden 9000 houten palen geheid als fundatie. Omdat de baan van de nieuwe Noord/Zuid-lijn precies onder het midden van het station loopt, dwars door de huidige fundatiepalen heen, moeten alle palen onder het 130 m lange midden-deel eruit, voordat de tunnel voor de Noord/Zuid-lijn geplaatst kan worden.'

Tegelijkertijd komt er een nieuwe fundatie onder het middengedeelte van het stationsgebouw, de overkapte emplacements en het gebouw aan de IJ-oever, die de huidige belasting geleidelijk van de houten palen overneemt zonder dat het monumentale station gaat verzakken of scheuren. Pas daarna kan in deze 'paalooze' bouwkuip onder het station een ondergronds kanaal in verbinding met het IJ worden gegraven. Via dit kanaal varen de uitvoerders een betonnen tunnelement onder het station en laten die afzinken. Daarna gooien ze het kanaal dicht en verbinden het tunnelement met de tunnel voor en achter het station.

'De belangrijkste ontwerp eis voor deze enorme bouwoperatie is dat alle werkzaamheden, inclusief de aan- en afvoer van alle bouwmaterialen, vanuit en onder het bestaande station moet worden uitgevoerd zonder dat de duizend treinen per dag er onoverkomelijke hinder van ondervinden', zegt Schat.

Maar het eindoordeel ligt natuurlijk bij de 250 000 reizigers die dagelijks van Amsterdam CS gebruikmaken. Zij zullen de komende vijf jaar bepalen of de aanleg van de metrolijn vlekkeloos verloopt. Pas een paar jaar later, in 2011, zal de nieuwe metro daadwerkelijk onder het station doorrijden. ●



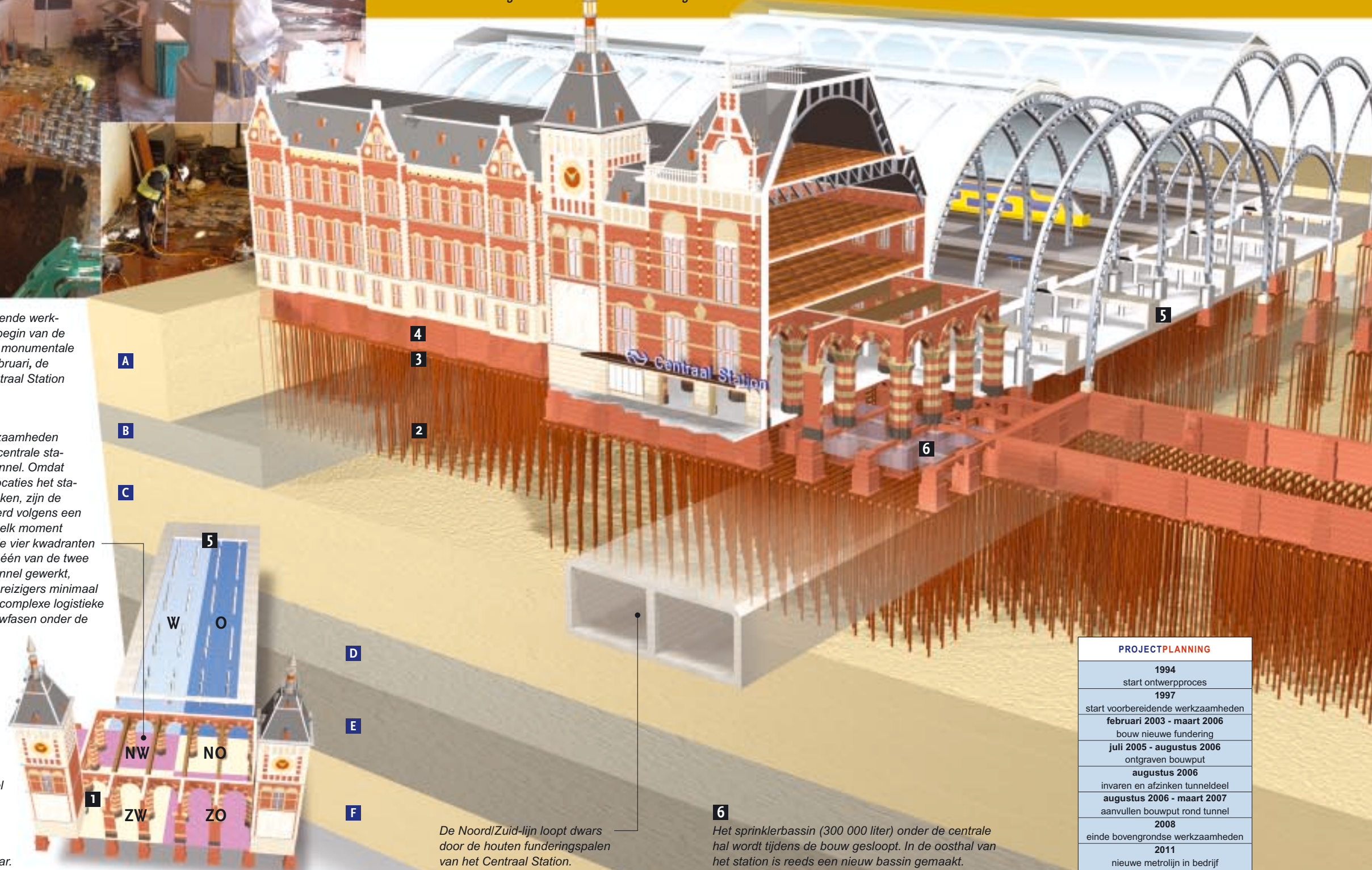
Na jaren van voorbereidende werkzaamheden, is met het begin van de sloop van de vloer in de monumentale stationshal afgelopen februari, de verbouwing van het Centraal Station echt begonnen.

Alle graaf- en boorwerkzaamheden vinden plaats vanuit de centrale stationshal en de middentunnel. Omdat sluiting van deze twee locaties het station onbruikbaar zou maken, zijn de bouwactiviteiten gefaseerd volgens een kwadrantenindeling. Op elk moment wordt maar in één van de vier kwadranten van de stationshal en in één van de twee helften van de middentunnel gewerkt, zodat de hinder voor de reizigers minimaal blijft. Wel vereist dit een complexe logistieke planning omdat alle bouwfasen onder de hal in vier stappen na elkaar plaatsvinden. Om de beperkte capaciteit van de halve middentunnel te compenseren is de Westtunnel vroegtijdig verbreed. In juni 2000 was de nieuwe Westtunnel klaar, drie keer zo breed als de oude tunnel en daarmee een kopie van de middentunnel. Na anderhalf jaar is ook de middentunnel weer in zijn geheel beschikbaar.

De grondopbouw onder het station is het belangrijkste uitgangspunt voor de gekozen fundatieconstructie. Grofweg bestaat de bodem in Amsterdam uit drie zandlagen (geschikt voor fundatie) afgewisseld door slappe kleilagen. De gebouwen in de binnenstad staan op de eerste en de tweede zandlaag. De exacte niveaus van de grondlagen verschillen echter sterk per locatie in Amsterdam (de tabel hiernaast toont waarden bij het station). Op de voormalige IJbodem onder het station ontbreekt zowel de eerste zandlaag als een groot deel van de tweede zandlaag. Het stationsgebouw en de kappen zijn daarom gefundeerd op de tweede zandlaag met paallengtes van 15,5 tot 19 m. Sinds de voltooiing van de bouw in 1889 is de bovenzijde van het ophoogzand samen met het gebouw circa 20 cm. gezakt.

- A** NAP +5 m tot -7 m  
ophoogzand uit het Noordzeekanaal
- B** NAP -7 m tot -15 m  
slappe IJ-klei
- C** NAP -15 m tot -28 m  
zand met kleilagen
- D** NAP -28 m tot -45 m  
Eem-klei
- E** NAP -45 m tot -55 m  
glaciale klei
- F** NAP -55 m en dieper  
de derde zandlaag

De exacte plaats van de 9000 eiken houten funderingspalen is niet bekend **2** (15 m lang, diameter 28 cm onder, 14 cm boven, onder linge afstand 75 cm). Boven op de palen liggen over de hele oppervlakte van het stationsgebouw grenen balken **3** en een dennenhouten vloer (8 cm dik). De houten vloer was toentertijd een gebruikelijke overgang tussen de paalkoppen en het metselwerk **4** van de fundering. Het station rust niet (meer) volledig op de palen maar steunt deels op de bovenste zandlaag (een gecombineerde staal-paalfundering). De betonnen voetgangerstunnel **5** onder de sporen is twintig jaar geleden op staal (= op zand) gefundeerd, dit was mogelijk omdat door het weggraven van het ophoogzand voor de nieuwe tunnel de belasting op de ondergrond min of meer gelijk bleef.



PROJECTPLANNING	
1994	start ontwerpproces
1997	start voorbereidende werkzaamheden
februari 2003 - maart 2006	bouw nieuwe fundering
juli 2005 - augustus 2006	ontgraven bouwput
augustus 2006	invaren en afzinken tunneldeel
augustus 2006 - maart 2007	aanvullen bouwput rond tunnel
2008	einde bovengrondse werkzaamheden
2011	nieuwe metrolijn in bedrijf

De Noord/Zuid-lijn loopt dwars door de houten funderingspalen van het Centraal Station.

**6** Het sprinklerbassin (300 000 liter) onder de centrale hal wordt tijdens de bouw gesloopt. In de oosthal van het station is reeds een nieuw bassin gemaakt.



# TUBEXPALEN

De nieuwe fundatieconstructie lijkt op een kolossale tafelconstructie bestaande uit twee 30 m diepe wanden aan weerszijden van de metrotunnel, afgedekt door een raamwerk van betonnen balken met een overspanning van 21 m.

Twee maal een dubbele rij stalen palen **1** vormen de grenzen van de funderingswanden onder het stationsgebouw. De grond **2** tussen deze tubexpalen wordt met draaiende injectielansen onder hoge druk (250 bar) volgespoten met grout (een mengsel van cement en water), de zogenaamde jetgrouptechniek. Ter versteviging van de fundering naast de tubexpalen worden stalen VHP palen **3** (Very High Pressure) 24 m de grond ingeboord (circa 2 m per deel). Door de paal gaat grout de grond in (druk 50 en 300 bar), zodat om de buis een groutkolom ontstaat (diameter aan de onderzijde 75 cm).

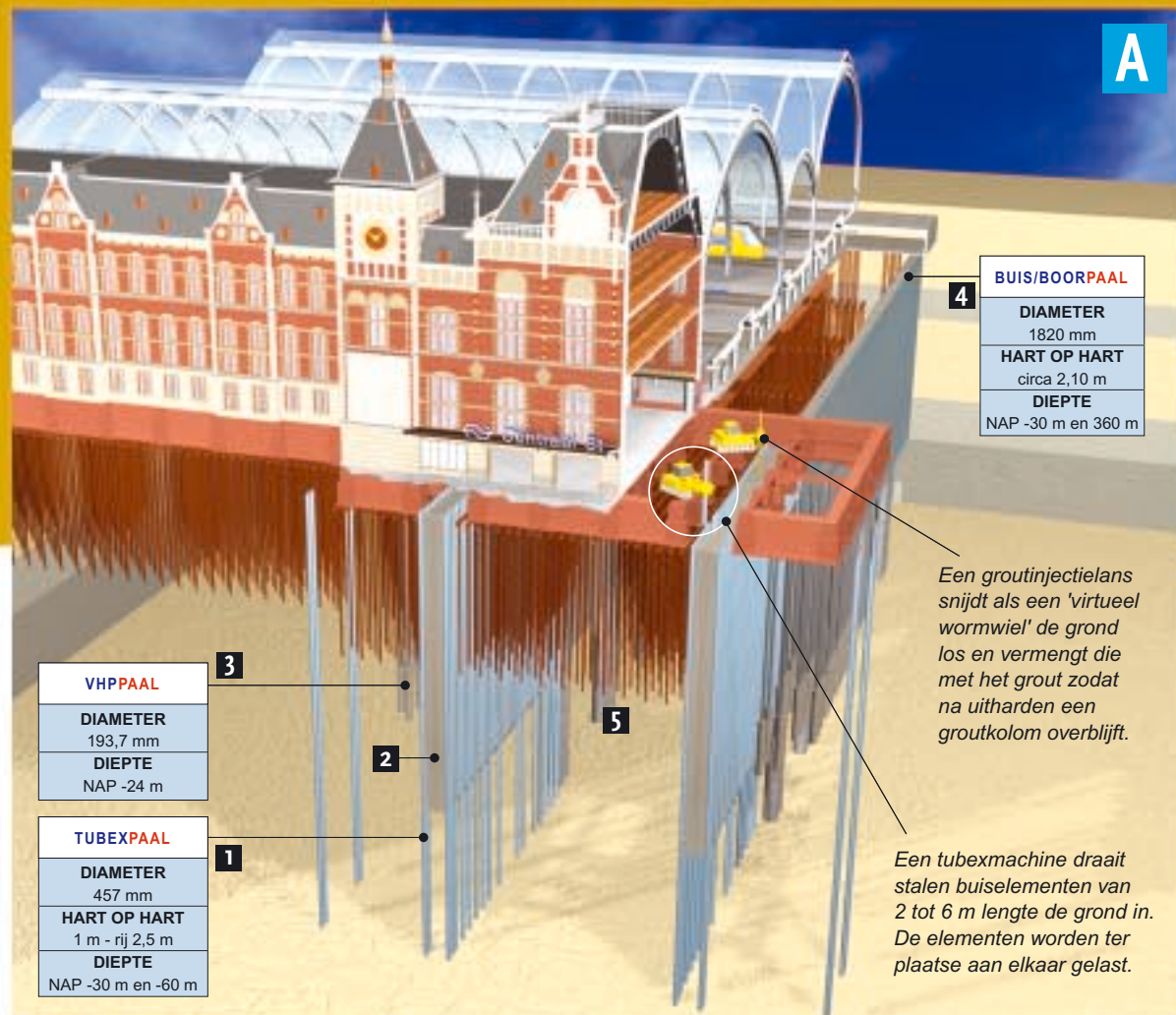
Omdat de emplacementbelasting andere eisen stelt aan de grondkering, worden onder de emplacementen grote stalen buispalen **4** zo dicht mogelijk naast elkaar ingebracht. Op de plaats van de perrons komen voor de fundering in de buizen betonnen boorpalen **5** te staan (in de grond gevormd) tot NAP -66 m, dat is tot in de derde zandlaag. Met de jetgrouptechniek wordt de ruimte tussen de buispalen opgevuld met grout, waardoor de wand grond- en waterkerend wordt.

Op de nieuwe funderingswanden worden ter plekke enorme balken (de primaire balken) gestort **1** die de toekomstige bouwkuip voor de metrotunnel overspannen. Tussen de primaire balken komen secundaire dwarsbalken **2**. Na het voorspannen van de primaire balken wordt met hulpconstructies en vijzels de belasting van het stationsgebouw en de emplacementen geleidelijk overgedragen van de oude metselfundering op het nieuwe raamwerk van primaire en secundaire balken. Het resterende metselwerk in de kelder onder de nieuwe balken kan worden gesloopt.

Nu de wanden en het dak van de nieuwe fundatie alle belastingen hebben overgenomen, kan onder de stationshal en de middentunnel alle grond tussen de wanden worden ontgraven. Na verlaging van de grondwaterstand tot NAP -5,5 m, ontgraven kleine grijpers de bouwkuip droog **3** tot NAP -5,0 m. Alle houten palen en metselwerk worden daarbij gesloopt.

met dank aan:  
ir. Bauke Schat, VOF Stationseiland

illustratie & tekst: Eric Verdult, [www.kennisinbeeld.nl](http://www.kennisinbeeld.nl) © 2003



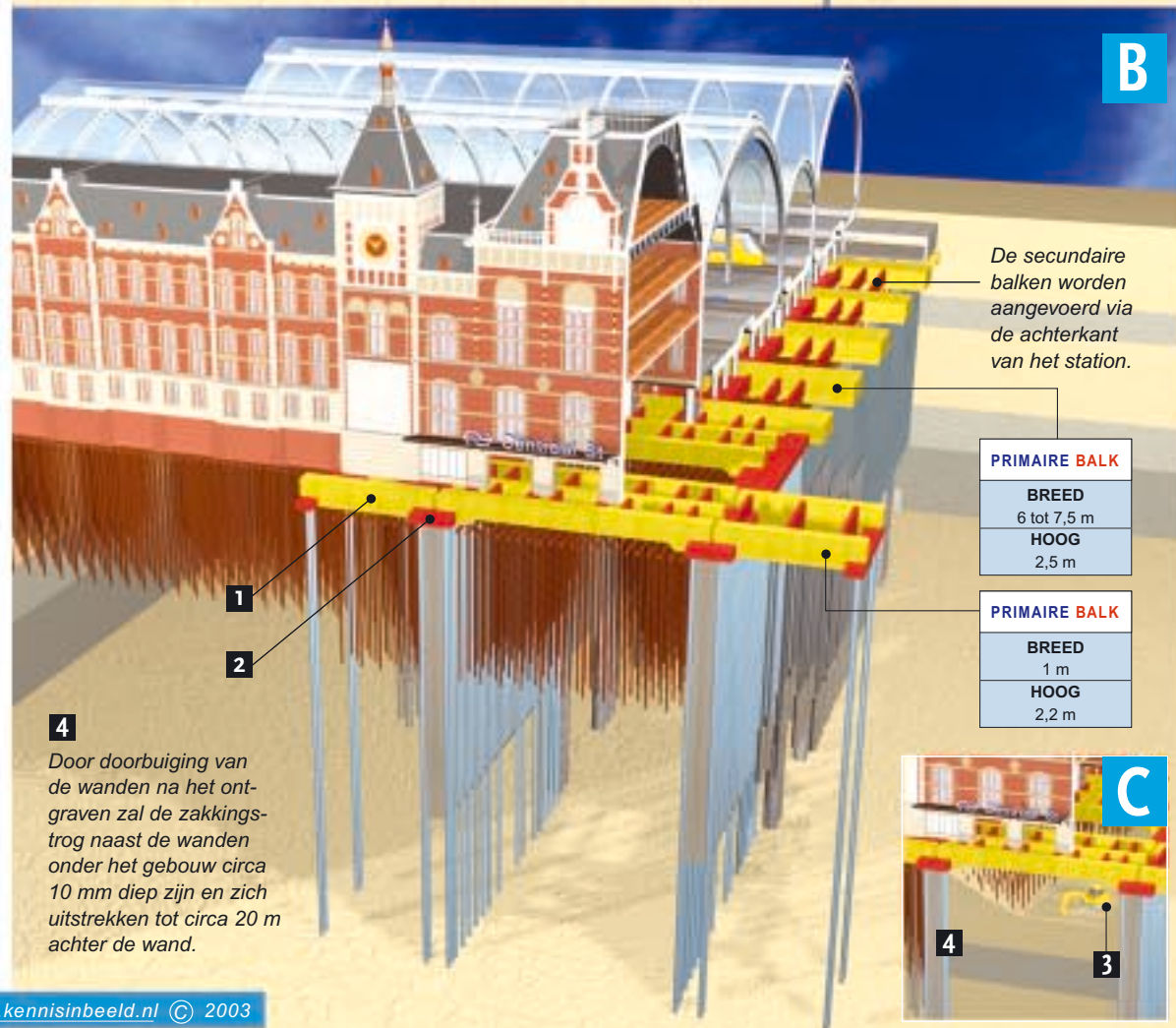
<b>BUIS/BOORPAAL</b>
<b>DIAMETER</b>
1820 mm
<b>HART OP HART</b>
circa 2,10 m
<b>DIEPTE</b>
NAP -30 m en 360 m

<b>VHPPAAL</b>
<b>DIAMETER</b>
193,7 mm
<b>DIEPTE</b>
NAP -24 m

<b>TUBEXPAAL</b>
<b>DIAMETER</b>
457 mm
<b>HART OP HART</b>
1 m - rij 2,5 m
<b>DIEPTE</b>
NAP -30 m en -60 m

Een groutinjectielans snijdt als een 'virtueel wormwiel' de grond los en vermengt die met het grout zodat na uitharden een groutkolom overblijft.

Een tubexmachine draait stalen buiselementen van 2 tot 6 m lengte de grond in. De elementen worden ter plaatse aan elkaar gelast.

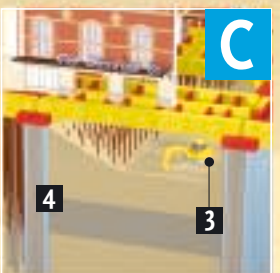


<b>PRIMAIRE BALK</b>
<b>BREED</b>
6 tot 7,5 m
<b>HOOG</b>
2,5 m

<b>PRIMAIRE BALK</b>
<b>BREED</b>
1 m
<b>HOOG</b>
2,2 m

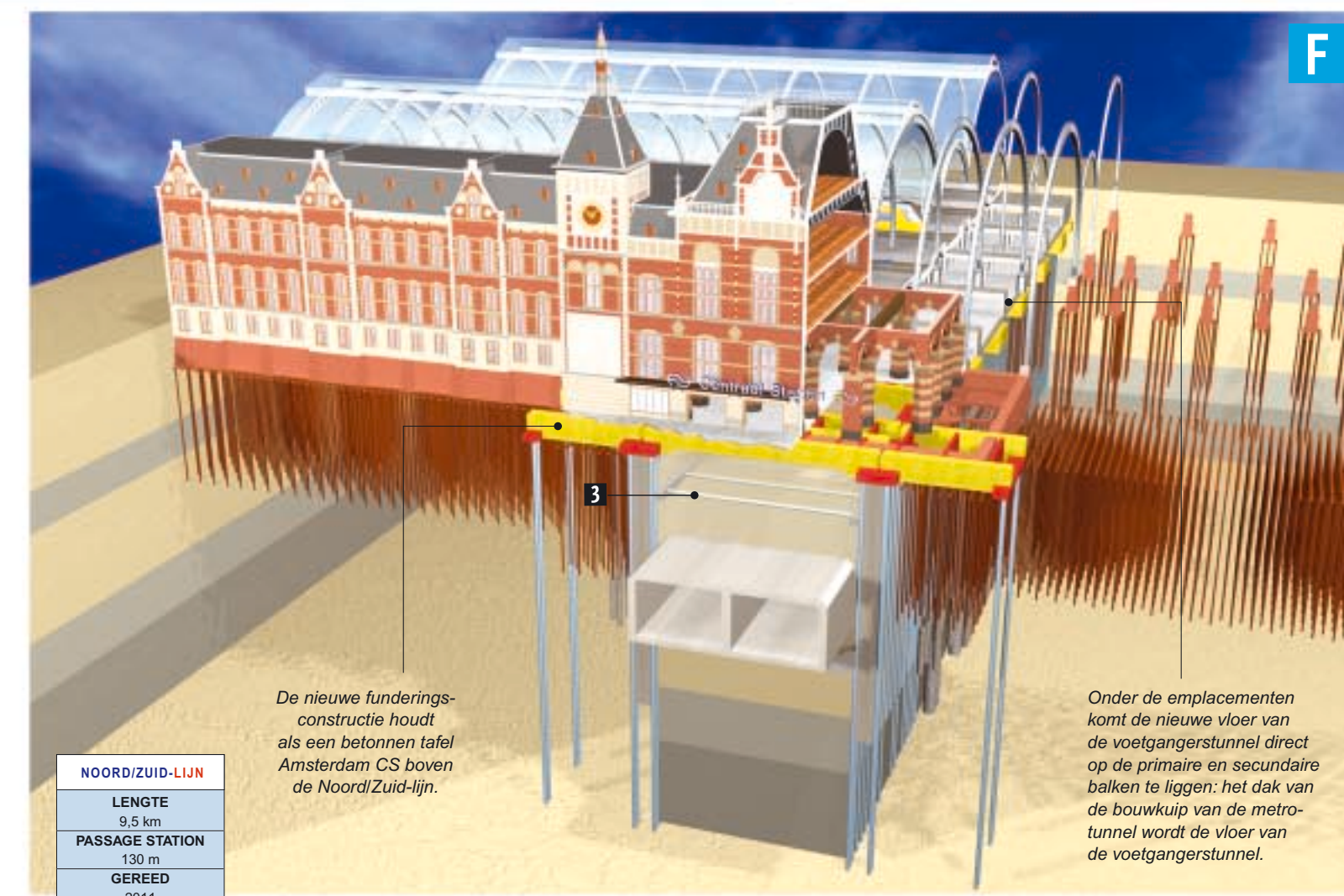
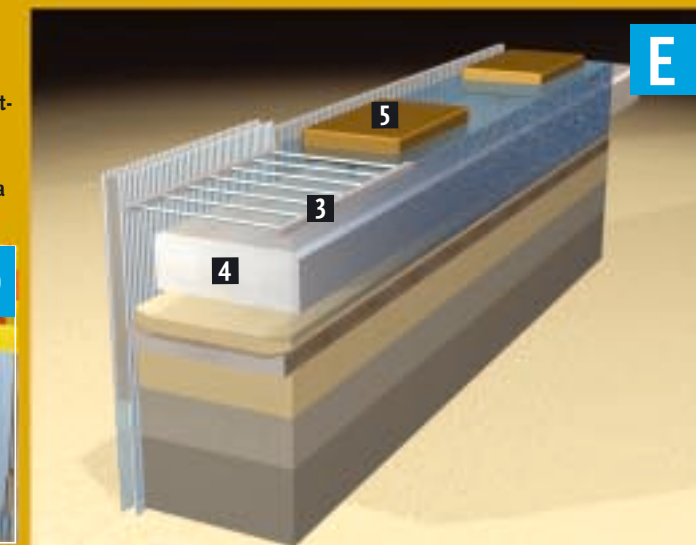
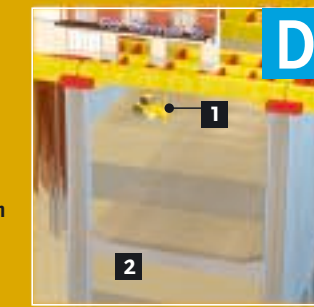
De secundaire balken worden aangevoerd via de achterkant van het station.

**4**  
Door doorbuiging van de wanden na het ontgraven zal de zakkings-trog naast de wanden onder het gebouw circa 10 mm diep zijn en zich uitstrekken tot circa 20 m achter de wand.



# ONDERGRONDS KANAAL

Vanaf NAP -5,0 m leggen de uitvoerders met de jetgrouptechniek **1** op twintig m diepte een groutstempel, een soort verharde grond- en groutkoek **2** die de bouwputwanden aan de onderzijde horizontaal steunt en zo de vervorming van de wanden beperkt. Onder de stationshal wordt voor extra steun van de wand een tussenstempel **3** aangebracht van stalen buizen op NAP -4,5 m. Na verhogen van het grondwaterpeil in de bouwput tot NAP -3,0 m ontgraft een mini-snijkopzuiger 'in den natte' tot NAP -18 m waarbij alle houten palen door de snijkop worden vernalen en afgevoerd. Een 130 m lang tunnel-element **4**, gebouwd in een bouwdoek, wordt naar de locatie gesleept, via het IJ onder het station gevaren en vervolgens op de juiste positie afgezonken in het tijdelijke ondergrondse kanaal. Het (afgesloten) tunnel-element hangt tijdens het invaren aan twee pontons **5** onder water (een soort duikboot) zodat het onder de tussenstempels **3** onder het stationsgebouw kan doorkomen. De ruimte onder en rondom het tunnel-element wordt hydraulisch en droog aangevuld tot NAP +0,50 m.



<b>NOORD/ZUID-LIJN</b>
<b>LENGTE</b>
9,5 km
<b>PASSAGE STATION</b>
130 m
<b>GEREED</b>
2011
<b>KOSTEN</b>
1,4 miljard euro

De nieuwe funderingsconstructie houdt als een betonnen tafel Amsterdam CS boven de Noord/Zuid-lijn.

Onder de emplacementen komt de nieuwe vloer van de voetgangerstunnel direct op de primaire en secundaire balken te liggen: het dak van de bouwkuip van de metrotunnel wordt de vloer van de voetgangerstunnel.



# DAMRAK

Na Amsterdam CS gaat de metrolijn via twee geboorde tunnels de stad in richting Amsterdam Zuid/WTC. Eind januari is begonnen met het inbrengen van damwanden in het natte Damrak. Met de damwanden wordt een bouwkuip gemaakt voor de startschacht van de tunnelboormachines voor de Noord/Zuid-lijn. Een deel van de meest zuidelijke brug wordt gesloopt. In 2005 begint het boren van de metrobuisc richting Dam en Rokin. De geboorde metrotunnel

(lengte 3,8 km) ligt in de tweede zandlaag (32 m diep), ver onder en naast de meeste palen in de eerste zandlaag.

## INTERNETBRONNEN

- [www.stationseiland.amsterdam.nl](http://www.stationseiland.amsterdam.nl)
- [www.noordzuidlijn.amsterdam.nl](http://www.noordzuidlijn.amsterdam.nl)
- [www.ijovers.nl](http://www.ijovers.nl)
- [www.ijsei.amsterdam.nl](http://www.ijsei.amsterdam.nl)