

TNO-rapport

2006-U-R0087/B

**Geologisch vooronderzoek met betrekking tot de
toekomstige gastransportleiding Wijngaarden - Zelzate**

Datum 2 juni 2006

Auteur(s) P.C. Vos
A. Menkovic
G. de Lange
V. Marges

Opdrachtgever N.V. Nederlandse Gasunie
Projectnaam Gastransportleiding Wijngaarden - Zelzaten
Projectnummer 034.69165

Goedgekeurd door M.J. van der Meulen

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
2	Geologische laagbeschrijving.....	4
2.1	Boorgegevens	4
2.2	Beschikbare geomechanische gegevens.....	5
2.3	Betrouwbaarheid van de gegevens.....	5
2.4	Lithologische en geofysische beschrijving van de onderscheiden laageenheden	6
3	Geologische regio's	10

1 Inleiding

De Nederlandse Gasunie is voornemens gastransportleidingen aan te leggen tussen Wijngaarden (Zuid-Holland) en Zelzate (Zeeuws-Vlaanderen). De totale lengte van het leidingtracé bedraagt circa 110 km (Bijlage 1). De Gasunie heeft TNO Bouw en Ondergrond gevraagd om - op basis van bestaande gegevens uit DINO (Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond) en de beschikbare geologische kennis - een geologisch profiel samen te stellen over de tracélijn tot 20 m onder maaiveld. In het profiel worden de aanwezige lithologische laageenheden gepresenteerd (Bijlage 3). De bodemsamenstelling (klei, veen, zand e.d.) wordt zichtbaar in de in het profiel weergegeven boorkolommen. De geotechnische eigenschappen van de lagen in de profielen – binnen de eerste 5 m onder maaiveld – zijn samengevat in bijlage 3. De profielen (Bijlage 2) en de geofysische eigenschappen (Bijlage 3) geven een beeld van de te verwachten geologische en geotechnische situatie langs het tracé van de toekomstige gastransportleiding. Ze zijn geen vervanging voor het door de Gasunie geplande meer gedetailleerde bodemonderzoek. Gezien de schaal en de gebruikte informatiedichtheid (bijlage 1) geven de profielen een indicatie m.b.t. het verloop van de verschillende aardlagen in de bodem, maar zijn slechts indicatief bruikbaar, en niet geschikt om geomechanische, geohydrologische of andere berekeningen mee uit te voeren.

Bij het vervaardigen van de nieuwe profielen zijn onderstaande uitgangspunten gehanteerd:

- De profieldiepte bedraagt 20 m -maaiveld. Gezien de diepte van de beschikbare boringen wordt verwacht dat de bovenste 10 m van het profiel betrouwbaarder is en meer detail bevat dan het diepere deel.
- De gebruikte maaiveldhoogte is indicatief (afkomstig uit ons REGIS bestand)
- In het profiel zullen de lithostratigrafische eenheden worden gepresenteerd. De bodemsamenstelling (lithologie van de lagen) wordt zichtbaar middels de in het profiel weergegeven boorkolommen.
- De profielen zullen per tracédeel van 5 km worden weergegeven op A3-formaat (vergelijkbaar Friesland tracé, TNO project nr. 24140). De 5 km tracédelen zijn afgeleid van de tracékaart van de Gasunie (bijlage 1).
- De profielen (+ kilometeraanduiding) zullen van noord naar zuid lopen;
- De profielen zullen ook digitaal (*.jpg of vergelijkbaar) worden geleverd.

De profielen zijn samengesteld door A. Menkovic en V. Marges. De geotechnische inventarisatie is uitgevoerd door G. de Lange. Projectleiding en rapportage waren in handen van P.C. Vos.

In dit rapport worden de onderscheiden laageenheden een kort lithologische beschrijving gegeven. Ook wordt per profieldeel een korte karakterisatie gegeven van de geologische en geotechnische opbouw (respectievelijk tot 20 m en 5 m onder maaiveld).

2 Geologische laagbeschrijving

Op basis van de binnen TNO Bouw en Ondergrond aanwezige geologische kennis, kaartmateriaal, lithologische data (boorgegevens) en geomechanische gegevens (sonderingen) zijn geologische profielen tot 20 m diepte vervaardigd voor het tracé van de toekomstige gastransportleiding Wijngaarden - Zelzate. Gedetailleerde maaiveldhoogte gegevens uit het Actuele Hoogtebestand Nederland (HAN, Topgrafische Dienst) zijn niet gebruikt. Het landoppervlak is bepaald aan de hand van de maaiveldgegevens uit de boorgegevens en de topografische kaarten.

De op de profielen aangegeven ligging van de waterbodem in de rivieren en zeearmen, en de waterbodem in sloten/watergangen zijn - evenals de breedte van de watergangen, dijken e.d. - slechts indicatief. Deze zijn niet geschikt om gebruikt te worden voor ontwerpen, maatvoering en andere toepassingen waarbij nauwkeurige landmeetkundige gegevens vereist zijn.

2.1 Boorgegevens

De boorgegevens zijn afkomstig uit de Databank Informatie Nederlandse Ondergrond (DINO) bij TNO. Voor het profiel zijn 796 boringen gebruikt die binnen een buffer van 500 (ondiepe handboringen) à 1.000 (mechanische boringen) meter rond de profiellijn liggen.

Voor de boringen wordt onderscheid gemaakt tussen gestoken handboringen en boringen gezet door mechanische systemen (counterflush, luchtlift, puls, steek). De handboringen reiken meestal niet dieper dan 5 à 6 meter onder maaiveld. Ze geven echter een zeer gedetailleerd beeld van dit traject waardoor onderscheid van enkele centimeters dikke laagjes mogelijk is. De mechanische boringen betreffen meestal verstoorde monsters en geven derhalve een minder gedetailleerd beeld. Mechanische boringen hebben overwegend wel een groter dieptebereik dan handboringen, soms tot enkele honderden meters beneden maaiveld.

De boringen zijn loodrecht geprojecteerd op de profiellijn. Hierdoor geven de boorgegevens in het profiel niet de precieze samenstelling ter plekke weergeven. Afhankelijk van de complexiteit en oriëntatie van de geologische structuren in de ondergrond is deze afwijking groter of kleiner. De geïnterpreteerde bodemopbouw in het profiel volgt uit de correlatie en interpretatie van meerdere boorgegevens rond de profiellijn. Verder is er gebruik gemaakt van bestaand kaartmateriaal waaronder:

- 1:50.000 Geologische kaart van Gorinchem West kaartblad 38W (RGD, 1994)
- 1:50.000 Geologische kaart van Willemstad Oost kaartblad 43O (RGD, 1980)
- 1:50.000 Geologische kaart van Zeeuwsch-Vlaanderen (RGD, 1977)
- 1:50.000 Geologische kaart van kaartblad 49West en 49Oost (TNO, ongepubliceerd)

Het profiel geeft de bodemopbouw weer in verschillende lithofacies klassen welke zijn geordend volgens de nieuwe lithostratigrafische classificatie van Kwartaire en Tertiaire afzettingen in Nederland (De Mulder e a., 2003). De genetische achtergrond (marien, fluviatiel, of eolisch of lokaal terrestrisch) en de afzettingsperioden van de onderscheiden eenheden in de geologische profielen wordt gegeven in tabel 1.

2.2 Beschikbare geomechanische gegevens

Conusweerstand

Voor de invulling van de geofysische gegevens van de onderscheiden laageenheden is echter gebruik gemaakt van een groot gebied rond het tracé, teneinde de verzameling gegevens te vergroten en een beter inzicht te krijgen in de variabiliteit van de conusweerstand. Niet van alle aanwezige laageenheden in de geologische profielen zijn sonderingen beschikbaar. De gegeven kentallen geven daarom slechts een indicatie, die ten behoeve van ontwerpberekeningen, lokaal, middels grondonderzoek geverifieerd moeten worden.

Dichtheid, sterkte en samendrukbaarheid

Laboratoriumgegevens zijn slechts beperkt aanwezig. Door het ontbreken van voldoende sondering/boring-paren is een schatting van geomechanische parameters uit de sonderingen middels correlaties niet altijd mogelijk. In de sonderingen is te zien dat er ook tussengeschakelde zand/grind-lagen voorkomen. De verbreiding van deze lagen is op basis van beschikbare informatie niet te voorspellen.

2.3 Betrouwbaarheid van de gegevens

Betrouwbaarheid van de lithologische eigenschappen

De interpretaties van de boormonsters zijn direct afhankelijk van de kwaliteit van de boormonsterbeschrijvingen, zoals deze zijn opgeslagen in DINO. Deze beschrijvingen zijn in veel gevallen niet volgens de SBB normen uitgevoerd. Daarnaast zijn de boormonsters ook door personen van verschillende instituten en bedrijven beschreven. Hierdoor kunnen verschillen ontstaan in lithologische beschrijvingen (korrelgroottes, afronding en sortering) en de hoeveelheden bijmengingen (grind, organische stof, schelpen e.d.). Ook de laagovergangen en de hoeveelheid laagovergangen kunnen verschillend behandeld worden. Dit is in de profielen goed te zien aan de hoeveelheid onderscheiden lagen per boorkolom. Over het algemeen geldt dat hoe meer lagen er per verticale eenheid zijn beschreven en hoe meer kenmerken er per laag zijn beschreven, hoe betrouwbaarder de boorbeschrijving wordt beschouwd. Aan deze beschrijvingen is bij de geologische interpretatie dan ook een grotere betrouwbaarheid toegekend.

Betrouwbaarheid van de dikte

De hoeveelheid onderscheiden lagen is vanzelfsprekend van invloed op de betrouwbaarheid van de diktes van de lagen. Dit is afhankelijk van het type materiaal. Zo zal de dikte van een veenlaag (Formatie van Nieuwkoop) in het algemeen een hogere betrouwbaarheid hebben dan de dikte van de zanden van de Formatie van Waalre. De laatste is namelijk moeilijker te onderscheiden van de onderliggende oudere afzettingen, terwijl de veenlaag doorgaans een duidelijk af te bakenen eenheid is.

Betrouwbaarheid en voorspellende waarde van de profielen

De profielen geven een goede indicatie van het voorkomen van de laagopeenvolging en geotechnische karakter en de diktes van de voorkomende lithostratigrafische eenheden. Het is van belang te realiseren dat - door de gebruikte projecties van boringen naast de tracélijn - in de uiteindelijke tracélijn iets andere diktes en karakterkenmerken kunnen voorkomen. De ervaring leert dat bovengenoemde onzekerheden doorgaans niet problematisch zijn bij de laaginterpretaties en laterale correlaties. Onbruikbare ('slechte') boorbeschrijvingen zijn genegeerd.

2.4 Lithologische en geofysische beschrijving van de onderscheiden laageenheden

Antropogeen verstoord

Lithologie: Dit betreft omgewerkt of opgebracht materiaal. De lithologische samenstelling is zeer divers en wordt derhalve niet vermeld in het profiel.

Formatie van Naaldwijk

Lithologie: De Formatie van Naaldwijk omvat de holocene mariene afzettingen. In het profiel zijn dit voornamelijk gelaagde getijdenafzettingen afgezet binnen geulsystemen. Er is onderscheid gemaakt tussen hoofdzakelijk (zandige) kleien en (kleiige) zanden.

Geofysische parameters:

Korrelgrootte	: sterk variabel
Volumiek gewicht	: (gemiddeld) $v_{g_{nat}} = 14,2 \text{ kN/m}^3$, $v_{g_{droog}} = 7,6 \text{ kN/m}^3$
Watergehalte	: (gemiddeld) 113 %
Sterkte	: (gemiddeld) $\phi' = 27$, $c' = 16$, $f_{undr;\sigma'v0} = 24 \text{ kPa}$
Elasticiteit	: $E_{oed} = 2-20 \text{ MPa}$, $E_{undr;50;\sigma'v0} = 8-18 \text{ MPa}$
Samendrukbaarheid	: (gemiddeld) C1(Koppejan): 17-160, C2(Koppejan): 6-54, p_g : 25-100 kPa
	$C_v = 9.4E-8 - 9.7E-7 \text{ m}^2/\text{s}$
Doorlatendheid	: $1 \text{ E}-10 - 1 \text{ E}-9 \text{ m/s}$
Conusweerstand	: $<1 - 5 \text{ MPa}$

Formatie van Nieuwkoop, Hollandveen Laagpakket

Lithologie: Het Hollandveen Laagpakket omvat de holocene veenafzettingen. Waar deze venen op het pleistocene oppervlak liggen, betreft het de Basisveen Laag. Deze veenlaag is overwegend sterker gecompacteerd.

Geofysische parameters:

Volumiek gewicht	: $v_{g_{nat}} = 10,2 \text{ kN/m}^3$, $v_{g_{droog}} = 2,3 \text{ kN/m}^3$
Watergehalte	: 100 - 700 %
Sterkte	: $\phi' = 30-35$, $c' = 0-30$, $f_{undr;\sigma'v0} = .7-24 \text{ kPa}$
Elasticiteit	: $E_{oed} = 0,25-8 \text{ MPa}$, $E_{undr;50;\sigma'v0} = 4-5 \text{ MPa}$
Samendrukbaarheid	: C1(Koppejan): 5-22, C2(Koppejan): 3-7, p_g : 25-35 kPa
	$C_v = 3E-9 - 1E-5 \text{ m}^2/\text{s}$
Doorlatendheid	: $3 \text{ E}-10 - 2 \text{ E}-7 \text{ m/s}$
Conusweerstand	: 0,3 - 1 MPa

Formatie van Echteld

Lithologie: De formatie bestaat uit holocene afzettingen van meanderende voorlopers van de huidige Rijn en Maas. Beide fluviatiele milieus kennen een kenmerkende

afwisseling van lithogenetische eenheden waardoor een sedimentpakket is ontstaan waarin kleiige en zandige afzettingen op korte afstand van elkaar voorkomen. In het profiel komen de afzettingen van de Formatie van Echteld vertand voor met afzettingen van de Formatie van Naaldwijk. De grens tussen beide formaties kan op lithologische gronden niet overal nauwkeurig worden bepaald; ze gaan geleidelijk in elkaar over.

Geofysische parameters:

Korrelgrootte	: sterk variabel
Volumiek gewicht	: (gemiddeld) $v_{g_{nat}} = 15 \text{ kN/m}^3$, $v_{g_{droog}} = 10 \text{ kN/m}^3$
Watergehalte	: (gemiddeld) 90 %
Sterkte	: (gemiddeld) $\phi' = 31$, $c' = 0$, $f_{undr; \sigma'_{v0}} = 15 \text{ kPa}$
Elasticiteit	: E_{oed} : 1-3 MPa
Samendrukbaarheid	: (gemiddeld) C1(Koppejan): 4-18, C2(Koppejan): 4-14, p_g : 23-57 kPa
	$C_v = 1E-8 - 3.7E-6 \text{ m}^2/\text{s}$
Doorlatendheid	: $4 E-11 - 2 E-8 \text{ m/s}$
Conusweerstand	: <1 - 5 MPa

Formatie van Bostel

Lithologie: Dit zijn afzettingen van lokale oorsprong (windafzettingen, beekdalafzettingen, veen). In het profiel betreft het overwegend zeer fijne tot matig fijne zanden met weinig leem-, klei- of veeninschakelingen.

Geofysische parameters:

Korrelgrootte	: 105-210 μm
Volume gewicht	: 18-19 kN/m^3
Porositeit	: 40-45%
Conusweerstand	: maxima 10-30 MPa, minima: 3-6 MPa, gemiddeld 10-15 MPa
Doorlatendheid	: $9 E-5 - 6 E-4 \text{ m/s}$

Formatie van Kreftenheye

Lithologie: De Formatie van Kreftenheye bestaat overwegend uit matig grof tot uiterst grof zand dat veelal grindhoudend is, en uit grind. Deze rivierafzettingen worden meestal grover en/of meer grindhoudend naar onder toe

Geofysische parameters:

Korrelgrootte	: 500-2000 μm
Volume gewicht	: 19-20 kN/m^3
Porositeit	: 40-45%
Conusweerstand	: maxima 10-40 MPa, minima: 4-10 MPa, gemiddeld 10-20 MPa
Doorlatendheid	: $1 E-4 - 1 E-3 \text{ m/s}$

Eem Formatie

Lithologie: De Eem Formatie komt binnen het profiel sporadisch voor en ligt meestal op iets grotere diepte. Het betreft schelphoudende mariene kleien en zanden.

Geofysische parameters:

Korrelgrootte	: sterk variabel
Volume gewicht	: 20 kN/m^3
Porositeit	: 30-40 % (zand) 40-50% (klei)

Conusweerstand	: 3 – 4 MPa (klei) 10-30 MPa (zand)
Doorlatendheid	: 1 E-9 – 1 E-10 m/s (klei) 1 E-5 – 1 E-8 m/s (zand)

Formatie van Stramproy

Lithologie: Deze eenheid bestaat uit zand en stevige klei. Aan de bovenkant van de Formatie van Stramproy komt een lateraal goed vervolgbaar kleilaag voor van ongeveer 5 tot 10 m dik, die naar onder toe zandiger wordt en waarin lokaal dunne zandige intercalaties aanwezig zijn. Het zand eronder wordt over het algemeen grover naar onder toe (van matig fijn naar zeer grof) en is zwak tot matig grindig.

Geofysische parameters:

Volume gewicht	: 17.5-19.5 kN/m ³
Porositeit	: 40-50%
Conusweerstand	: 2 MPa (klei) – 20 MPa (zand)
Doorlatendheid	: 1 E-10 m/s (klei)

Formatie van Waalre

Lithologie: De rivier- en estuariene afzettingen van de Formatie van Waalre zijn glimmerhoudend en bestaan uit stevige klei, matig fijn tot uiterst grof zand dat soms grindig is. Lokaal komen dunne grindlagen, humeuze kleilagen en veenlagen voor. De kleilagen bevatten over het algemeen intercalaties van siltig tot uiterst siltig matig fijn zand en lokaal ook dunne humeuzere inschakelingen of veenlagen.

Geofysische parameters:

Korrelgrootte	: sterk variabel
Volume gewicht	: 19.5-21.5 kN/m ³
Porositeit	: 40% (klei)
Conusweerstand	: 1-5 MPa (klei)
Doorlatendheid	: 1 E-10 m/s (klei)

Formatie van Oosterhout

Lithologie: De mariene Formatie van Oosterhout bestaat uit grijze tot groenig grijze, zeer fijne tot matig grove zanden, veelal licht glauconiethoudend en soms licht grindhoudend, waarin verspreide kleilagen voorkomen. De afzettingen zijn overwegend kalkrijk en bevatten marien schelpmateriaal. Aan de top komt meestal een kleilaag voor. De afzettingen worden meer glauconiethoudend naar onder toe. De formaties van Tertiaire ouderdom, waartoe de Formatie van Oosterhout behoort kenmerken zich door zeer hoge conusweerstand. Door de glauconiet (een klei-mineraal) bijmenging vertonen de zanden tevens een hogere plaatselijke kleef dan normaal voor zand zou worden verwacht.

Geofysische parameters:

Volume gewicht	: 20-21.5 kN/m ³
Porositeit	: 30-40%
Conusweerstand	: 4-10 MPa (klei) 30-50 MPa (zand)
Doorlatendheid	: 1-2 E-4 m/s

Formatie van Breda

Lithologie: De afzettingen van de Formatie van Breda bestaan uit groen tot donkergrijs, sterk glauconiethoudend, zeer fijn tot matig fijn siltig zand met marien schelpgruis en schelpresten en verspreide zandige tot ziltige kleilagen.

Geofysische parameters:

Volume gewicht : 20-21.5 kN/m³
Porositeit : 30-40%
Conusweerstand : 14-18 MPa
Doorlatendheid : 1-1.5 E-4 m/s

Formatie van Rupel, Laagpakket van Boom

Lithologie: Deze marine afzettingen bestaan overwegend uit klei die zeer stevig tot hard, pyrietrijk, en glauconietarm zijn.

Geofysische parameters:

Volume gewicht : 20 kN/m³
Porositeit : 33-47%
Conusweerstand : 3-4 MPa
Doorlatendheid : 1 E-10 m/s

3 Geologische regio's

Het leidingtracé Wijngaarde-Zelzate loopt over een gebied dat gekenmerkt wordt door grote verschillen wat betreft geologische opbouw van de ondergrond. Op basis van deze verschillen is het tracé in drie deelgebieden verdeeld. De geologische opbouw en de geotechnische verschillen binnen deze deelgebieden wordt hieronder en in Bijlage 3 gekarakteriseerd.

Rivierengebied: het tracé tussen Wijngaarden en Oud Gastel (profiel 1-9)

In dit tracédeel komen in het bovenste deel van de profielen de slappe holocene afzettingen – (met name geulsystemen) - van de Formatie van Echteld en de Formatie van Naaldwijk voor. In de omgeving van het Eiland van Dordrecht vertand de Formatie van Echteld met de afzettingen van de Formatie van Naaldwijk. De grens tussen beide formaties kan op lithologische gronden niet nauwkeurig worden bepaald; ze gaan geleidelijk in elkaar over. De afzettingen liggen op matig dicht kalkloos fijn zand van de Formatie van Boxtel, en op grof zand van de Formatie van Kreftenheye. De dichtheid van deze zanden varieert sterk. In het gehele gebied komen slappe veenafzettingen van de Formatie van Nieuwkoop voor.

Pleistocene gronden en de Brabantse Wal: het tracé tussen Oud Gastel en Bergen op Zoom (profiel 10-14)

Het tracé in dit deelgebied ligt relatief hoog, op ca 10m NAP. Hier komen de Pleistocene afzettingen van de Formatie van Boxtel (matig dicht tot dicht zand) en Formatie van Stramproy (stevige klei) aan de oppervlakte. Onder deze afzettingen komt de Formatie van Waalre (stevige klei en matig dicht tot dicht fijn zand) voor.

Zeekleigebied van Zeeland: het tracé tussen Bergen op Zoom en Zelzate (profiel 15-25)

In dit tracé gedeelte komen de slappe mariene holocene afzettingen van de Formatie van Naaldwijk aan het oppervlak voor. Verder wordt dit tracé gedeelte gekenmerkt door het voorkomen van de oude Tertiaire afzettingen van de Formatie van Rupel, Laagpakket van Boom in de ondiepe ondergrond. In bepaalde delen van het tracé ligt de zeer stevige en harde klei op 9 m onder maaiveld. Het Laagpakket van Boom is bedekt door de mariene afzettingen van de Formatie van Breda en de Formatie van Oosterhout en soms door de Formatie van Boxtel; en de Formatie van Naaldwijk waar deze zich ingesneden heeft tot grotere diepte.

Geotechnische karakteristieken (tot 5 m -maaiveld)

De geotechnische karakteristieken (tot 5 m -maaiveld) zijn samengevat in een tabelvorm in Bijlage 3. De kentallen zijn geëxtrapoleerd van geotechnische onderzoeksboringen en sonderingen op afstanden van het tracé variërend van honderd(en) meter(s) tot meer dan een kilometer, afhankelijk van de beschikbaarheid van deze gegevens. Hierdoor geven de waarden slechts een indicatie van de te verwachten parameterwaarden langs het tracé. Voor locatiespecifieke geotechnische ontwerpberekeningen zal altijd onderzoek ter plaatse uitgevoerd moeten worden ter verificatie van de verwachtingswaarden. Waar mogelijk is een range van aangetroffen waarden gegeven.

Referentie

De Mulder, E.F.J., M.C. Geluk, I. Ritsema, W.E. Westerhoff, & T.E. Wong, 2003. De ondergrond van Nederland, Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, Utrecht, 379 pp.

Tabel 1 Litho- en chronostratigrafische tabel van de stratigrafische eenheden van de Boven-Noordzee Groep. De eenheden zijn gerangschikt naar ouderdom en ontstaanswijze. De onder- en bovengrenzen geven respectievelijk de minimale en maximale ouderdom die de afzettingen van deze eenheden op verschillende plaatsen in Nederland kunnen hebben. Uit: De Mulder, 2003.

